



OLT OFFSHORE LNG TOSCANA SpA



Piano di monitoraggio dell'ambiente marino

IV rapporto annuale

Autunno 2016 (A16)
 Inverno 2017 (I17)
 Primavera 2017 (P17)
 Estate 2017 (E17)

Volume I

Rev. 2	09.04.18	Emissione definitiva			
Rev. 1	07.03.18	Emissione per commenti committente			
Rev. 0	16.01.18	Emissione per commenti committente			
Rev	Data	Descrizione della revisione	Preparato da	Verificato da	Approvato da



OLT OFFSHORE LNG TOSCANA SpA

Piano di monitoraggio dell'ambiente marino

IV rapporto annuale

**Autunno 2016 (A16)
Inverno 2017 (I17)
Primavera 2017 (P17)
Estate 2017 (E17)**

Volume I

<i>Rev. 2</i>	<i>09.04.18</i>	<i>Emissione definitiva</i>	<i>AMDB</i>	<i>GBP</i>	<i>CP</i>
<i>Rev. 1</i>	<i>07.03.18</i>	<i>Emissione per commenti committente</i>	<i>AMDB</i>	<i>GBP</i>	<i>CP</i>
<i>Rev. 0</i>	<i>16.01.18</i>	<i>Emissione per commenti committente</i>	<i>AMDB</i>	<i>GBP</i>	<i>CP</i>
<i>Rev</i>	<i>Data</i>	<i>Descrizione della revisione</i>	<i>Preparato da</i>	<i>Verificato da</i>	<i>Approvato da</i>

VOLUME I	10
1 INTRODUZIONE	11
1.1 Breve descrizione dell'impianto di rigassificazione	11
1.2 Breve cronistoria relativa al progetto di monitoraggio	11
1.3 Obiettivi fase di esercizio	11
2 MATERIALI E METODI	11
2.1 Attività e tempistiche	11
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	18
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	20
2.5 BIOTA	20
2.5.1 Macrozoobenthos	20
2.5.2 Meiobenthos	21
2.5.3 Bioaccumulo	22
2.5.4 Biomarkers	24
2.5.5 Fauna ittica bentonectonica	25
2.5.6 Fauna ittica pelagica	27
2.5.7 Cetacei e tartarughe marine	27
2.6 INDAGINI GENERALI	28
2.6.1 Misura del rumore	28
2.6.2 Bioacustica	32
3 RISULTATI SURVEY AUTUNNO 2016	33
3.1 COLONNA D'ACQUA	33
3.1.1 Profili idrologici	33
3.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	35
3.1.3 Plancton	44

3.2	BIOTA	53
3.2.1	Macrozoobenthos	53
3.2.2	Bioaccumulo	57
3.2.3	Biomarkers	59
3.2.4	Cetacei e tartarughe marine	60
3.3	INDAGINI GENERALI	60
3.3.1	Misura del rumore.....	60
3.3.2	Bioacustica	67
4	RISULTATI SURVEY INVERNO 2017	68
4.1	COLONNA D'ACQUA	68
4.1.1	Profili idrologici	68
4.1.2	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	70
4.1.3	Plancton.....	79
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	95
4.2.3	Bioaccumulo	103
4.2.4	Biomarkers	105
4.2.5	Fauna ittica bentonectonica.....	106
4.2.6	Cetacei e tartarughe marine	116
4.3	INDAGINI GENERALI	117
4.3.1	Misura del rumore.....	117
4.3.1	Bioacustica	121
	VOLUME II	122
5	RISULTATI SURVEY PRIMAVERA 2017	122
5.1	COLONNA D'ACQUA	122
5.1.1	Profili idrologici	122
5.1.2	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	122
5.1.3	Plancton.....	122
5.2	BIOTA	122
5.2.1	Macrozoobenthos	122
5.2.2	Bioaccumulo	122
5.2.3	Biomarkers	122
5.2.4	Cetacei e tartarughe marine	122
5.3	INDAGINI GENERALI	122
5.3.1	Misura del rumore.....	122
5.3.2	Bioacustica	122
6	RISULTATI SURVEY ESTATE 2017	122
6.1	COLONNA D'ACQUA	122
6.1.1	Profili idrologici	122
6.1.2	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	122

6.1.3	Saggi eco tossicologici su campioni di acqua	122
6.1.4	Plancton.....	122
6.2	SEDIMENTI.....	122
6.2.1	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	122
6.2.2	Saggi eco tossicologici su campioni di sedimento.....	122
6.3	BIOTA.....	122
6.3.1	Macrozoobenthos	122
6.3.2	Meiobenthos	122
6.3.3	Bioaccumulo	122
6.3.4	Biomarkers	122
6.3.5	Fauna ittica bentonectonica.....	122
6.3.6	Fauna ittica pelagica.....	122
6.3.7	Cetacei e tartarughe marine	122
6.4	INDAGINI GENERALI	122
6.4.1	Misura del rumore.....	122
6.4.2	Bioacustica	122
7	CONFRONTO INTERSTAGIONALE E CON LA CAMPAGNA DI BIANCO	122
7.1	COLONNA D'ACQUA.....	122
7.1.1	Profili idrologici	122
7.1.2	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	122
7.1.3	Saggi eco tossicologici su campioni di acqua	122
7.1.4	Plancton.....	122
7.2	SEDIMENTI.....	122
7.2.1	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	122
7.2.2	Saggi eco tossicologici su campioni di sedimento.....	122
7.3	BIOTA.....	122
7.3.1	Macrozoobenthos	122
7.3.2	Meiobenthos	122
7.3.3	Bioaccumulo	122
7.3.4	Biomarkers	122
7.3.5	Fauna ittica bentonectonica.....	122
7.3.6	Fauna ittica pelagica.....	122
7.3.7	Cetacei e tartarughe marine	122
7.4	INDAGINI GENERALI	122
7.4.1	Misura del rumore.....	122
7.4.2	Bioacustica	122
8	CONCLUSIONI.....	122

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.	27
Figura 3 - Posizione delle stazioni di campionamento acustico.	28
Figura 4 - Esempio di restituzione dati AIS durante l'avvicinamento alla stazione Est1K.	29
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), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey autunno 2016.	33
Figura 7 - Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla (µg/l) e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey autunno 2016.	34

Figura 8 - 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.	34
Figura 9 - 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}).	35
Figura 10 - Profili delle concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti: NO ₂ (nitriti), NO ₃ (nitrati), PO ₄ (fosfati), SiO ₂ (silicati).	36
Figura 11 - Profili delle concentrazioni dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM).	37
Figura 12 - Profili degli assorbimenti della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM}(325)$) nelle diverse stazioni.	38
Figura 13 - Profili della concentrazione di clorofilla a tot, alle diverse stazioni.	39
Figura 14 - 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).	41
Figura 15 - Profili verticali densità fitoplanctoniche totali (cell L ⁻¹ 10 ³).	44
Figura 16 - Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda nelle diverse stazioni.	45
Figura 17 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti. Altro=nemertini e nematodi.	54
Figura 18 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti.	55
Figura 19 - Risultati della cluster analysis (group average) in alto e piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, in basso. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.	56
Figura 20 - 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.	59
Figura 21 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.	59
Figura 22 - 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.	60
Figura 23 - Rotte effettuate per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico condotto in autunno 2016 (A16) con i punti e date di avvistamento.	60
Figura 24 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N100 a 55m di profondità.	61
Figura 25 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E100 a 55m di profondità.	61
Figura 26 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55m di profondità. In tutte le curve a 100m sono presenti le stesse tonali a bassa frequenza.	61
Figura 27 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W100 a 55m di profondità.	62
Figura 28 - Confronto dei livelli misurati a distanza di 100m e a 55m di profondità.	62
Figura 29 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N1K a 55m di profondità.	63
Figura 30 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N10K a 55m di profondità. E' presente una tonale a 88Hz dovuta probabilmente alla presenza in zona di una imbarcazione, rilevata nel survey visivo. Per frequenze superiori a 10kHz il livello si innalza sempre in questa stazione con una caratteristica curva a campana centrata intorno a 20kHz, probabilmente dovuta a segnali di tipo biologico provenienti dal fondo.	63
Figura 31 - Confronto delle funzioni PSD in terzi d'ottava, relative a dati raccolti sulla direttrice Nord a distanza 100, 1.000 e 10.000 m dal Terminale e a profondità 55m.	63
Figura 32 - Confronto sullo stesso grafico di tutti i profili di velocità del suono misurati durante la campagna A16.	64
Figura 33 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz, corrispondente al profilo verticale di velocità del suono misurato.	65
Figura 34 - Trasmissione Loss prevista dal modello in funzione della distanza alla profondità di 55m.	65
Figura 35 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E1K a 8m di profondità.	65
Figura 36 - Confronto della PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S1K al minuto 14:33 e 14:35. In verde è riportata la differenza fra le due curve.	66
Figura 37 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 38Hz sulla direttrice Sud per una sorgente posta 15m di profondità.	66
Figura 38 - Click e fischi dei tursiopi registrati durante l'avvistamento.	67
Figura 39 - Click molto forti rappresentati dalle righe verticali, particolarmente interessanti le vocalizzazioni come fischi modulati presenti nella banda intorno a i 15 kHz.	67
Figura 40 - Profili di temperatura (°C), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey inverno 2017.	68
Figura 41 - Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla (µg/l), e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey inverno 2017.	69
Figura 42 - 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 I17 MG7 e I17 MG10.	70
Figura 43 - 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 44 - Profili delle concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti: NO ₂ (nitriti), NO ₃ (nitrati), PO ₄ (fosfati), SiO ₂ (silicati).	71
Figura 45 - Profili delle concentrazioni dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM).	72
Figura 46 - Profili degli assorbimenti della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM}(325)$) nelle diverse stazioni.	73
Figura 47 - Profili della concentrazione di clorofilla a tot, alle diverse stazioni.	73
Figura 48 - 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).	76
Figura 49 - Profili verticali delle densità fitoplanctoniche totali (cell L ⁻¹ 10 ³) nelle diverse stazioni.	79
Figura 50- Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda nelle diverse stazioni.	80
Figura 51 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti. Altro=nemertini.	93
Figura 52 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti.	93
Figura 53 - Risultati della cluster analysis (group average) in alto e piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, in basso. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.	94
Figura 54 - Stazione I17 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).	95

Figura 55 - Stazione I17 MG2. Densità media \pm 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 56 - Stazione I17 MG4. Densità media \pm 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 57 - Stazione I17 MG6. Densità media \pm 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 58 - Stazione I17 MG7. Densità media \pm 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 59 - Stazione I17 MG8. Densità media \pm 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 60 - Stazione I17 MG9. Densità media \pm 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 61 - Stazione I17 MG10. Densità media \pm 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 62 - Stazione I17 MG11. Densità media \pm 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).	100
Figura 63 - Stazione I17 MG12. Densità media \pm 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).	100
Figura 64 - Stazione I17 MG13. Densità media \pm 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).	100
Figura 65 - Stazione I17 MG14. Densità media \pm 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).	101
Figura 66 – 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.	102
Figura 67 - 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.	105
Figura 68 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.	105
Figura 69 - 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.	106
Figura 70 - Reti da posta: composizione percentuale delle catture, espressa come n. individui/1000m/24h e kg/1000m/24h, dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni I17 P1-P4 e I17 PC.	107
Figura 71 - Rete a strascico: composizione percentuale delle catture, espressa come n. individui/km ² e kg/km ² , dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni I17 S1-S4 e I17 SC.	108
Figura 72 - Reti da posta: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni I17 P1-P4 e per la stazione I17 PC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In blu n. individui/1000m/24h, in azzurro kg/1000m/24h.	112
Figura 73 - Rete a strascico: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni I17 S1-S4 e per la stazione I17 SC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In blu n. individui/km ² , in azzurro chiaro kg/km ² .	113
Figura 74 - Rete da posta: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (<i>Scyllorhinus canicula</i>). Num. individui: 257 (I17 P1-P4), 61 (I17 PC).	114
Figura 75 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza della triglia di fango (<i>Mullus barbatus</i>). Num. individui: 769 (I17 S1-S4), 365 (I17 SC).	114
Figura 76 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del nasello (<i>Merluccius merluccius</i>). Num. individui: 91 (I17 S1-S4).	115
Figura 77 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del merluzzetto (<i>Trisopterus capelanus</i>). Num. individui: 38 (I17 S1-S4).	115
Figura 78 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (<i>Scyllorhinus canicula</i>). Num. individui: 252 (I17 S1-S4), 52 (I17 SC).	116
Figura 79 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gambero bianco (<i>Parapenaeus longirostris</i>). Num. individui: 1091 (I17 S1-S4), 179 (I17 SC).	116
Figura 80 – Rotte effettuate per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico condotto in inverno 2017 (I17) con i punti di avvistamento.	117
Figura 81 - 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.	117
Figura 82 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E100 a 55 m di profondità.	118
Figura 83 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55 m di profondità. L'andamento non è dissimile da Figura 81 in quanto le misure sono state prese a poca distanza temporale e spaziale.	118
Figura 84 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W100 a 55 m di profondità. Sono sempre presenti righe spettrali dovute a interferenze elettromagnetiche dalla strumentazione di bordo.	118
Figura 85 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S1K a 55 m di profondità.	119
Figura 86 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S10K a 55 m di profondità.	119
Figura 87 – 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.	120
Figura 88 - Confronto sullo stesso grafico di tutti i profili di velocità del suono misurati durante la campagna I17.	120
Figura 89 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz, corrispondente al profilo verticale di velocità del suono misurato.	120
Figura 90 - Transmission Loss prevista dal modello in funzione della distanza alla profondità di 55 metri.	121

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Contenuti tecnici delle quattro campagne annuali relative alla fase di esercizio (A = Autunno, I = Inverno, P = Primavera, E = Estate).	12
---	----

Tabella 2 – Calendario generale delle attività svolte nelle campagne A16, I17, P17, E17	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 e date di taratura. IN = taratura svolta internamente.	14
Tabella 6 - Metodi relativi alle analisi effettuate sui campioni di acqua.	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.	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>	23
Tabella 13 - Coordinate e profondità dei siti di studio. RP = Reti da Posta, S = Strascico.	25
Tabella 14 - Nuova codifica delle stazioni adottata dalla campagna Inverno 2016.	26
Tabella 15 - Coordinate e profondità dei siti di studio. RPP = Reti da Posta Pelagiche (E17).	27
Tabella 16 - Concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti (μM).	36
Tabella 17 - Concentrazione (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).	37
Tabella 18 - Assorbimento della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm.	38
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).	39
Tabella 20 - Concentrazioni (mg/m^3) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici (per le sigle vedere i metodi).	40
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.	42
Tabella 22 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.	42
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.	43
Tabella 24 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di acqua superficiale. I dati sono espressi in ufc/100 ml.	43
Tabella 25 - Densità fitoplanctonica totale e delle classi o gruppi identificati (cell/ml).	44
Tabella 26 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati.	45
Tabella 27 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.	46
Tabella 28 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati durante il campionamento A16.	47
Tabella 29 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni A16 MG6, A16 MG7, A16 MG10, A16 MG12 e A16 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13).	47
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>	50
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.	51
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 <i>in toto</i> . La lista include specie determinate a fresco.	52
Tabella 33 – Iltioplancton. 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 34 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nell'Autunno 2016 (A16).	53
Tabella 35 – Indici strutturali ($\pm\text{DS}$) 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).	56
Tabella 36 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna A16 espressi in mg/kg. Sono riportati i dati riferiti sia alla sostanza secca (s.s.) sia al peso fresco (p.f.) in accordo alla prescrizione 13 delle Determine 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017.	57
Tabella 37 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A16, sono espressi in mg/kg.	57
Tabella 38 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A16, sono espressi in mg/kg, salvo ove indicato.	57
Tabella 39 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A16, sono espressi in $\mu\text{g}/\text{kg}$	58
Tabella 40 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A16, sono espressi in ufc/g.	59
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.	59
Tabella 42 - Concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti (μM).	71
Tabella 43 - Concentrazione (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).	72
Tabella 44 - Assorbimento della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm.	73
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).	74
Tabella 46 - Concentrazioni (mg/m^3) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici (per le sigle vedere i metodi).	75
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.	77
Tabella 48 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.	77

Tabella 49 - Concentrazione degli idrocarburi totali ($\mu\text{g/l}$) 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.	78
Tabella 50 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di acqua superficiale. I dati sono espressi in ufc/100 ml.	78
Tabella 51 - Densità fitoplanctonica totale e delle classi o gruppi identificati ($\text{cell L}^{-1} 10^3$)	79
Tabella 52 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni (da bottiglia) osservati.	81
Tabella 53 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.	81
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.	82
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 - 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>	85
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.	86
Tabella 58 - 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 <i>in toto</i> . La lista include specie determinate a fresco.	87
Tabella 59 - Iltioplancton. 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 8,06-8,12, salinità 38 ‰, temperatura $20,5 \pm 1$ °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 rinvenute nella campagna Inverno 2017 (I17).	91
Tabella 66 - Indici strutturali (\pm DS) relativi al popolamento macrobentico. Numero di taxa (S), Numero di individui (N), Diversità specifica di Shannon-Weaver (H'), Ricchezza specifica di Margalef (d), Equitabilità di Pielou (J).	95
Tabella 67 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni I17 MG1, I17 MG2, I17 MG4, I17 MG6, I17 MG7, I17 MG8. Densità media (\pm 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.	96
Tabella 68 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni I17 MG9, I17 MG10, I17 MG11, I17 MG12, I17 MG13, I17 MG14. Densità media (\pm 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.	99
Tabella 69 - Indici strutturali relativi al popolamento meiobentico 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).	101
Tabella 70 - Struttura della comunità meiobentonica dell'area interessata dal posizionamento del Terminale rigassificatore, incluse le stazioni di controllo. Densità media \pm 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.	102
Tabella 71 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna I17 espressi in mg/kg. Sono riportati i dati riferiti sia a sostanza secca (s.s.) sia al peso fresco (p.f.) in accordo alla prescrizione 13 delle Determinine 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017.	103
Tabella 72 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. Dati relativi alla campagna I17.	103
Tabella 73 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei mitili. I dati relativi alla campagna I17 sono espressi in mg/kg (IPA) e in mg/kg (TBT, MBT, DBT).	103
Tabella 74 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati relativi alla campagna I17 sono espressi in $\mu\text{g/kg}$	104
Tabella 75 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati relativi alla campagna I17 sono espressi in ufc/g.	104
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.	105
Tabella 77 - Lista delle specie catturate con la rete a strascico e le reti da posta. Strascico: I17 S1-S4 = stazioni campionate in prossimità del Terminale; I17 SC = stazione di controllo. Reti da posta: I17 P1-P4 = stazioni campionate in prossimità del Terminale; I17 PC = stazione di controllo.	106
Tabella 78 - Reti da posta: indici di densità e biomassa (\pm DS), espressi in n. individui/1000m/24h e kg/1000m/24h, stimati per le specie catturate nelle stazioni I17 P1-P4 e nella stazione di controllo I17 PC. *: $DS < 0,05$	108
Tabella 79 - Rete a strascico: indici di densità e biomassa (\pm DS), espressi in n. individui/ km^2 e kg/km^2 , stimati per le specie catturate nelle stazioni I17 S1-S4 e nella stazione di controllo I17 SC. *: $DS < 0,05$	110

LISTA DEGLI ACRONIMI

A, I, P, E	Indicano le stagioni (Autunno, Inverno, Primavera, Estate)
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
Fuco	Fucoxantina
Hex-Fuco	Hesanoiloxifucoxantina
LAS	Sostanze otticamente attive
ORP	Potenziale di Ossido Riduzione
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
Z _{eu}	Zona eufotica

ELENCO ALLEGATI

Allegato 1: Attività del Terminale durante il IV anno di monitoraggio. Allegato 1 Att Terminale IV anno.PDF

Allegato 2: Minuta di Meeting (MOM) del 25/05/2017 ed azioni intraprese in risposta alle prescrizioni delle Determine. Allegato 2 MOM 25.05.17.PDF

Allegato 3: Elenco dei campioni con relative date di campionamento Allegato 3 Date di campionamento.PDF

Allegato 4: Matrice di abbondanza specie x stazioni Allegato 4 Mat Benthos.XLSX

VOLUME I



1 INTRODUZIONE

1.1 Breve descrizione dell'impianto di rigassificazione

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.

Il Terminale è il risultato di un progetto che ha previsto la conversione di una nave metaniera in un Terminale di rigassificazione che trasforma il gas naturale liquefatto (GNL) ricevuto da altre metaniere in stato gassoso.

L'attività a bordo del Terminale consiste nello stoccaggio e nella rigassificazione del gas naturale: il gas naturale viene ricevuto allo stato liquido, mediante navi cisterna, stoccato in serbatoi criogenici a pressione pressoché ambiente e alla temperatura di -160°C , rigassificato e inviato al gasdotto a terra mediante la condotta sottomarina.

Nel 2017, "FSRU Toscana" ha lavorato a circa il 25% del proprio potenziale: nell'ambito del Servizio Integrato di Rigassificazione e Stoccaggio sono state 10 le navi che hanno scaricato gas naturale liquefatto presso il Terminale; il GNL è stato ricevuto da 5 diversi Paesi che rappresentano 4 continenti. I carichi sono arrivati da: America (Usa, Trinidad e Tobago), Asia (Qatar), Africa (Algeria) ed Europa (Norvegia). Per approfondimenti si rimanda all'Allegato 1.

1.2 Breve cronistoria relativa al progetto di monitoraggio

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).

Sulla base del Parere della Commissione tecnica di verifica dell'impatto ambientale VIA e VAS n. 2347 del 24 marzo 2017, il MATTM dichiara l'ottemperanza relativa al medesimo Provvedimento per il primo anno di esercizio (Determina 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017). Nel medesimo anno è stata emessa la verifica di ottemperanza (Determina 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017) relativa al secondo anno di esercizio tenuto conto del Parere della Commissione tecnica di verifica dell'impatto ambientale VIA e VAS 2494 del 08 settembre 2017.

Rispetto alle richieste di integrazione contenute nelle Determine sopra citate relative alla Verifica di ottemperanza alla prescrizione 7 (Verifica di esclusione VIA provvedimento DVA/2010/25280 del 20.10.10) del primo e secondo anno di monitoraggio della Fase di Esercizio sono stati recepiti nel presente tutti i punti come stabilito nella minuta di meeting del 25/05/2017 e riportati in forma sintetica, unitamente ad essa, in **Allegato 2**. Relativamente al punto 14 contenuto unicamente nel parere 3337 relativo al secondo anno di esercizio è stata inserita la valutazione dell'eventuale effetto degli anodi sacrificali tramite la ricerca degli elementi in tracce in *M. galloprovincialis*.

1.3 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 quarto anno di esercizio nell'ambito di 4 campagne di indagine svolte dall'autunno 2016 all'estate 2017 in conformità al Piano di monitoraggio dell'ambiente marino e alle prescrizioni contenute nelle Determine 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017 relative alla verifica di ottemperanza del primo e del secondo anno della fase di esercizio (l'evidenza a tale conformità è riassunta in Allegato 2). Il presente documento riporta, altresì, il confronto con i dati acquisiti nella fase di Bianco e nei 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**.

2 MATERIALI E METODI

2.1 Attività e tempistiche

Le attività di campo sono state svolte a partire dall'autunno 2016 (A16) con cadenza trimestrale ossia nell'inverno 2017 (I17), primavera 2016 (P17), estate 2017 (E17) secondo il calendario generale riportato in **Tabella 2**. Per il calendario di dettaglio si rimanda all'**Allegato 1**

posto alla fine del volume dove viene riportata l'operatività del Terminale durante le giornate di monitoraggio delle singole campagne. (risposta alla prescrizione n° 1 delle Determinazioni 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017).

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.

Tabella 1 - Contenuti tecnici delle quattro campagne annuali relative alla fase di esercizio (A = Autunno, I = Inverno, P = Primavera, E = Estate).

	Campagna minima (A,P)	Campagna intermedia (I)	Campagna completa (E)		Campagna minima (A,P)	Campagna intermedia (I)	Campagna completa (E)
COLONNA D'ACQUA				BIOTA			
Caratteristiche fisico-chimiche Analisi microbiologiche, solidi sospesi, sostanza organica, particellata clorofilla a, idrocarburi totali, tensioattivi, cloro derivati, nutrienti, d. pigmentaria	*	*	*	Meiobenthos		*	*
Profili idrologici Temperatura, conducibilità, pH, fluorescenza della clorofilla a, trasparenza, ossigeno disciolto, potenziale di ossidoriduzione, irradianza, irradianza spettrale	*	*	*	Macrozoobenthos	*	*	*
Fitoplancton	*	*	*	Bioaccumulo Metalli ed elementi in tracce, Idrocarburi Policiclici Aromatici, Cloroderivati, Composti organo stannici, Idrocarburi totali, analisi microbiologiche	*	*	*
Zooplancton (Oloplanton, Meroplancton, Ittioplancton)	*	*	*	Biomarkers Alterazione strutturale e funzionale della membrana lisosomiale, Comet test, biologia delle branchie	*	*	*
Saggi ecotossicologici <i>Vibrio fischeri</i> , <i>Phaeodactylum tricornutum</i> , <i>Dicentrarchus labrax</i> , <i>Paracentrotus lividus</i>		*	*	Fauna ittica bentonectonica (reti da posta, reti a traino di fondo)		*	*
				Fauna ittica pelagica			*
SEDIMENTI				Cetacei e tartarughe marine	*	*	*
Caratteristiche fisico-chimiche-microbiologiche Metalli pesanti, IPA, Cloroderivati, C. organo stannici, TOC, Idrocarburi totali, analisi microbiologiche			*	INDAGINI GENERALI			
Saggi ecotossicologici <i>Vibrio fischeri</i> , <i>Corophium orientale</i> , <i>Paracentrotus lividus</i>			*	Bioacustica	*	*	*
				Misura del rumore	*	*	*

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 (I17) e M/P Nuovo Bagliore (E17) 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. In **Allegato 3** sono riportate le date di campionamento per ogni singola campagna di ciascuna matrice (in risposta alla prescrizione 2 delle Determinazioni 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017, come definito dalla MOM 25-05-2017).

Tabella 2 – Calendario generale delle attività svolte nelle campagne A16, I17, P17, E17.				
	Autunno 2016 – A16 (Campagna minima)	Inverno 2017 – I17 (Campagna intermedia)	Primavera 2017- P17 (Campagna minima)	Estate 2017 - E17 (Campagna completa)
Indagini ambientali	08/11/16 – 28/11/16	21/02/17 – 11/03/17	23/05/17 – 03/06/17	31/08/17 – 23/09/17
Emissioni acustiche e censimento visivo	26/11/16 – 07/12/16	21/02/17 – 12/03/17	23/05/17 – 29/05/17	04/09/17 – 24/09/17
Fauna ittica	-	09/03/17 – 13/03/17	-	05/09/17 – 24/09/17

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 4**.

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**.

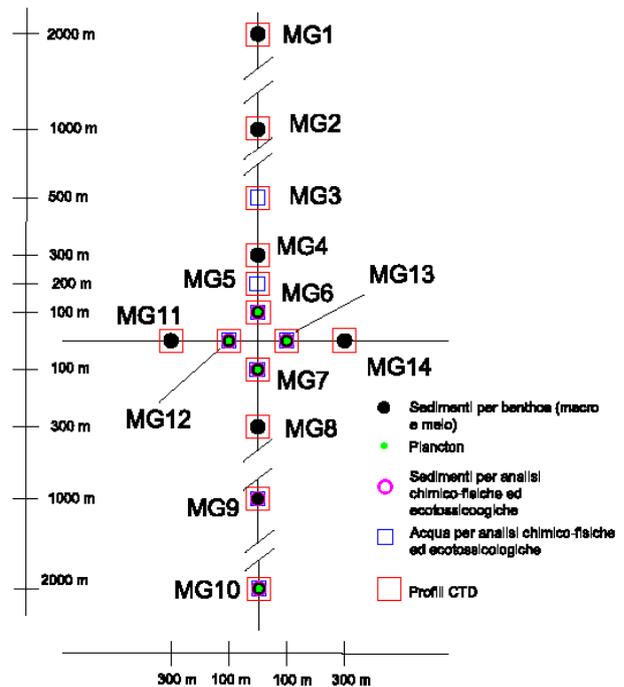


Tabella 4 – Attività previste per ciascun punto di campionamento per ciascuna campagna. CTD=sonda multiparametrica, ME = Meiofauna, MA = Macrofauna, ACFEM = Acqua per analisi fisiche, chimiche, eco tossicologiche e microbiologiche, ACFM = Acqua per analisi fisiche, chimiche, e microbiologiche, P = Plancton, S = sedimenti per analisi fisiche, chimiche, eco tossicologiche.

Stazioni	Autunno 2015 (Campagna minima)	Inverno 2016 (Campagna intermedia)	Primavera 2016 (Campagna minima)	Estate 2016 (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 e le date di taratura come richiesto nella prescrizione 4 delle Determinazioni 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017. Si precisa che le tarature vengono fatte sia dalla casa madre che internamente attraverso l'uso di soluzioni standard.

Tabella 5 - Specifiche dei sensori relativi alla sonda multiparametrica e date di taratura. IN = taratura svolta internamente.		
Parametro	Specifiche tecniche	Date taratura
Pressione	tipo piezoresistivo, portata 0÷150 m, accuratezza 0,1 m	23/03/2016; 08/11/2016; 09/05/2017; 31/08/2017
Temperatura	tipo Pt100, portata -2÷38 °C, accuratezza 0,01 °C	02/09/2016 IN; 06/03/2017 IN; 09/05/2017; 31/08/2017
Conducibilità	tipo cella a 7 anelli, portata 0÷70 mS/cm, accuratezza 0,02 mS/cm	23/03/2016; 08/11/2016; 09/05/2017; 31/08/2017
Ossigeno	tipo polarografico, portata 0÷300% di saturazione, accuratezza 1%	23/03/2016; 08/11/2016; 09/05/2017; 31/08/2017
pH	tipo a cella di vetro, portata 2÷12, accuratezza 0,05	02/09/2016 IN; 06/03/2017 IN; 09/05/2017; 31/08/2017
Redox	: tipo a cella di vetro, portata -1000 ÷ +1000 mV, accuratezza 1 mV	02/09/2016 IN; 06/03/2017 IN; 09/05/2017; 31/08/2017
Torbidità	portata 0÷100 NTU, accuratezza 0,05 NTU	02/09/2016 IN; 06/03/2017 IN; 09/05/2017; 31/08/2017
Fluorescenza	portata 0÷50 mg/m ³ , accuratezza 0,05 mg/m ³	23/03/2016; 08/11/2016; 09/05/2017; 31/08/2017

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 dati sono stati elaborati tramite il software (free source) Ocean Data View.

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 spettrometro 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 (A16, I17, P17, E17).

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 combustibili 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 HgCl_2 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.			
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	UNI EN ISO 9377-2:2002	$\mu\text{g/l}$	10
Tensioattivi anionici	APAT CNR IRSA 5170 Man 29 2003	mg/l	0,05
Tensioattivi non ionici	UNI 10511-2:1996 + A1:2000	mg/l	0,03
Acidi aloacetici			
Dalapon	EPA 552.3:2003	$\mu\text{g/l}$	0,5
Acido Dibromoacetico	EPA 552.3:2003	$\mu\text{g/l}$	0,5
Acido Tribromoacetico	EPA 552.3:2003	$\mu\text{g/l}$	2
Acido Monobromoacetico	EPA 552.3:2003	$\mu\text{g/l}$	0,5
Acido Bromodichloroacetico	EPA 552.3:2003	$\mu\text{g/l}$	0,5
Acido Bromocloroacetico	EPA 552.3:2003	$\mu\text{g/l}$	0,5
Acido Dichloroacetico	EPA 552.3:2003	$\mu\text{g/l}$	2
Acido Tricloroacetico	EPA 552.3:2003	$\mu\text{g/l}$	0,5
Acido Monocloroacetico	EPA 552.3:2003	$\mu\text{g/l}$	2
Acido Clorodibromoacetico	EPA 552.3:2003	$\mu\text{g/l}$	2
Aloacetoniitri			
Dibromoacetoniitrile	EPA 551:1990	$\mu\text{g/l}$	0,05
Dicloroacetoniitrile	EPA 551:1990	$\mu\text{g/l}$	0,05
Tricloroacetoniitrile	EPA 551:1990	$\mu\text{g/l}$	0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	EPA 551:1990	$\mu\text{g/l}$	0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	EPA 551:1990	$\mu\text{g/l}$	0,05
Cloropicrina	EPA 551:1990	$\mu\text{g/l}$	0,5
Alometani e Composti Organici Volatili (VOC)			
Cloroformio	EPA5030C:2003 + EPA 8260C:2006	$\mu\text{g/l}$	0,01
Carbonio Tetracloruro	EPA5030C:2003 + EPA 8260C:2006	$\mu\text{g/l}$	0,01
Tricloro Etilene	EPA5030C:2003 + EPA 8260C:2006	$\mu\text{g/l}$	0,01
Dicloro Bromo Metano	EPA5030C:2003 + EPA 8260C:2006	$\mu\text{g/l}$	0,01
Tetracloro Etilene	EPA5030C:2003 + EPA 8260C:2006	$\mu\text{g/l}$	0,01
Dibromo Cloro Metano	EPA5030C:2003 + EPA 8260C:2006	$\mu\text{g/l}$	0,01
Bromoformio	EPA5030C:2003 + EPA 8260C:2006	$\mu\text{g/l}$	0,01
1,2-Dibromo Etano	EPA5030C:2003 + EPA 8260C:2006	$\mu\text{g/l}$	0,01
1,1,1-Tricloro Etano	EPA5030C:2003 + EPA 8260C:2006	$\mu\text{g/l}$	0,01
1,1,2-Tricloro Etano	EPA5030C:2003 + EPA 8260C:2006	$\mu\text{g/l}$	0,01
Alofenoli			
2,4-Diclorofenolo	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 2014	$\mu\text{g/l}$	0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 2014	$\mu\text{g/l}$	0,2
2,4,6-Triclorofenolo	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 2014	$\mu\text{g/l}$	0,2
Pentaclorofenolo	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 2014	$\mu\text{g/l}$	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 litri di acqua marina. Parte del campione prelevato da bottiglia (3-4 litri) è stata filtrata su filtri Whatman GF/F (\varnothing 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 determinati, 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>
Peridina	Perid	Dinoflagellati
Butanoiloxifucosantina	But-Fuco	Dictyochophyceae, Chrysophyceae,
Fucosantina	Fuco	Diatomee
Hesanoiloxifucosantina	Hex-Fuco	Prymnesiophyceae Coccolitofori
Prasinossantina	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 quantitativa 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 10 μ m; 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 secondo metodologie standard (Zingone *et al.*, 2010. 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 peschate orizzontali e peschate verticali a diverse profondità. L'oloplancton è stato campionato con retino standard WP-2, a chiusura con vuoto di maglia di 200 μ m, flussometro e specifico meccanismo di sgancio; meroplancton e ittioplancton con retino tipo WP-2, modificato, a chiusura, con vuoto di maglia di 335 μ m, 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 peschate, utilizzando contemporaneamente i retini da olo e meroplancton. Per escludere errori di campionamento dei diversi gruppi planctonici, soggetti ad importanti migrazioni nicotemerali, tutte le peschate orizzontali e le peschate 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 2017 e nell'estate 2017 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. 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. E' 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±8mm in inverno 2015 e dimensioni 58±9mm 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, eco tossicologiche e microbiologiche è stato campionato nell'estate 2017 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	Unita Misura	Limite Rilevabilità
Idrocarburi C10 – C40	UNI EN ISO 16703:2011	mg/kg	1,5
Idrocarburi C<10	EPA 5021A:2003 + EPA 8015C:2007	mg/kg	0,5
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	EPA 3550C:2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270D:2014	mg/kg	0,001
Total Organic Carbon (TOC)	UNI EN 13137:2002 (Metodo B)	mg/kg	100
Composti organostannici	UNI EN ISO 23161:2011	mg/kg	0,001
Alluminio (Al)	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2014	%	0,03
Bario (Ba)	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2014	mg/kg	1,25
Cromo totale (Cr tot)	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2014	mg/kg	1,25
Ferro (Fe)	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2014	%	0,03
Manganese (Mn)	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2014	mg/kg	12,5
Nichel (Ni)	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2014	mg/kg	1,25
Rame (Cu)	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2014	mg/kg	1,25
Zinco (Zn)	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2014	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	MI/C/10	ug/kg	0,4
Acido Dibromoacetico	MI/C/10	ug/kg	0,2
Acido Tribromoacetico	MI/C/10	ug/kg	5
Acido Monobromoacetico	MI/C/10	ug/kg	0,4
Acido Bromodichloroacetico	MI/C/10	ug/kg	0,4
Acido Bromocloroacetico	MI/C/10	ug/kg	0,4
Acido Dichloroacetico	MI/C/10	ug/kg	1,6
Acido Tricloroacetico	MI/C/10	ug/kg	0,2
Acido Monocloroacetico	MI/C/10	ug/kg	3
Acido Clorodibromoacetico	MI/C/10	ug/kg	1,2
Alometani, aloacetoniitrili, composti organici volatili (VOC)			
Cloroformio	EPA 5035A:2002 + EPA8260C:2006	ug/kg	0,05
1,1,1-Tricloroetano	EPA 5035A:2002 + EPA8260C:2006	ug/kg	0,05
Tetracloruro di carbonio	EPA 5035A:2002 + EPA8260C:2006	ug/kg	0,05
Tricloroetilene	EPA 5035A:2002 + EPA8260C:2006	ug/kg	0,05
Bromodichlorometano	EPA 5035A:2002 + EPA8260C:2006	ug/kg	0,05
1,1,2-Tricloroetano	EPA 5035A:2002 + EPA8260C:2006	ug/kg	0,05
Tetracloroetilene	EPA 5035A:2002 + EPA8260C:2006	ug/kg	0,05
Bromoformio	EPA 5035A:2002 + EPA8260C:2006	ug/kg	0,05
Dibromoclorometano	EPA 5035A:2002 + EPA8260C:2006	ug/kg	0,05
1,2-Dibromoetano	EPA 5035A:2002 + EPA8260C:2006	ug/kg	0,05
Tricloroacetoniitrile	MI/C/11	ug/kg	0,05
Dicloroacetoniitrile	MI/C/11	ug/kg	0,05
1,1-dicloro-2-propanone	MI/C/11	ug/kg	0,5
1,2,3-Tricloropropano	EPA 5035A:2002 + EPA8260C:2006	ug/kg	0,05
Dibromoacetoniitrile	MI/C/11	ug/kg	5
1,2-Dibromo-3-Cloro-propano	EPA 5035A:2002 + EPA8260C:2006	ug/kg	0,2
1,1,1-Tricloro-2-propanone	MI/C/11	ug/kg	1
Alifenoli (SVOC)			
2,4-Diclorofenolo	EPA 3550C:2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270D:2014	ug/kg	0,5
2,4,6-Triclorofenolo	EPA 3550C:2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270D:2014	ug/kg	0,5
4-Cloro-3-Metilfenolo	EPA 3550C:2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270D:2014	ug/kg	0,5

Analisi microbiologiche

La ricerca di coliformi fecali, coliformi totali, streptococchi fecali sono state effettuate seguendo le seguenti metodologie.
Coli totali e coli fecali: CNR-IRSA 2003 7010.
Strepto fecali: APAT CNR IRSA 7040 / metodo C (2003).

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. ≤ 1	Assente
15% < M ≤ 30%	Bassa	1 < S.T. ≤ 3	Bassa
30% < M ≤ 60%	Media	3 < S.T. ≤ 6	Media
M > 60%	Alta	6 < S.T. ≤ 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: $y=0.28+2.728^{\ast}\%pelite$ (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-16, I-17, P-17, E-17) 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 traformati (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 Meibenthos

Il prelievo del sedimento per lo studio della meiofauna è stato effettuato nelle 2 stagioni (I-17, E-17) 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 ($MgCl_2$) 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 63 μ m. 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 μ m 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 meibenthos 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).

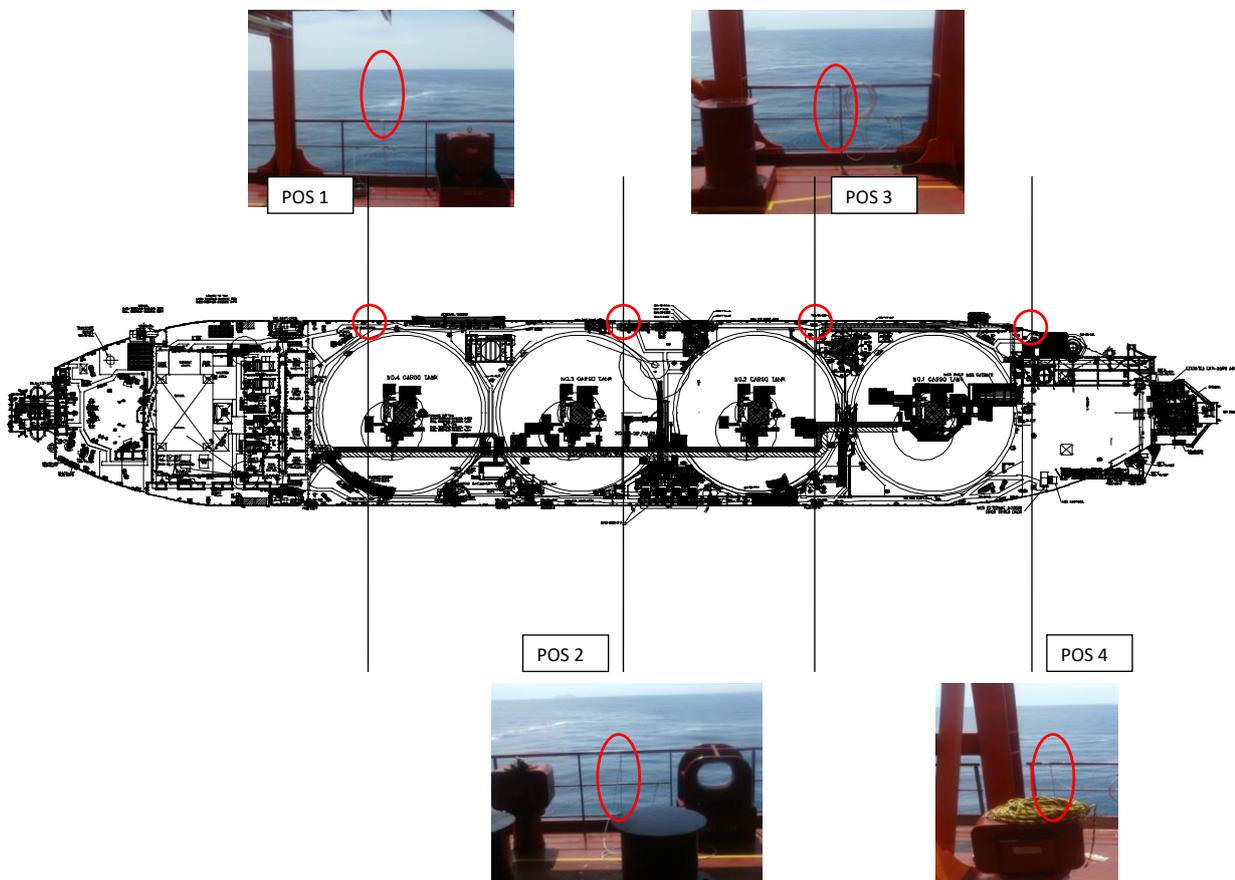
I dati di abbondanza sono stati raccolti in una matrice specie x stazioni e sottoposti ad analisi univariate e multivariate. Per le analisi univariate sono stati calcolati i principali indici ecologici: numero di taxa rinvenuti (S), diversità di Shannon-Wiener (H'), equitabilità di Pielou (J), dominanza 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 gli 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 state effettuate 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).



Gabbie usate sul Terminale FSRU (sx) e in Gorgona (dx).



Dal terzo anno di monitoraggio in poi anche queste indagini sono state fatte su base stagionale. 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 sottoriportate. 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.

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 2016		Inverno 2017		Primavera 2017		Estate 2017	
		Data posa	Data ritiro	Data posa	Data ritiro	Data posa	Data ritiro	Data posa	Data ritiro
Mitili tempo zero	La Spezia		24.10.16*		15.02.17		09.05.17		08.09.17
Stazione E	Gorgona	25.10.16	13.12.16	16.02.17	09.03.17	10.05.17	09.06.17	11.09.17	13.10.17
Stazione A	Pos 1 (poppa nave)	25.10.16	13.12.16	16.02.17	09.03.17		08.06.17		13.10.17
Stazione B	Pos 2	25.10.16	13.12.16	16.02.17	09.03.17		08.06.17		13.10.17
Stazione C	Pos 3	25.10.16	13.12.16	16.02.17	09.03.17		08.06.17		13.10.17
Stazione D	Pos 4 (prua nave)	25.10.16	13.12.16	16.02.17	09.03.17		08.06.17		13.10.17

* riferito al ritiro dall'impianto.

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**.

In riferimento alla prescrizione 13 delle Determinazioni 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017 le concentrazioni dei metalli saranno riportate sia in sostanza secca (s.s.) sia in peso fresco (p.f.).

Tabella 12 - Metodi relativi alla analisi chimiche effettuate su *M. galloprovincialis*.

	Metodo	Unita Misura	Limite Rilevabilità
Idrocarburi C<10	EPA 5021A 2003 + EPA 8015C 2007	mg/kg	0,5
Idrocarburi C10-C40	UNI EN ISO 16703:2011	mg/kg	5
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	EPA 3550C: 2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270D:2014	mg/kg	0,001
Composti organostannici	UNI EN ISO 23161:2011	mg/kg	0,001
Bario (Ba)	EPA 3052:1996 + EPA 6010D:2014	mg/kg	1,25
Cromo totale (Cr)	EPA 3052:1996 + EPA 6010D:2014	mg/kg	1,25
Ferro (Fe)	EPA 3052:1996 + EPA 6010D:2014	%	0,03
Manganese (Mn)	EPA 3052:1996 + EPA 6010D:2014	mg/kg	12,5
Nichel (Ni)	EPA 3052:1996 + EPA 6010D:2014	mg/kg	1,25
Rame (Cu)	EPA 3052:1996 + EPA 6010D:2014	mg/kg	1,25
Vanadio (V)	EPA 3052:1996 + EPA 6010D:2014	mg/kg	1,25
Zinco (Zn)	EPA 3052:1996 + EPA 6010D:2014	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	MI/C/10	µg/kg	2
Acido Dibromoacetico	MI/C/10	µg/kg	1
Acido Tribromoacetico	MI/C/10	µg/kg	10
Acido Monobromoacetico	MI/C/10	µg/kg	2
Acido Bromodichloroacetico	MI/C/10	µg/kg	5
Acido Bromocloroacetico	MI/C/10	µg/kg	2
Acido Dichloroacetico	MI/C/10	µg/kg	3
Acido Trichloroacetico	MI/C/10	µg/kg	2
Acido Monocloroacetico	MI/C/10	µg/kg	3
Acido Clorodibromoacetico	MI/C/10	µg/kg	5
Alometani, composti organici volatili (VOC)			
1,1,1-Tricloro Etano	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260C:2006	µg/kg	< 0,2
1,1,2-Tricloro Etano	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260C:2006	µg/kg	< 0,2

Tabella 12 - Metodi relativi alla analisi chimiche effettuate su *M. galloprovincialis*.

		Metodo	Unita Misura	Limite Rilevabilità
Bromo Dicloro Metano	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260C:2006		µg/kg	< 0,2
Bromoformio	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260C:2006		µg/kg	< 0,5
Carbonio Tetracloruro	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260C:2006		µg/kg	< 0,2
Cloroformio	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260C:2006		µg/kg	< 0,2
Dibromo Cloro Metano	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260C:2006		µg/kg	< 0,2
Tetracloro Etilene	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260C:2006		µg/kg	< 0,15
Tricloro Etilene	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260C:2006		µg/kg	< 0,25
1,2,3-Tricloro propano	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260C:2006		µg/kg	< 0,6
1,2-Dibromo Etano	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260C:2006		µg/kg	< 0,25
Aloacetoni-trili				
Tricloroacetone-trile	MI/C/11*		µg/kg	0,5
Dibromoacetone-trile	MI/C/11*		µg/kg	0,8
Alofenoli (SVOC)				
2,4-Diclorofenolo	EPA 3550C: 2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270D:2014		µg/kg	0,5
2,4,6-Triclorofenolo	EPA 3550C: 2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270D:2014		µg/kg	0,5
4-Cloro-3-Metilfenolo	EPA 3550C: 2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270D:2014		µg/kg	0,5
Pentaclorofenolo	EPA 3550C: 2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270D:2014		µg/kg	0,5

Analisi microbiologiche

È stata effettuata la conta di Coliformi totali (ISO4832:2006), Streptococchi fecali (NF V08-060:2009), Coliformi fecali (APHA Compendium of methods for the microbiological examination of foods ed 4th 2001, Cap 9).

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 o 7 repliche in base al tipo di biomarker.

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. 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 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). 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 lisosomiale. L'efficienza con cui il NR rimane intrappolato nei lisosomi dipende 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 colorante 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 a 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 per 15 minuti. Dopo un lavaggio in soluzione fisiologica, il vetrino viene osservato al microscopio effettuando 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, indice della fuoriuscita del colorante dai lisosomi. Un tempo breve 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 sensibile allo stress ossidativo, oltre che all'azione diretta di contaminanti specifici. 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 branchie di mitilo vengono dissociate mediante un trattamento enzimatico e meccanico. Successivamente, le cellule isolate sono incluse in un gel di agarosio, 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 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; la lunghezza e l'intensità di fluorescenza della "coda della cometa" 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 secondo un criterio casuale.

Analisi istologica dell'apparato branchiale. 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 su campioni di tessuto (prelevati da N. 5 individui per stazione di campionamento) preparati secondo le tecniche istologiche convenzionali. In breve, frammenti di branchie vengono fissati in soluzione di Bouin, disidratati in una serie di alcool, inclusi in resina metacrilato (Historesin), sezionati ed osservati al microscopio ottico previa colorazione con Blu di Metilene e Blu di Toluidina. Per ogni replica vengono osservate almeno 100 lamelle branchiali ed è assegnato un punteggio in base al grado di integrità del tessuto per ciascun individuo. In particolare, il valore 1 è assegnato quando non si osserva alcun tipo di alterazione, mentre il punteggio di 5 è rappresentativo di una grave compromissione.

I risultati dei biomarker sono elaborati statisticamente mediante analisi della varianza per individuare eventuali differenze significative tra i mitili della stazione di controllo (presso l'Isola di Gorgona) e quelli posti presso il Terminale FRSU.

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 I17 P1, I17 P2, I17 P3 e I17 P4 per la campagna invernale; E17 P1, E17 P2; E17 P3 e E17 P4 per la campagna estiva). La stessa tipologia di campionamento è stata ripetuta in un sito al di fuori della zona interdotta alla navigazione (nominato I17 PC (campagna invernale); E17 PC (campagna estiva)), ma avente le stesse caratteristiche batimetriche e bionomiche.

2) **Reti a traino di fondo:** 4 peschate (cale) sperimentali realizzate a differenti quote batimetriche in prossimità dell'area di installazione del Terminale (siti nominati I17 S1, I17 S2, I17 S3 e I17 S4 per la campagna invernale; E17 S1, E17 S2, E17 S3 e E17 S4 per la campagna estiva) e 1 cala localizzata a maggiore distanza (nominato I17 SC (campagna invernale); E17 SC (campagna estiva)).

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 peschate 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 2017								
09/03/2017	Donato Padre	S	I17 SC	43°41'172	09°59'893	43°42'518	09°58'879	97
09/03/2017	Donato Padre	S	I17 S3	43°35'528	09°58'211	43°36'983	09°58'080	134
09/03/2017	Donato Padre	S	I17 S4	43°37'960	09°57'304	43°39'421	09°58'065	128
10/03/2017	Donato Padre	S	I17 S1	43°39'001	10°00'815	43°40'459	10°00'365	98
10/03/2017	Donato Padre	S	I17 S2	43°36'049	10°01'224	43°37'406	10°00'563	102
12/03/2017	Evolution	RP(calò)	I17 PC	43°37'337	10°01'019	43°37'401	10°00'480	100
12/03/2017	Evolution	RP(calò)	I17 P4	43°39'245	09°58'638	43°39'628	09°58'619	119
12/03/2017	Evolution	RP(calò)	I17 P2	43°37'365	09°59'628	43°37'362	09°59'061	112
12/03/2017	Evolution	RP(calò)	I17 P1	43°39'484	10°00'537	43°38'994	10°00'794	100
12/03/2017	Evolution	RP(calò)	I17 P3	43°37'932	09°58'558	43°38'400	09°58'640	120
13/03/2017	Evolution	RP(salpamento)	I17 PC	43°37'337	10°01'019	43°37'401	10°00'480	100
13/03/2017	Evolution	RP(salpamento)	I17 P4	43°39'245	09°58'638	43°39'628	09°58'619	119
13/03/2017	Evolution	RP(salpamento)	I17 P2	43°37'365	09°59'628	43°37'362	09°59'061	112
13/03/2017	Evolution	RP(salpamento)	I17 P1	43°39'484	10°00'537	43°38'994	10°00'794	100
13/03/2017	Evolution	RP(salpamento)	I17 P3	43°37'932	09°58'558	43°38'400	09°58'640	120
Estate 2017								
05/09/2017	Nuovo Bagliore	S	E17 SC	43°42'470	09°59'164	43°40'987	10°10'060	98
05/09/2017	Nuovo Bagliore	S	E17 S1	43°40'270	10°00'376	43°38'652	10°01'149	98
05/09/2017	Nuovo Bagliore	S	E17 S2	43°37'188	10°00'660	43°35'624	10°01'456	99
05/09/2017	Evolution	RP(calò)	E17 P1	43°39'407	10°00'556	43°38'981	10°00'794	100
05/09/2017	Evolution	RP(calò)	E17 P2	43°37'330	09°59'750	43°37'317	09°58'880	107
05/09/2017	Evolution	RP(calò)	E17 P3	43°37'956	09°58'458	43°38'410	09°58'084	119
06/09/2017	Evolution	RP(salpamento)	E17 P1	43°39'407	10°00'556	43°38'981	10°00'794	100

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)
06/09/2017	Evolution	RP(salpamento)	E17 P2	43°37'330	09°59'750	43°37'317	09°58'880	107
06/09/2017	Evolution	RP(salpamento)	E17 P3	43°37'956	09°58'458	43°38'410	09°58'084	119
21/09/2017	Nuovo Bagliore	S	E17 S3	43°36'924	09°58'090	43°35'323	09°58'267	135
21/09/2017	Nuovo Bagliore	S	E17 S4	43°39'158	09°57'895	43°37'794	09°57'210	133
23/09/2017	Evolution	RP(calò)	E17 P4	43°39'750	09°58'435	43°39'214	09°58'350	121
23/09/2017	Evolution	RP(calò)	E17 PC	43°37'327	10°01'075	43°37'518	10°00'344	100
24/09/2017	Evolution	RP(salpamento)	E17 P4	43°39'750	09°58'435	43°39'214	09°58'350	121
24/09/2017	Evolution	RP(salpamento)	E17 PC	43°37'327	10°01'075	43°37'518	10°00'344	100

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 cm inferiore, per gli Osteitti e Condroitti, 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 state 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-Wiener (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 delle 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.

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	I17 P1	T1	I17 S1
T2	I17 P2	T2	I17 S2
T3	I17 P3	T3	I17 S3
T4	I17 P4	T4	I17 S4
C	I17 PC	C	I17 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 1000m, è stata calata in prossimità del Terminale galleggiante e lasciata in pesca per circa ore.

Nei giorni successivi la medesima rete è stata calata a maggiore distanza dal Terminale (controllo) e tenuta in pesca per circa 3 ore (**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 del campionamento al fine di evitare che sia trasportato verso il Terminale galleggiante.

Gli organismi catturati sono stati 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 cm 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)
16/09/2017	Evolution	RPP	E17 PDC	43°38'259	10°00'844	43°39'149	10°00'855	99
23/9/2017	Evolution	RPP	E17 PD	43°39'458	10°00'050	43°40'168	09°59'380	106

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 (cetacei 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” è stata applicata 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 tursiopo sono dovuti alle interazioni intra-specifiche e vengono identificati sulla pinna dorsale e sull'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).

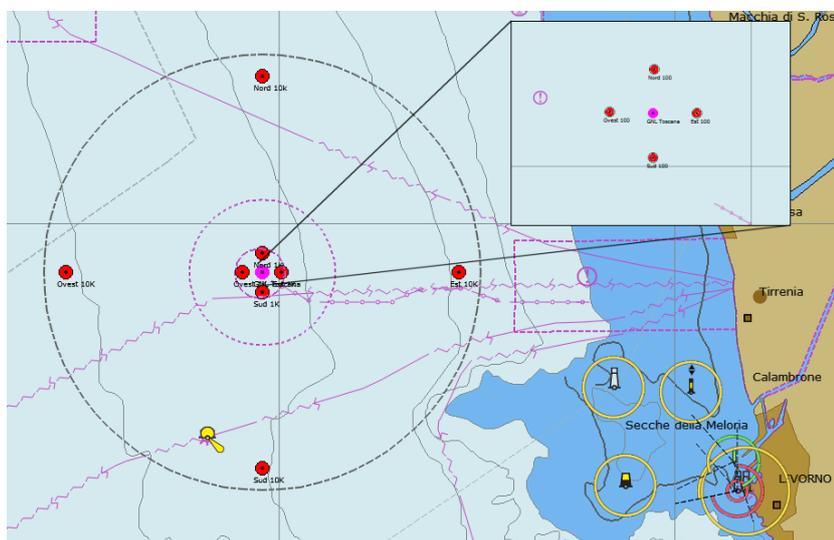


Figura 3 - Posizione delle stazioni di campionamento acustico.

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

Strumentazione utilizzata

1) Idrofono digitale Aquatech 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 termoclino, 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 termoclino. 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.

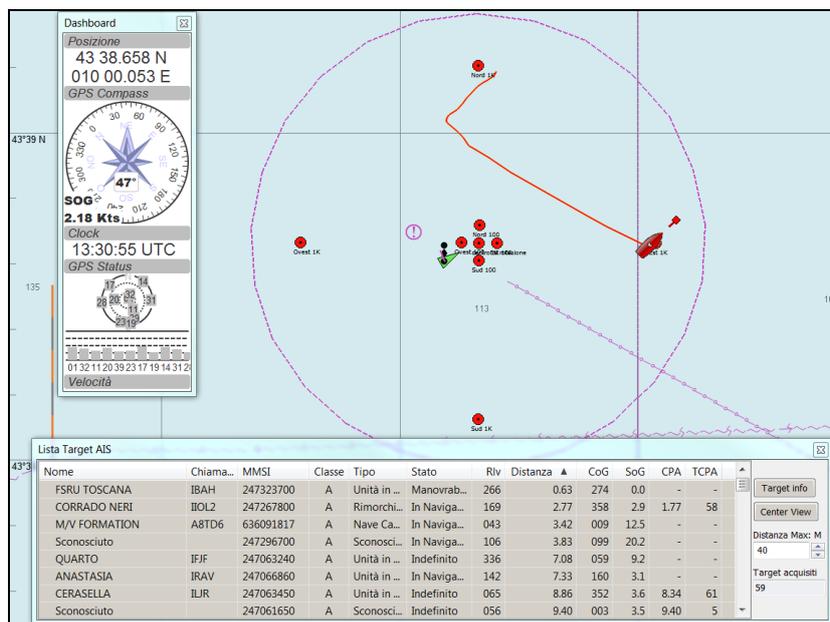


Figura 4 - Esempio di restituzione dati AIS durante l'avvicinamento alla stazione Est1K.

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, parte seconda). 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 6 tratta dalle Linee Guida di cui sopra, che definisce le specie in funzione della banda di frequenze a cui sono maggiormente sensibili. A seguire è riportata la tabella 7, tratta dal medesimo documento, riportante i valori soglia per diversi tipi di rumore (impulsi singoli, multipli e non impulsivi) capaci di originare le prime significative risposte comportamentali in diverse specie di mammiferi marini.

Tabella 6 modificata (Borsani & Farchi, 2011, parte seconda).

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 _{MI} (mf: mid-frequency cetaceans)
High-frequency cetaceans	200 Hz to 180 kHz	<i>Phocena, Neophocena, Phocoenoides, Platanista, Inia, Kogia, Lipotes, Pontoporia, Cephalorhynchus</i> (20 species/subspecies)	M _M (hf: high-frequency cetaceans)

Tabella 7 modificata (Borsani & Farchi, 2011, parte seconda).

<p>Valori soglia per Impulsi singoli (tipo battipali): Sound exposure levels SEL: 183 dB re: 1 µPa²-s</p> <p>Valori soglia per Impulsi multipli (tipo survey geosismici): Cetacei bassa frequenza: 120 dB re: 1 µPa RL (RMS/pulse duration) Cetacei media frequenza: 90-180 dB re: 1 µPa RL (RMS/pulse duration) Cetacei alta frequenza: non applicabile</p> <p>Valori soglia per rumori non impulsivi (tipo perforazione, navi etc): Cetacei bassa frequenza: 100-110 dB re: 1 µPa RMS SPL Cetacei media frequenza: 110-120 dB re: 1 µPa RMS SPL Cetacei alta frequenza: 140-150 dB re: 1 µPa RMS SPL</p>
--

I valori soglia riportati di seguito (tratti dalle Linee Guida ISPRA, Borsani & Farchi, 2011, parte seconda, Tabella 8) 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.

Tabella 8 modificata (Borsani & Farchi, 2011, parte seconda).

Marine mammal groups	Low, Mid, High -frequency cetaceans		Low, Mid, High -frequency cetaceans	
	Single pulses, Multiple pulses,	Non-pulses	Single pulses, Multiple pulses,	Non-pulses
Effetto	Perdita permanente (PTS) di sensibilità uditiva		Perdita temporanea (TTS) di sensibilità uditiva	
Sound pressure level	230 dB re: 1 µ Pa (peak) (flat)	230 dB re: 1 µ Pa (peak) (flat)	224 dB re: 1 µ Pa (peak) (flat)	224 dB re: 1 µ Pa (peak) (flat)
Sound exposure level	198 dB re: 1 µ Pa ² -s	215 dB re: 1 µ Pa ² -s	183 dB re: 1 µ Pa ² -s	195 dB re: 1 µ Pa ² -s

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 terze 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,

- 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.

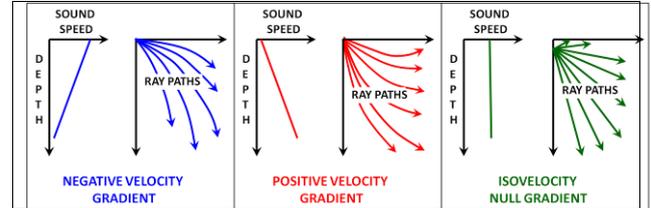


Figura 5 - Schema dei tre tipi fondamentali di andamento che i raggi/coni acustici possono assumere nel piano range-depth al variare del profilo della velocità del suono con la profondità.

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.

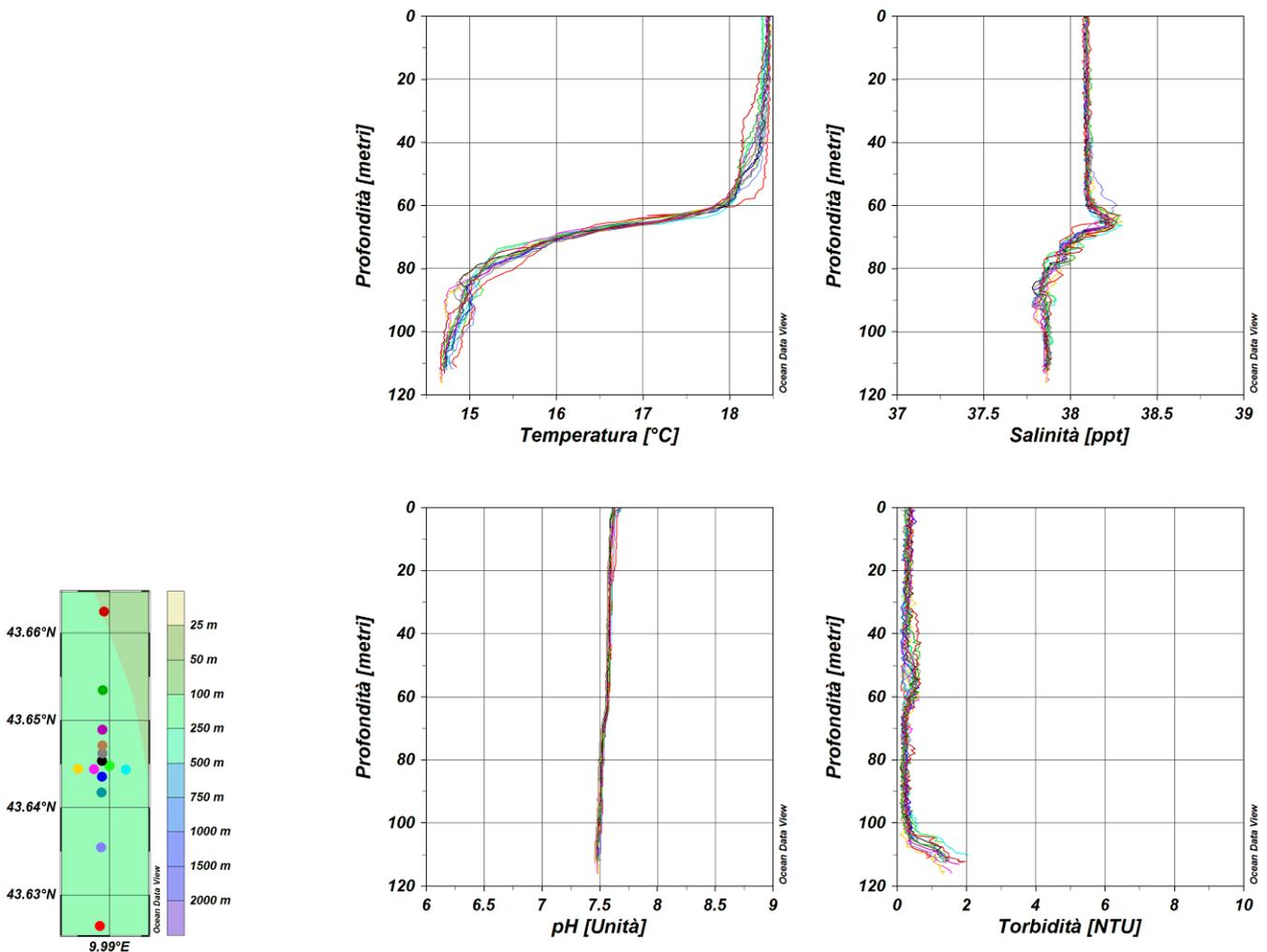
Per le registrazioni è stato utilizzato un software dedicato con funzioni di ascolto, visione e registrazione sempre attive. Per la fase di ascolto sono state utilizzate cuffie e casse stereo con alternanza di ascoltatori ogni ora.

3 RISULTATI SURVEY AUTUNNO 2016

3.1 COLONNA D'ACQUA

3.1.1 Profili idrologici

La **temperatura** varia, nel campionamento A16, in un range compreso tra 14,6°C e 18,4°C, valori in linea con le temperature del periodo. E' presente un termoclino profondo (**Figura 6**) posizionato intorno a 60m caratterizzato da uno strato rimescolato dello spessore del termoclino con valori intorno a 18,4 °C che tendono a diminuire negli ultimi 60 metri per arrivare sul fondo a valori intorno a 14,6°C. Questo è tipico del periodo in esame caratterizzato da una iniziale omogeneizzazione della colonna d'acqua che non ha ancora raggiunto il fondo come accadrà nel periodo tipicamente invernale.



Nota: i grafici sono stati redatti secondo le prescrizioni 2 e 3 delle Determine 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017 come stabilito dalla MOM in Allegato 2.

Figura 6 - Profili di temperatura (°C), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey autunno 2016.

I profili di **salinità** risultano costanti dalla superficie fino a 60m con valori intorno a 38,1 ppt per poi aumentare lievemente (38,3 ppt) e diminuire gradualmente fino ad arrivare sul fondo a 37,8 ppt.

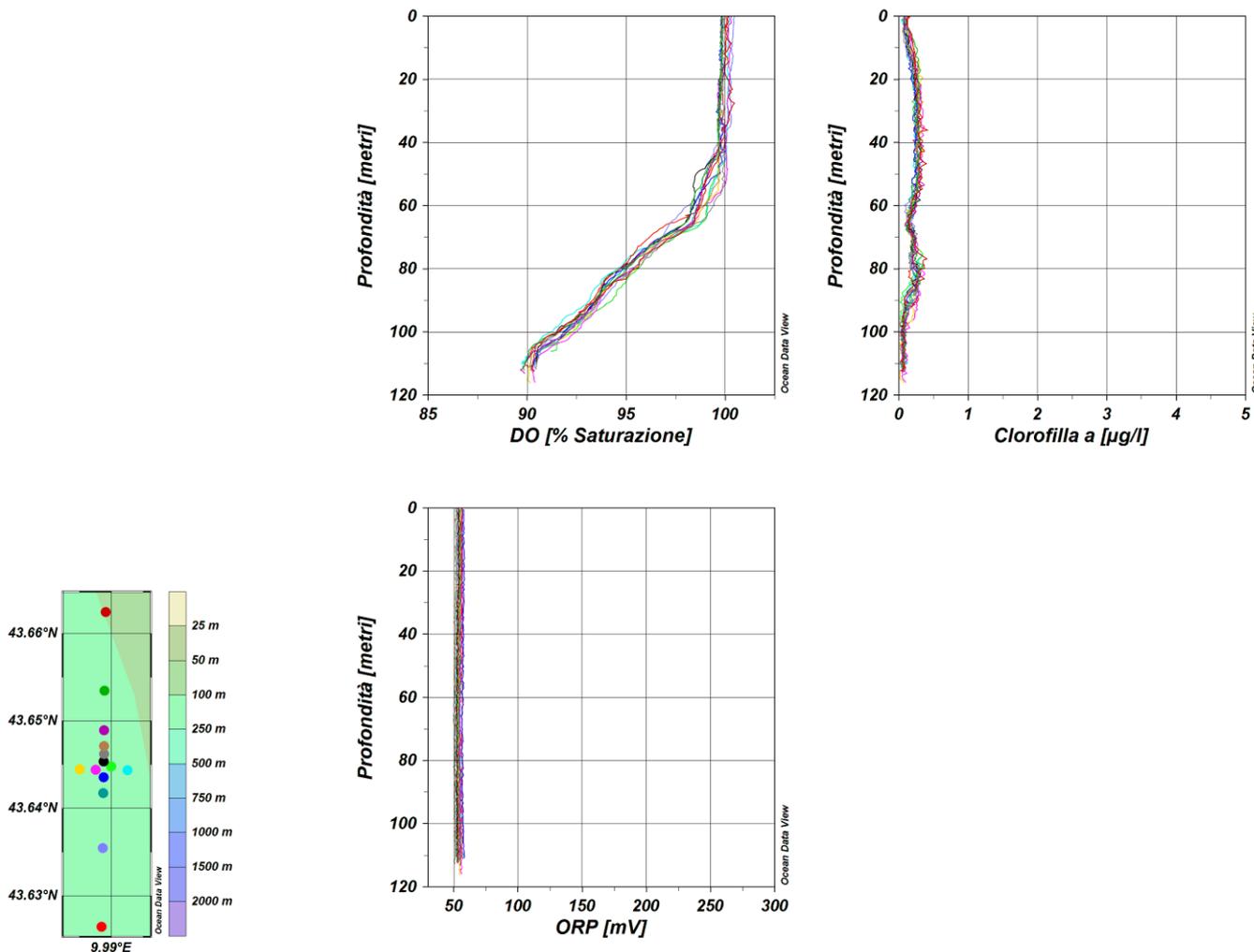
I profili di **pH** mostrano andamenti costanti su tutta la colonna d'acqua (7,5). I profili di **torbidità** mostrano bassi valori intorno a 0,3 NTU dalla superficie fino a 100m per poi aumentare leggermente e raggiungere valori di 2 NTU sul fondo. Essi sono comunque molto bassi e insufficienti per testimoniare un fenomeno di risospensione di sedimenti (precisazione in risposta alla richiesta della prescrizioni 12 delle Determine 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017).

I profili di **ossigeno disciolto** (

Figura 7) mostrano valori costanti dalla superficie a 60m oscillando intorno a 99-100 % di saturazione. I valori diminuiscono gradatamente fino ad arrivare, in prossimità del fondo, a 90 % di saturazione.

La **clorofilla** presenta valori compresi fra 0 µg/l e 0,3 µg/l nell'intera colonna d'acqua.

I valori di **ORP**, infine, sono costanti su tutto il profilo verticale con valori intorno a 50 mV.



Nota: i grafici sono stati redatti secondo le prescrizioni 2 e 3 delle Determinine 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017 come stabilito dalla MOM in Allegato 2.

Figura 7 – Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla ($\mu\text{g/l}$) e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey autunno 2016.

Misure di irradianza e irradianza spettrale

In Figura 8 sono mostrati i profili di irradianza PAR (Photosynthetic Available Radiation) sottomarina normalizzati rispetto a quella contemporanea superficiale alle stazioni A16 MG7 e A16 MG10. La profondità della zona eufotica (Z_{eu}) è 53,5 m alla stazione A16 MG7 e 50,5 m alla stazione A16 MG10. Nelle altre stazioni Z_{eu} varia da un minimo di 53 m alla A16 MG5 fino ad un massimo di 60 m alla A16 MG9.

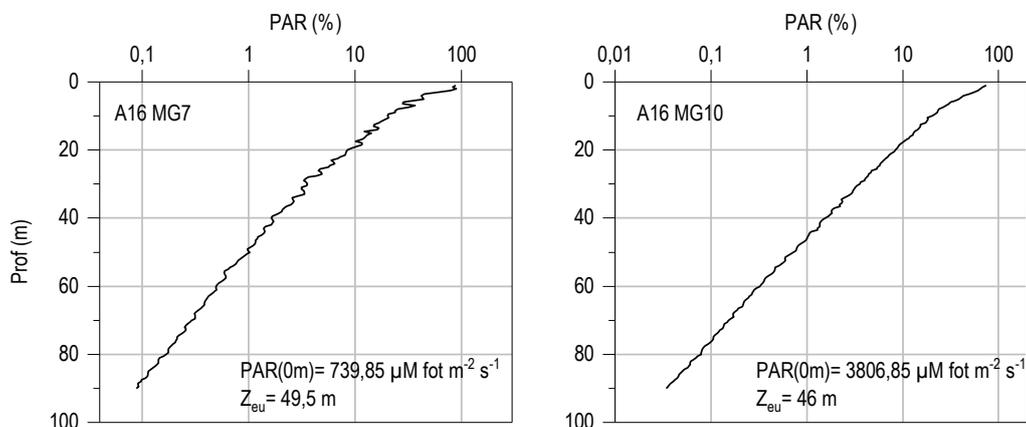


Figura 8 - Profilo del rapporto fra l'irradianza quantica PAR (Photosynthetic Available Radiation) disponibile alle varie profondità con quella contemporanea in superficie, PAR (0 m), delle stazioni A15 MG7 e A15 MG10.

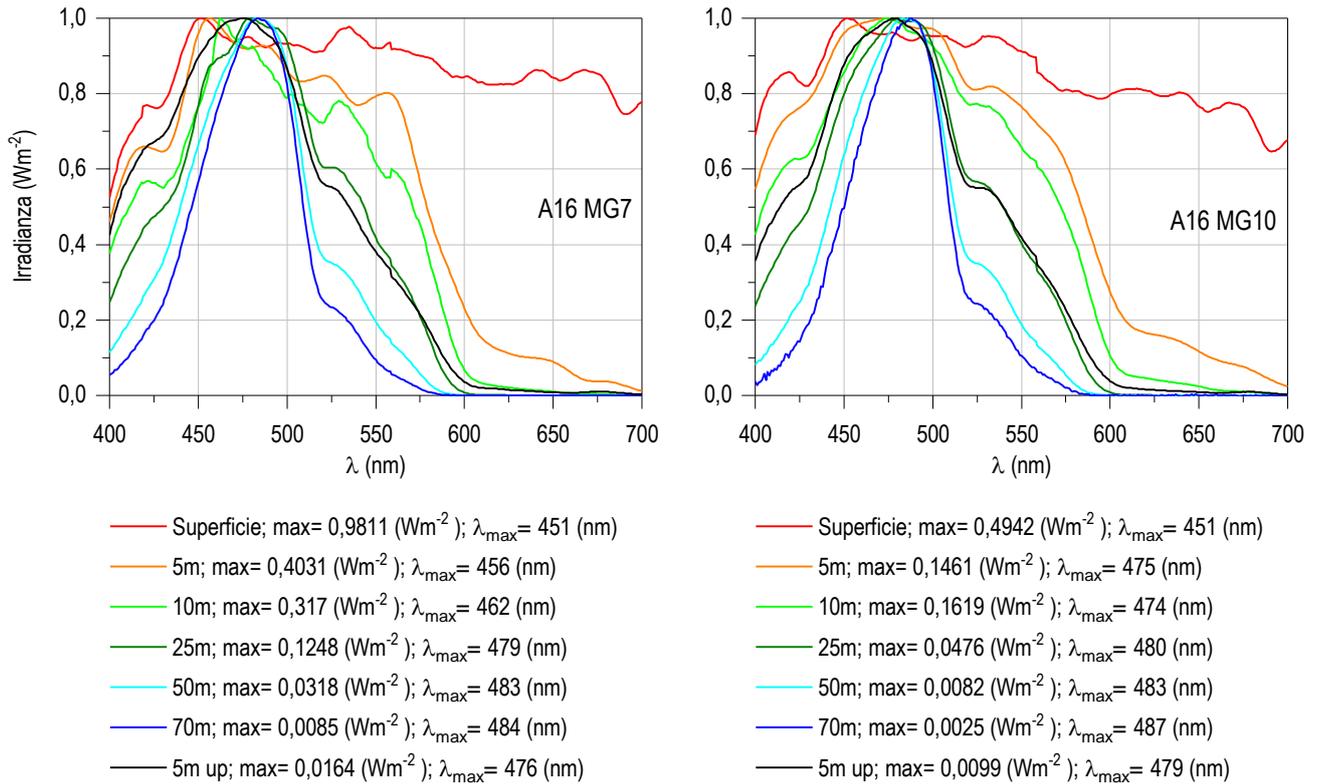


Figura 9 - Irradianza spettrale discendente superficiale e subacquea alle profondità indicate. E' inoltre riportata la irradianza spettrale ascendente a 5 m (5m up). Ogni spettro è stato normalizzato per il proprio massimo ($E_{\max}(\lambda)$) riportato nella legenda insieme con la lunghezza dove si colloca (λ_{\max}).

Le lunghezze d'onda dei massimi (λ_{\max}) degli spettri dell'irradianza discendente alle profondità maggiori, che indicano la radiazione più penetrante, si collocano nel range 484 e 487 nm. La radiazione che raggiunge la maggior profondità (λ_{\max} a 70 m in figura) si trova a 484 nm alla stazione A16 MG7 e a 487 nm alla stazione A16 MG10.

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.

Le concentrazioni dei sali nutritivi rilevate durante la campagna A16 non appaiono generalmente molto più elevate di quelle registrate nella campagna estiva. Le concentrazioni medie di nitriti, nitrati, fosfati e silicati sono rispettivamente di 0,069 μM , 0,308 μM , 0,047 μM e 0,910 μM , lievemente maggiori rispetto ad E16 per quanto riguarda nitriti, nitrati e silicati, minori per i fosfati sia rispetto ad E16 (0,047 in A16 e 0,052 in E16) che rispetto alle campagne A13, A14, A15, che presentavano in media 0,11 μM .

Per quanto riguarda i composti azotati, nitriti e nitrati, si hanno concentrazioni più basse a 0,5 m e massimi profondi, come il massimo di nitrati, 0,795 μM , in A16 MG9. Le condizioni nutritive appaiono legate ad una fase tardo estiva della stagionalità.

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
A16 MG3	0,5	0,892	0,029	0,032	0,150	A16 MG9	0,5	0,926	0,040	0,057	0,273
	12,5	0,985	0,070	0,074	0,443		12,5	0,917	0,044	0,071	0,467
	50	0,938	0,038	0,071	0,288		50	0,905	0,030	0,068	0,454
	70	0,892	0,046	0,042	0,391		70	1,085	0,046	0,255	0,795
A16 MG5	0,5	0,881	0,024	0,046	0,098	A16 MG10	0,5	0,984	0,044	0,041	0,303
	12,5	1,070	0,057	0,059	0,283		12,5	1,070	0,049	0,100	0,348
	50	0,974	0,043	0,051	0,264		50	0,927	0,037	0,066	0,244
	70	0,864	0,015	0,075	0,265		70	0,955	0,036	0,058	0,279
A16 MG6	0,5	1,063	0,067	0,159	0,459	A16 MG12	0,5	0,860	0,031	0,013	0,169
	12,5	0,821	0,080	0,066	0,300		12,5	0,845	0,054	0,017	0,339
	50	0,841	0,065	0,162	0,294		50	0,794	0,040	0,026	0,400
	70	0,856	0,050	0,082	0,414		70	0,800	0,050	0,078	0,259
A16 MG7	0,5	0,815	0,065	0,073	0,214	A16 MG13	0,5	0,883	0,037	0,036	0,147
	12,5	0,867	0,065	0,052	0,226		12,5	0,884	0,072	0,031	0,451
	50	0,843	0,031	0,068	0,121		50	0,922	0,049	0,043	0,309
	70	0,793	0,058	0,072	0,430		70	0,897	0,031	0,073	0,192

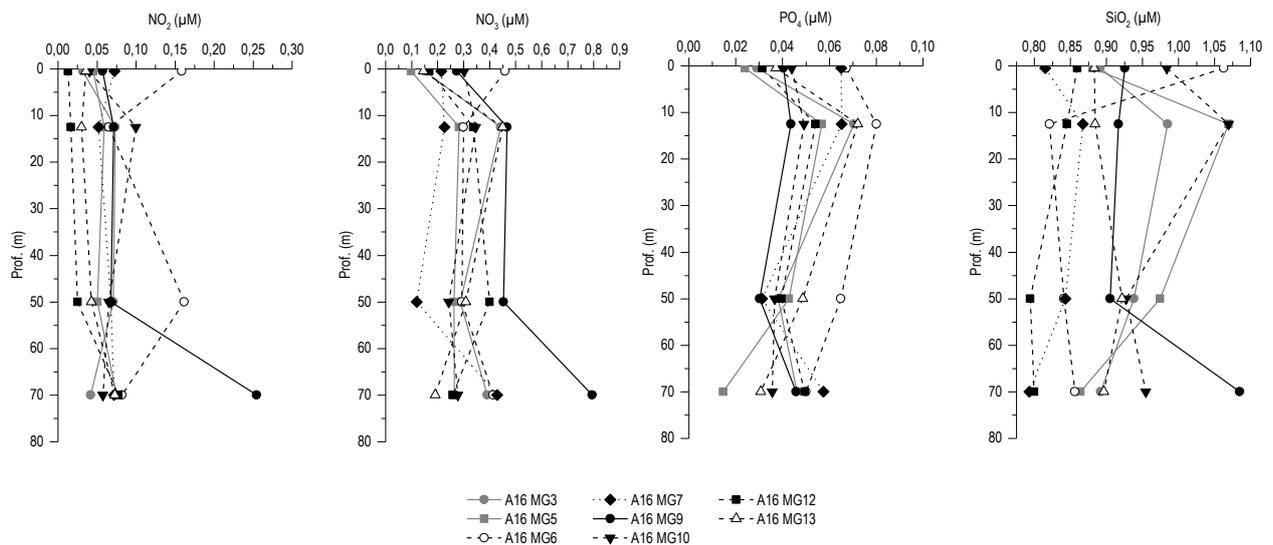


Figura 10 - Profili delle concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti: NO₂ (nitriti), NO₃ (nitrati), PO₄ (fosfati), SiO₂ (silicati).

Solidi sospesi (Total Suspended Matter)

Le concentrazioni di TSM in tutte le stazioni sono riportate in **Tabella 17**. Il valore medio generale è 0,93 mg/l, il minimo è 0,52 mg/l alla stazione A16 MG5 a 50 m ed il massimo è 2,65 mg/l alla stazione A16 MG13 a 12,5 m. Sia il valore medio che il massimo sono dello stesso ordine di quelli misurati nelle altre campagne autunnali (A13, A14, A15).

I profili batimetrici di TSM (**Figura 11**) mostrano che la maggior parte delle stazioni presenta concentrazioni massime a 12,5 m e minime a 50 m. Le diverse stazioni possono presentare un andamento lievemente differente per la collocazione dei massimi e minimi, come A16 MG 5, con massimo superficiale, e A16 MG7 e A16 MG9, con massimi profondi, ma le differenze di concentrazione sono comunque minime.

La concentrazione della frazione organica del TSM (POM) (**Tabella 17**) è in media 0,28 mg/l con minimo di 0,041 mg/l alla stazione A16 MG12 a 0,5 m e massimo di 0,519 mg/l alla stazione A16 MG5 a 12,5 m. I profili batimetrici del POM presentano concentrazioni massime prevalentemente a 12,5 m, per poi rimanere, in alcuni casi quasi costanti fino a 70 m, in altri con lieve diminuzione fino a 50 m e lievi aumenti a 70 m. Il POM rappresenta in media il 30,80% del TSM con minimo del 5,6 % alla stazione A16 MG12 0,5 m e massimo del 58,90 % alla stazione A16 MG5 50 m, percentuali in linea con i precedenti campionamenti.

Tabella 17 - Concentrazione (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).				
Prof. m	Stazione	TSM (mg/l)	Stazione	TSM (mg/l)
0,5	A16 MG3	0,6857	A16 MG9	0,7825
12,5		0,7275		0,8393
50		0,6640		0,7200
70		0,7033		0,9900
0,5	A16 MG5	0,9700	A16 MG10	1,0388
12,5		0,9530		1,4743
50		0,5233		1,2020
70		1,0307		1,1660
0,5	A16 MG6	0,8863	A16 MG12	0,7458
12,5		1,2690		0,9832
50		0,8570		0,6965
70		0,8860		0,7988
0,5	A16 MG7	0,6865	A16 MG13	0,7820
12,5		0,6635		2,6510
50		0,8150		0,6425
70		0,7372		1,0090

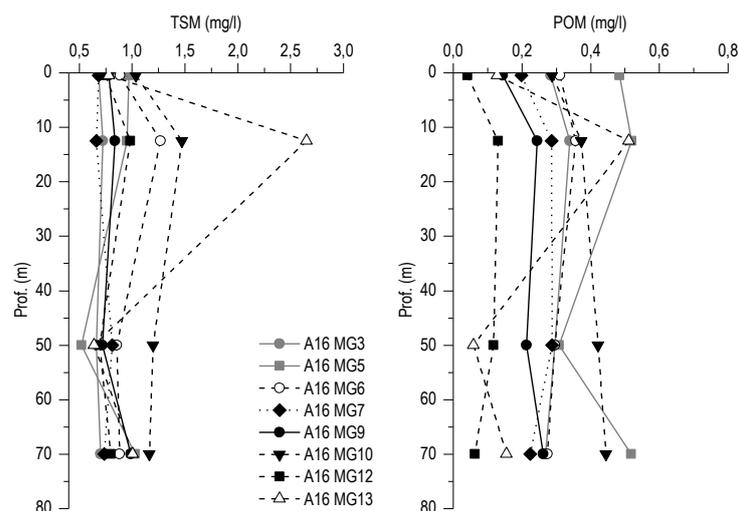


Figura 11 - Profili delle concentrazioni dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM).

Sostanza Organica Disciolta Cromoforica (CDOM)

Gli assorbimenti della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM(325)}$) mostrati in (Tabella 18) sono in media $0,227 \text{ m}^{-1}$ e variano da un minimo di $0,182 \text{ m}^{-1}$ alla stazione A16 MG5 a 0,5 m ad un massimo di $0,30 \text{ m}^{-1}$ alla stazione A16 MG6 a 70 m. I profili batimetrici di $a_{CDOM(325)}$ (Figura 12) hanno andamento piuttosto omogeneo tra le stazioni e lungo la colonna d'acqua con minimi a 50 m e massimi a 70 m. La stazione A16 MG5 presenta il massimo a 50 m ed il minimo in superficie, mentre A16 MG3 e A16 MG10 hanno il massimo a 12,5 m e i minimi a 50 m. I valori misurati non presentano particolari anomalie.

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	A16 MG3	0,2088	A16 MG9	0,2371
12,5		0,2535		0,2563
50		0,2047		0,2333
70		0,2294		0,2735
0,5	A16 MG5	0,1829	A16 MG10	0,1908
12,5		0,1919		0,2133
50		0,2814		0,1900
70		0,1881		0,1956
0,5	A16 MG6	0,2467	A16 MG12	0,2229
12,5		0,2586		0,2221
50		0,2629		0,2149
70		0,3006		0,2303
0,5	A16 MG7	0,2299	A16 MG13	0,2061
12,5		0,2296		0,2206
50		0,2394		0,2053
70		0,2480		0,2383

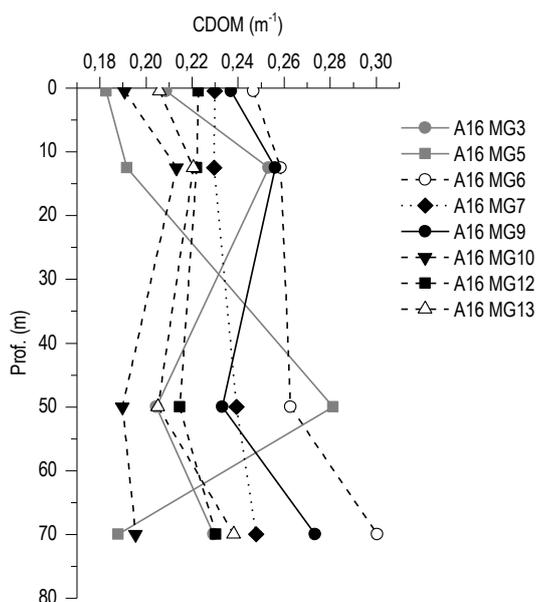


Figura 12 - Profili degli assorbimenti della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM}(325)$) nelle diverse stazioni.

Clorofilla a e diversità pigmentaria

La concentrazione di clorofilla a è in media $0,217 \text{ mg/m}^3$ con minimo di $0,163 \text{ mg/m}^3$ alla stazione A16 MG3 0,5 m ed un massimo di $0,254 \text{ mg/m}^3$ in superficie alla stazione A16 MG10 (Tabella 19).

I profili batimetrici (Figura 13) mostrano andamenti simili tra le stazioni con massimi superficiali e minimi tra 50 e 70 m. Solo in A16 MG3 si ha una maggiore differenza nello strato superficiale per il minimo assoluto rilevato a 0,5 m. La concentrazione media, seppur raddoppiata rispetto ad E16, conserva valori bassi in linea con una fase tardo estiva.

Tabella 19 - Clorofilla a totale (somma della clorofilla a, della Divinil Clorofilla a e della Alloclorofilla a, se presenti).

Prof. m	Stazione	Chl a mg/m ³	Stazione	Chl a mg/m ³
0,5	A16 MG3	0,1636	A16 MG9	0,2310
12,5		0,2260		0,2329
50		0,2079		0,2255
70		0,1861		0,1771
0,5	A16 MG5	0,2094	A16 MG10	0,2543
12,5		0,1985		0,2331
50		0,2204		0,2081
70		0,2184		0,2193
0,5	A16 MG6	0,2427	A16 MG12	0,2438
12,5		0,2147		0,2250
50		0,2290		0,2247
70		0,1884		0,2165
0,5	A16 MG7	0,2377	A16 MG13	0,2246
12,5		0,2292		0,2145
50		0,2160		0,2076
70		0,2140		0,2114

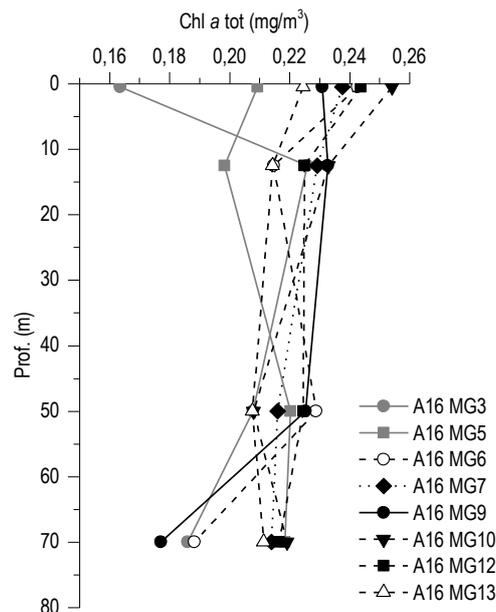


Figura 13 - Profili della concentrazione di clorofilla a tot, alle diverse stazioni.

Le concentrazioni dei nove pigmenti diagnostici principali sono riportate in **Tabella 20**. Il pigmento a maggiore concentrazione media è la Hex-Fuco (media 0,060, min 0,041, max 0,077 mg/m³), segue la But-Fuco (media 0,030, min 0,017, max 0,038 mg/m³), la Chl *b* (media 0,027, min 0,014, max 0,042 mg/m³), la Zea (media 0,021, min 0,012, max 0,029 mg/m³), la Fuco (media 0,019, min 0,010, max 0,041 mg/m³), la DVA (media 0,014, min 0,002, max 0,028 mg/m³), la Perid (media 0,006, min 0,005, max 0,007 mg/m³), la Allo (media 0,0021, min 0,001, max 0,003 mg/m³) e la Prasino (media 0,0011, min 0,0003, max 0,002 mg/m³).

La composizione pigmentaria presenta una differenziazione generalmente comune alle varie stazioni e dai rapporti tra i singoli pigmenti e la loro somma totale si ottiene una stima della composizione tassonomica del popolamento fitoplanctonico (**Figura 14**).

La composizione pigmentaria presenta una struttura sostanzialmente simile tra le diverse stazioni e lungo l'andamento verticale, e diversificata dalla presenza dei diversi pigmenti. Il pigmento Hex-Fuco (marker delle Prymnesiophyceae coccolitofori) presenta un contributo percentuale medio del 32,6%, con un minimo di 22,3% in A16 MG9 a 70 m, ed un massimo del 38,1% in A16 MG7 a 0,5 m, mantenendo il contributo relativamente uniforme lungo la colonna d'acqua e in linea con le concentrazioni rilevate nelle precedenti campagne autunnali (A13, A14, A15). Il secondo pigmento più rappresentato è But-Fuco (marker di Dictyochophyceae, Chrysophyceae, Prymnesiophyceae non Coccolitofori), con un contributo medio del 16,48%, minimo di 11,85% in A16 MG6 a 12,5m ed un massimo di

18,58% in A16 MG13 a 50 m. Chl *b* (indicatore delle Chlorophyta) è presente con una media del 14,86%, valori minimi che raggiungono il 9,43 % a 0,5 m in A16 MG3 e massimo di 22,59 % a 70 m in A16 MG9. Fuco (marker delle Diatomee) è presente con una frazione percentuale in media del 10,66% con minimo 6,16% in A16 MG13 12,5 m e massimo 22,52% in A16 MG10 50 m. Perid (marker dei Dinoflagellati) è presente in media con il 3,75%, con minimo di 2,56% in A16 MG6 0,5 m e massimo di 4,68 % in A16 MG10 50 m. Allo (marker delle Cryptophyceae) e Prasino (marker delle Prasinophyceae) contribuiscono scarsamente con circa l'1%.

La frazione picoplanctonica totale relativa ai cianobatteri, costituita dalla somma di Zea e DVA rappresenta in media il 19,81% del popolamento con minimi dell'11,61% (A16 MG10 12,5) e massimi del 28,74% a 70 m alla stazione A16 MG7. Il contributo di questa frazione appare diminuito alle maggiori profondità rispetto ad E16, come atteso data la variazione stagionale. Dall'analisi delle variazioni dei rapporti e dalla rappresentazione della **Figura 14** non emergono differenze sostanziali tra le diverse stazioni. Si rileva la presenza quindi di un popolamento fitoplanctonico altamente differenziato.

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
A16 MG3	0,5	0,0190	0,0055	0,0552	0,0268	0,0020	0,0026	0,0191	0,0079	0,0145
	12,5	0,0221	0,0076	0,0560	0,0296	0,0015	0,0023	0,0232	0,0037	0,0288
	50	0,0200	0,0079	0,0557	0,0267	0,0013	0,0021	0,0204	0,0021	0,0324
	70	0,0184	0,0074	0,0479	0,0256	0,0003	0,0014	0,0194	0,0047	0,0345
A16 MG5	0,5	0,0221	0,0068	0,0512	0,0296	0,0005	0,0018	0,0195	0,0135	0,0376
	12,5	0,0212	0,0078	0,0574	0,0299	0,0015	0,0014	0,0188	0,0091	0,0242
	50	0,0241	0,0066	0,0573	0,0302	0,0013	0,0016	0,0174	0,0107	0,0275
	70	0,0235	0,0071	0,0538	0,0295	0,0009	0,0017	0,0168	0,0145	0,0260
A16 MG6	0,5	0,0160	0,0056	0,0757	0,0381	0,0022	0,0028	0,0256	0,0261	0,0252
	12,5	0,0100	0,0065	0,0511	0,0179	0,0014	0,0014	0,0240	0,0131	0,0256
	50	0,0134	0,0066	0,0656	0,0287	0,0006	0,0015	0,0222	0,0228	0,0262
	70	0,0116	0,0068	0,0539	0,0273	0,0007	0,0018	0,0202	0,0225	0,0316
A16 MG7	0,5	0,0168	0,0063	0,0779	0,0344	0,0016	0,0025	0,0262	0,0163	0,0227
	12,5	0,0162	0,0067	0,0628	0,0300	0,0007	0,0026	0,0261	0,0181	0,0239
	50	0,0145	0,0061	0,0607	0,0289	0,0008	0,0023	0,0237	0,0147	0,0315
	70	0,0134	0,0067	0,0567	0,0293	0,0009	0,0017	0,0221	0,0284	0,0166
A16 MG9	0,5	0,0156	0,0077	0,0701	0,0305	0,0011	0,0028	0,0264	0,0206	0,0278
	12,5	0,0172	0,0058	0,0664	0,0324	0,0008	0,0021	0,0294	0,0035	0,0297
	50	0,0176	0,0078	0,0687	0,0330	0,0010	0,0022	0,0239	0,0151	0,0270
	70	0,0172	0,0067	0,0417	0,0313	0,0009	0,0024	0,0178	0,0269	0,0423
A16 MG10	0,5	0,0411	0,0066	0,0512	0,0304	0,0011	0,0028	0,0135	0,0092	0,0266
	12,5	0,0374	0,0073	0,0493	0,0282	0,0020	0,0026	0,0126	0,0072	0,0237
	50	0,0343	0,0071	0,0436	0,0267	0,0010	0,0027	0,0120	0,0072	0,0176
	70	0,0321	0,0075	0,0486	0,0281	0,0009	0,0025	0,0137	0,0085	0,0257
A16 MG12	0,5	0,0173	0,0054	0,0739	0,0340	0,0011	0,0031	0,0270	0,0153	0,0348
	12,5	0,0168	0,0064	0,0662	0,0309	0,0011	0,0019	0,0275	0,0194	0,0264
	50	0,0145	0,0077	0,0661	0,0332	0,0011	0,0030	0,0242	0,0224	0,0280
	70	0,0158	0,0072	0,0674	0,0308	0,0007	0,0016	0,0211	0,0241	0,0291
A16 MG13	0,5	0,0133	0,0062	0,0660	0,0314	0,0014	0,0014	0,0249	0,0148	0,0270
	12,5	0,0116	0,0072	0,0674	0,0335	0,0013	0,0016	0,0272	0,0184	0,0205
	50	0,0154	0,0070	0,0738	0,0383	0,0004	0,0022	0,0273	0,0155	0,0262
	70	0,0132	0,0066	0,0628	0,0329	0,0011	0,0015	0,0244	0,0193	0,0279

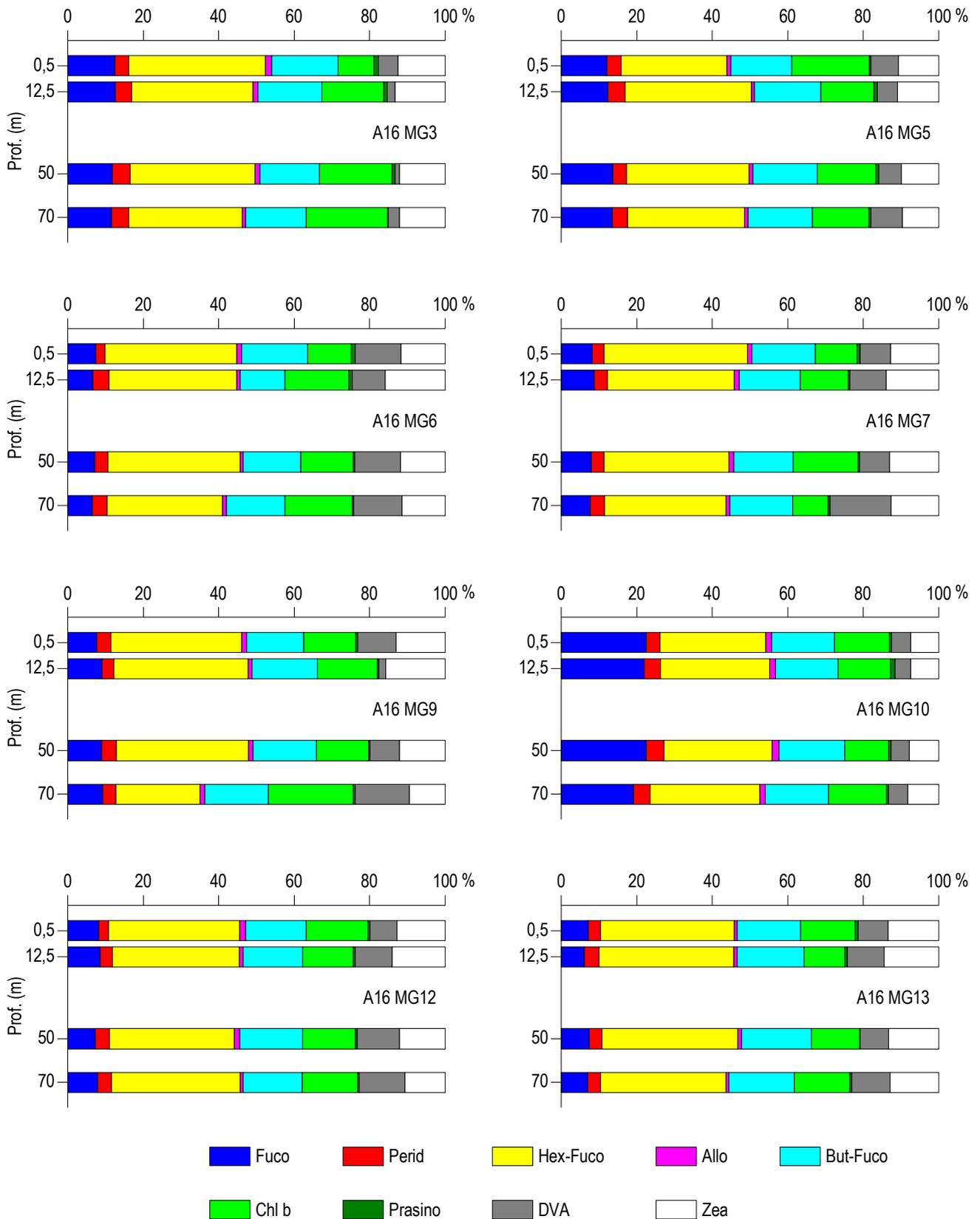


Figura 14 – Istogrammi della composizione percentuale di ognuno dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove Pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chl**b**+DVA+Zea).

Tensioattivi

Le concentrazioni dei **tensioattivi** anionici e dei tensioattivi non ionici (**Tabella 21**) risultano al di sotto del limite di quantificazione della metodica in tutti i campioni.

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	A16 MG3				A16 MG5				A16 MG6				A16 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	< 0,05	< 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

Profondità	A16 MG9				A16 MG10				A16 MG12				A16 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	< 0,05	< 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 22**. Questi composti sono risultati quasi tutti assenti in quasi tutte le stazioni. Le uniche eccezioni riguardano il Tricolo Etilene, che è stato rilevato diffusamente ma su livelli estremamente bassi, ed il Bromoformio, rilevato in bassissime concentrazioni nelle stazioni: A16 MG3 a 70m di profondità, A16 MG5 a livello superficiale (0,5 m), A16 MG10 a 12,5 m di profondità ed A16 MG13 nei livelli di profondità 0,5 m e 12,5 m.

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

Profondità (m)	A16 MG3				A16 MG5				A16 MG6				A16 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
Aloacetoniirili (µg/l)																
Dibromoacetoniirile	<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
Dicloroacetoniirile	<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
Tricloroacetoniirile	<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	0,02	<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

Profondità (m)	A16 MG9				A16 MG10				A16 MG12				A16 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
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 22 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.																
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
Alcoacetoni (µg/l)																
Dibromoacetone	<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
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	0,03	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 presenti in basse concentrazioni in tutte le stazioni, seppur non in tutti i livelli di profondità, indipendentemente dalla distanza dal Terminale, motivo per cui non sono ad esso riconducibili.

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.																
A16 MG3				A16 MG5				A16 MG6				A16 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	38,9	23	14,8	< 10	< 10	< 10	< 10	35,6	< 10	< 10	20,3	< 10	18,5	14,6	
A16 MG9				A16 MG10				A16 MG13				A16 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	23,1	29,3	10,2	< 10	< 10	27,1	14	12,1	21,7	< 10	< 10	13,7	15,6	< 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.								
	A16 MG3	A16 MG5	A16 MG6	A16 MG7	A16 MG9	A16 MG10	A16 MG13	A16 MG12
Coliformi fecali	-	-	-	-	-	-	-	-
Streptococchi fecali (enterococchi)	-	-	-	-	-	-	-	-
Coliformi totali	-	-	-	-	-	1	-	-

3.1.3 Plancton

3.1.3.1 Fitoplancton

Analisi quantitativa e qualitativa del fitoplancton da bottiglia

Le densità fitoplanctoniche totali (**Tabella 25**) variano tra circa 30,7 cell/ml alla stazione A16 MG13 50 m e 66,56 cell/ml alla stazione A16 MG10 0,5 m, con una media di circa 43,36 cell/ml. Queste densità sono di poco superiori a quelle di E16 e non raggiungono i valori più alti rilevati nella corrispondente stagione di anni precedenti (A13 e A15, fino a 10^2 cell/ml), in relazione alla situazione probabilmente in fase di passaggio tra la tarda estate ed i primi raffreddamenti autunnali. Gli andamenti verticali delle densità nelle varie stazioni (**Figura 15**) mostrano massimi tra 0,5 e 12,5 m e minimi a 70 m, con profili molto omogenei.

Le maggiori abbondanze (**Tabella 25**) sono date dal gruppo "Altro plancton" contenente le diverse classi di nanoflagellati (Cryptophyceae, Chrysophyceae, Dictyochophyceae, Prasinophyceae, Prymnesiophyceae non Coccolitofori più i flagellati non identificati) che varia da un minimo di 8,63 cell/ml (A16 MG10 50 m) ad un massimo di 20,29 cell/ml (A16 MG12 70 m), come visibile anche dalla presenza dei pigmenti accessori rilevati (Hex-fuco, But-Fuco, Chl *b*, Allo, Prasino, **Figura 14**).

Le diatomee rappresentano la classe più abbondante, variando tra 5,15 cell/ml (A16 MG13 50 m) e 28,95 cell/ml (A16 MG10 0,5 m), con una maggiore presenza a 0,5 e 12,5 m in A16 MG6, A16 MG7, A16 MG10. Seguono Prymnesiophyceae Coccolitofori, che variano tra 2,06 cell/ml (A16 MG13 12,5 m) e 18,82 cell/ml (E16 MG10 12,5 m) e appaiono aumentati rispetto ad E16, mentre i dinoflagellati, prevalenti invece in E16, sono diminuiti in abbondanza, non raggiungendo mai 10 cell/ml (scarsa presenza di *Perid*, **Figura 14**).

Il gruppo "Altro plancton" rappresenta in media il 38,76% (**Figura 16**) per la presenza di taxa appartenenti a diverse classi, come *Paulinella ovalis*, *Phaeocystis* sp., *Plagioselmis prolonga*, *Leucocryptos marina*, *Telonema* sp., *Pyramimonas* spp., *Meringosphaera mediterranea*, *Dictyocha fibula*, e altre piccole forme flagellate non identificate.

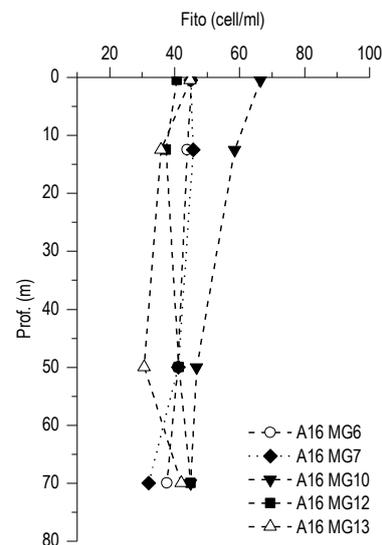


Figura 15 - Profili verticali densità fitoplanctoniche totali (cell L⁻¹ 10³).

Tabella 25 - Densità fitoplanctonica totale e delle classi o gruppi identificati (cell/ml).						
Stazione	prof. (m)	Diatomee	Dinoflagellati	Coccolitofori	Altro	Totale
A16 MG6	0,5	10,55	5,04	9,96	19,78	45,34
	12,5	11,32	5,85	9,98	16,85	43,99
	50	9,03	4,94	8,71	18,33	41,01
	70	8,10	5,46	7,20	16,91	37,67
A16 MG7	0,5	10,35	5,52	9,47	19,63	44,96
	12,5	9,02	5,70	10,94	20,16	45,82
	50	9,02	4,76	10,01	17,48	41,26
	70	5,67	5,41	10,01	11,02	32,11
A16 MG10	0,5	28,95	5,63	18,46	13,53	66,56
	12,5	25,70	3,85	18,82	10,17	58,53
	50	19,95	3,91	14,29	8,63	46,78
	70	17,38	4,87	12,63	10,13	45,01
A16 MG12	0,5	8,27	5,17	8,40	18,94	40,78
	12,5	8,68	5,46	7,97	15,36	37,48
	50	6,81	7,07	8,94	18,51	41,33
	70	8,25	7,28	9,21	20,29	45,03
A16 MG13	0,5	7,63	8,08	11,55	17,58	44,84
	12,5	8,13	8,01	2,06	17,64	35,85
	50	5,15	7,66	2,44	15,45	30,69
	70	6,38	7,46	9,48	18,84	42,16

Le diatomee (in media il 24,66% del popolamento) sono rappresentate principalmente da *Cylindrotheca closterium*, *Thalassionema frauenfeldii*, *Chaetoceros curvisetus*, *Leptocylindrus danicus*, *Chaetoceros diversus*, *Chaetoceros affinis* e piccole forme di pennate. I coccolitofori (in media il 22,49%) sono nettamente dominati da *Emiliania huxleyi*, seguita da *Ceratholithus cristatus*, *Algirosphaera robusta*, *Calyptosphaera sphaeroidea*. I dinoflagellati (in media il 14,09%) sono rappresentati principalmente da forme tectate nanoplanctoniche come *Heterocapsa minima*, *Heterocapsa rotundata*, *Oxytoxum variabile* e forme non tectate appartenenti alle Gymnodiniaceae. La

composizione della comunità fitoplanctonica appare variata rispetto ad E16, con la sostituzione di diatomee e Coccolitofori rispetto ai dinoflagellati, ma senza particolari aumenti di densità cellulare, e non si evidenziano particolari anomalie.

Sono stati individuati 194 taxa (**Tabella 25**) più la categoria dei flagellati non ident., soprattutto a carico di diatomee e dinoflagellati, evidenziando una notevole diversità tassonomica, confermata anche dall'indice di Shannon, sempre superiore a 4,00 bit/cell.

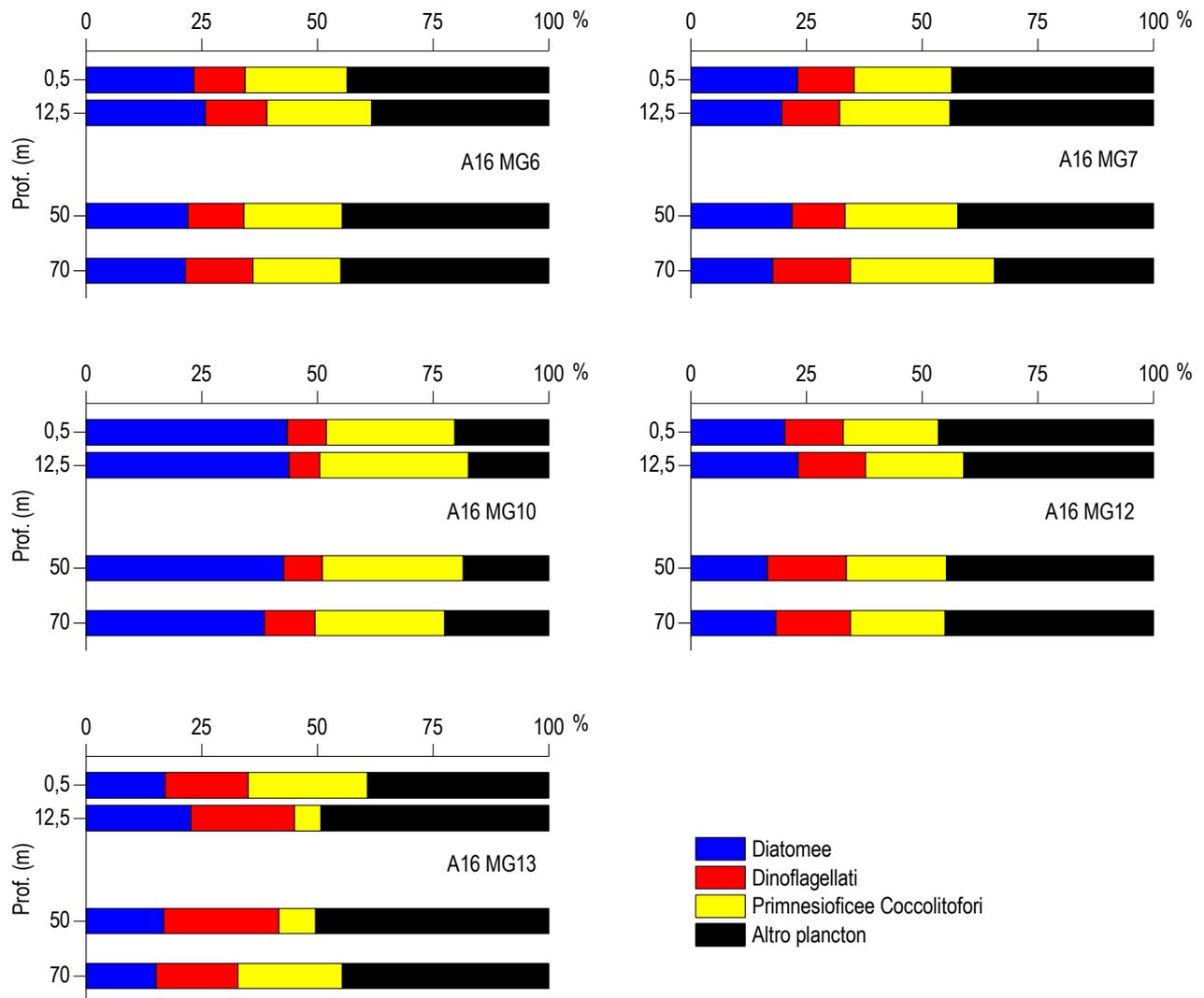


Figura 16 – Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda nelle diverse stazioni.

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	59	14	5
Dinoflagellati	57	5	4
Prymnesiophyceae coccolitofori	26	3	1
Cryptophyceae	1		1
Chrysophyceae/Dictyochophyceae	5		1
Chlorophyta/Euglenoidea			1
Prasinophyceae	3	2	
Prymnesiophyceae non coccolitofori		1	
Altro	3	2	
Totale	154	27	13

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

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

DIATOMEE		
<i>Asteromphalus heptactis</i> (Brébisson) Ralfs 1861	<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996	<i>Lioloma pacificum</i> (Cupp) Hasle 1996
<i>Bacteriasium delicatulum</i> Cleve 1897	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	<i>Navicula</i> spp.
<i>Bacteriasium hyalinum</i> Lauder 1864	<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville	<i>Nitzschia</i> (sez. <i>sigmatae</i>) sp.
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey 1937	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889	<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve 1901
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs 1861
<i>Chaetoceros anastomosans</i> Grunow 1882	<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran 1915	<i>Nitzschia sicula</i> (Castracane) Hustedt
<i>Chaetoceros coarctatus</i> Lauder 1864	<i>Lithodesmium undulatum</i> Ehrenberg 1839	<i>Nitzschia</i> spp.
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder 1864	<i>Odontella mobiliensis</i> (Bailey) Grunow 1884	<i>Plagiotropis</i> sp.
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986	<i>Pleurosigma delicatulum</i> Smith 1852
<i>Chaetoceros dadayi</i> Pavillard 1913	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) Sundström 1986	<i>Pleurosigma lineare</i> Grunow
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve 1889	<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell 1858	<i>Pleurosigma naviculaceum</i> Brébisson 1854
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873	<i>Thalassiosira angulata</i> (Gregory) Hasle 1978	<i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs 1861
<i>Chaetoceros didymus</i> Ehrenberg 1845	<i>Thalassiosira</i> spp.	<i>Pleurosigma</i> spp.
<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve 1873	<i>Amphipora gigantea</i> var. <i>sulcata</i> (O'Meara) Cleve 1894	<i>Psammodictyon panduriforme</i> (Gregory) Mann 1990
<i>Chaetoceros laciniosus</i> Schütt 1895	<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990	<i>Pseudo-nitzschia americana</i> (Hasle) Fryxell 1993
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1863	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	<i>Pseudo-nitzschia galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002
<i>Chaetoceros pendulus</i> Karsten 1905	<i>Diatomea pennata</i> n.i. (forma p)	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856	Diatomee pennate $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i> Mangin 1910	Diatomee pennate $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Pseudo-nitzschia subfraudulenta</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Chaetoceros rostratus</i> Lauder 1864	<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1854	<i>Stauroneis</i> sp.
<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Diploneis</i> spp.	<i>Surirella</i> sp.
<i>Coscinodiscus</i> spp.	<i>Entomoneis</i> spp.	<i>Synedra</i> cf. <i>pulchella</i>
<i>Dactyliosolen fragillissimus</i> (Bergon) Hasle 1996	<i>Fragilariopsis</i> spp.	<i>Synedra</i> spp.
Diatomee centriche $\leq 20 \mu\text{m}$	<i>Grammatophora oceanica</i> Ehrenberg 1840	<i>Thalassionema</i> cf. <i>bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955
Diatomee centriche $> 20 \mu\text{m}$	<i>Haslea wawriakae</i> (Hustedt) Simonsen 1974	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986
<i>Eucampia comuta</i> (Cleve) Grunow 1883	<i>Licmophora flabellata</i> (Grev.) Agardh 1831	<i>Thalassionema nitzschoioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902
DINOFLAGELLATI		
<i>Amphidinium</i> cf. <i>globosum</i> Schröder 1911	<i>Alexandrium taylori</i> Balech 1994	<i>Neoceratium pentagonum</i> (Gouret) Gómez, Moreira & López-García 2010
<i>Amphidinium</i> cf. <i>sphenoides</i> Wulff 1916	<i>Amphidoma caudata</i> = <i>Azadinium caudatum</i> var. <i>margalefii</i> Nézan & Chomérat 2012	<i>Neoceratium pulchellum</i> (Schröder) Gómez, Moreira & López-García 2010
<i>Amphidinium</i> spp.	<i>Ceratium setaceum</i> Jørgensen 1911	<i>Neoceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010
<i>Ceratoperidinium falcatum</i> (Kofoid & Swezy) Reñé & de Salas 2013	<i>Corythodinium tessellatum</i> (Stein) Loeblich Jr. & Loeblich III 1966	<i>Ormithocercus heteroporus</i> Kofoid 1907
<i>Cochlodinium pulchellum</i> Lebour 1917	Dinoflagellati tectati $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Oxytoxum constrictum</i> (Stein) Bütschli 1885
<i>Cochlodinium</i> sp.	Dinoflagellati tectati $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Oxytoxum ligusticum</i> Rampi 1941
<i>Erythrospidinium agile</i> (Hertwig) Silva 1960	<i>Dinophysis amandula</i> (Balech) Sournia 1973	<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller
Gymnodiniaceae $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent 1881	<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883
Gymnodiniaceae $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Heterocapsa minima</i> Pomroy 1989	<i>Oxytoxum strophalatum</i> Dodge & Saunders 1985
<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981	<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller 1937
<i>Gyrodinium falcatum</i> Kofoid & Swezy 1921	<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) Hansen 1995	<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937
<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy 1921	<i>Heterocapsa</i> spp.	<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911
<i>Karenia papilionacea</i> Haywood & Steidinger 2004	<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & Taylor 2003	<i>Podolampas palmipes</i> Stein 1883
<i>Pronoclituca acuta</i> (Lohmann) Schiller 1933	<i>Lingulodinium polyedrum</i> (Stein) Dodge 1989	<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970
<i>Pronoclituca pelagica</i> Fabre-Domergue 1889	<i>Mesoporus perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895
<i>Proterothropsis crassicaudata</i> Kofoid & Swezy 1921	<i>Micracanthodinium setiferum</i> (Lohmann) Deflandre 1937	<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg 1833
<i>Pyrocystis fusiformis</i> Thomson 1876	<i>Ceratium carriense</i> Gouret 1883	<i>Prorocentrum minimum</i> (Pavillard) Schiller 1933
<i>Pyrocystis lunula</i> (Schütt) Schütt 1896	<i>Neoceratium contortum</i> (Gouret) Gómez, Moreira & López-García 2011	<i>Protoperidinium cf. globulus</i> (Stein) Balech 1974
<i>Torodinium robustum</i> Kofoid & Swezy 1921	<i>Neoceratium extensum</i> (Gouret) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protoperidinium pellucidum</i> Bergh 1881
<i>Wamowia</i> sp.	<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protoperidinium steinii</i> (Jørgensen) Balech 1974
<i>Alexandrium</i> cf. <i>minutum</i> Halim 1960	<i>Neoceratium horridum</i> (Gran) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protoperidinium tuba</i> (Schiller) Balech 1974
<i>Alexandrium</i> spp.	<i>Neoceratium minutum</i> (Jørgensen) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich III 1965
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI		
<i>Acanthoica quattrosipina</i> Lohmann 1903	<i>Corisphaera</i> spp.	<i>Pontosphaera</i> sp.
<i>Algiosphaera robusta</i> (Lohmann) Norris 1984	<i>Coronosphaera binodata</i> (Kamptner) Gaarder 1977	<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898
<i>Alisphaera ordinata</i> (Kamptner) Heimdal 1973	<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977	<i>Scyphosphaera apsteinii</i> Lohmann 1902
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan 1978	<i>Cyrtosphaera aculeata</i> (Kamptner) Kleijne 1992	<i>Syracosphaera anthos</i> (Lohman) Janin 1987
<i>Calciosolenia brasiliensis</i> (Lohmann) Young 2003	<i>Discosphaera tubifer</i> (Murray & Blackman) Ostenfeld 1900	<i>Syracosphaera cf. molischii</i> Schiller 1925
<i>Calciosolenia murrayi</i> Gran 1912	<i>Emiliana huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler 1967	<i>Syracosphaera prolongata</i> Gran ex Lohmann 1913
<i>Calyptrosphaera oblonga</i> Lohmann 1902	<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902
<i>Calyptrosphaera sphaeroidea</i> Schiller 1913	<i>Helladosphaera cornifera</i> (Schiller) Kamptner 1937	<i>Umbilicosphaera sibogae</i> (Weber-van Bosse) Gaarder 1970
<i>Ceratolithus cristatus</i> Kamptner 1950	<i>Ophiaster hydroideus</i> (Lohmann) Lohmann 1913	<i>Zigosphaera hellenica</i> Kamptner 1937
Coccolitofori $\leq 10 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Papposphaera lepida</i> Tangen 1972	<i>Zigosphaera</i> sp.
CRYPTOPHYCEAE		
Cryptophyceae n.i.	<i>Plagioselmis prolunga</i> Butcher ex Novarino, Lucas & Morrall 1994	
CHRYSOPHYCEAE/DICTYOCOPHYCEAE		
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	<i>Meringosphaera mediterranea</i> Lohmann 1902	<i>Ollicola vangoorii</i> (Conrad) Vørs 1992
<i>Octactis octonaria</i> (Ehrenberg) Hovasse 1946	<i>Meringosphaera tenerrima</i> Schiller 1925	Chrysophyceae spp. < 10
CHLOROPHYTA/EUGLENOIDEA		
<i>Euglenoidea</i> n.i.		
PRASINOPHYCEAE		
<i>Halosphaera viridis</i> Schmitz 1878	<i>Pseudoscurfieldia marina</i> (Thronsdén) Manton 1975	<i>Tetraselmis</i> sp.

Tabella 27 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.		
<i>Pachysphaera pelagica</i> Ostenfeld 1899	<i>Pyramimonas</i> spp.	
PRYMNESIOPHYCEAE NON COCCOLITOFORI		
<i>Phaeocystis</i> forma coloniale	<i>Phaeocystis</i> sp.	
ALTRO		
Flagellati indeterminati < 10 µm	<i>Leucocryptos marina</i> (Braarud) Butcher 1967	<i>Telonema</i> sp.
<i>Commatium cryoporinum</i> Thomsen & Larsen 1993	<i>Paulinella ovalis</i> (Wulff) Johnson, Hargraves & Sieburth 1988	

Analisi qualitativa del fitoplancton da retino

Per valutare la diversità della comunità microfitorplanctonica lungo la colonna d'acqua, sono stati raccolti con retino 5 campioni nelle stazioni A16 MG6, A16 MG7, A16 MG10, A16 MG12 e A16 MG13. Sono stati individuati 253 taxa, di cui 232 identificati a livello di specie, 16 taxa a livello di genere e 5 di categorie soprageneriche (Tabella 28). In Tabella 29 si fornisce l'elenco dei taxa presenti nelle diverse stazioni di campionamento. Per ciascuna classe fitoplanctonica, nell'insieme di tutte le stazioni, il numero di taxa è di 100 Diatomee, 128 Dinoflagellati, 20 coccolitofori; per la componente "Altro plancton" sono stati identificati 2 taxa appartenenti alle Dictyochophyceae, 1 taxon appartenente alla classe Chrysophyceae, 1 taxon alle Euglenoideae. Non sono stati individuati, invece, taxa appartenenti alla classe delle Chlorophyceae.

La numerosità dei taxa, nell'insieme di tutte le stazioni, va da un minimo di 91 in A16 MG6 ad un massimo di 174 in A16 MG13.

Dall'osservazione è emersa una differenza nella quantità presente di taxa appartenenti a Dinoflagellati e Diatomee, in numero maggiore i Dinoflagellati in A16 MG12 e A16 MG13 (79 e 84 rispettivamente), in numero maggiore le Diatomee in A16 MG6 e A16 MG10 (con rispettivamente 41 e 66 taxa). In MG7 abbiamo lo stesso numero di taxa per Diatomee e Dinoflagellati, con rispettivamente 56 e 57 taxa presenti. La frazione più piccola del popolamento è rappresentata dalle Dictyochophyceae, Chrysophyceae, Euglenoideae e dalla categoria Altro, che presentano un numero esiguo di taxa scarsamente presenti, in tutte le stazioni. Ad un confronto con la lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche (Tabella 27), il numero di taxa di Diatomee e Dinoflagellati risulta maggiore nei campioni raccolti con retino (Tabella 29) ed è stata rilevata la presenza di numerose specie rare, non osservate nei campioni da bottiglia. Nei campioni raccolti con retino, inoltre, sono stati identificati ed aggiunti taxa appartenenti alle classi delle Diatomee e dei Dinoflagellati che non erano stati ancora rilevati nei precedenti campionamenti.

Tabella 28 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati durante il campionamento A16.

Classe	Specie	Generi	Categorie superiori*
Diatomee	86	12	2
Dinoflagellati	123	3	2
Prymnesiophyceae coccolitofori	19	1	
Dictyochophyceae	2		
Chrysophyceae	1		
Euglenoideae			1
Chlorophyceae			
Altro	1		
Totale	232	16	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 A16 MG6, A16 MG7, A16 MG10, A16 MG12 e A16 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13)

Specie	6	7	10	12	13	Specie	6	7	10	12	13
DIATOMEE											
<i>Amphiprora gigantea</i> var. <i>sulcata</i> (O'Meara) Cleve 1894					x	<i>Eucampia cornuta</i> (Cleve) Grunow 1883				x	x
<i>Amphora</i> spp.				x	x	<i>Fragilaria</i> sp.		x	x	x	x
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990	x	x	x	x	x	<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996		x	x	x	x
<i>Asterolampra marylandica</i> Ehrenberg 1844				x	x	<i>Gyrosigma</i> cf. <i>attenuatum</i> (Kützing) Rabenhorst 1853				x	
<i>Asteromphalus flabellatus</i> Ehrenberg 1844		x	x	x	x	<i>Gyrosigma</i> cf. <i>tenuissimum</i> (W.Smith) Griffith & Henfrey 1856				x	
<i>Bacteriastrium biconicum</i> Pavillard 1916				x	x	<i>Haslea wawriake</i> (Hustedt) Simonsen 1974		x	x	x	x
<i>Bacteriastrium delicatulum</i> Cleve 1897		x	x	x	x	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882		x	x	x	x
<i>Bacteriastrium elongatum</i> Cleve 1897	x					<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville 1865				x	x
<i>Bacteriastrium furcatum</i> Shadbolt 1854				x	x	<i>Hemidiscus cuneiformis</i> Wallich 1860			x	x	x
<i>Bacteriastrium hyalinum</i> Lauder 1864				x		<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889		x	x	x	x
<i>Bacteriastrium</i> spp.		x				<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975		x	x	x	x
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey 1937	x	x	x	x	x	<i>Licmophora gracilis</i> (Ehrenberg) Grunow 1867			x	x	
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864		x	x	x	x	<i>Lioloma pacificum</i> (Cupp) Hasle 1996				x	x
<i>Chaetoceros anastomosans</i> Grunow 1882			x	x	x	<i>Lithodesmium undulatum</i> Ehrenberg 1839					x
<i>Chaetoceros</i> cf. <i>perpusillus</i> Cleve 1897				x		<i>Navicula directa</i> (Smith) Ralfs 1861			x		
<i>Chaetoceros</i> cf. <i>vixibilis</i> Schiller					x	<i>Navicula distans</i> (Smith) Ralfs 1861			x	x	x
<i>Chaetoceros coarctatus</i> Lauder 1864						<i>Navicula</i> spp.		x			
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder 1864		x	x		x	<i>Naviculaceae</i> spp.		x	x	x	x

Tabella 29 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni A16 MG6, A16 MG7, A16 MG10, A16 MG12 e A16 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13)

<i>Chaetoceros constrictus</i> Gran 1897		x			<i>Neocalyptrella robusta</i> (Norman ex Ralfs) Hernández-Becerril & Meave del Castillo 1997		x	x	x	x
<i>Chaetoceros costatus</i> Pavillard 1911				x	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs 1861		x	x	x	x
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889		x	x	x	<i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) Agardh 1832				x	x
<i>Chaetoceros dadayi</i> Pavillard 1913		x	x	x	<i>Odontella mobiliensis</i> (Bailey) Grunow 1884		x	x		x
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve 1889		x	x	x	<i>Plagiotropis</i> group				x	
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873		x	x	x	<i>Plagiotropis</i> spp.		x	x	x	x
<i>Chaetoceros dichchaeta</i> Ehrenberg 1844				x	<i>Pleurosigma angulatum</i> (Queckett) Smith 1852					x
<i>Chaetoceros didymus</i> Ehrenberg 1845			x	x	<i>Pleurosigma</i> cf. <i>nicobaricum</i> Grunow 1880			x	x	x
<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve 1873		x	x	x	<i>Pleurosigma delicatulum</i> Smith 1852					x
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1863			x	x	<i>Pleurosigma lineare</i> Grunow				x	x
<i>Chaetoceros neglectus</i> Karsten 1905		x			<i>Pleurosigma majus</i> (Grunow) Cleve 1894					x
<i>Chaetoceros pendulus</i> Karsten 1905		x	x	x	<i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs 1861		x	x	x	x
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856		x	x	x	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986		x	x	x	x
<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i> Mangin 1910				x	<i>Psammodictyon panduriforme</i> (Gregory) Mann 1990		x	x	x	x
<i>Chaetoceros rostratus</i> Lauder 1864				x	<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002		x	x	x	x
<i>Chaetoceros socialis</i> Lauder 1864				x	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993		x	x	x	x
<i>Chaetoceros</i> spp.		x	x	x	<i>Pseudo-nitzschia</i> sp. (<i>delicatissima</i> complex)		x	x	x	x
<i>Chaetoceros subsecundus</i> (Grunow ex Van Heurck) Hustedt 1927				x	<i>Pseudo-nitzschia subfraudenta</i> (Hasle) Hasle 1993			x	x	x
<i>Chaetoceros tortissimus</i> Gran 1900			x		<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) Sundström 1986		x	x	x	x
<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightwell 1856				x	<i>Rhizosolenia hebetata</i> Bailey 1856			x	x	x
<i>Chaetoceros willei</i> Gran 1897				x	<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i> (Hensen) Gran 1908					x
<i>Coscinodiscus granii</i> Gough 1905			x	x	<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell 1858			x	x	x
<i>Coscinodiscus lineatus</i> Ehrenberg 1841			x	x	<i>Surirella fastuosa</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1843			x	x	x
<i>Coscinodiscus</i> spp.				x	<i>Synedra</i> cf. <i>affinis</i> Kützing 1844			x	x	x
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964		x	x	x	<i>Tabularia gaillonii</i> (Bory de Saint-Vincent) Bukhtiyarova 1995			x	x	x
<i>Dactyliosolen blavyanus</i> (Peragallo) Hasle 1975				x	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986		x	x	x	x
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle 1996				x	<i>Thalassionema nitzschoides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902		x	x	x	x
Diatomee centriche > 20 µm		x	x	x	<i>Thalassiosira angulata</i> (Gregory) Hasle 1978		x		x	
Diatomee pennate > 20 µm n.i.		x	x	x	<i>Thalassiosira</i> cf. <i>delicatula</i> Ostenfeld 1908					x
<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1853		x	x	x	<i>Thalassiosira</i> spp.			x		x
<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1854		x		x	<i>Tryblionella acuminata</i> Smith 1853					x
<i>Entomoneis</i> spp.		x	x	x	<i>Tryblionella punctata</i> Smith 1853		x	x		x
DINOFLAGELLATI										
<i>Actiniscus pentasterias</i> (Ehrenberg) Ehrenberg, 1844		x		x	<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010			x		x
<i>Alexandrium</i> cf. <i>minutum</i> Halim 1960		x		x	<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010		x	x	x	x
<i>Amphisolenia bidentata</i> Schröder 1900				x	<i>Neoceratium hexacantum</i> (Gouret) Gómez, Moreira & López-García 2010					x
<i>Azadinium caudatum</i> (Halldal) Nézan et Chomérat		x		x	<i>Neoceratium macroceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010		x	x		x
<i>Ceratium azoricum</i> Cleve 1900			x		<i>Neoceratium massiliense</i> (Gouret) Gómez, Moreira & López-García 2010			x		x
<i>Ceratium breve</i> (Ostenfeld & Schmidt) Schröder 1906				x	<i>Neoceratium pentagonum</i> (Gouret) Gómez, Moreira & López-García 2010			x		x
<i>Ceratium buceros</i> Zacharias 1906			x		<i>Neoceratium pulchellum</i> (Schröder) Gómez, Moreira & López-García 2010		x	x		x
<i>Ceratium cf. lanceolatum</i> Kofoid 1907				x	<i>Neoceratium setaceum</i> (Jørgensen) Gómez, Moreira & López-García 2010				x	x
<i>Ceratium inflatum</i> (Kofoid) Jørgensen 1911				x	<i>Neoceratium symmetricum</i> (Pavillard) Gómez, Moreira & López-García 2010					x
<i>Ceratium kofoidii</i> Jørgensen 1911				x	<i>Neoceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010			x		x
<i>Ceratium paradoxides</i> Cleve 1900				x	<i>Neoceratium tripos</i> (O.F.Müller) Gómez, Moreira & López-García 2010					x
<i>Ceratocorys armata</i> (Schütt) Kofoid 1910				x	<i>Ornithocercus heteroporus</i> Kofoid 1907			x	x	x
<i>Ceratocorys horrida</i> Stein 1883				x	<i>Ornithocercus magnificus</i> Stein 1883					x
<i>Ceratopendinium falcatum</i> (Kofoid & Swezy) Refé & de Salas 2013				x	<i>Ornithocercus quadratus</i> Schütt 1900					x
<i>Citharistes regius</i> Stein 1883		x	x	x	<i>Oxytoxum constrictum</i> (Stein) Bütschli 1885					x
<i>Corythodinium tessellatum</i> (Stein) Loeblich Jr. & Loeblich III 1966		x		x	<i>Oxytoxum curvatum</i> (Kofoid) Kofoid 1911					x
Dinoflagellati tecati > 20 µm n.i.		x		x	<i>Oxytoxum diploconus</i> Stein				x	
<i>Dinophysis acuminata</i> Claparède & Lachmann 1859		x			<i>Oxytoxum elegans</i> Pavillard 1916					x
<i>Dinophysis amandula</i> (Balech) Sournia 1973			x	x	<i>Oxytoxum laticeps</i> Schiller 1937		x		x	
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent 1881				x	<i>Oxytoxum longiceps</i> Schiller				x	x
<i>Dinophysis collaris</i> Kofoid & Michener 1911				x	<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller		x	x	x	x
<i>Dinophysis dens</i> Pavillard 1915				x	<i>Oxytoxum milneri</i> Murray & Whitting 1899		x			
<i>Dinophysis dentata</i> Schiller 1928				x	<i>Oxytoxum obliquum</i> Schiller 1937			x		
<i>Dinophysis infundibula</i> J.Schiller 1928			x	x	<i>Oxytoxum punctulatum</i> Rampi				x	x
<i>Dinophysis operculoides</i> (Schütt) Balech 1967				x	<i>Oxytoxum sceptrum</i> (Stein) Schröder 1906				x	
<i>Dinophysis ovum</i> (Schütt) Abé			x	x	<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883		x	x	x	x
<i>Dinophysis parva</i> Schiller 1928			x	x	<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883		x		x	x
<i>Dinophysis parvula</i> (Schütt) Balech 1967			x	x	<i>Oxytoxum spinosum</i> Rampi		x	x	x	x
<i>Dinophysis pusilla</i> Jørgensen 1923				x	<i>Oxytoxum turbo</i> Kofoid 1907					x
<i>Dinophysis sacculus</i> Stein 1883				x	<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937			x		x
<i>Dinophysis schuettii</i> Murray & Whitting 1899				x	<i>Parahistioneis acutiformis</i> Rampi 1947					x
<i>Diplopsalis</i> spp.				x	<i>Parahistioneis paraformis</i> Kofoid & Skogsberg 1928					x
<i>Gonyaulax kofoidii</i> Pavillard 1909				x	<i>Parahistioneis rotundata</i> (Kofoid & Michener) Kofoid & Skogsberg					x
<i>Gonyaulax ligustica</i> Rampi 1951				x	<i>Phalacroma doryphorum</i> Stein 1883			x		x
<i>Gonyaulax monacantha</i> Pavillard 1916				x	<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911		x	x	x	x

Tabella 29 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni A16 MG6, A16 MG7, A16 MG10, A16 MG12 e A16 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13)												
<i>Gonyaulax monospina</i> Rampi 1951									<i>Podolampas bipes</i> Stein 1883	x	x	x
<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein 1883		x	x	x					<i>Podolampas elegans</i> Schütt 1895			x
<i>Gonyaulax scrippsae</i> Kofoid 1911	x	x	x						<i>Podolampas palmipes</i> Stein 1883		x	x
Gymnodiniaceae > 20 µm n.i.	x	x	x	x	x				<i>Podolampas spinifer</i> Okamura 1912	x	x	x
<i>Gymnodinium cf. gleba</i> Schütt, 1895									<i>Prorocentrum acutum</i> (Lohmann) Schiller 1933		x	
<i>Gymnodinium cf. pygmaeum</i> Lebour 1925					x				<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970	x	x	x
<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	x		x	x					<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975	x	x	x
<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy 1921									<i>Prorocentrum dactylus</i> (Stein) Dodge 1975			x
<i>Gyrodinium</i> spp.	x				x				<i>Prorocentrum dentatum</i> Stein 1883	x		
<i>Histioneis cf. vouckii</i> Schiller 1928		x	x	x					<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895	x	x	x
<i>Histioneis depressa</i> Schiller 1928					x				<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg 1833		x	x
<i>Histioneis hyalina</i> Kofoid & Michener 1911	x		x	x					<i>Protoperidinium cerasus</i> (Paulsen, 1907) Balech 1973			x
<i>Histioneis inclinata</i> Kofoid & Michener 1911			x	x					<i>Protoperidinium claudicans</i> (Paulsen 1907) Balech 1974			x
<i>Histioneis longicollis</i> Kofoid 1907					x	x			<i>Protoperidinium compressum</i> (Abé 1927) Balech 1974			x
<i>Histioneis oxypteris</i> Schiller 1928					x	x			<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech 1974		x	x
<i>Histioneis pacifica</i> Kofoid & Skogsberg 1928						x			<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech, 1974			x
<i>Histioneis robusta</i> Rampi 1969	x								<i>Protoperidinium globulus</i> (Stein) Balech 1974		x	x
<i>Histioneis variabilis</i> Schiller 1933			x	x	x				<i>Protoperidinium ovum</i> (Schiller) Balech 1974		x	x
<i>Lingulodinium polyedrum</i> (Stein) Dodge 1989		x				x			<i>Protoperidinium pellucidum</i> Bergh ex Loeblich Jr. & Loeblich III 1881			x
<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	x	x	x	x	x				<i>Protoperidinium quarnerense</i> (B.Schröder, 1900) Balech 1974		x	x
<i>Micranthodinium setiferum</i> (Lohmann) Deflandre 1937						x	x		<i>Protoperidinium</i> sp.			x
<i>Neoceratium arietinum</i> (Cleve) Gómez, Moreira & López-García 2010						x	x		<i>Protoperidinium steinii</i> (Jørgensen) Balech 1974		x	x
<i>Neoceratium candelabrum</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x	x	x				<i>Protoperidinium tuba</i> (Schiller) Balech 1974		x	x
<i>Neoceratium carriense</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2011						x			<i>Pyrocystis cf. fusiformis</i> C.W.Thomson 1876			x
<i>Neoceratium concilians</i> (Jørgensen) Gómez, Moreira & López-García 2010		x				x			<i>Pyrocystis cf. obtusa</i> Pavillard 1931			x
<i>Neoceratium contortum</i> (Gourret) Gomez, Moreira & Lopez-Garcia 2010							x		<i>Pyrocystis cf. robusta</i> Kofoid 1907		x	
<i>Neoceratium declinatum</i> (Karsten) Gómez, Moreira & López-García 2010		x	x	x	x				<i>Pyrocystis lunula</i> (J.Schütt) J.Schütt 1896			x
<i>Neoceratium eucaratum</i> (Jørgensen) Gómez, Moreira & López-García 2010		x				x	x		<i>Scrippsiella ramonii</i> M.Montresor 1995		x	
<i>Neoceratium extensum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x				x	x		<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich III 1965			x
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI												
<i>Acanthoica quattrosipina</i> Lohmann 1903	x								<i>Discosphaera tubifer</i> (Murray & Blackman) Ostenfeld, 1900	x	x	x
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan 1978	x	x	x	x	x				<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	x	x	x
<i>Calciosolenia brasiliensis</i> (Lohmann) Young 2003	x	x	x	x	x				<i>Periphylophora mirabilis</i> (Schiller) Kamptner 1937		x	
<i>Calyptrosphaera oblonga</i> Lohmann 1902	x					x			<i>Pontosphaera discopora</i> Lohmann 1902		x	x
<i>Ceratolithus cristatus</i> Kamptner 1950						x	x		<i>Pontosphaera syracusana</i> Lohmann 1902			x
<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich) Schiller 1930	x					x			<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898	x	x	x
Coccolitofore spp.						x	x		<i>Scyphosphaera apsteinii</i> Lohmann 1902	x	x	x
<i>Coronosphaera binodata</i> (Kamptner) Gaarder 1977	x					x	x		<i>Syracosphaera cf. molischii</i> Schiller 1925		x	
<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977	x	x				x	x		<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902		x	x
<i>Daktyliethra pirus</i> (Kamptner) R.E.Norris 1985						x			<i>Umbilicosphaera sibogae</i> (Weber-van Bosse) Gaarder 1970	x	x	x
DICTYOCOPHYCEAE												
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	x	x	x	x	x				<i>Octactis octonaria</i> (Ehrenberg) Hovasse 1946	x	x	x
CHRYSTOPHYCEAE												
<i>Meringosphaera mediterranea</i> Lohmann 1902	x	x	x	x								
EUGLENOIDEA												
<i>Euglenoidea</i> n.i.						x						
ALTRO												
<i>Hermesinum adriaticum</i> Zacharias 1906		x				x						

3.1.3.2 Zooplancton

Oloplancton

L'analisi della comunità oloplanctonica investigata nella stagione autunnale (A16), evidenzia la dominanza della frazione a copepodi planctonici, così come riscontrato in tutte le campagne fin qui analizzate e in accordo alla letteratura scientifica riguardante il dominio neritico e pelagico nel Mar Mediterraneo occidentale.

Analogamente alle precedenti campagne autunnali, i copepodi esibiscono la maggiore concentrazione nella porzione della colonna d'acqua compresa tra la superficie e 50 m (campionamento verticale 0 – 50 m). Il dato medio relativo ai campioni raccolti nella porzione intermedia della colonna è 981,58 ind. m⁻³. Il valore massimo è 1151,58 ind. m⁻³ nella stazione A16 MG7 e minimo 710,97 ind. m⁻³ nella stazione A16 MG13. Nella porzione più profonda della colonna d'acqua (campionamento verticale 50 - 100 m) l'abbondanza dei copepodi decresce; i valori medi registrati sono 501,45 ind. m⁻³ (553,75 ind. m⁻³ A16 MG13; 454,91 A16 MG6). I valori più bassi di abbondanza riguardano le pescate orizzontali superficiali: 419,90 ind. m⁻³ (480,65 ind. m⁻³ A16 MG7; 379,51 A16 MG6).

Confrontando tra loro i dati della distribuzione verticale dei copepodi si osserva che non ci sono differenze né tra le stazioni prossime al Terminale né tra queste e la stazione di controllo (A16 MG10).

I taxa di copepodi identificati sono in tutto 92 (Tabella 30) in rappresentanza di 25 famiglie.

In termini quantitativi, all'interno della colonna d'acqua dominano i calanoidi clausocalanidi (famiglia rappresentata da 2 generi e 10 taxa). La famiglia Clausocalanidae rappresenta in media il 45,36% del comparto superficiale a copepodi, il 42,06 % nella porzione 0 – 50 m e il 34,27% nello strato più profondo tra 50 e 100 m di profondità.

Come per le precedenti stagioni autunnali, tra i clausocalanidi le specie dominanti sono *Clausocalanus furcatus*, *Clausocalanus paululus* e *Clausocalanus pergens*.

C. paululus è la specie più abbondante, raggiungendo densità maggiore nei campioni verticali 0 – 50 m (62,59 ind. m⁻³ 0 – 5 m; 89,42 ind. m⁻³ 0 – 50 m; 55,89 ind. m⁻³ 50 – 100 m). Simile distribuzione, ma con valori di abbondanza inferiori, è osservabile per *C. pergens* (20,84 ind. m⁻³ 0 – 5 m; 30,93 ind. m⁻³ 0 – 50 m; 10,14 ind. m⁻³ 50 – 100 m), mentre *C. furcatus* è concentrato prevalentemente nella porzione della colonna d'acqua compresa tra la superficie e – 50 m (20,76 ind. m⁻³ 0 – 5 m; 79,28 ind. m⁻³ 0 – 50 m; 11,70 ind. m⁻³ 50 – 100 m). Rapporti di dominanza tra congenerici e distribuzione verticale lungo la colonna investigata sono in linea con quanto osservato nelle precedenti stagioni autunnali.

Anche la famiglia Paracalanidae, rappresentata da 12 taxa, raggiunge nel survey autunnale 2016 valori di abbondanza simili agli anni precedenti, (65,93 ind. m⁻³ 0 – 5 m; 226,16 ind. m⁻³ 0 – 50 m; 128,93 ind. m⁻³ 50 – 100 m); sono omogeneamente distribuiti tra la superficie e – 100 m *Calocalanus pavo* (11,49 ind. m⁻³ 0 – 5 m; 7,54 ind. m⁻³ 0 – 50 m; 10,92 ind. m⁻³ 50 – 100 m) e il congenerico *Calocalanus styliremis* (21,43 ind. m⁻³ 0 – 5 m; 28,33 ind. m⁻³ 0 – 50 m; 23,66 ind. m⁻³ 50 – 100 m), mentre è maggiormente concentrato nello strato 0 – 50 m *Calocalanus pavoninus* (3,17 ind. m⁻³ 0 – 5 m; 47,05 ind. m⁻³ 0 – 50 m; 23,14 ind. m⁻³ 50 – 100 m).

Il centropagide *Centropages typicus* (5,93 ind. m⁻³ 0 – 5 m; 3,12 ind. m⁻³ 0 - 50 m; 0,52 ind. m⁻³ 50 – 100 m) e il calanide *Nannocalanus minor* (12,63 ind/m³ 0 – 5 m; 8,32 ind/m³ 0 - 50 m; 3,12 ind/m³ 50 – 100 m), specie dominanti della comunità a copepodi di piattaforma durante la stagione primaverile-estiva, sono presenti con pochi esemplari durante il periodo considerato.

Tale distribuzione è in linea con quanto analizzato nel medesimo periodo del 2014 e 2015.

La specie neritica *Temora stylifera* (Temoridae), raggiunge massimi valori nella porzione 0 - 50 m (32,75 ind. m⁻³), diminuendo nella fascia della colonna d'acqua più prossima al fondale (5,46 ind. m⁻³). Fra i calanoidi appartenenti all'iponeuston la specie maggiormente rappresentata è il Pontellidae *Pontellina plumata* presente, se pur con pochi esemplari, anche oltre 50 m di profondità.

L'ordine Cyclopoida è principalmente rappresentato dalla famiglia Oncaeidae (6 taxa), prevalentemente concentrata nello strato 0 – 50 m (43,73 ind. m⁻³ 0 – 5 m; 107,62 ind. m⁻³ 0 – 50 m; 53,03 ind. m⁻³ 50 – 100 m). *Oncaea media* e *O. scottodicarloi* sono le 2 specie più abbondanti. Anche la famiglia Oithonidae (7 taxa) raggiunge considerevoli abbondanze, fatta eccezione per i primi metri della colonna investigati mediante i campionamenti orizzontali (18,23 ind. m⁻³ 0 – 5 m; 70,97 ind. m⁻³ 0 - 50 m; 46,01 ind. m⁻³ 50 – 100 m). Contrariamente a quanto emerso nella stagione A15, non si registra la presenza di *Oithona nana*, sostituita dalla congenerica *O. plumifera*.

La famiglia dei Corycaeidae è la più biodiversificata con 9 taxa (38,82 ind. m⁻³ 0 – 5 m; 74,09 ind. m⁻³ 0 - 50 m; 26,26 ind. m⁻³ 50 – 100 m). 9 sono anche i taxa identificati all'interno delle famiglie Sapphirinidae (generi Sapphirina e Copilia).

Da segnalare infine il campionamento della specie *Pontoeciella abyssicola*, 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*. Costantemente presente il Miracidae *Distiocolus minor*.

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>Pleuromamma abdominalis</i>	*	*	*	Famiglia Oithonidae			
<i>Acartia negligens</i>	*	*	*	<i>Pleuromamma gracilis</i>	*	*	*	<i>Oithona decipiens</i>	*	*	*
<i>Acartia</i> sp	*	*	*	Famiglia Paracalanidae				<i>Oithona longispina</i>		*	*
Famiglia Calanidae				<i>Calocalanus contractus</i>	*	*	*	<i>Oithona plumifera</i>	*	*	*
<i>Nannocalanus minor</i>	*	*	*	<i>Calocalanus neptunus</i>	*	*	*	<i>Oithona setigera</i>	*	*	*
<i>Neocalanus gracilis</i>	*	*	*	<i>Calocalanus ovalis</i>	*	*	*	<i>Oithona similis</i>		*	*
Famiglia Candaciidae				<i>Calocalanus pavo</i>	*	*	*	<i>Oithona tenuis</i>	*	*	*
<i>Candacia aethiopica</i>	*	*	*	<i>Calocalanus pavoninus</i>	*	*	*	<i>Oithona</i> spp	*	*	*
<i>Candacia armata</i>	*	*	*	<i>Calocalanus plumulosus</i>	*	*	*	Famiglia Oncaeidae			
<i>Candacia simplex</i>	*	*	*	<i>Calocalanus styliremis</i>	*	*	*	<i>Oncaea curta</i>	*	*	*
<i>Candacia juv</i>	*	*	*	<i>Calocalanus</i> spp	*	*	*	<i>Oncaea media</i>	*	*	*
Famiglia Centropagidae				<i>Paracalanus denudatus</i>	*	*	*	<i>Oncaea mediterranea</i>	*	*	*
<i>Centropages kroyeri</i>	*	*	*	<i>Paracalanus nanus</i>	*	*	*	<i>Oncaea scottodicarloi</i>	*	*	*
<i>Centropages typicus</i>	*	*	*	<i>Paracalanus parvus</i>	*	*	*	<i>Oncaea venusta</i>	*	*	*
<i>Centropages violaceus</i>	*	*	*	<i>Paracalanus</i> spp	*	*	*	<i>Oncaea</i> spp	*	*	*
<i>Isias clavipes</i>	*	*	*	Famiglia Phaennidae				Famiglia Sapphirinidae			
Famiglia Clausocalanidae				<i>Phaenna spinifera</i>		*		<i>Copilia mediterranea</i>	*	*	
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	*	*	*	Famiglia Pontellidae				<i>Copilia quadrata</i>	*		*
<i>Clausocalanus furcatus</i>	*	*	*	<i>Labidocera wollastoni</i>	*			<i>Copilia vitrea</i>			*
<i>Clausocalanus jobei</i>	*	*	*	<i>Pontella mediterranea</i>	*			<i>Sapphirina auronitens</i>	*	*	
<i>Clausocalanus lividus</i>	*	*	*	<i>Pontella juv</i>	*			<i>Sapphirina angusta</i>	*		
<i>Clausocalanus mastigophorus</i>	*	*	*	<i>Pontellina plumata</i>	*	*	*	<i>Sapphirina iris</i>	*	*	
<i>Clausocalanus parapergens</i>	*	*	*	<i>Pontellopsis villosa</i>	*			<i>Sapphirina nigromaculata</i>	*		
<i>Clausocalanus paululus</i>	*	*	*	Famiglia Scolecitrichidae				<i>Sapphirina ovatolanceolata</i>		*	*
<i>Clausocalanus pergens</i>	*	*	*	<i>Scolecitrichella abyssalis</i>			*	<i>Sapphirina</i> sp	*	*	*

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*.

<i>Clausocalanus</i> spp	*	*	*	<i>Scolecithrix bradyi</i>	*	*	Famiglia Clytemnestridae			
<i>Ctenocalanus vanus</i>	*	*	*	<i>Scolecithrix danae</i>	*	*	<i>Clytemnestra rostrata</i>	*	*	*
Famiglia Eucalanidae				Famiglia Temoridae			<i>Clytemnestra scutellata</i>	*		
<i>Eucalanus elongatus</i>		*		<i>Temora stylifera</i>	*	*	Famiglia Ectinosomatidae			
<i>Rhincalanus nasutus</i>	*			Famiglia Corycaeidae			<i>Microsetella norvegica</i>			*
Famiglia Euchaetidae				<i>Corycaeus brehmi</i>	*	*	<i>Microsetella rosea</i>		*	*
<i>Euchaeta marina</i>	*	*	*	<i>Corycaeus clausi</i>	*	*	Famiglia Miracidae			
<i>Euchaeta</i> sp		*		<i>Corycaeus flaccus</i>	*	*	<i>Distiocolus minor</i>	*	*	*
Famiglia Heterorhabdidae				<i>Corycaeus furcifer</i>		*	<i>Macrosetella gracilis</i>	*		
<i>Heterorhabdus papilliger</i>			*	<i>Corycaeus giesbrechti</i>	*	*	Famiglia Uterpinidae			
Famiglia Lucicutiidae				<i>Corycaeus limbatus</i>	*	*	<i>Euterpina acutifrons</i>	*	*	*
<i>Lucicutia flavicornis</i>	*	*	*	<i>Corycaeus ovalis</i>	*	*	Famiglia Pontoeciellidae			
Famiglia Mecynoceridae				<i>Corycaeus typicus</i>	*	*	<i>Pontoeciella abyssicola</i>		*	
<i>Mecynocera clausi</i>	*	*	*	<i>Corycaeus</i> spp	*	*				
Famiglia Metridinidae				<i>Farranula rostrata</i>	*	*				

Nella **Tabella 31** sono indicati i volumi di sedimentazione (dopo 24 h), espressi in ml, della componente oloplanctonica raccolta nella campagna A16. Le differenze apprezzabili nei volumi di sedimentazione, tra pescate orizzontali e verticali, possono essere generalmente ricondotte al differente volume di acqua filtrato dai retini, costantemente superiore nelle pescate 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)	A16 MG6	A16 MG7	A16 MG10	A16 MG12	A16 MG13
OR	50	52	35	46	30
50-0	17	10	14	14	15
100-50	7	7	6	6	6

Meroplancton

La frazione meroplanctonica dello zooplancton è costituita da numerose fasi larvali dei principali gruppi sistematici di animali bentonici.

Nella campagna autunnale A16, (**Tabella 32**), sono stati determinati complessivamente 62 *taxa* meroplanctonici appartenenti a 7 *phyla* di invertebrati marini.

Complessivamente 6 nuovi *taxa*, tutti di crostacei decapodi, compaiono per la prima volta nella *checklist*: 4 caridei, il crangonide *Aegaeon cataphractus*, il palemonide *Balssia gastii*, il thoridae *Eualus cranchii*, il processidae *Processa elegantula* e l'anomuro diogenide *Dardanus calidus* e il genere *Pisa* (Majoidea).

Il gruppo largamente dominante in termini qualitativi è quello dei crostacei decapodi (35 *taxa* = 64,3%) al quale seguono gli echinodermi (13 *taxa* pari al 20,9%) e i policheti (5 *taxa* = 8,06%). Dal punto di vista quantitativo invece il *phylum* dominante è rappresentato dagli echinodermi che assommano il 77,7% del totale degli individui campionati.

Anche in questa campagna l'incremento del numero di *taxa* rispetto alle campagne autunnali precedenti è sostanziale; erano 35 nel *survey* A15, 56 in quello A14 e 32 nella campagna A13.

Nel campione A16, come di consueto, le larve di crostacei decapodi, sia nelle fasi di zoea, sia nell'ultimo stadio di maturazione larvale, quello di megalopa per i brachiuri, sono prevalentemente concentrate nelle stazioni superficiali. Il 66,1% del campione a crostacei decapodi si concentra infatti nei primissimi metri al di sotto della superficie e decresce contestualmente all'aumentare della profondità: 21,6% degli individui totali nel campione verticale da 50 m alla superficie e il 12,3% in quelli profondi realizzati tra 100 e 50 m. Tra i *taxa* identificati, a confermare la tendenza dei decapodi a concentrarsi, durante la notte, in prossimità della superficie il fatto che il 40% di essi sia stato esclusivamente campionato nei retinaggi orizzontali. *Aegaeon cataphractus* è infatti l'unica specie presente esclusivamente nei campioni profondi delle 11 complessivamente raccolte nelle pescate verticali 100 – 50 m. 7 *taxa* sono invece ubiquitari e diffusamente distribuiti in tutti e tre i livelli di profondità investigati, e ancora 7 *taxa* sono stati identificati solo nell'osservazione *in toto* del campione.

Tra le specie dominanti si segnalano per i campioni orizzontali le larve allo stadio di megalopa dei brachiuri appartenenti alla specie *Pirimela denticulata* e al genere *Liocarcinus* e alle zoeae del brachiuro *Parthenopoides massena* e del carideo *Processa edulis edulis*. Nel complesso si tratta dei *taxa* maggiormente diffusi nell'area di studio, sempre presenti in tutte le stagioni dall'inizio del monitoraggio.

La stazione che qualitativamente ha raccolto il maggior numero di specie è la A16 MG7 nella fascia superficiale con 20 *taxa* in totale.

Anche nella campagna A16 si registra la presenza dello stomatopode *Squilla mantis* ma in questo caso in una sola delle stazioni (MG6) e con distribuzione orizzontale.

Gli echinodermi presenti nel campione A16 rappresentano il 20,9% dei *taxa* totali, sebbene quantitativamente assommano il 77,6% di tutti gli organismi presenti nei campioni. Tre sono le specie dominanti. La prima è l'ofiuroido *Ophiotrix fragilis* concentrato principalmente nei campioni della fascia intermedia 50 – 0 m (max: 9,06 ind per m⁻³ in MG13, min: 4,2 ind per m⁻³ in MG6). Seconda e terza specie dominante, *Spatangus purpureus* e *Brissopsis lyrifera* appartengono entrambe all'ordine Spatangoidea, echinoidi irregolari. Le tre specie confermano quanto già registrato negli anni precedenti; si tratta delle fasi larvali maggiormente diffuse nel meroplancton durante la stagione autunnale, quando si raggiunge il picco riproduttivo delle corrispettive fasi bentoniche.

Nel complesso anche per quanto concerne il contingente meroplanctonico della campagna A16 non si registrano differenze nella composizione della comunità attribuibili all'esercizio del rigassificatore.

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
CNIDARIA				<i>Ebalia tuberosa</i>	*	*	*	<i>Scyllarus sp</i>	**		
Efira ind	*	*		<i>Ebalia tumefacta</i>	*	*	*	<i>Sergia robusta</i>	*	**	
MOLLUSCA				<i>Ethusa mascarone</i>	**			<i>Solenocera membranacea</i>	*	*	
Gastropoda larvae ind	*	*	*	<i>Eualus cranchii</i>	*			Stomatopoda			
Triphoridae ind	**			<i>Galathea intermedia</i>	**			<i>Squilla mantis</i>	**		
Bivalvia larvae ind	*	*	*	<i>Goneplax rhomboides</i>	*	*		ECHINODERMATA			
<i>Sepiola sp</i>	**			<i>Herbstia condiliata</i>	**			<i>Arbacia lixula</i>	*	*	
POLYCHAETA				<i>Liocarcinus sp</i>	*	*		<i>Brissopsis lyrifera</i>	*	*	*
<i>Chaetopterus variopedatus</i>		*	*	<i>Lucifer typus</i>	**		*	<i>Echinocardium sp</i>	*	*	
<i>Myriochele oculata</i>	*	*		<i>Lysmata seticaudata</i>	*			<i>Echinus sp</i>	*	*	*
Polychaeta larvae ind	*	*	*	<i>Maja sp</i>	**	*		<i>Ophiactis balli</i>	*		
Spionidae ind	*	*	*	<i>Palinurus elephas</i>	*	*		<i>Ophiactis sp</i>	*		
Syllidae ind	*			<i>Parapaeneus longirostris</i>	*	*	*	<i>Ophiotrix fragilis</i>	*	*	*
Trocofora ind	*	*	*	<i>Parasergestes vigilax</i>	*			<i>Ophiura sp</i>	*	*	*
CRUSTACEA				<i>Parthenopoides massena</i>	*	*	*	<i>Psammecinus sp</i>	*	*	
Decapoda				<i>Percnon gibbesi</i>	**			<i>Spatangus purpureus</i>	*	*	*
<i>Aegaeon cataphractus</i>			*	<i>Peridimenes sp</i>	**	*		<i>Sphaerechinus sp</i>	*	*	
<i>Alpheus dentipes</i>	*	*		<i>Philocheras sculptus</i>	*			Auricularia larvae ind	*		
<i>Alpheus glaber</i>	*	*	*	<i>Pirimela denticulata</i>	*	*		Bipinnaria larvae ind	*	*	
<i>Anapagurus breviaculeatus</i>	*		*	<i>Pisa sp</i>	*			FORONIDEA			
<i>Athanas nitescens</i>	*	*		<i>Porcellana platycheles</i>	**			Actinotroca larvae ind	*		
<i>Balssia gastii</i>		*		<i>Processa edulis edulis</i>	*	*	*	ENTEROPNEUSTA			
<i>Dardanus calidus</i>	*			<i>Processa elegantula</i>	*	*	*	Tomaria larvae ind	*		
<i>Deosergestes arcanipodus</i>	**			<i>Processa sp</i>	**						

Ittioplancton

Il campione costituito dalle fasi larvali dell'ittiofauna ha raccolto nella stagione A16 18 taxa tra i quali tre identificati per la prima volta dall'inizio del survey nell'area di studio. Si tratta del Triglidae *Chelidichthys lucerna* (Gallinella o Capone), la fase larvale del bentopelagico abissale Macruridae *Coryphaenoides guentheri* (Pesce Sorcio di Günther) e il Cynoglossidae pleuronectiforme *Symphurus nigrescens* (Lingua di Cane) (Tabella 33).

Il numero complessivo di taxa, è superiore ai campionamenti autunnali degli anni precedenti A13 (11), A14 (9), A15 (10) taxa.

La distribuzione delle larve è prevalentemente superficiale. Il 73,3% dell'ittiofancton è stato raccolto nelle peschate orizzontali, il 17,9% nella fascia compresa tra 50 e 0 m e l'8,8% nella frazione più profonda della colonna d'acqua tra 100 e 50 m.

Il taxa dominante della campagna autunnale è il Clupeidae *Sardina pilchardus* (sardina) che concentra il periodo riproduttivo proprio nei mesi autunnali e invernali.

Da segnalare la presenza di larve di cinque specie di pesci abissali appartenenti a tre famiglie differenti (Gonostomatidae, Myctophidae e Macruridae) e uova appartenenti allo Sternoptychidae *Maurolicus muelleri* (Maurolico) anch'esso piccolo pesce abissale comunemente diffuso nell'area di studio.

Nel complesso per quanto concerne il contingente ittioplanctonico della campagna A16 non si registrano differenze nella composizione della comunità attribuibili all'esercizio del rigassificatore.

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
CLUPEIDAE				<i>Myctophum punctatum</i>	*	*	*	SYNGNATHIDAE			
<i>Sardina pilchardus</i>	*	*	*	MULLIDAE				<i>Syngnathus phlegon</i>	*		
CYNOGLOSSIDAE				<i>Mullus barbatus</i>	*			TRICHIURIDAE			
<i>Symphurus nigrescens</i>	*	*		OPHICHTHIDAE				<i>Lepidopus caudatus</i>	*		
ENGRAULIDAE				<i>Ophisurus serpens</i>	*			TRIGLIDAE			
<i>Engraulis encrasicolus</i>	*			SCORPAENIDAE				<i>Chelidichthys lucerna</i>	*		
GONOSTOMATIDAE				<i>Scorpaena sp</i>	**			Larvae ittio ind	*	*	*
<i>Cyclothone braueri</i>	*	*	*	SERRANIDAE				Uova di <i>Maurolicus muelleri</i>	*	*	
MUGILIDAE				<i>Anthias anthias</i>	*			Uova ind	*	*	*
<i>Mugil cephalus</i>	*			SPARIDAE							
MYCTOPHIDAE				<i>Diplodus sp</i>	*	*					
<i>Benthoosema glaciale</i>		**	*	<i>Pagellus sp</i>	*	*					
<i>Ceratoscopelus maderensis</i>	**			SPARIDAE ind	*						

3.2 BIOTA
3.2.1 Macrozoobenthos

Lo studio ha portato alla raccolta e determinazione di 4691 individui appartenenti a 163 specie (**Tabella 34**) comprendenti policheti, molluschi, crostacei, sipunculidi, echinodermi, nemertini e nematodi.

La matrice di abbondanza specie x stazioni è riportata in Allegato 4 in accordo alla prescrizione 5 delle Determine 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017.

Tabella 34 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nell'Autunno 2016 (A16).

Annelida		
<i>Acmira assimilis</i> (Tebble, 1959)	<i>Heterospio sinica</i> Wu & Chen, 1966	<i>Paradoneis</i> sp
<i>Allia claudiae</i> (Laubier, 1967)	<i>Hyalinoecia tubicola</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Paralacydonia paradoxa</i> Fauvel, 1913
<i>Ampharete acutifrons</i> (Grube, 1860)	<i>Kefersteinia cirrata</i> (Keferstein, 1862)	<i>Paraprionospio pinnata</i> (Ehlers, 1901)
<i>Amphicteis gunneri</i> (M. Sars, 1835)	<i>Laonice cirrata</i> (M. Sars, 1851)	<i>Pectinaria koreni</i> (Malmgren, 1866)
<i>Ancistrosyllis groenlandica</i> Mc Intosh, 1879	<i>Levinsenia demiri</i> Çınar, Dagli & Acik, 2011	<i>Phyllodoce lineata</i> (Claparède, 1870)
<i>Aphelochaeta marioni</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Levinsenia gracilis</i> (Tauber, 1879)	<i>Pilargis verrucosa</i> (Saint-Joseph, 1899)
<i>Apomatus similis</i> Marion & Bobretzky, 1875	<i>Lysidice unicornis</i> (Grube, 1840)	<i>Pista cristata</i> (O. F. Müller, 1776)
<i>Chaetozone caputesocis</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Maldane glebifex</i> Grube, 1860	<i>Poecilochaetus fauchaldi</i> Pilato & Cantone, 1976
<i>Chirimia biceps</i> (M. Sars, 1861)	<i>Malmgreniella lunulata</i> (Delle Chiaje, 1841)	<i>Polycirrus</i> sp Grube, 1850
<i>Chloeia venusta</i> Quatrefages, 1865	<i>Marphysa bellii</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)	<i>Polygordius</i> sp
<i>Chone</i> sp	<i>Melinna palmata</i> Grube, 1860	<i>Praxillella gracilis</i> (M. Sars, 1861)
<i>Diplocirrus glaucus</i> Haase, 1915	<i>Metasychis gotoi</i> (Izuka, 1902)	<i>Prionospio ehlersi</i> Fauvel, 1928
<i>Drilonereis filum</i> (Claparède, 1868)	<i>Micronephthys maryae</i> San Martin, 1982	<i>Scalibregma inflatum</i> Rathke, 1843
<i>Eteone flava</i> (Fabricius, 1780)	<i>Minuspio cirrifera</i> Wiren, 1883	<i>Schistomeringos rudolphi</i> (Picard, 1965)
<i>Eteone longa</i> (Fabricius, 1780)	<i>Monticellina dorsobranchialis</i> (Kirkegaard, 1959)	<i>Scolecopsis foliosa</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)
<i>Euclymene lumbricoides</i> (Quatrefages, 1865)	<i>Myriochele oculata</i> Zachs, 1923	<i>Scoletoma fragilis</i> (O.F. Müller, 1776)
<i>Euclymene oerstedii</i> (Claparède, 1863)	<i>Nephtys hystricis</i> Mc Intosh, 1900	<i>Sphaerodoron flavum</i> Örsted, 1845
<i>Eumida sanguinea</i> (Örsted, 1843)	<i>Nereimyra punctata</i> (O.F. Müller, 1776)	<i>Spio decoratus</i> Bobretzky, 1870
<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Nereiphylla castanea</i> (Marenzeller, 1879)	<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 tessellata</i> Grube, 1863	<i>Ophelina acuminata</i> Örsted, 1843	<i>Syllis alternata</i> Moore, 1908
<i>Glycinde nordmanni</i> (Malmgren, 1866)	<i>Panthalis oerstedii</i> Kinberg, 1855	<i>Syllis paraparai</i> San Martin & López, 2000
<i>Harmothoe</i> sp	<i>Paradiopatra calliopae</i> Arvanitidis & Koukouras, 1997	<i>Terebellides stroemi</i> M. Sars, 1835
<i>Harmothoe spinifera</i> (Ehlers, 1864)		<i>Thelepus cincinnatus</i> (Fabricius, 1780)
Arthropoda		
<i>Acidostoma sarsi</i> Lincoln, 1979	<i>Eudorella nana</i> Sars, 1879	<i>Liljeborgia psaltrica</i> Krapp-Schickel, 1975
<i>Akanthophoreus gracilis</i> (Krøyer, 1842)	<i>Eurydice</i> sp Leach, 1815	<i>Liocarcinus depurator</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Alpheus glaber</i> (Olivieri, 1792)	<i>Eurydice spinigera</i> Hansen, 1890	<i>Maera grossimana</i> (Montagu, 1808)
<i>Ampelisca</i> sp	<i>Eurynome aspera</i> (Pennant, 1777)	<i>Medicorophium rotundirostre</i> (Stephensen, 1915)
<i>Ampelisca tenuicornis</i> Liljeborg, 1855	<i>Gnathia oxyuraea</i> (Liljeborg, 1855)	<i>Metaphoxus simplex</i> Bate, 1857
<i>Ampelisca typica</i> (Bate, 1856)	<i>Gnathia</i> sp Leach, 1814	<i>Nebalia</i> sp
<i>Anapagurus breviaculeatus</i> Fenizia, 1937	<i>Goneplax rhomboides</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Orchomene massiliensis</i> Ledoyer, 1977
<i>Anapagurus petiti</i> Dechancé & Forest, 1962	<i>Halice abyssii</i> Boeck, 1871	<i>Paranymphon spinosum</i> Caullery, 1896
<i>Anapagurus</i> sp	<i>Halice walkerii</i> (Ledoyer, 1973)	<i>Paraphoxus oculatus</i> (G.O. Sars, 1879)
<i>Anthura gracilis</i> (Montagu, 1808)	<i>Haploops nirae</i> Kaim Malka, 1976	<i>Periculodes aequimanus</i> (Kossman, 1880)
<i>Callianassa</i> sp	<i>Harpinia crenulata</i> (Boeck, 1871)	<i>Periculodes l. longimanus</i> (Bate & Westwood, 1868)
<i>Calocaris macandreae</i> Bell, 1846	<i>Harpinia dellavallei</i> Chevreux, 1910	<i>Photis longicaudata</i> (Bate & Westwood, 1862)
<i>Campylaspis macrophthalma</i> Sars, 1879	<i>Hippomedon bidentatus</i> Chevreux, 1903	<i>Phtisica marina</i> Slabber, 1769
<i>Carangolopsis spinulosa</i> Ledoyer, 1970	<i>Hippomedon massiliensis</i> bellan-Santini, 1965	<i>Pilumnus hirtellus</i> (Linnaeus, 1761)
<i>Cirolana borealis</i> Liljeborg, 1852	<i>Jaxea nocturna</i> Nardo, 1847	<i>Processa</i> sp
<i>Collettea cylindrata</i> (Sars, 1882)	<i>Leucon (Epileucon) longirostris</i> Sars, 1871	<i>Stenothoe</i> cfr <i>bosphorana</i>
<i>Desmosoma</i> sp	<i>Leucon</i> sp 2	<i>Tuberapseudes echinatus</i> (G.O. Sars, 1882)
<i>Diastylis cornuta</i> (Boeck, 1864)	<i>Leucothoe oboa</i> G. Karaman, 1971	<i>Upogebia delataura</i> (Leach, 1815)
<i>Eriopisa elongata</i> (Bruzelius, 1859)	<i>Liljeborgia dellavallei</i> Stebbing, 1906	<i>Westwoodilla rectirostris</i> (Della Valle, 1893)
Echinodermata		
<i>Amphipholis squamata</i> (Chiaje, 1829)	<i>Brissopsis atlantica mediterranea</i> Mortensen, 1913	<i>Ophiura albida</i> Forbes, 1839
<i>Amphiura chiajei</i> Forbes, 1843	<i>Ophiacantha setosa</i> (Bruzelius, 1805)	<i>Trachythone tergestina</i> (Sars, 1857)
<i>Amphiura filiformis</i> (O. F. Müller, 1776)		
Mollusca		
<i>Abra alba</i> (W. Wood, 1802)	<i>Eulima glabra</i> (Da Costa, 1778)	<i>Pitar rudis</i> (Poli, 1795)
<i>Abra nitida</i> (O.F. Muller, 1776)	<i>Falcidens gutturosus</i> (Kowalevsky, 1901)	<i>Poromya granulata</i> (Nyst & Westendorp, 1839)
<i>Antalis inaequicostata</i> (Dautzenberg, 1891)	<i>Hydrobia</i> sp	<i>Saccella commutata</i> (Philippi, 1844)

Tabella 34 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nell'Autunno 2016 (A16).		
<i>Batharca pectunculooides</i> (Scacchi, 1834)	<i>Mendicula ferruginosa</i> (Forbes, 1844)	<i>Thyasira alleni</i> Carozza, 1981
<i>Cardiomya costellata</i> (Deshayes, 1835)	<i>Neopycnodonte cochlear</i> (Poli, 1795)	<i>Thyasira biplicata</i> (Philippi, 1836)
<i>Cuspidaria cuspidata</i> (Olivi 1792)	<i>Nucula sulcata</i> (Bronn, 1831)	<i>Thyasira granulosa</i> (Monterosato, 1874)
<i>Cuspidaria rostrata</i> (Olivi, 1792)	<i>Parvicardium minimum</i> (Philippi, 1836)	<i>Timoclea ovata</i> (Pennant, 1777)
<i>Ennucula aegeensis</i> (Forbes, 1844)		
Sipunculida		
<i>Golfingia elongata</i> (Keferstein, 1863)	<i>Golfingia vulgaris</i> (Blainville, 1827)	<i>Onchnesoma s. steenstrupii</i> Koren & Danilssen, 1875
<i>Golfingia</i> sp		
Nematoda ind		
Nemertea ind		

Gli anellidi policheti risultano essere il gruppo dominante che con 3930 individui rappresentano oltre l'80% dell'abbondanza totale. Gli artropodi crostacei, secondi unicamente ai policheti non raggiungono il 10% dell'abbondanza totale (441 individui). Seguono, nell'ordine, molluschi (205 individui) e echinodermi (39 individui), i primi con 4%, i secondi con appena l'1% di contributo all'abbondanza totale (Figura 17).

Più equilibrata risulta essere la ripartizione delle specie tra i vari gruppi, sebbene anche da questo punto di vista gli anellidi policheti si confermano il taxon dominante fornendo quasi la metà delle specie rinvenute (44%). Poco più di un terzo del panorama faunistico è fornito dagli artropodi (unicamente rappresentati dai crostacei) seguiti dai molluschi che rappresentano il 14% delle specie totali. Gli echinodermi forniscono appena il 4% di specie al panorama faunistico.

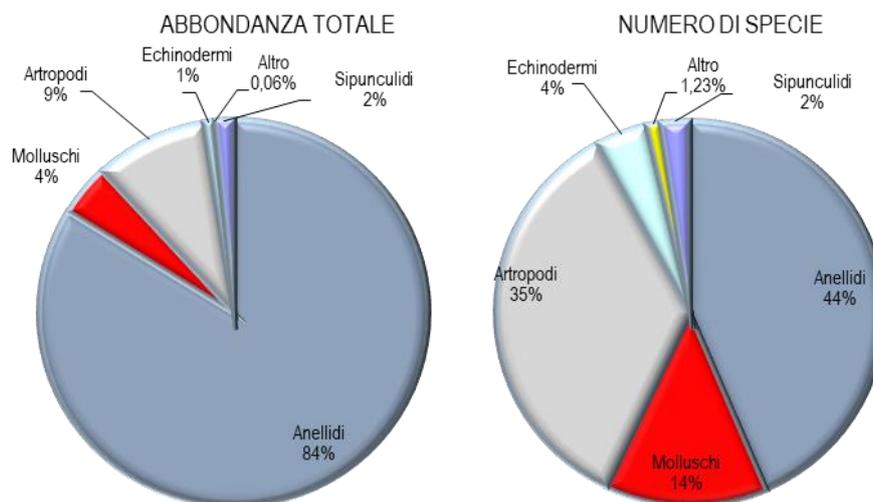


Figura 17 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti. Altro=nemertini e nematodi.

Ai policheti appartengono le specie rinvenute col maggior numero di individui, tra le quali *Paradiopatra calliopae* (1153 individui) e *Levinsenia demiri* (1100) che costituiscono, rispettivamente il 24,6% e il 23,45% dell'abbondanza totale (Figura 18).

Ad esse seguono *Aphelochaeta marioni* e *Ampharete acutifrons* che rappresentano, complessivamente, circa il 12% dell'abbondanza totale.

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

Queste quattro specie rappresentano da sole oltre il 60% 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 150 specie (ossia 92% del totale) contribuiscono per meno dell'1% all'abbondanza totale. Inoltre il 28,2% circa delle specie è presente con un solo individuo.

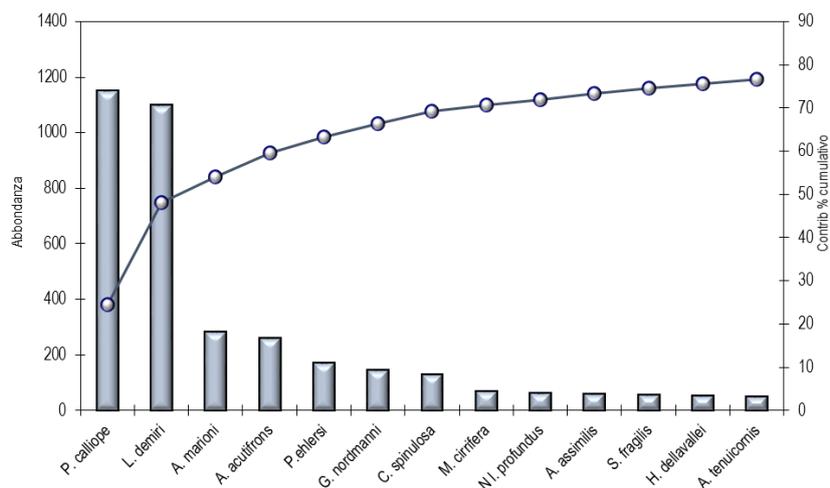


Figura 18 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti.

Pertanto tutti i pattern osservati dipendono in gran parte dalle variazioni di abbondanza di queste specie. Dalla Simper analysis si ottiene che la similarità tra repliche all'interno della stessa stazione varia tra 68,77% (A16 MG8) e 55,11% (A16 MG13) oscillando intorno a una media complessiva di $63,4 \pm 3,5\%$.

Dalla medesima analisi, inoltre, si evince che *Levinsenia demiri* e *Paradiopatra calliope* sono le specie che maggiormente contribuiscono alla similarità tra repliche tanto che, con la sola eccezione di A16 MG13, apportano un contributo complessivo sempre maggiore del 50% con percentuali massime superiori al 70% (A16 MG14, A16 MG12, A16 MG11, A16 MG14).

Nel piano di ordinamento (Figura 19) ottenuto dal non-Metric Multidimensional Scaling (n-MDS) si osserva che le stazioni non risultano distribuite nel plot in accordo alla loro posizione geografica o alla distanza dall'FSRU.

Esse risultano essere disperse nel piano senza formare cluster riconducibili alla loro reale distribuzione spaziale né alla presenza del rigassificatore.

Dalla Simper analysis si evince che i valori di (dis)similarità tra stazioni sono, complessivamente paragonabili a quelli tra repliche e variano tra 66,6% (A16 MG4 vs A16 MG14) e 50,01% (A16 MG6 vs A16 MG7).

L'analisi delle differenze mostra inoltre che le dissimilarità percentuali tra stazioni sono abbastanza omogenee tra loro ed oscillano tra il 35 e il 45%. Valori leggermente maggiori sono stati osservati per A16 MG11 vs A16 MG13 (47,88%), A16 MG12 vs A16 MG13 (47,77%), A16 MG7 vs A16 MG14 (47,02%), A16 MG2 vs A16 MG6 (46,64%), A16 MG7 vs A16 MG11 (48,65%), A16 MG7 vs A16 MG12 (46,32%), A16 MG6 vs A16 MG13 (47,25%) ed infine A16 MG6 vs A16 MG7 (49,98%),

In particolare la differenza tra A16 MG6 vs A16 MG7 (la più elevata tra tutte le coppie di stazioni) emerge anche dall'analisi macroscopica del campione. In A16 MG6, infatti, il detrito è composto per lo più da fibra vegetale (60%) che nella stazione A16 MG7 rappresenta solo il 30-40% del campione a favore di una maggiore percentuale di sabbia e biodetrito.

L'analisi macroscopica ha mostrato che differenze tra le stazioni sono comuni nell'area di studio.

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 siti abbondante (70-80%) rappresentando in certi casi (A16 MG1, A16 MG10) la quasi totalità del campione.

Questa componente risulta scarsa (30%) nelle stazioni A16 MG7, A16 MG9, A16 MG11, A16 MG12 dove risulta affiancata per lo più da sabbia e in minor misura da biodetrito conchifero.

Nella stazione A16 MG9 il biodetrito è costituito in prevalenza da briozoi, nelle altre stazioni da gusci di bivalvi e gasteropodi.

Anche nel caso delle differenze le specie *Levinsenia demiri*, *Paradiopatra calliope* affiancate da *Aphelochaeta marioni* e da *Ampharete acutifrons* sono le specie che danno il contributo maggiore, anche se modesto in valore assoluto, ed oscilla tra il 10 e il 15%.

Pertanto le differenze sono complessivamente dovute a bassi contributi apportati da molte specie. Tale pattern è in accordo alla presenza di un largo numero di specie con valori bassi di abbondanza.

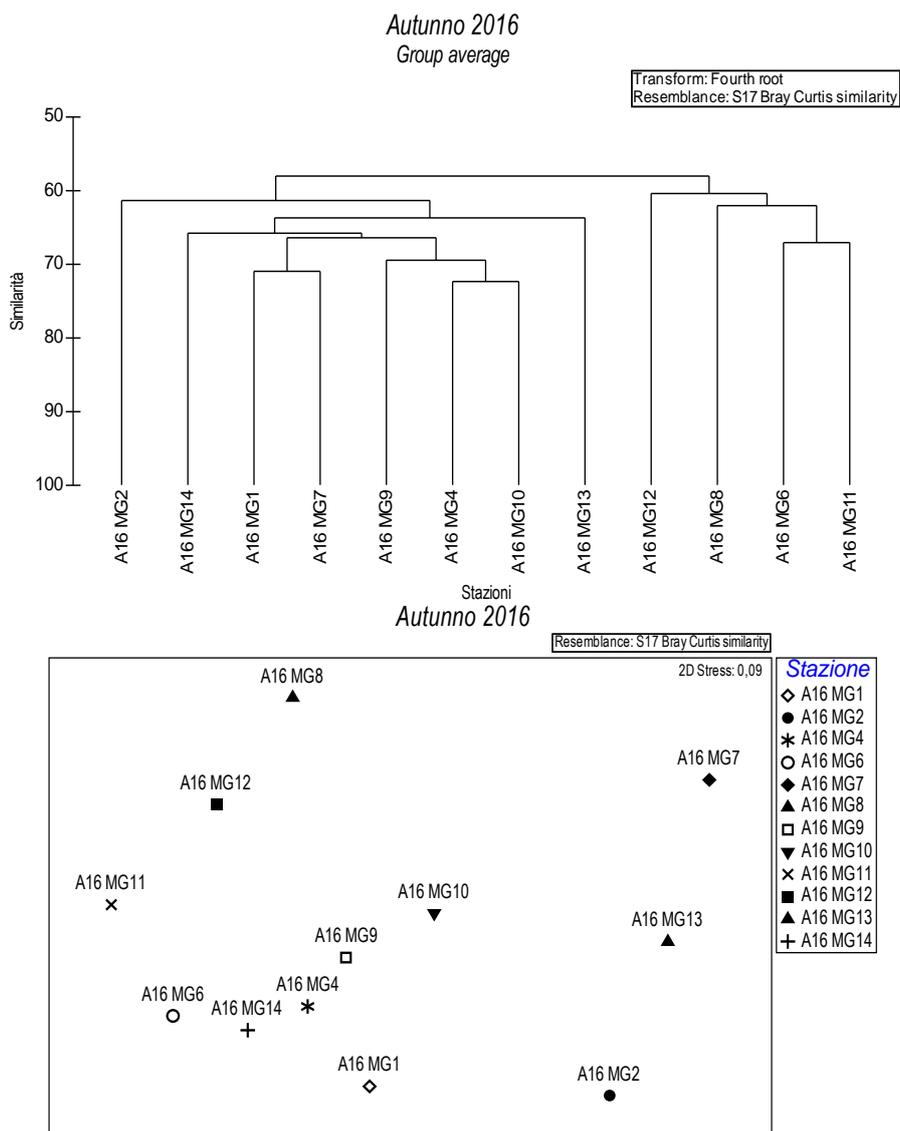


Figura 19 - Risultati della cluster analysis (group average) in alto e piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, in basso. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.

Nella **Tabella 35** sono riportati i valori degli indici strutturali. I dati evidenziano differenze pressoché trascurabili tra le stazioni.

Tabella 35 – Indici strutturali ($\pm DS$) 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).

Stazioni	S	N	$H'(\log_2)$	d	J
A16 MG1	26,5 \pm 2,4	114,0 \pm 15,9	3,680 \pm 0,303	5,403 \pm 0,607	0,778 \pm 0,049
A16 MG2	26,5 \pm 5,4	94,0 \pm 17,3	3,833 \pm 0,382	5,602 \pm 0,977	0,813 \pm 0,038
A16 MG4	24,5 \pm 5,2	96,3 \pm 39,0	3,332 \pm 0,440	5,146 \pm 1,097	0,723 \pm 0,049
A16 MG6	32,0 \pm 8,0	120,3 \pm 34,3	3,669 \pm 0,407	6,456 \pm 1,300	0,738 \pm 0,038
A16 MG7	24,5 \pm 3,4	68,3 \pm 13,3	3,754 \pm 0,125	5,569 \pm 0,629	0,816 \pm 0,016
A16 MG8	32,8 \pm 4,5	95,3 \pm 5,9	3,934 \pm 0,217	6,966 \pm 0,937	0,783 \pm 0,021
A16 MG9	24,3 \pm 6,3	92,5 \pm 22,2	3,442 \pm 0,664	5,173 \pm 1,456	0,749 \pm 0,086
A16 MG10	24,5 \pm 5,1	83,5 \pm 23,6	3,528 \pm 0,232	5,313 \pm 0,840	0,769 \pm 0,034
A16 MG11	28,8 \pm 8,4	107,8 \pm 24,9	3,539 \pm 0,487	5,904 \pm 1,594	0,737 \pm 0,036
A16 MG12	31,0 \pm 9,0	98,3 \pm 13,4	3,713 \pm 0,643	6,541 \pm 1,965	0,753 \pm 0,067
A16 MG13	31,3 \pm 2,5	95,8 \pm 12,4	4,116 \pm 0,188	6,635 \pm 0,426	0,829 \pm 0,027
A16 MG14	23,5 \pm 6,2	107,0 \pm 28,2	3,250 \pm 0,504	4,823 \pm 1,264	0,717 \pm 0,050

3.2.2 Bioaccumulo

Metalli

Le variazioni di concentrazione osservate nei mitili dopo l'esposizione sono molto variabili da stazione a stazione anche se per alcuni metalli (Cd, Mn, Hg, Pb) i tenori non subiscono variazioni o addirittura si riducono rispetto al tempo zero (**Tabella 36**).

Cromo, Ferro e Vanadio esibiscono un incremento in tutti i mitili posti sul Terminale con un picco nella stazione C.

Anche il bario esibisce un picco nella stazione C, ma non è stato rilevato nella stazione D.

Rame, Zinco e Arsenico sono incrementati rispetto al Tempo 0 unicamente nella stazione D.

L'incremento maggiore è stato osservato per il ferro che non ha interessato il sito di controllo Gorgona.

Si evidenzia inoltre, in risposta a quanto richiesto dalla prescrizione 14 della Determina 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017, che lo zinco non presenta concentrazioni anomale suggerendo che la presenza degli anodi sacrificali dislocati sullo scafo del Terminale non ha alcun effetto sull'ambiente circostante.

Tabella 36 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna A16 espressi in mg/kg. Sono riportati i dati riferiti sia alla sostanza secca (s.s.) sia al peso fresco (p.f.) in accordo alla prescrizione 13 delle Determina 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017.

	Tempo zero		Stazione A		Stazione B		Stazione C		Stazione D		Stazione E (Bianco Gorgona)	
	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.								
Arsenico	0,37	0,056	0,37	0,056	0,34	0,051	0,36	0,054	0,45	0,068	0,25	0,0375
Bario	-	-	0,21	0,032	0,23	0,035	0,24	0,036	-	-	-	-
Cadmio	0,06	0,009	0,06	0,009	0,05	0,008	0,05	0,008	0,06	0,009	0,04	0,006
Cromo totale	-	-	0,25	0,038	0,23	0,035	0,33	0,050	0,23	0,035	-	-
Ferro	6,26	0,939	37,69	5,654	28,85	4,328	40,43	6,065	32,06	4,809	7,05	1,0575
Manganese	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mercurio	0,02	0,003	0,02	0,003	0,01	0,002	0,02	0,003	0,02	0,003	0,01	0,0015
Nichel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Piombo	0,21	0,032	0,19	0,029	0,22	0,033	0,2	0,030	0,19	0,029	0,18	0,027
Rame	0,7	0,105	0,77	0,116	0,71	0,107	0,71	0,107	1,07	0,161	0,63	0,0945
Vanadio	-	-	0,35	0,053	0,27	0,041	0,38	0,057	0,33	0,050	-	-
Zinco	31,37	4,706	27,79	4,169	27,34	4,101	24,3	3,645	37,29	5,594	24,72	3,708

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 inferiori al Tempo 0 (con la sola eccezione della stazione C, per la quale risultano non rilevabili).

Tabella 37 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A16, sono espressi in mg/kg.

	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 (mg/kg)	< 0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Idrocarburi C10-C40 (mg/kg)	375,99	206,05	67,49	< 5	45,29	67,45

IPA ed composti organo stannici

Dalla **Tabella 38** si osserva una sostanziale assenza di contaminazione da IPA e composti organo stannici.

Tabella 38 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A16, sono espressi in mg/kg, salvo ove indicato.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Acenafte	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Acenafilene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Antracene	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001
Benzo (a) antracene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (a) pirene	0,004	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001	0,003
Benzo (b) fluorantene	0,006	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001	0,004
Benzo (g,h,i) perilene	0,002	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,002

Tabella 38 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A16, sono espressi in mg/kg, salvo ove indicato.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Benzo (k) fluorantene	0,005	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001	0,003
Crisene	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,002
Dibenzo (a,h) antracene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Fenantrene	0,002	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,002
Fluorantene	0,003	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,002	0,003
Fluorene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Indeno (1,2,3 - c,d) pirene	0,002	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,002
Naftalene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Pirene	0,005	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,002	< 0,001
Dibutilstagno	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Monobutilstagno	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Tributilstagno	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Cloroderivati

I risultati della ricerca dei cloroderivati sono riportati nella **Tabella 39**. I dati suggeriscono assenza di fenomeni di bio accumulo nei campioni analizzati.

I composti rilevati in tutti i campioni (Bromodichlorometano, Bromoformio, Dibromoclorometano e Cloroformio) infatti, sono presenti in concentrazione simile sia negli organismi nativi (Tempo Zero) sia nella stazione E (Bianco Gorgona).

Tabella 39 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A16, sono espressi in µg/kg.

	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 Trichloroacetico	< 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	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
2,4-dicloro fenolo	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
4-cloro-3-metil fenolo	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
pentacloro fenolo	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
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	0,25	< 0,2	< 0,2
Bromo Dichloro Metano	1,4	1,8	1,9	1,8	1,8	1,8
Bromoformio	3,9	5,0	4,8	5,0	5,0	4,4
Carbonio Tetracloruro	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cloroformio	1,5	1,9	2,0	1,9	1,9	2,0
Dibromo Cloro Metano	1,9	2,9	2,8	2,9	2,9	2,6
Tetracloro Etilene	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15
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
Dibromoacetoneitrile	< 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 si rileva l'assenza di contaminazione fecale (**Tabella 40**).

	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	< 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 non si evidenziano alterazioni dello stato di integrità cellulare negli organismi posizionati presso le stazioni lungo il Terminale rispetto a quanto osservato nei mitili di controllo (Figura 20).

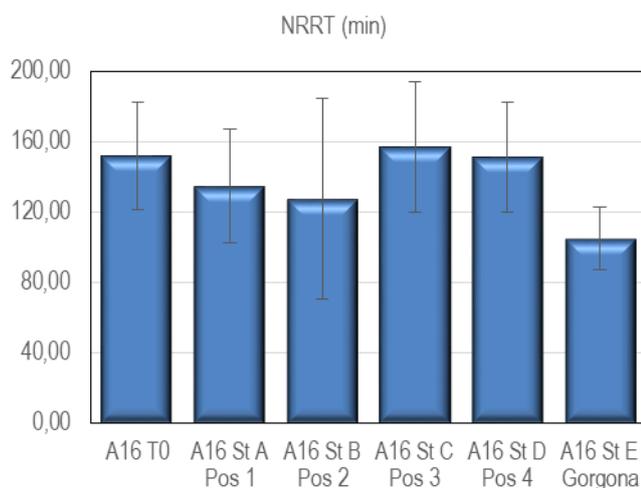


Figura 20 - Valutazione del danno cellulare mediante la misura del tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro (NRRT) nei lisosomi degli emociti di mitilo. Valori alti del tempo di ritenzione corrispondono ad una maggiore integrità.

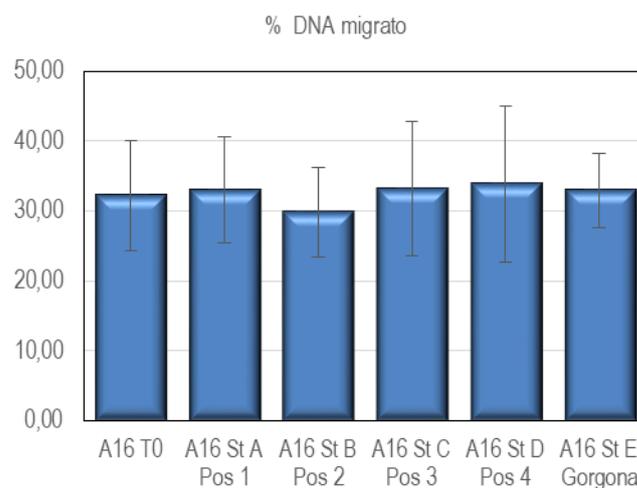


Figura 21 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.

Comet Assay

Anche per questo biomarker di genotossicità non sono state osservate differenze significative nel grado di frammentazione del DNA tra i mitili di controllo e quelli posizionati nelle varie stazioni lungo il Terminale FRSU (Figura 21).

Analisi istologica del tessuto branchiale.

L'analisi istologica delle branchie di mitilo ha mostrato un elevato grado di integrità del tessuto branchiale in tutte le stazioni indagate; ciò emerge dal punteggio pari a 1 – 2 misurato nella totalità degli organismi analizzati (Tabella 41). In base a questa indagine non sono osservabili evidenze di impatto sulla struttura dell'apparato branchiale di mitilo imputabili all'attività del Terminale FRSU (Figura 22).

Stazione	I	II	III	IV	V
Mitili tempo zero	1	1	1	1	1
A16 Stazione A (Pos. 1)	1	2	1	1	2
A16 Stazione B (Pos. 2)	1	1	1	2	1
A16 Stazione C (Pos. 3)	2	1	2	2	1
A16 Stazione D (Pos. 4)	1	1	1	1	2
A16 Stazione E (Bianco Gorgona)	2	2	2	2	1

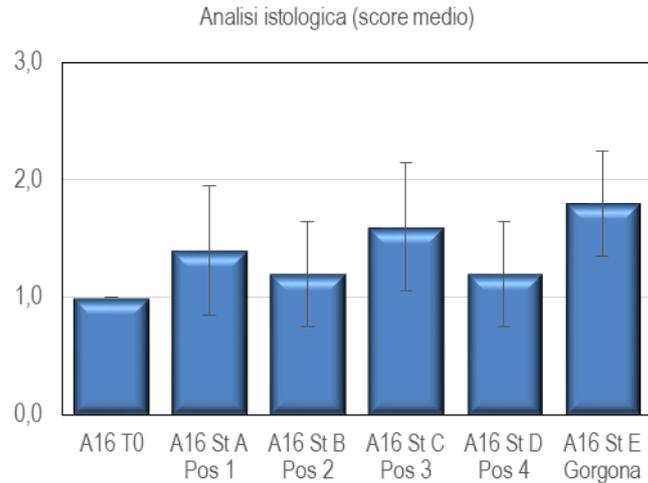
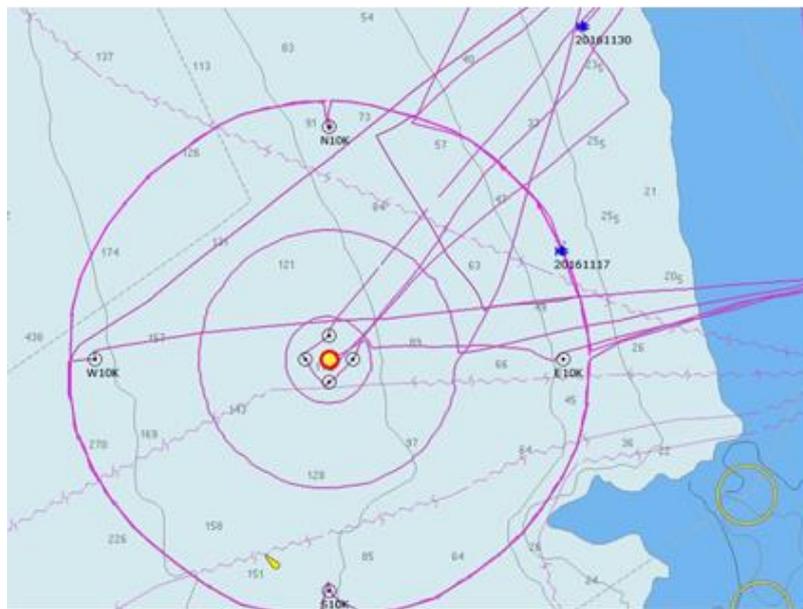


Figura 22 - Analisi istologica delle branchie di mitilo. Il parametro rappresentato nel grafico è il punteggio medio (score) per ciascuna delle stazioni indagate. La scala va da 1 a 5; il punteggio 1 indica una condizione di integrità mentre il punteggio 5 indica una forte compromissione della struttura dei filamenti branchiali.

3.2.4 Cetacei e tartarughe marine

Per questa indagine sono state percorse 296 nm per un totale di 68h e 30' di navigazione. Nella **Figura 23** sono riportate le rotte effettuate per il monitoraggio visivo condotto a partire da novembre 2016 (A16).

Sono stati effettuati 2 avvistamenti di delfini per un totale di 7 tursiopi adulti; il primo (17 novembre) a 6nm NE dal Terminale, il secondo (30 novembre) all'esterno dell'area di monitoraggio a 9 nm NE dal Terminale.



Data Avvistamento	Latitudine N	Longitudine E	Specie	Numero
17 Novembre 2016	43° 41.184"	10° 06.776"	<i>Tursiops truncatus</i>	3 adulti
30 Novembre 2017	43° 46.389"	10° 07.454"	<i>Tursiops truncatus</i>	4 adulti

Figura 23 – Rotte effettuate per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico condotto in autunno 2016 (A16) con i punti e date di avvistamento.

3.3 INDAGINI GENERALI

3.3.1 Misura del rumore

In questo paragrafo sono riportati i risultati delle misure di rumore acustico subacqueo effettuate nei punti più vicini (a 100m di distanza dalla posizione del Terminale) per tutte le direttrici alla profondità di 55 metri, con rappresentazione della funzione di densità spettrale di potenza (PSDf) basata sul calcolo della FFT, e analisi in terzi d'ottava sovrapposta (**Figura 24, Figura 25, Figura 26, Figura 27**).

Sono inoltre riportati i risultati a 1.000. e 10.000 metri per la direttrice Nord (quella di maggior interesse per la presente campagna).

Come in precedenza, si evidenziano righe spettrali che rappresentano interferenze elettromagnetiche derivanti da strumentazioni dell'imbarcazione di supporto. Esse non sono significative per l'analisi acustica.

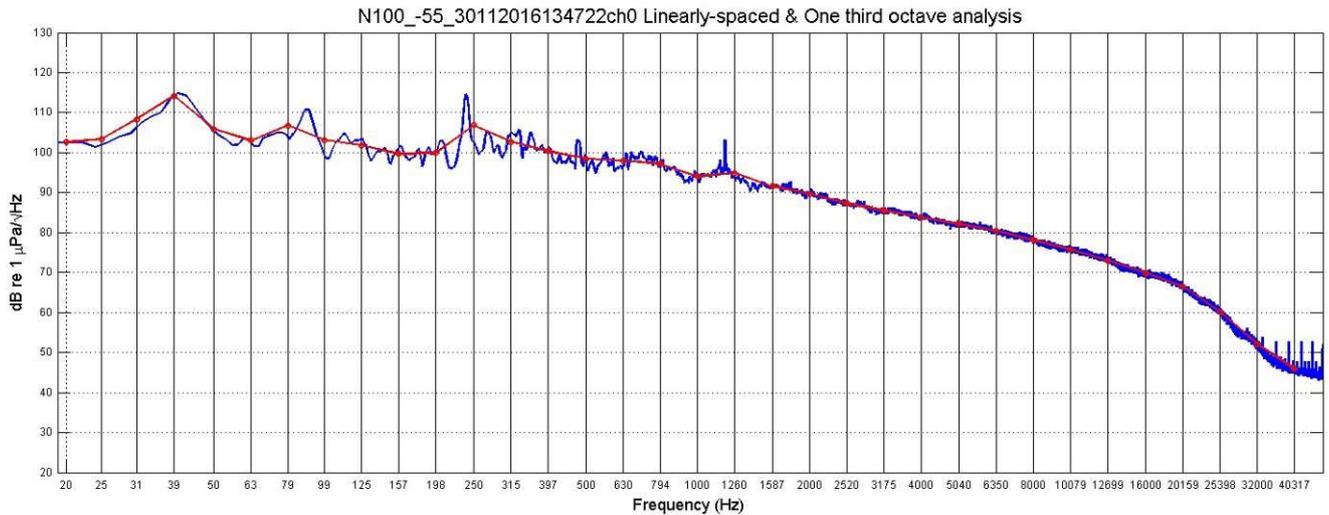


Figura 24 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N100 a 55m di profondità.

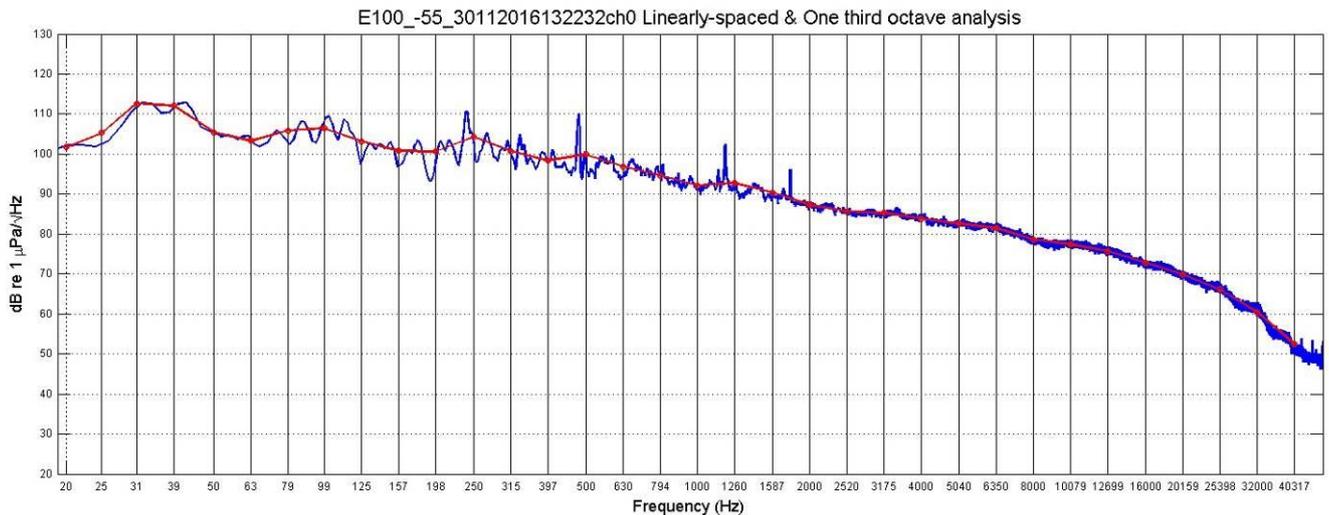


Figura 25 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E100 a 55m di profondità.

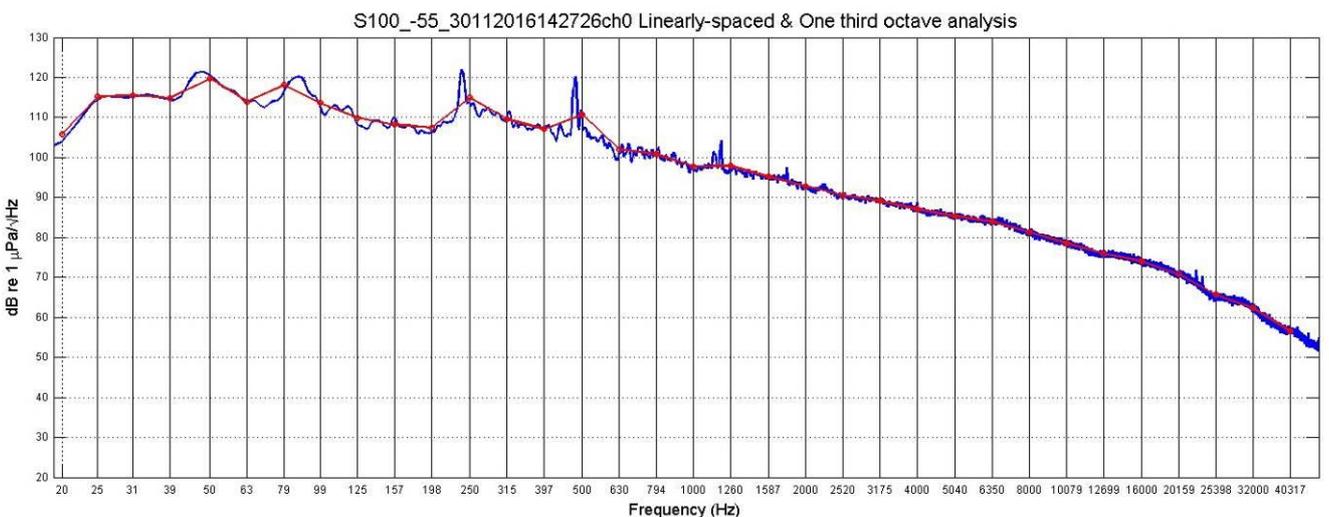


Figura 26 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55m di profondità. In tutte le curve a 100m sono presenti le stesse tonali a bassa frequenza.

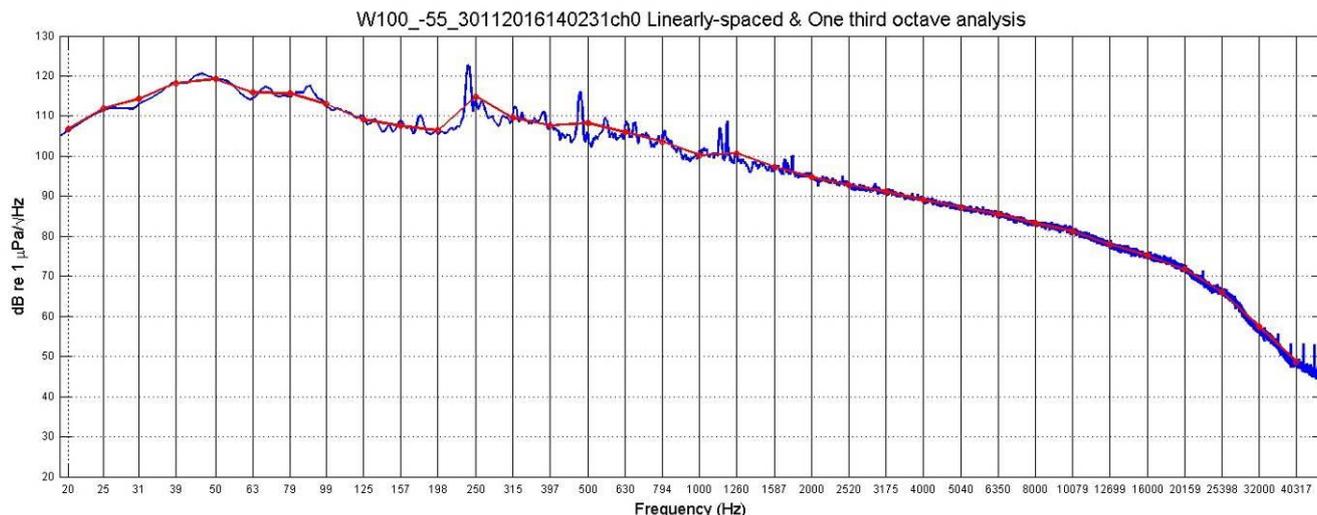


Figura 27 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W100 a 55m di profondità.

A16 - Range 100m , Depth 55, PSD function, One third octave analysis

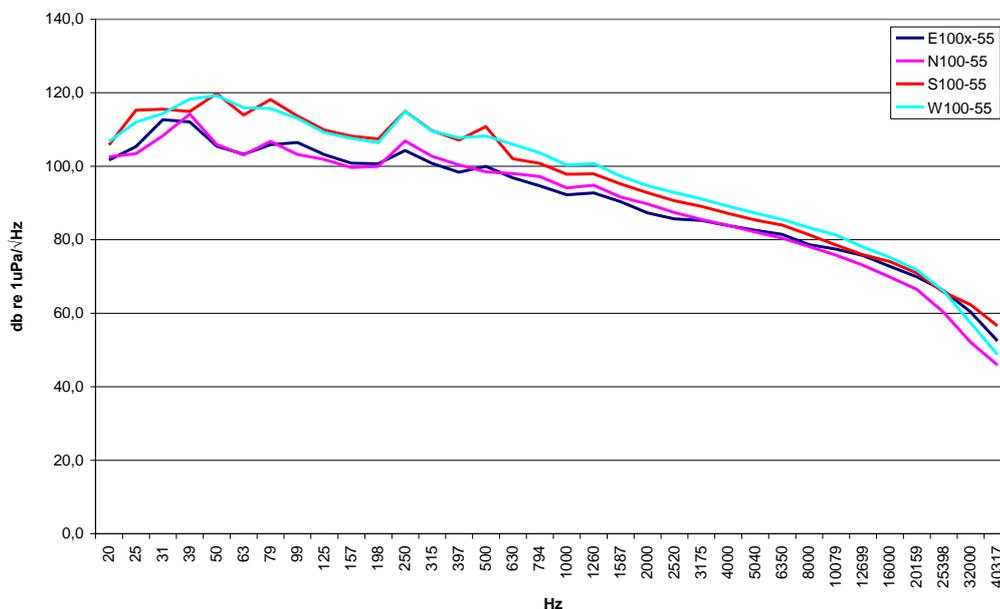


Figura 28 - Confronto dei livelli misurati a distanza di 100m e a 55m di profondità.

Nella **Figura 28** è rappresentato il confronto dei livelli misurati a 100m per le quattro stazioni di riferimento. Per frequenze al di sotto dei 1000Hz le stazioni a Sud ed a Ovest presentano livelli marcatamente più elevati di quelle a Est e a Nord. Tale differenza è da attribuirsi alla presenza, durante le misure, del rimorchiatore Corrado Neri (situazione non sempre verificabile), ormeggiato con i motori in funzione a fianco del Terminale. Il rumore emesso dal rimorchiatore assume una certa direzionalità a causa dell'effetto di schermo dato dallo scafo del Terminale. Sono inoltre presenti tonali a bassa frequenza, dovute probabilmente alle attività del Corrado Neri. Tra le misure riferite alle distanze 1.000 e 10.000 metri sono state scelte quelle lungo la direttrice Nord, che appare la più adatta per mettere in evidenza il contributo del Terminale al livello di rumore, evitando sorgenti acustiche costituite da altre imbarcazioni e attività intorno al Terminale.

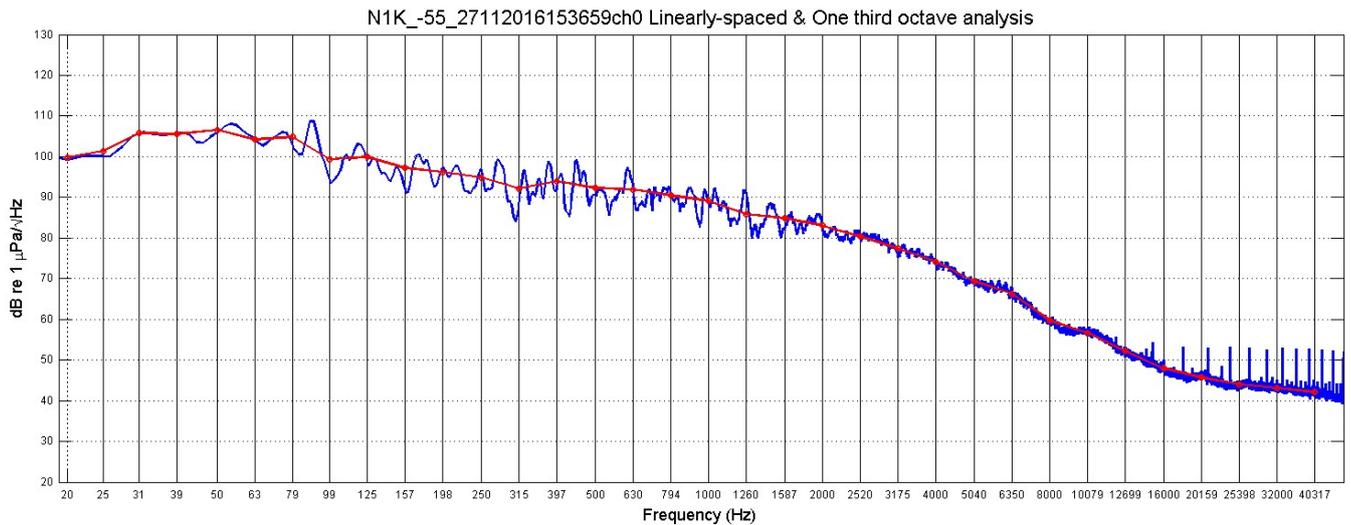


Figura 29 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N1K a 55m di profondità.

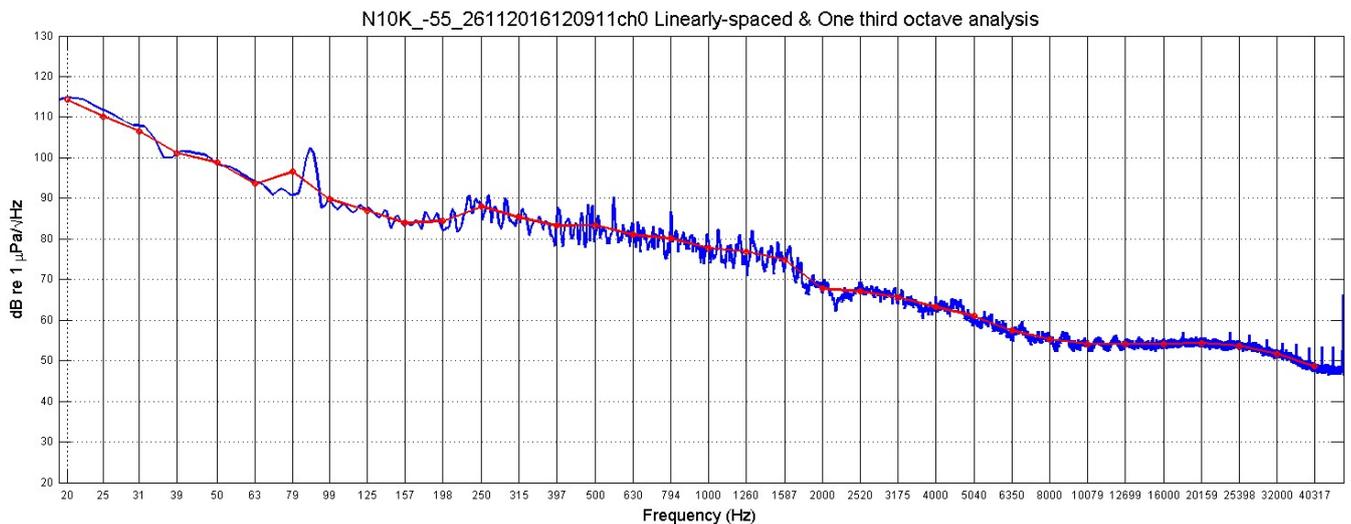


Figura 30 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N10K a 55m di profondità. E' presente una tonale a 88Hz dovuta probabilmente alla presenza in zona di una imbarcazione, rilevata nel survey visivo. Per frequenze superiori a 10kHz il livello si innalza sempre in questa stazione con una caratteristica curva a campana centrata intorno a 20kHz, probabilmente dovuta a segnali di tipo biologico provenienti dal fondo.

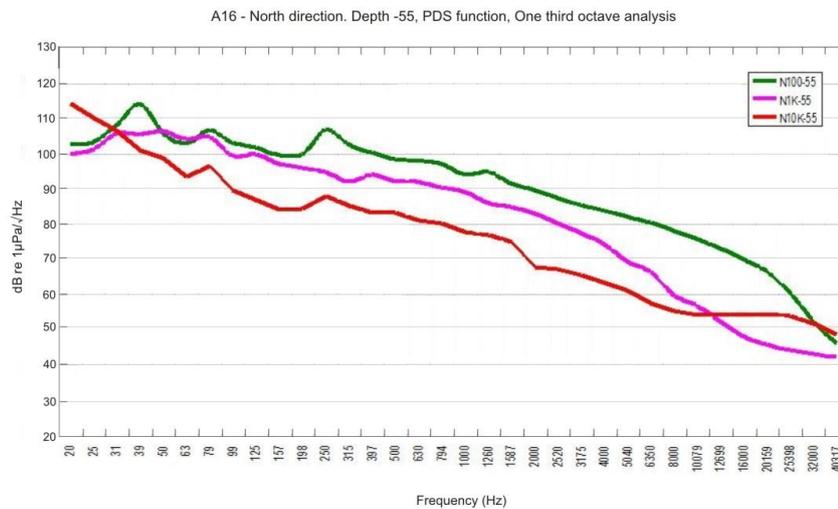


Figura 31 – Confronto delle funzioni PSD in terzi d'ottava, relative a dati raccolti sulla direttrice Nord a distanza 100, 1.000 e 10.000m dal Terminale e a profondità 55m.

È presente una tonale a 88Hz (**Figura 29, Figura 30**) dovuta probabilmente alla presenza in zona di una imbarcazione, rilevata nel survey visivo. Per frequenze superiori a 10kHz il livello si innalza nella stazione N10K con una caratteristica curva a campana centrata intorno a 20kHz, probabilmente dovuta a segnali di tipo biologico provenienti dal fondo, visibile anche nella descrizione della **Figura 31**.

Per ottenere una stima del rumore emesso da Terminale si è seguita una procedura di confronto tra misure, comparando gli spettri registrati sulla stessa direttrice a diverse distanze (100, 1.000 e 10.000 metri). Il confronto fra stazioni a distanza diversa permette di verificare se la caduta di segnale misurato è compatibile con la Transmission Loss dovuta alla distanza. È stata scelta la direttrice Nord come la più adatta a verificare il contributo di rumore del Terminale.

La **Figura 31** mostra il confronto dei livelli di rumore a 55 metri di profondità registrati sulla direttrice Nord a 100, 1.000 e 10.000 metri. Si tralasciano i livelli a bassissima frequenza, sotto i 500Hz, che spesso risentono del passaggio di imbarcazioni anche a grande distanza non correlate con il Terminale. La banda superiore ai 25kHz, 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 1kHz a 10kHz. L'innalzamento del livello nella stazione N10K per frequenze sopra i 10kHz è sempre presente in questa campagna, ed è dovuto probabilmente a snapping shrimps, segnali di tipo biologico provenienti dal fondo.

La verifica mediante simulazione

Tutte le ipotesi e assunzioni proposte nei volumi precedenti (dal bianco alla precedente campagna) rimangono valide, perciò i parametri geometrici, geofisici e relativi alla sorgente rimangono inalterati. Poiché anche nelle attuali misure e dal confronto con le campagne riportate nel capitolo dedicato dei volumi precedenti risulta che la banda in cui si rileva una certa variazione è centrata intorno a 10 - 12kHz (valutate come differenza dai risultati del bianco), si prende come riferimento la frequenza di 12kHz per il modello della sorgente 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.

Parametri oceanografici

I profili misurati durante questa campagna (**Figura 32**) sono tutti simili, eccetto quello misurato in E10K, che si trova più vicino alla costa e presenta differenze con un termocline a circa 9 metri di profondità. Nella stazione W10K è stato eseguito il profilo di velocità del suono fino a 100m di profondità (test di calibrazione eseguito una tantum sulla stazione più lontana dalla costa), il quale conferma l'andamento delle altre stazioni con gradiente leggermente positivo fino a 70 metri di profondità, mentre oltre si incontrano strati profondi più freddi nei quali la velocità del suono diminuisce.

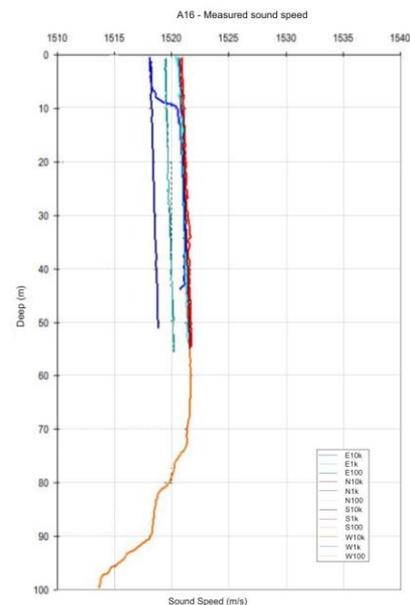


Figura 32 - Confronto sullo stesso grafico di tutti i profili di velocità del suono misurati durante la campagna A16. (Il profilo a 100m corrisponde al test di calibrazione della sonda eseguito una tantum nella stazione più lontana dalla costa (W10k)).

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 della propagazione del suono Bellhop a 12kHz di frequenza emesso da una sorgente isotropica sul piano orizzontale e con irradiazione $\pm 80^\circ$ su piano verticale posta a 15 metri di profondità (rif. materiali e metodi, cap. "Definizione generale di un modello di propagazione del suono"). I risultati ottenuti a frequenza 12kHz possono essere considerati validi per tutta la banda di interesse 7-20kHz con piccole variazioni.

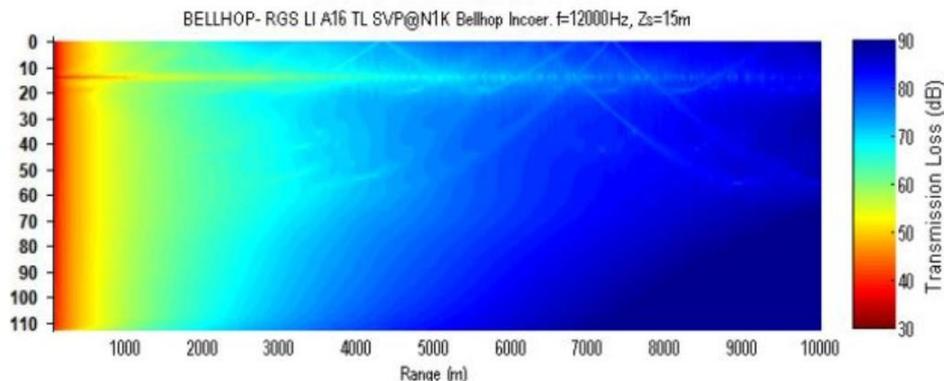


Figura 33 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz, corrispondente al profilo verticale di velocità del suono misurato.

Il profilo di velocità del suono misurato sperimentalmente determina nel modello una maggiore propagazione del rumore in superficie con un contributo della riflessione dal fondo praticamente nullo. La TL nei primi 1.000 metri a 55 metri di profondità è molto regolare come si osserva nella Figura 34.

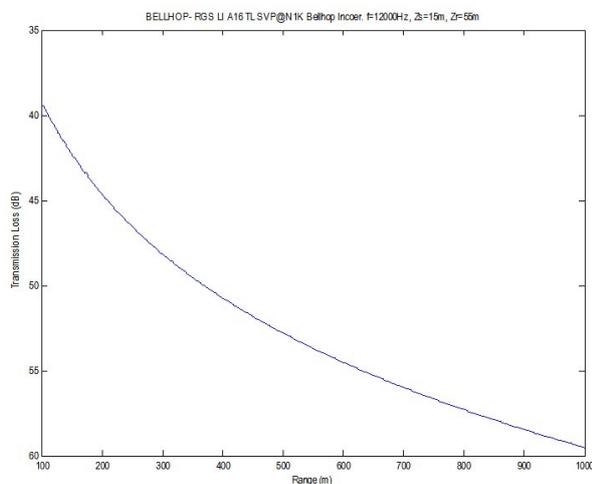


Figura 34 - Trasmission Loss prevista dal modello in funzione della distanza alla profondità di 55m.

La caduta di livello del rumore predetta dal modello tra le stazioni N100 e N1K a 55 metri di profondità è di circa 20 dB. Nel confronto con i livelli misurati fra le stazioni N100 e N1K abbiamo una differenza di quasi 21dB. C'è un'ottima rispondenza del modello con i dati sperimentali considerando che le misure nelle due stazioni non sono contemporanee e che durante la misura in N100 erano in corso operazioni le quali, anche se in misura ridotta, possono aver avuto effetti sul livello della frequenza analizzata di 12kHz. La caduta di livello predetta dal modello a 100 metri dalla sorgente, a 55 metri di profondità per una frequenza di 12kHz, è di 39dB. Considerando quindi il valore misurato sperimentalmente in N100 di 73dB è possibile stimare un Source Level della sorgente (Terminale) di circa 112dB re Pa @ 1m.

Tale valore appare in linea con quanto calcolato nelle campagne precedenti, e rimane al di sotto delle soglie di sicurezza per i cetacei (le soglie indicano un valore di 110-120dB per livelli di rumore che possano causare le prime risposte comportamentali, vedi tabella 7 tratta dalle Linee Guida ISPRA e riportata nel presente volume a pagina 30).

Elica del thruster

Durante la presente campagna, per la prima volta, abbiamo potuto documentare e misurare l'operazione di rotazione volontaria del Terminale mediante l'utilizzo del thruster di poppa. Abbiamo accertato la natura dell'operazione chiedendo conferma via radio al Terminale. Si tratta di un'operazione che viene eseguita in funzione delle necessità, motivo per cui si tratta di una sorgente di rumore non costante, avente caratteristiche diverse da quelle finora registrate. L'operazione di rotazione del Terminale è iniziata durante il campionamento nella stazione E1K.

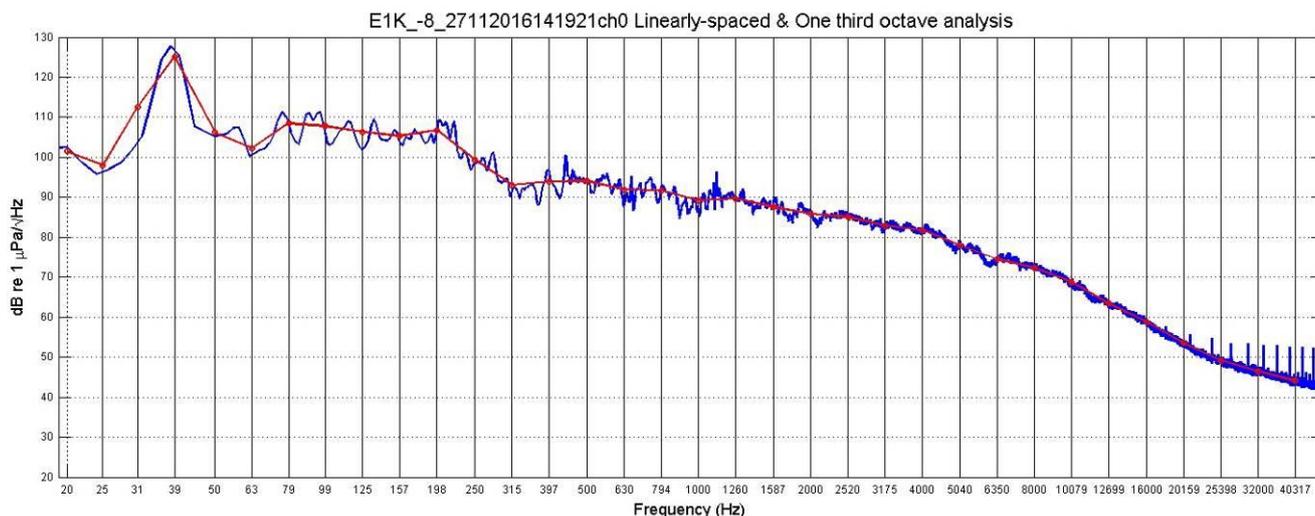


Figura 35 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E1K a 8m di profondità.

Dalla relativa curva della PSDf, riportata in **Figura 35**, è evidente una tonale a 38Hz con un livello di 127dB re 1 uPa, generata molto probabilmente dalla elica del thruster. Durante l'acquisizione dei dati nella stazione S1K sembra che la propulsione sia stata spenta ed è quindi possibile confrontare, nella **Figura 36**, le curve di PSDf al minuto 14:33 e 14.35, cioè prima e dopo lo spegnimento.

Per uno studio più dettagliato è stata riportata la PSDf continua con risoluzione 2.93Hz mentre è stata omessa la curva dei valori in terze d'ottava. È evidente che il contributo di rumore si estende dalle frequenze più basse fino a oltre 20kHz. In aggiunta alla tonale a 38Hz già citata, sono individuabili altre emissioni a 96Hz e a 210Hz, dovute probabilmente a motori e generatori in funzione, rappresentando una vera e propria "firma acustica" del Terminale durante la rotazione. Il massimo livello di emissione sulla direttrice Sud si presenta alla frequenza di 38Hz con 124db re 1 uPa. Per ottenere una stima del livello di emissione alla sorgente applichiamo un modello di propagazione che possa determinare la Trasmission Loss con le condizioni presenti sulla direttrice Sud per una sorgente posta a 15 metri di profondità. Dovendo trattare la frequenza di 38Hz e modellare la propagazione in acque poco profonde, è stato scelto il modello RAMGeo, più adatto del Bellhop per queste condizioni.

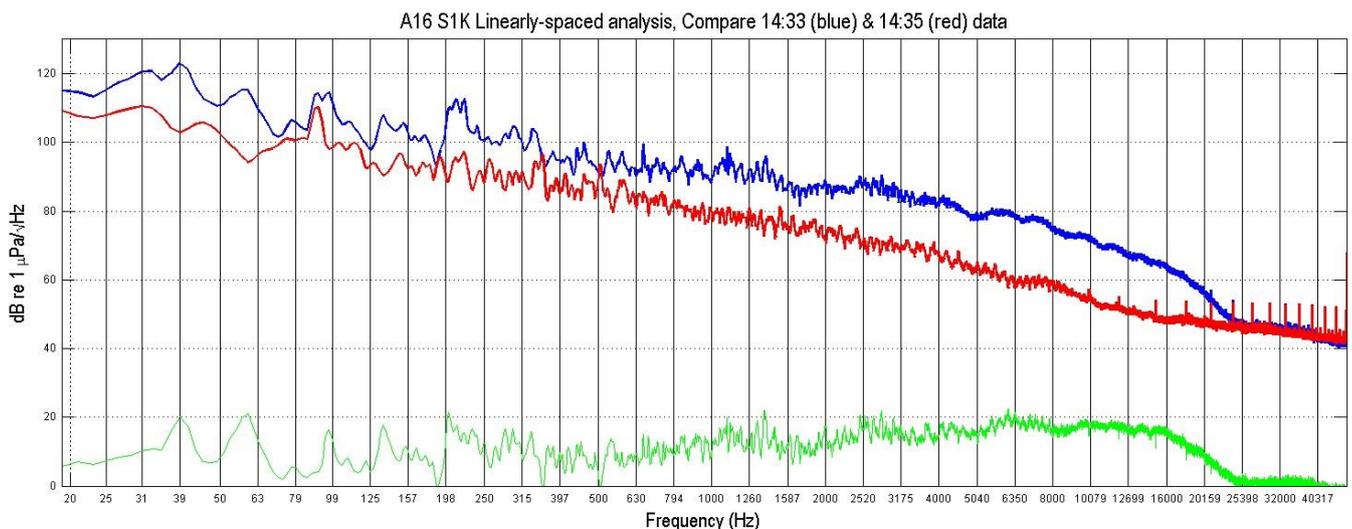


Figura 36 - Confronto della PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S1K al minuto 14:33 e 14:35. In verde è riportata la differenza fra le due curve.

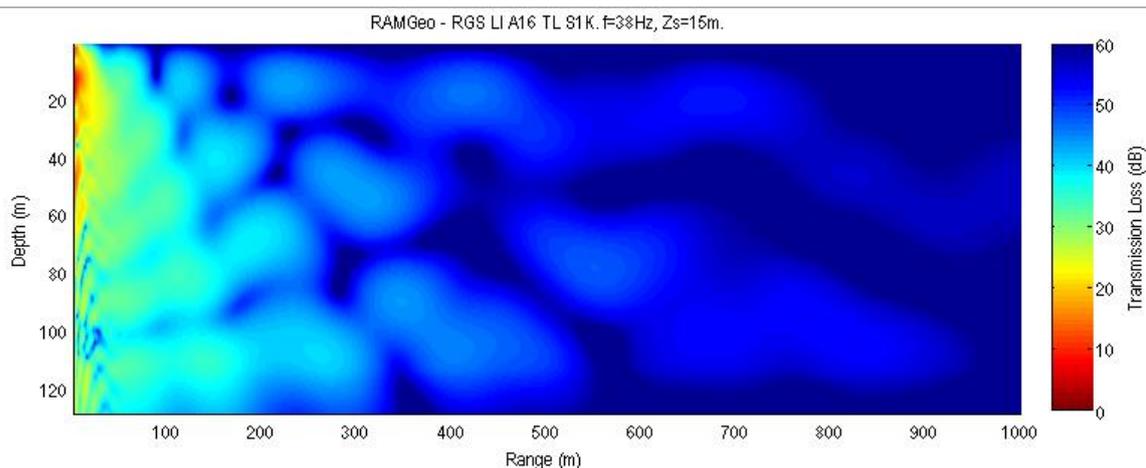


Figura 37 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 38Hz sulla direttrice Sud per una sorgente posta 15m di profondità.

La **Figura 37** mette in evidenza una propagazione dominata da interferenze costruttive e distruttive, che tendono ad attenuarsi allontanandosi dalla sorgente. Trattandosi di una attività del Terminale transitoria non abbiamo il corrispondente livello misurato a 100m che permetta di validare il modello di propagazione, ma con buona approssimazione la TL predetta dal modello alla profondità di 55m ed a 1.000m di distanza dal Terminale è di 56 dB. Considerando quindi il livello di 124 dB misurato nella stazione S1K possiamo stimare un livello di emissione di 180 dB re 1 uPa @ 1m alla frequenza di 38 Hz. Per una corretta valutazione dell'impatto di tale rumore discontinuo nei confronti dei cetacei è importante osservare che il valore di 180 dB re 1 Pa @ 1m è paragonabile, e probabilmente inferiore, al rumore generato dalle numerose navi cargo e passeggeri che transitano ogni giorno nell'intorno del Terminale, e rimane al di sotto del livello di 224 dB previsto dalla Tab. 9 delle linee guida ISPRA per provocare perdita temporanea di sensibilità uditiva (Tabella 8, pagina 31 del presente volume).

Il livello di rumore presente durante la rotazione (**Figura 36** linea blu) alla frequenza di 12kHz è di 68dB re 1 uPa. Il modello calcola una caduta di segnale a 1.000 metri (**Figura 34**) pari a 59dB, e possiamo quindi stimare il livello di rumore alla sorgente per la frequenza di 12kHz in 127dB re 1 uPa @ 1m. Questo valore è in grado di provocare risposte comportamentali nei cetacei eventualmente presenti nelle immediate vicinanze del Terminale al momento dell'accensione dei motori, ma anch'esso rimane ben al di sotto del livello di 224 dB previsto dalla Tab. 9 della guida ISPRA, Borsani e Falchi, 2011, parte seconda (Tabella 8, pagina 31 del presente volume) per provocare perdita temporanea di sensibilità uditiva. In ogni caso il rumore generato a 12kHz scende al disotto dei 120dB indicati in Tab.7 (tratta dalle Linee Guida ISPRA e riportata nel presente volume nella Tabella 7 a pagina 30) entro poche decine di metri dal Terminale.

3.3.2 Bioacustica

Durante la campagna di misura e durante gli avvistamenti sono state effettuate registrazioni delle vocalizzazioni di tursiopi (**Figura 38** e **Figura 39**). Si tratta di sequenze di click (biosonar) a larga banda e di vocalizzazioni (fischi). Gli spettrogrammi rappresentano il metodo più efficace per distinguere le veloci sequenze di click e verificare la loro natura a larga banda. Per entrambe le specie i clicks coprono tutta la banda dello spettro (oltre 96 kHz), mentre i fischi dei Tursiopi si attestano tra i 5 e i 15 kHz.

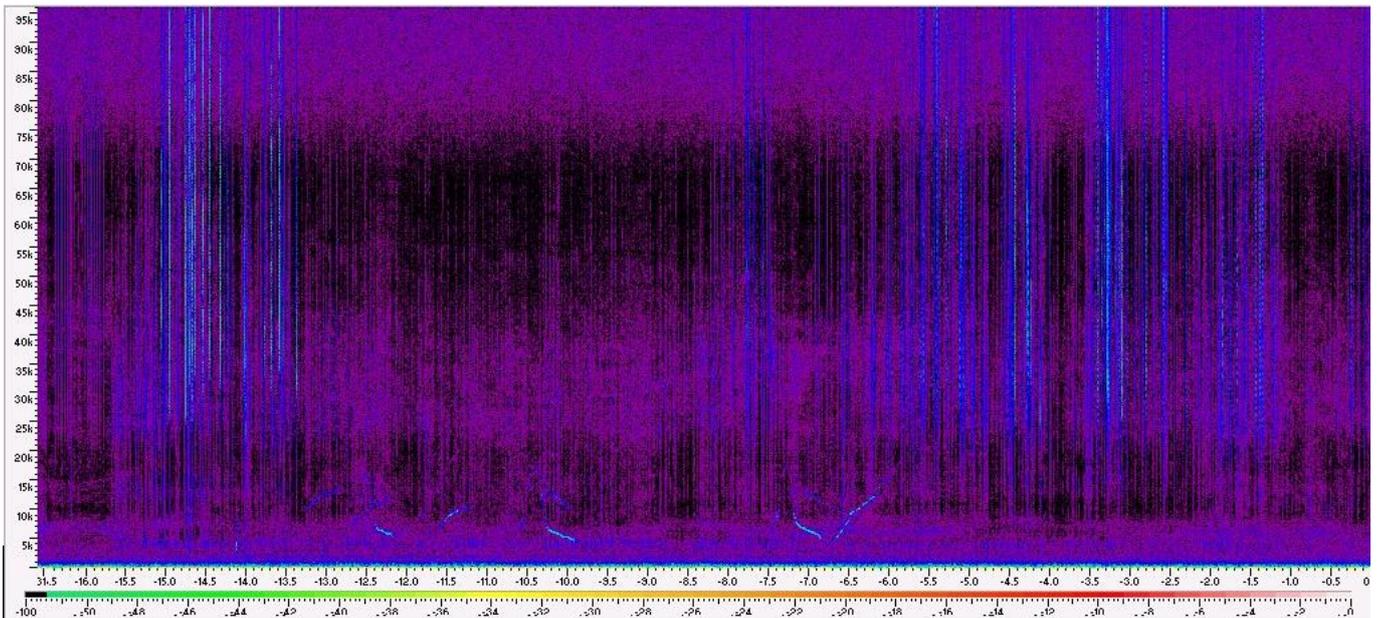


Figura 38 - Click e fischi dei tursiopi registrati durante l'avvistamento.

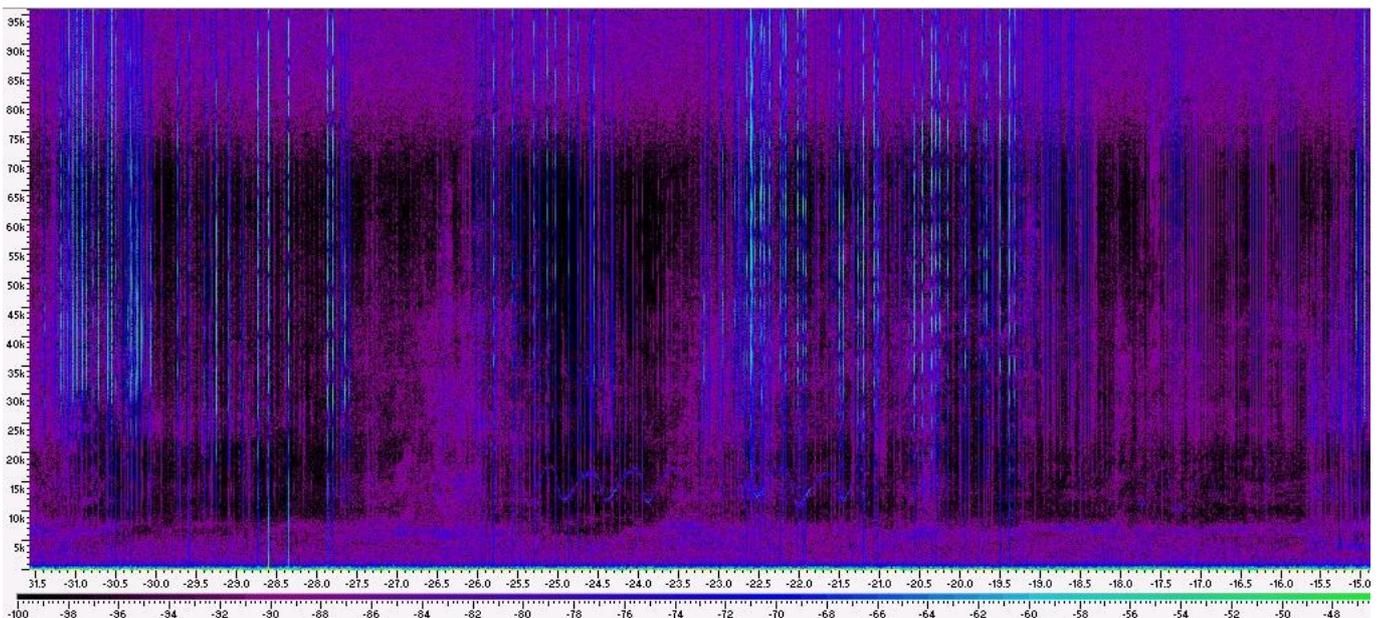


Figura 39 - Click molto forti rappresentati dalle righe verticali, particolarmente interessanti le vocalizzazioni come fischi modulati presenti nella banda intorno ai 15 kHz.

4 RISULTATI SURVEY INVERNO 2017

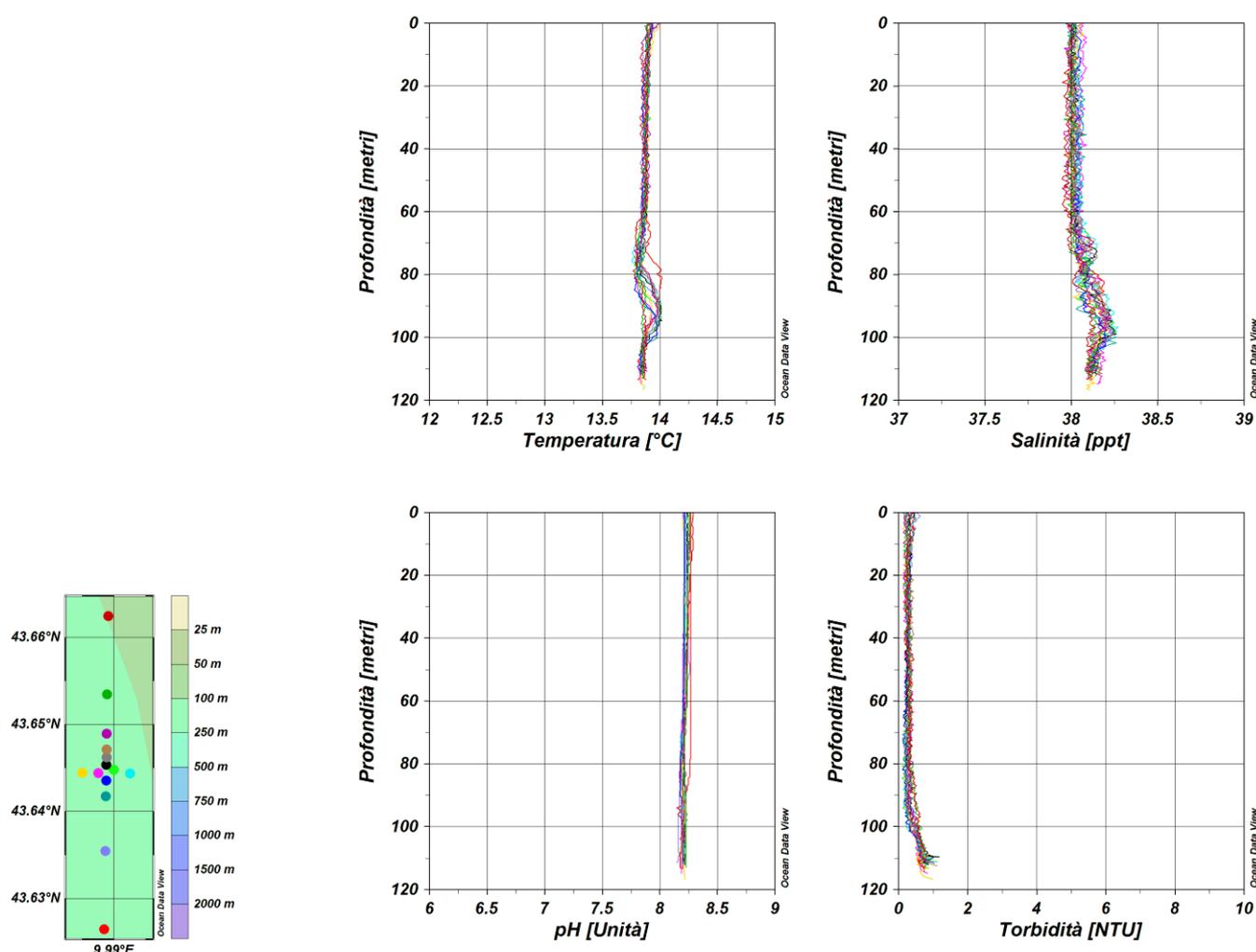
4.1 COLONNA D'ACQUA

4.1.1 Profili idrologici

Nel survey condotto nell'inverno 2017 (Figura 40) la colonna d'acqua appare tutta rimescolata con un andamento della **temperatura** costante dalla superficie al fondo su tutte le stazioni con valori che oscillano di poco intorno a 13,8 °C ossia in linea con le temperature tipiche del periodo e della zona di indagine. Anche la **salinità** presenta valori omogenei su tutta la colonna d'acqua e compresi per lo più fra 38 ppt e 38,2 ppt, in accordo con il periodo esaminato. I valori di **pH** sono omogenei su tutta la colonna d'acqua (8,2).

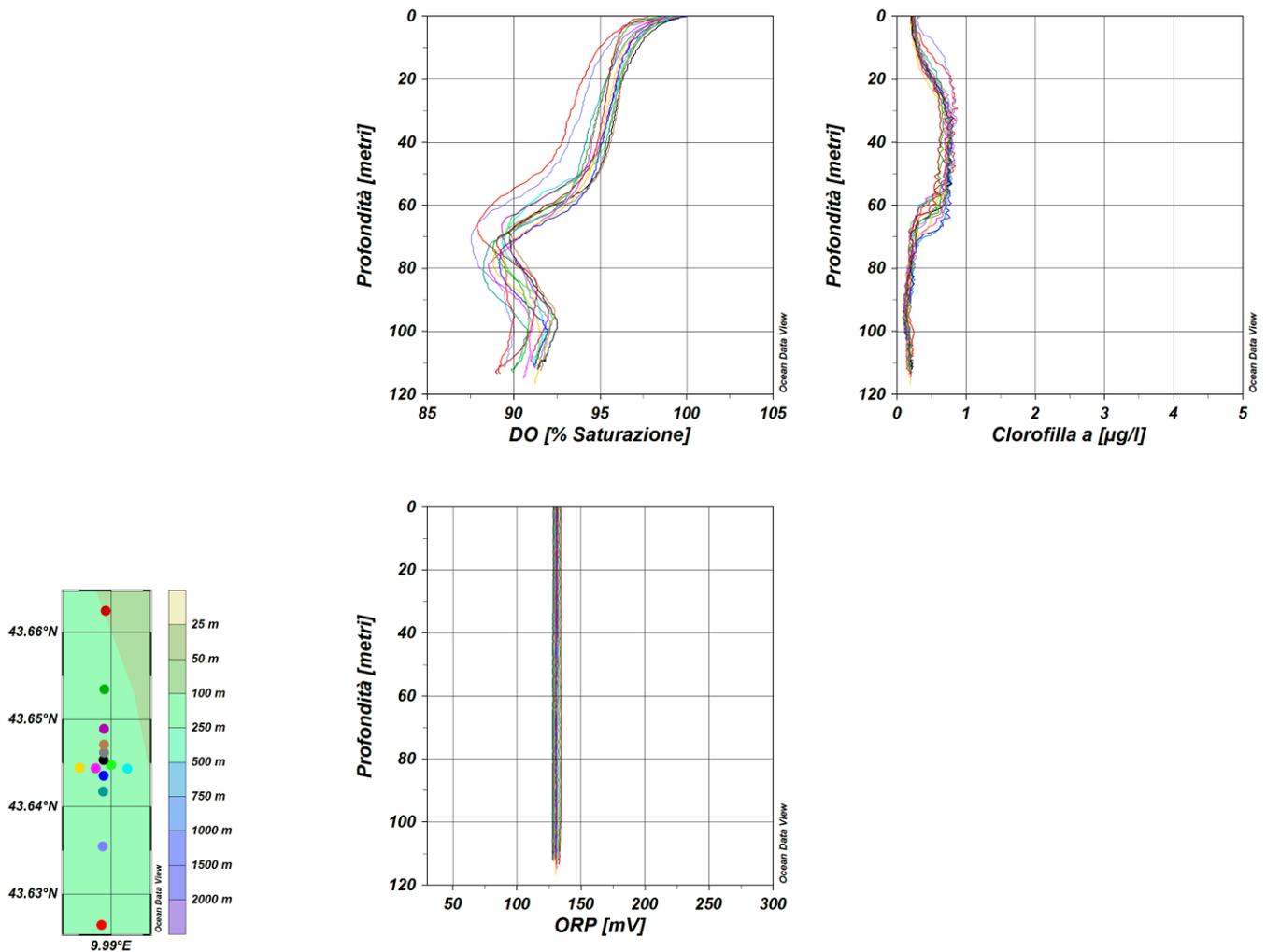
La **torbidità** presenta bassi valori intorno a 0,2 NTU che aumentano leggermente negli ultimi 20 m fino a 1 NTU. Essi sono comunque molto bassi e insufficienti per testimoniare un fenomeno di risospensione di sedimenti (precisazione richiesta dalla prescrizione 12 delle Determinine 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017).

L'**ossigeno disciolto** presenta valori compresi fra 97% e 100% in superficie che diminuiscono fino ad arrivare alla profondità di 70-80 m a valori di 87-90 % di saturazione per poi aumentare leggermente (89-92 %) nella porzione più profonda. La **clorofilla**, mostra bassi valori che da 0,2 µg/l in superficie aumentano a 0,8 µg/l in uno strato di acqua compreso fra 20 e 60 m di profondità per poi riscendere e ritornare a 0,2 µg/l sul fondo. I valori di **ORP** sono omogenei su tutta la colonna d'acqua con valori di 130 mV (Figura 41).



Nota: i grafici sono stati redatti secondo le prescrizioni 2 e 3 delle Determinine 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017 come stabilito dalla MOM in Allegato 2

Figura 40 – Profili di temperatura (°C), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey inverno 2017.



Nota: i grafici sono stati redatti secondo le prescrizioni 2 e 3 delle Determinine 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017 come stabilito dalla MOM in Allegato 2

Figura 41 – Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla ($\mu\text{g/l}$), e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey inverno 2017.

Misure di irradianza e irradianza spettrale

In **Figura 42** sono mostrati i profili di irradianza PAR (Photosynthetic Available Radiation) sottomarina normalizzati rispetto a quella contemporanea superficiale alle stazioni I17 MG7 e I17 MG10. La profondità della zona eufotica (Z_{eu}) è 43 m alla stazione I17 MG7 e 19 m alla stazione I17 MG10. Nelle altre stazioni Z_{eu} varia da un minimo di 15 m alla I17 MG13 fino ad una profondità massima di 43 m alla I17 MG7. La profondità della zona eufotica in I17 si colloca a valori simili a quelli riscontrati nelle altre campagne invernali, le profondità di Z_{eu} inferiori a 20 m si hanno in relazione alla fioritura fitoplanctonica rilevata nelle acque superficiali e associata all'ingresso di acque dolci di origine continentale, ricche di sedimenti e CDOM.

In **Figura 43** 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 I17 MG7 e I17 MG10. I massimi (λ_{max}) degli spettri dell'irradianza discendente alle profondità maggiori, che indicano la radiazione più penetrante, si collocano a 492 nm rispettivamente alla stazione I17 MG7 e a 498 nm alla stazione I17 MG10. Gli spettri alle profondità comprese fra 5 e 25 m hanno una forma nettamente differenziata alle due stazioni evidenziando una differente concentrazione delle sostanze otticamente attive in questo strato. Alla stazione I17 MG10 i massimi degli spettri si collocano nella banda del verde a 558 nm a 5 m, a 543 nm a 10 m e a 503 nm a 25 m. Al contrario alla stazione I17 MG7 i massimi rimangono stabili nel range 492-495 nm.

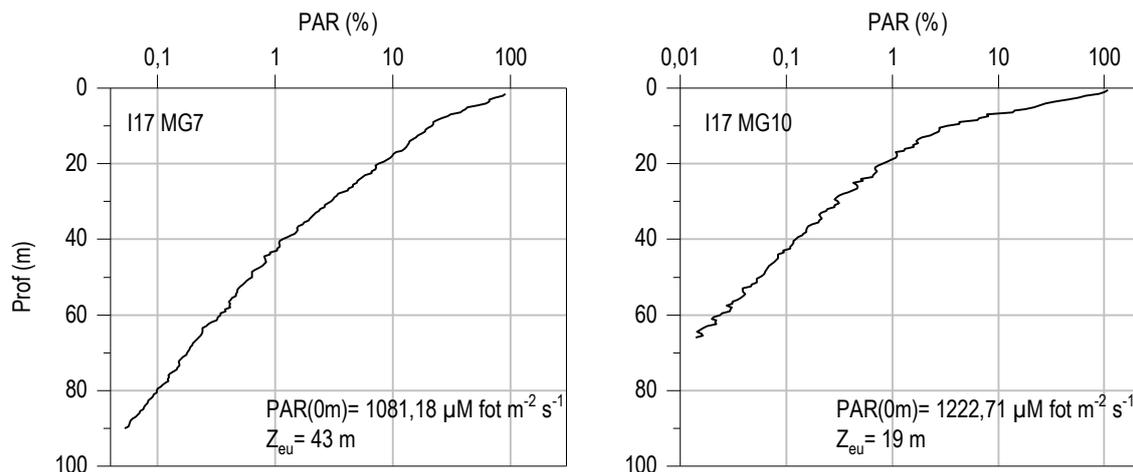


Figura 42 - Profilo del rapporto fra l'irradianza quantica PAR (Photosynthetic Available Radiation) disponibile alle varie profondità con quella contemporanea in superficie, PAR (0 m), delle stazioni I17 MG7 e I17 MG10.

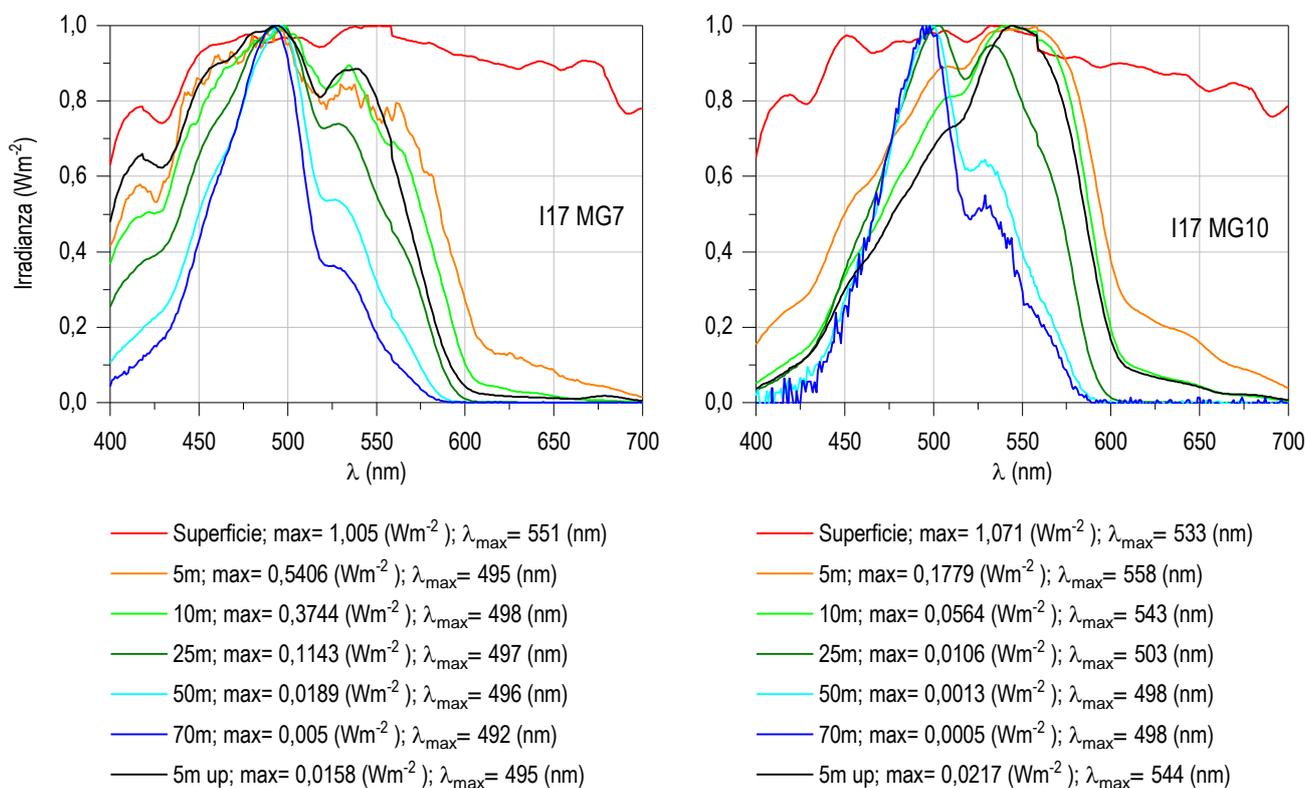


Figura 43 - Irradianza spettrale discendente superficiale e subacquea alle profondità indicate. E' inoltre riportata la irradianza spettrale ascendente a 5 m (5m up). Ogni spettro è stato normalizzato per il proprio massimo ($E_{max}(\lambda)$) riportato nella legenda insieme con la lunghezza dove si colloca (λ_{max}).

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.

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
I17 MG3	0,5	2,911	0,170	0,230	1,075	I17 MG9	0,5	2,771	0,198	0,110	0,682
	12,5	2,195	0,147	0,235	0,887		12,5	1,347	0,105	0,112	0,648
	50	1,770	0,133	0,276	0,717		50	1,734	0,138	0,186	1,598
	70	1,785	0,165	0,289	1,018		70	1,725	0,107	0,323	0,737
I17 MG5	0,5	4,135	0,251	0,180	1,515	I17 MG10	0,5	2,161	0,203	0,280	1,039
	12,5	1,440	0,084	0,220	0,422		12,5	2,557	0,118	0,194	0,967
	50	1,417	0,117	0,257	0,635		50	1,584	0,117	0,333	0,628
	70	1,746	0,189	0,284	0,763		70	1,558	0,120	0,347	0,439
I17 MG6	0,5	5,493	0,233	0,210	2,327	I17 MG12	0,5	2,637	0,154	0,205	0,951
	12,5	2,909	0,112	0,338	1,352		12,5	1,526	0,124	0,236	0,854
	50	1,544	0,180	0,283	0,617		50	1,544	0,128	0,251	0,648
	70	1,587	0,178	0,320	0,572		70	1,614	0,213	0,241	0,670
I17 MG7	0,5	2,386	0,115	0,192	0,427	I17 MG13	0,5	5,456	0,204	0,160	1,835
	12,5	1,405	0,094	0,188	0,476		12,5	2,445	0,160	0,285	1,280
	50	1,575	0,077	0,190	0,723		50	1,433	0,094	0,343	0,678
	70	1,758	0,315	0,388	1,163		70	1,589	0,136	0,305	0,793

La campagna I17 è caratterizzata da concentrazioni dei nutrienti elevate, maggiori di quelle misurate in A16, soprattutto a carico di silicati e fosfati, per i quali concentrazioni simili erano state rilevate nell'inverno 2014.

Le concentrazioni medie della campagna sono: NO₂ 0,248 μM , NO₃ 0,923 μM , PO₄ 0,151 μM , SiO₂ 2,223 μM , più che raddoppiate rispetto all'autunno 2016, come solitamente ipotizzabile nella dinamica stagionale delle masse d'acqua. La distribuzione verticale (Figura 44) si presenta omogenea per quanto riguarda i nitrati, salvo l'aumento a 70 m nelle stazioni I17 MG7 e I17 MG9, mentre per gli altri nutrienti, sono più evidenti massimi superficiali. I silicati raggiungono concentrazioni particolarmente elevate in I17 MG5, I17 MG6 e I17 MG13, con rispettivamente 4,14, 5,49 e 5,46 μM . Stesso andamento per i nitrati con l'eccezione di I17 MG9 che invece presenta la concentrazione massima (1,59 μM) a 50 m. Anche i fosfati, generalmente il sale nutritivo presente in concentrazione minore, con valore medio di 0,15 e massimo fino a 0,32 μM , presentano le concentrazioni più alte registrate nell'inverno dei vari anni, con l'andamento già descritto per silicati e nitrati. L'elevata condizione di fertilizzazione e le alte concentrazioni soprattutto superficiali e in particolare dei silicati sono da mettere in relazione alla situazione meteorologica che aveva preceduto il campionamento e determinato il forte apporto di acque continentali provenienti dall'Arno, con conseguente carico di nutrienti. L'influenza fluviale è confermata dai valori di salinità, che mostrano un lingua superficiale di acque più dolci.

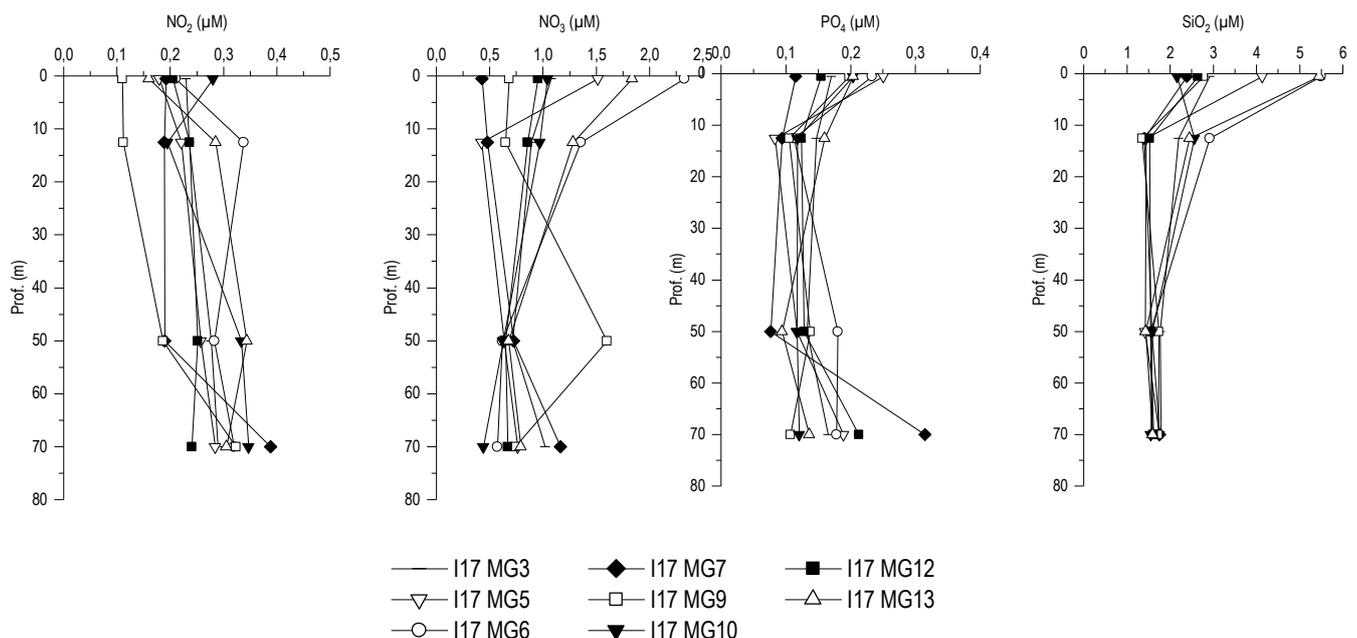


Figura 44 - Profili delle concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti: NO₂ (nitriti), NO₃ (nitrati), PO₄ (fosfati), SiO₂ (silicati).

Solidi sospesi (Total Suspended Matter)

Le concentrazioni di TSM in tutte le stazioni sono riportate in **Tabella 43**. Il valore medio generale è 1,807 mg/l, il minimo è 0,398 mg/l alla stazione I17 MG6 a 50 m ed il massimo è 3,744 mg/l sempre alla stazione I17 MG6 in superficie. Il valore medio è maggiore di quello misurato nelle altre campagne invernali, rimanendo sempre comunque della stessa entità.

Tabella 43 - Concentrazione (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).				
Prof. m	Stazione	TSM (mg/l)	Stazione	TSM (mg/l)
0,5	I17 MG3	2,842	I17 MG9	2,088
12,5		1,761		1,058
50		0,629		1,162
70		1,038		2,916
0,5	I17 MG5	3,738	I17 MG10	3,384
12,5		0,756		1,684
50		1,354		1,900
70		0,793		2,600
0,5	I17 MG6	3,744	I17 MG12	2,576
12,5		2,292		1,332
50		0,398		0,983
70		1,151		0,903
0,5	I17 MG7	1,719	I17 MG13	3,210
12,5		0,901		2,435
50		0,984		2,173
70		2,276		1,058

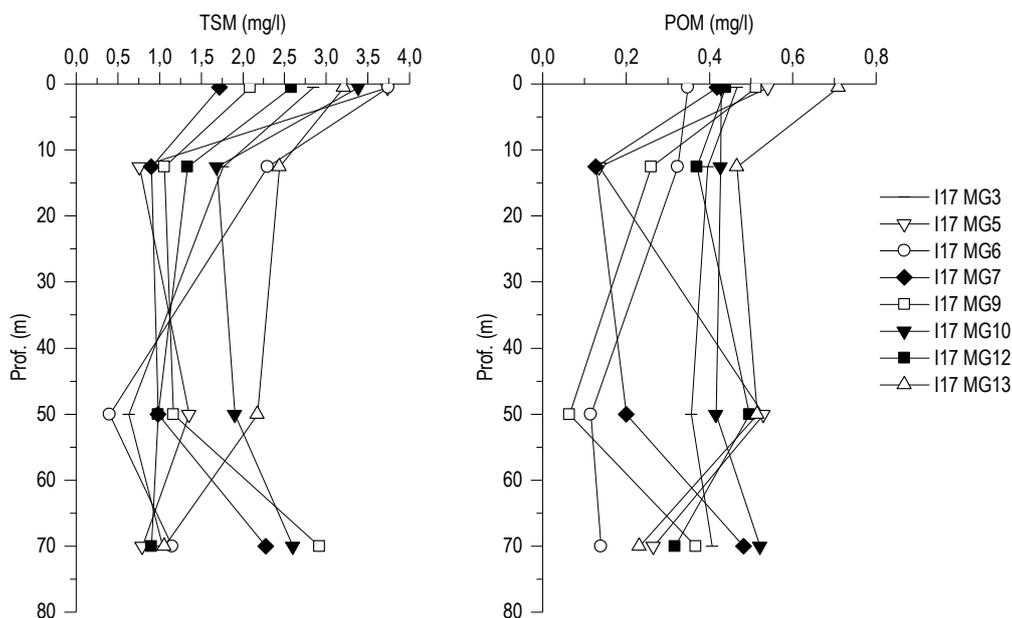


Figura 45 - Profili delle concentrazioni dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM).

I profili di TSM (**Figura 45**) mostrano che la maggior parte delle stazioni presenta concentrazioni massime in superficie e minime tra 12,5 m e 50 m. Alcune stazioni hanno andamento lievemente differente come I17 MG7 e I17 MG9 che riaumentano a 70 m e I17 MG12 ed I17 MG13 con minimi profondi. La concentrazione della frazione organica del TSM (POM) è in media 0,368 mg/l con minimo di 0,064 mg/l alla stazione I17 MG9 a 50 m e massimo di 0,709 mg/l alla stazione I17 MG13 a 0,5 m. I profili di POM (**Figura 45**) mostrano che le concentrazioni massime si trovano principalmente in superficie e le concentrazioni minime si trovano tra 12,5 m e 50 m (in I17 MG13 il minimo è a 70m). Il POM rappresenta in media il 23,10% del TSM con minimo del 5,47% in I17 MG9 50 m e massimo del 56,69 % in I17 MG3 50 m. Non si notano particolari anomalie.

Sostanza Organica Disciolta Cromoforica (CDOM)

Gli assorbimenti della CDOM a 325 nm $a_{CDOM}(325)$ mostrati in **Tabella 44** sono in media $0,307\text{ m}^{-1}$ e variano da un minimo di $0,1909\text{ m}^{-1}$ in I17 MG9 a 70 m ad un massimo di $0,581\text{ m}^{-1}$ in I17 MG10, 0,5 m. I profili batimetrici di $a_{CDOM}(325)$ (**Figura 46**) hanno andamento piuttosto omogeneo tra le stazioni e lungo la colonna d'acqua con massimi superficiali e minimi a 70 m. Questa situazione non si verifica per le stazioni I17 MG5 e I17 MG12 che presentano massimi tra 50 e 70 m e per I17 MG5, I17MG3 e I17 MG6 che mostrano invece minimi tra 12,5 m e 50 m. I valori si mantengono comunque entro i massimi superficiali.

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		0,340		0,462
12,5	I17 MG3	0,328	I17 MG9	0,199
50		0,265		0,236
70		0,274		0,191
0,5		0,356		0,581
12,5	I17 MG5	0,196	I17 MG10	0,309
50		0,243		0,287
70		0,363		0,226
0,5		0,566		0,300
12,5	I17 MG6	0,349	I17 MG12	0,269
50		0,212		0,422
70		0,217		0,238
0,5		0,402		0,579
12,5	I17 MG7	0,215	I17 MG13	0,364
50		0,221		0,204
70		0,212		0,194

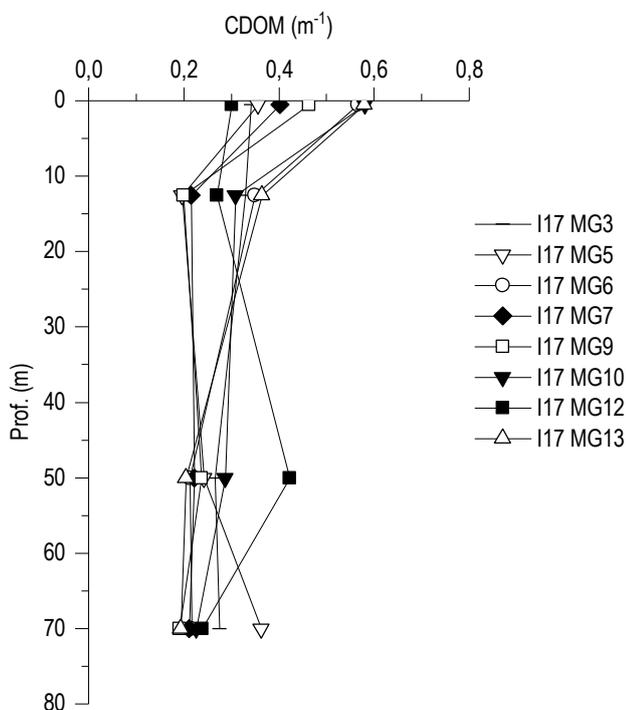


Figura 46 - Profili degli assorbimenti della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM}(325)$) nelle diverse stazioni.

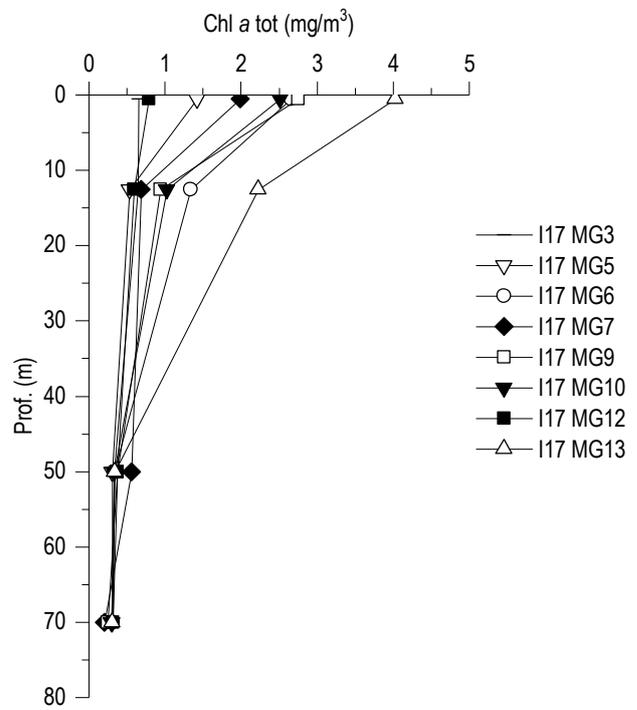


Figura 47 - Profili della concentrazione di clorofilla a tot, alle diverse stazioni.

Clorofilla a e diversità pigmentaria

La concentrazione di clorofilla a è in media 0,936 mg/m³ con minimo di 0,205 mg/m³ in I17 MG7 a 70 m ed un massimo di 4,024 mg/m³ in superficie alla stazione I17 MG13 (**Tabella 45**). Si ha quindi una concentrazione media nettamente superiore a quella di A16 e massima tra quelle misurate nelle campagne invernali. Come per tutti gli altri parametri fin qui descritti, si nota la differenza dello strato superficiale che presenta le più alte concentrazioni, a conferma dell'influenza dovuta agli apporti di acque continentali che fertilizzano e consentono una fioritura fitoplanctonica.

I profili (**Figura 47**) mostrano andamenti nettamente simili tra le stazioni con massimi in superficie e minimi a 70 m.

Tabella 45 - Clorofilla a totale (somma della clorofilla a, della Divinil Clorofilla a e della Alloclorofilla a, se presenti).				
Prof. m	Stazione	Chl a mg/m ³	Stazione	Chl a mg/m ³
0,5	I17 MG3	0,650	I17 MG9	2,752
12,5		0,642		0,940
50		0,329		0,370
70		0,299		0,243
0,5	I17 MG5	1,420	I17 MG10	2,513
12,5		0,537		1,024
50		0,304		0,327
70		0,304		0,297
0,5	I17 MG6	2,654	I17 MG12	0,790
12,5		1,336		0,592
50		0,327		0,369
70		0,312		0,312
0,5	I17 MG7	1,988	I17 MG13	4,024
12,5		0,682		2,228
50		0,554		0,336
70		0,205		0,307

Le concentrazioni dei nove principali pigmenti diagnostici sono riportate in **Tabella 46**. Tutti i pigmenti presentano le loro massime concentrazioni in superficie. Il pigmento a maggiore concentrazione media è Fuco (media 0,164, min 0,013, max 0,972 mg/m³), seguono in ordine decrescente: Hex-Fuco (media 0,118, min 0,0004, max 0,280 mg/m³), Chl b (media 0,087, min 0,046, max 0,187 mg/m³), But-Fuco (media 0,049, min 0,023, max 0,092 mg/m³), Allo (media 0,041, min 0,005, max 0,208 mg/m³), Zea (media 0,035, min 0,014, max 0,051 mg/m³), Prasino (media 0,017, min 0,005, max 0,040 mg/m³), DVA (media 0,011, max 0,036 mg/m³), Perid (media 0,009, min 0,005, max 0,044 mg/m³).

La composizione pigmentaria presenta una differenziazione generalmente comune alle varie stazioni e dai rapporti tra i singoli pigmenti e la loro somma totale si ottiene una stima della composizione tassonomica del popolamento fitoplanctonico (**Figura 48**).

I massimi contributi di Fuco (Diatomee) si hanno in I17 MG6, I17 MG10, I17 MG13, fino a rappresentare oltre il 53%, mentre Perid (Dinoflagellati) ha una scarsissima presenza, con in media circa il 2,5%. Il contributo di Hex-Fuco (Prymnesiophyceae coccolitofori) è molto più variabile, con concentrazioni generalmente maggiori in superficie. Diminuendo in profondità le concentrazioni di Fuco e Hex-fuco, aumenta, di conseguenza, l'importanza relativa degli altri pigmenti. Anche Chl b (Chlorophyta) è presente maggiormente negli strati superficiali e contribuisce in media con il 19,23%, come Allo (Cryptophyceae) che mantiene comunque anche una maggiore importanza relativa in superficie, fino al 14,83% in I17 MG5. La frazione picoplanctonica costituita da Zea (Cyanobatteri *Synechococcus*-like) più DVA (Cyanobatteri *Prochlorococcus*) rappresenta generalmente meno del 20% a 0,5 e 12,5 m, dove *Prochlorococcus* è anche assente, mentre può arrivare anche a circa il 25% a 50 e 70 m, dove si rileva maggiormente presente anche *Prochlorococcus*. Anche in questo caso è evidenziabile la differenza tra lo strato più superficiale, dove si ha una maggiore dominanza di Fuco ed Hex-fuco e quello profondo dove emerge maggiormente il contributo relativo di Hex-fuco, Chl b e frazione picoplanctonica.

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
I17 MG3	0,5	0,0782	0,0072	0,1208	0,0450	0,0141	0,0281	0,0379	0,0000	0,0674
	12,5	0,0782	0,0077	0,1383	0,0610	0,0194	0,0255	0,0457	0,0000	0,0600
	50	0,0194	0,0067	0,0755	0,0433	0,0093	0,0095	0,0311	0,0238	0,0454
	70	0,0209	0,0067	0,0715	0,0419	0,0081	0,0093	0,0312	0,0181	0,0465
I17 MG5	0,5	0,1954	0,0084	0,1358	0,0490	0,0162	0,0954	0,0350	0,0130	0,0943
	12,5	0,0423	0,0047	0,1016	0,0454	0,0132	0,0099	0,0458	0,0364	0,0678
	50	0,0154	0,0069	0,0753	0,0329	0,0096	0,0072	0,0305	0,0234	0,0472
	70	0,0165	0,0057	0,0722	0,0327	0,0091	0,0078	0,0300	0,0211	0,0483
I17 MG6	0,5	0,6338	0,0131	0,1910	0,0654	0,0402	0,1559	0,0319	0,0000	0,1675
	12,5	0,2847	0,0122	0,1519	0,0599	0,0342	0,0458	0,0468	0,0237	0,1438
	50	0,0216	0,0073	0,0684	0,0307	0,0095	0,0080	0,0283	0,0167	0,0521
	70	0,0260	0,0075	0,0703	0,0310	0,0091	0,0085	0,0313	0,0212	0,0555
I17 MG7	0,5	0,3685	0,0075	0,2278	0,0747	0,0308	0,1256	0,0453	0,0000	0,1324
	12,5	0,0287	0,0087	0,1372	0,0674	0,0213	0,0289	0,0440	0,0000	0,0938
	50	0,0288	0,0102	0,1476	0,0677	0,0169	0,0187	0,0271	0,0000	0,0922
	70	0,0155	0,0158	0,0376	0,0230	0,0047	0,0124	0,0143	0,0114	0,0467
I17 MG9	0,5	0,5717	0,0085	0,2804	0,0926	0,0357	0,1876	0,0389	0,0000	0,1706
	12,5	0,0386	0,0446	0,2020	0,0867	0,0243	0,0467	0,0410	0,0000	0,1042
	50	0,0176	0,0074	0,0004	0,0408	0,0098	0,0105	0,0184	0,0019	0,0509
	70	0,0133	0,0074	0,0507	0,0252	0,0074	0,0054	0,0206	0,0070	0,0484
I17 MG10	0,5	0,6299	0,0130	0,1713	0,0681	0,0308	0,1035	0,0327	0,0000	0,1716
	12,5	0,2024	0,0118	0,1183	0,0485	0,0269	0,0242	0,0473	0,0000	0,1280
	50	0,0277	0,0099	0,0617	0,0314	0,0090	0,0076	0,0246	0,0043	0,0660
	70	0,0237	0,0096	0,0586	0,0264	0,0062	0,0085	0,0232	0,0029	0,0537
I17 MG12	0,5	0,0909	0,0069	0,1543	0,0567	0,0190	0,0393	0,0415	0,0123	0,0807
	12,5	0,0605	0,0076	0,1215	0,0550	0,0149	0,0170	0,0465	0,0199	0,0759
	50	0,0226	0,0063	0,0877	0,0481	0,0098	0,0093	0,0464	0,0312	0,0598
	70	0,0162	0,0065	0,0717	0,0397	0,0077	0,0087	0,0282	0,0253	0,0497
I17 MG13	0,5	0,9729	0,0165	0,2777	0,0787	0,0403	0,2080	0,0421	0,0000	0,1873
	12,5	0,6373	0,0093	0,1762	0,0589	0,0387	0,0397	0,0515	0,0234	0,1819
	50	0,0274	0,0070	0,0655	0,0296	0,0090	0,0075	0,0285	0,0119	0,0571
	70	0,0281	0,0079	0,0671	0,0292	0,0095	0,0074	0,0267	0,0143	0,0583

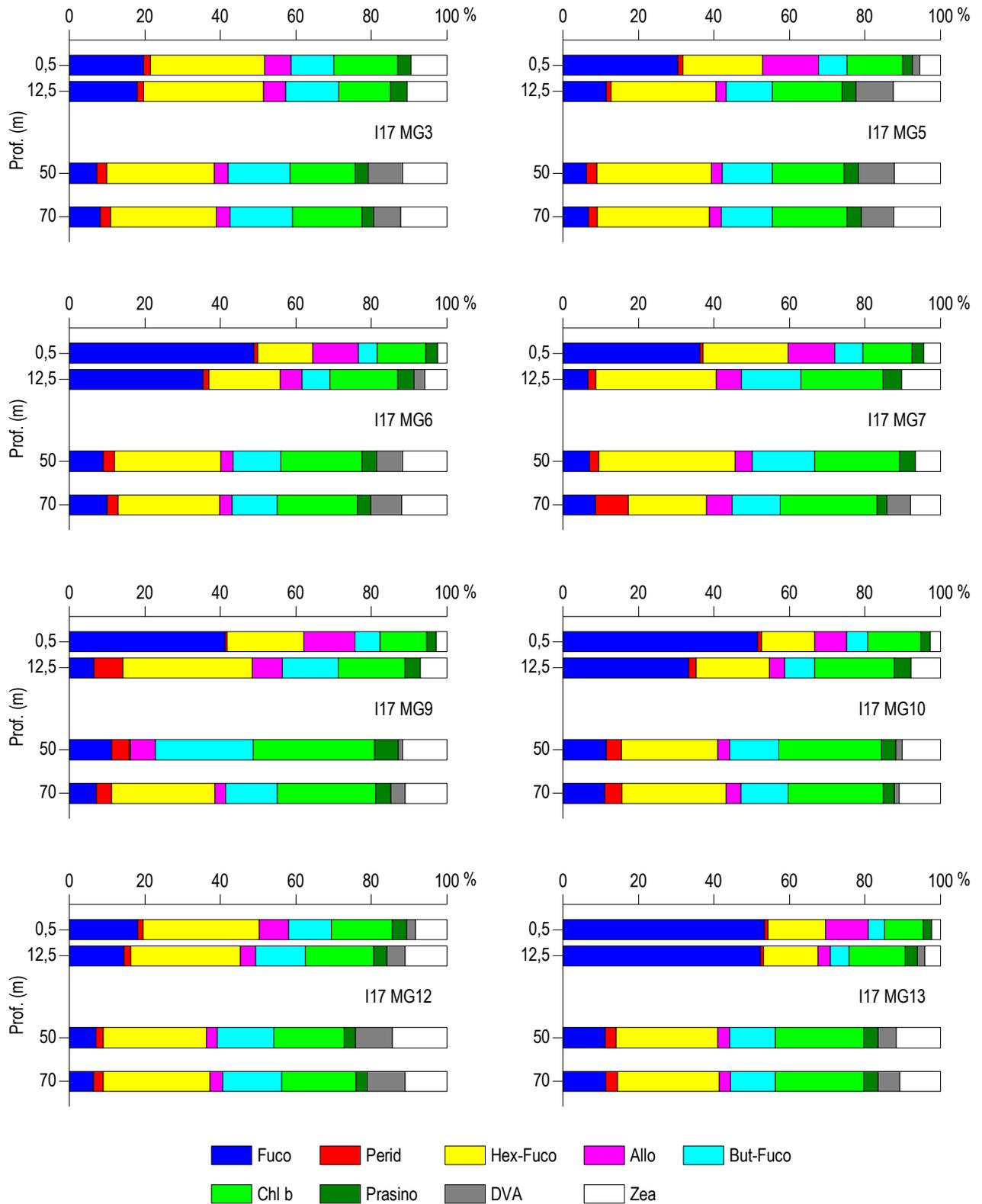


Figura 48 – Istogrammi della composizione percentuale di ognuno dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove Pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chl**b**+DVA+Zea).

Tensioattivi

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

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.

Profondità	I17 MG3				I17 MG5				I17 MG6				I17 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	< 0,05	< 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	< 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	< 0,03

Profondità	I17 MG9				I17 MG10				I17 MG12				I17 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	< 0,05	< 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	< 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	< 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.

Profondità (m)	I17 MG3				I17 MG5				I17 MG6				I17 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	< 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
Aloacetoneitrili (µg/l)																
Dibromoacetoneitrile	< 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
Dicloroacetoneitrile	< 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
Tricloroacetoneitrile	< 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 Composti Organici Volatili (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

Profondità (m)	I17 MG9				I17 MG10				I17 MG12				I17 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
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

Tabella 48 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.															
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
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
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
Acido Dichloroacetico	< 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
Acido Monocloroacetico	< 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
Aloacetoni (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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

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.																
I17 MG3				I17 MG5				I17 MG6				I17 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	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	12,0	< 10	< 10	< 10	13,0	15,7	14,9
I17 MG9				I17 MG10				I17 MG12				I17 MG13				
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	
13,7	12,7	< 10	< 10	17,7	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10

Analisi microbiologiche

Dall'analisi microbiologica (**Tabella 50**) emerge la totale assenza di contaminazione fecale.

Tabella 50 Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di acqua superficiale. I dati sono espressi in ufc/100 ml.								
	I17 MG3	I17 MG5	I17 MG6	I17 MG7	I17 MG9	I17 MG10	I17 MG13	I17 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 29,6 cell/ml in I17 MG12 50 m e 1676 cell/ml in I17 MG13 0,5 m, con una media di circa 338 cell/ml. I massimi superficiali che si raggiungono, oltre 10^6 cell/ml, e la densità media sono i più alti rilevati tra tutte le campagne effettuate, e confermano quanto già descritto in relazione alla situazione determinata dal contributo delle acque dolci continentali ricche di nutrienti. Gli andamenti delle densità alle varie stazioni (Figura 49) mostrano infatti massimi in superficie e minimi tra 50 e 70 m.

Le maggiori abbondanze (Tabella 51) sono date dalla classe delle diatomee che variano da un minimo di 2,27 cell/ml (I17 MG7 70 m) ad un massimo di 798,53 cell/ml (I17 MG13 0,5 m). I dinoflagellati presentano le minori abbondanze, tra 1,11 cell/ml (I17 MG13 12,5 m) e 15,33 cell/ml (I17 MG13 0,5 m) e i coccolitofori variano tra 4,55 cell/ml (I17 MG10 0,5 m) e 31,90 cell/ml (I17 MG12 0,5 m).

Il raggruppamento "Altro plancton", costituito da classi diverse di nanoflagellati (Cryptophyceae, Chrysophyceae, Dictyochophyceae, Prasinophyceae, Prymnesiophyceae non Coccolitofori più i flagellati non identificati) assume una importanza maggiore con abbondanze che variano da un minimo di 16,64 cell/ml (I17 MG12 50 m) ad un massimo di 853,14 cell/ml (I17 MG13 0,5 m).

Il gruppo "Altro plancton" risulta il principale costituente del popolamento rappresentandone in media il 54,95% grazie a una dominanza di Cryptophyceae, con Plagioselmis prolunga ed altre forme della stessa classe di incerta identificazione, di Phaeocystis sp. e di altre piccole forme flagellate di più incerta collocazione tassonomica (Figura 50).

In superficie e 12,5 m, particolarmente in I17 MG6, I17 MG10, I17 MG13, è stata rilevata una abbondante fioritura di diatomee, fino a circa 800 cell/ml (I17 MG13), rappresentata da *Cylindrotheca closterium*, *Asterionellopsis glacialis*, *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, *Chaetoceros socialis*,

Chaetoceros curvisetus e *Pseudo-nitzschia delicatissima*. I coccolitofori sono più omogeneamente distribuiti lungo la colonna d'acqua ma hanno un peso nettamente superiore alle maggiori profondità (50 e 70 m), dove diminuisce l'importanza delle diatomee. Sono coccolitofori dominanti *Emiliana huxleyi*, *Syracosphaera pulchra*, *Algirosphaera robusta* e *Umbilicosphaera sibogae*. I dinoflagellati, con scarse densità come atteso dal momento stagionale, presentano forme atecate (Gymnodiniaceae spp.) e tecate (*Heterocapsa minima*, *Heterocapsa rotundata*) prevalentemente nanoplanctoniche. Sono stati rilevati anche esemplari di *Spirulina* sp. (= *Arthrospira* sp.), probabilmente da associare alla presenza delle acque di provenienza continentale.

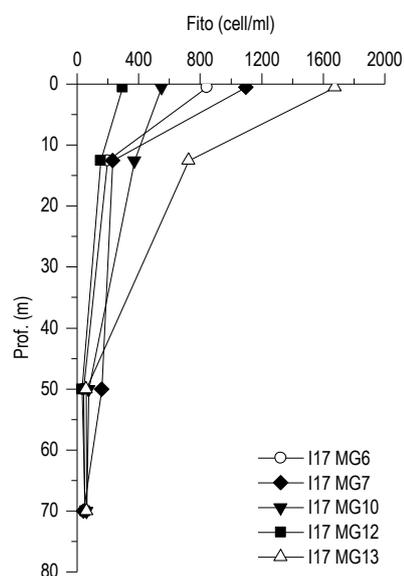


Figura 49 - Profili verticali delle densità fitoplanctoniche totali (cell L⁻¹ 10³) nelle diverse stazioni.

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	431,90	11,12	6,21	392,34	841,57
	12,5	117,52	1,67	8,12	68,60	195,91
	50	4,78	2,67	10,34	23,90	41,69
	70	7,49	3,15	11,51	26,28	48,43
I16 MG7	0,5	390,00	7,11	16,59	683,81	1097,51
	12,5	5,46	7,76	13,51	201,77	228,49
	50	3,18	8,19	16,04	131,13	158,54
	70	2,27	4,21	15,81	17,63	39,92
I16 MG10	0,5	331,81	4,83	4,55	208,70	549,89
	12,5	181,69	3,98	19,62	167,19	372,47
	50	9,54	7,13	18,74	40,24	75,65
	70	9,78	3,82	16,31	32,05	61,97
I16 MG12	0,5	52,88	5,75	31,90	204,93	295,46
	12,5	29,00	2,56	19,90	100,65	152,12
	50	2,44	2,31	8,16	16,65	29,57
	70	2,99	4,48	14,49	29,43	51,39

	0,5	798,53	15,33	9,10	853,14	1676,11
I16 MG13	12,5	556,76	1,11	11,40	154,27	723,53
	50	8,34	3,34	11,90	32,69	56,26
	70	8,07	3,98	11,49	37,08	60,62

Sono stati identificati, a diverso livello tassonomico, 142 taxa (**Tabella 52**), più la categoria dei flagellati n.i., che comprende varie morfologie generalmente inferiori a 10 µm e quindi di problematica identificazione. L'elenco completo dei taxa individuati è rappresentato in **Tabella 53**. La maggior parte dei taxa appartiene alle classi delle diatomee e dei dinoflagellati (rispettivamente 52 specie e 13 generi; 24 specie e 5 generi). I coccolitofori risultano meno differenziati con 19 specie, 1 genere ed una categoria superiore. La forte dominanza di diatomee e Cryptophyceae da origine ad una diversità specifica (Shannon) più bassa, che varia tra 2,45 e 3,83 bit/cell e conseguentemente a valori di equitabilità (Pielou) che variano tra 0,51 e 0,72 bit/cell. La comunità fitoplanctonica appare comunque altamente differenziata, come evidente anche dal dato pigmentario (**Figura 48**), e la diminuzione della diversità specifica è da attribuire alle favorevoli condizioni che consentono lo sviluppo abbondante di diatomee e Cryptophyceae.

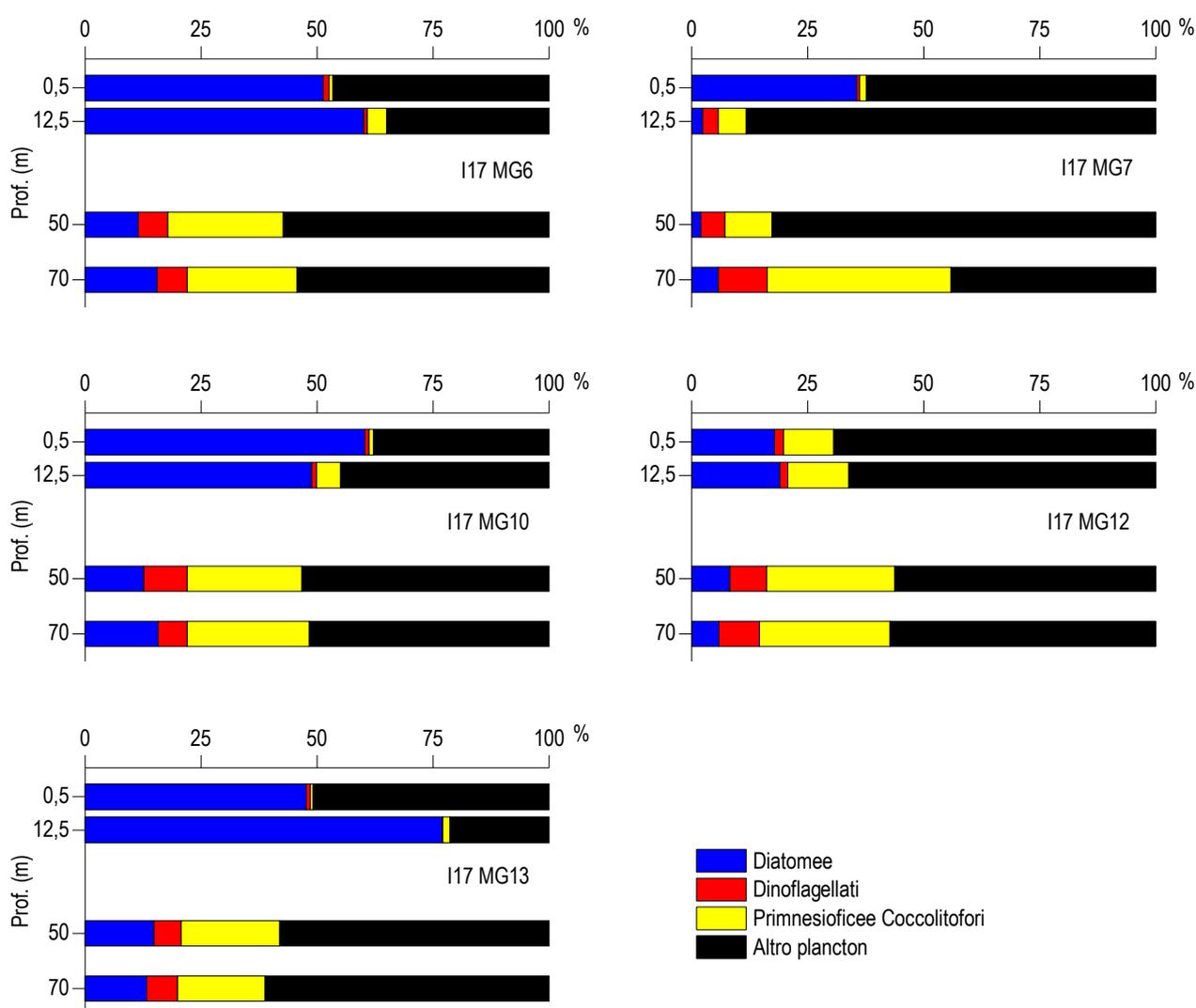


Figura 50- Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda nelle diverse stazioni.

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	52	13	5
Dinoflagellati	24	5	3
Prymnesiophyceae coccolitofori	19	1	1
Cryptophyceae	1		1
Chrysophyceae/Dictyochophyceae	4		
Chlorophyta/Euglenoidea			1
Prasinophyceae	2	2	
Prymnesiophyceae non coccolitofori		1	
Altro	5	2	
Totale	107	24	11

*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	Diatomee centriche $\leq 20 \mu\text{m}$	<i>Plagiotropis</i> sp.
<i>Amphora</i> spp.	Diatomee centriche $> 20 \mu\text{m}$	<i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs 1861
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990	Diatomee pennate $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Psammodictyon panduriforme</i> (Gregory) Mann 1990
<i>Bacteriastrium parallelum</i> Sarno, Zingone & Marino 1997	Diatomee pennate $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>fraudulenta</i> (Cleve) Hasle 1993
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hende 1937	<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1854	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864	<i>Diploneis</i> spp.	<i>Pseudo-nitzschia galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889	<i>Entomoneis</i> cf. <i>paludosa</i> (Smith) Reimer 1975	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve 1889	<i>Fragilariopsis doliolus</i> (Wallich) Medlin & Sims 1993	<i>Pseudo-nitzschia subfraudulenta</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873	<i>Fragilariopsis</i> spp.	<i>Rhizosolenia clevei</i> Ostefeld 1902
<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve 1873	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow 1880	<i>Skeletonema menzeli</i> Guillard Carpenter & Reimann 1974
<i>Chaetoceros lacinosus</i> Schütt 1895	<i>Haslea</i> sp.	<i>Skeletonema pseudocostatum</i> Medlin 1991
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1863	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	<i>Stauroneis</i> sp.
<i>Chaetoceros neogracile</i> Van Ledingham 1968	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975	<i>Synedra</i> spp.
<i>Chaetoceros pendulus</i> Karsten 1905	<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran 1915	<i>Tabularia gaillonii</i> (Bory de Saint-Vincent) Bukhtiyarova 1995
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856	<i>Lioloma pacificum</i> (Cupp) Hasle 1996	<i>Thalassionema</i> cf. <i>bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955
<i>Chaetoceros socialis</i> Lauder 1864	<i>Lithodesmium undulatum</i> Ehrenberg 1839	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986
<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Navicula</i> spp.	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902
<i>Chaetoceros tenuissimus</i> Meunier 1913	<i>Nitzschia</i> (sez. <i>sigmatae</i>) sp.	<i>Thalassiosira angulata</i> (Gregory) Hasle 1978
<i>Cyclotella</i> spp.	<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve 1901	<i>Thalassiosira</i> cf. <i>nordenskioeldii</i> Cleve 1873
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	<i>Nitzschia bilobata</i> Smith 1853	<i>Thalassiosira pseudonana</i> Hasle & Heimdal 1970
<i>Cylindrotheca gracilis</i> (Brébisson ex Kützing) Grunow 1882	<i>Nitzschia sicula</i> (Castracane) Hustedt	<i>Thalassiosira rotula</i> Meunier 1910
<i>Dactyliosolen fragillissimus</i> (Bergon) Hasle 1996	<i>Nitzschia</i> spp.	<i>Thalassiosira</i> spp.
<i>Dactyliosolen phuketensis</i> (Sundstrom) Hasle 1996	<i>Odontella longicruris</i> (Greville) Hoban 1983	
<i>Diatomea pennata</i> n.i. (forma p)	<i>Odontella mobilensis</i> (Bailey) Grunow 1884	
DINOFAGELLATI		
<i>Alexandrium</i> cf. <i>minutum</i> Halim 1960	Gymnodiniaceae $< 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Neoceratium extensum</i> (Gouret) Gómez, Moreira & López-García 2010
<i>Alexandrium</i> spp.	Gymnodiniaceae $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010
<i>Alexandrium taylori</i> Balech 1994	<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010
<i>Amphidinium</i> cf. <i>globosum</i> Schröder 1911	<i>Heterocapsa minima</i> Pomroy 1989	<i>Oxytoxum strophalatum</i> Dodge & Saunders 1985
<i>Amphidinium</i> cf. <i>sphenoides</i> Wulff 1916	<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) Hansen 1995	<i>Oxytoxum variable</i> Schiller 1937
<i>Amphidinium</i> spp.	<i>Heterocapsa</i> spp.	<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970
<i>Ceratium carriense</i> Gouret 1883	<i>Histioneis longicollis</i> Kofoid 1907	<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg 1833
<i>Cochlodinium pulchellum</i> Lebour 1917	<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & Taylor 2003	<i>Protoperdinium breve</i> Paulsen 1907
Dinoflagellati tecati $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Mesoporos adriaticus</i> (Schiller) Lillick	<i>Torodinium robustum</i> Kofoid & Swezy 1921
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent 1881	<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	<i>Warnowia</i> sp.
<i>Diplopsalis</i> group sp.	<i>Neoceratium declinatum</i> (Karsten) Gómez, Moreira & López-García 2010	

Tabella 53 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.		
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI		
<i>Acanthoica quattrosolina</i> Lohmann 1903	<i>Calyptosphaera sphaeroidea</i> Schiller 1913	<i>Helladosphaera cornifera</i> (Schiller) Kamptner 1937
<i>Algirosphaera robusta</i> (Lohmann) Norris 1984	<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich) Schiller 1930	<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898
<i>Alisphaera ordinata</i> (Kamptner) Heimdal 1973	Coccolitofori $\leq 10 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Syracosphaera anthos</i> (Lohman) Janin 1987
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan 1978	<i>Cyrtosphaera aculeata</i> (Kamptner) Kleijne 1992	<i>Syracosphaera cf. molischii</i> Schiller 1925
<i>Calcidiscus</i> sp.	<i>Discosphaera tubifer</i> (Murray & Blackman) Ostenfeld 1900	<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902
<i>Calciosolenia brasiliensis</i> (Lohmann) Young 2003	<i>Emiliana huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler 1967	<i>Umbilicosphaera sibogae</i> (Weber-van Bosse) Gaarder 1970
<i>Calciosolenia murrayi</i> Gran 1912	<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	<i>Zigosphaera hellenica</i> Kamptner 1937
CRYPTOPHYCEAE		
Cryptophyceae n.i.	<i>Plagioselmis prolunga</i> Butcher ex Novarino, Lucas & Morrall 1994	
CHRYSOPHYCEAE/DICTYOCOPHYCEAE		
<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		
CHLOROPHYTA/EUGLENOIDEA		
<i>Euglenoidea</i> n.i.		
PRASINOPHYCEAE		
<i>Halosphaera viridis</i> Schmitz 1878	<i>Pyramimonas</i> spp.	<i>Tetraselmis</i> sp.
<i>Pseudoscourfieldia marina</i> (Thronsdon) Manton 1975		
PRYMNESIOPHYCEAE NON COCCOLITOFORI		
<i>Phaeocystis forma coloniale</i>	<i>Phaeocystis</i> sp.	
ALTRO		
<i>Spirulina</i> sp.	Flagellati indeterminati $< 10 \mu\text{m}$	<i>Paulinella ovalis</i> (Wulff) Johnson, Hargraves & Sieburth 1988
<i>Commation cryoporinum</i> Thomsen & Larsen 1993	<i>Hermesinum adriaticum</i> Zacharias 1906	<i>Telonema</i> sp.
<i>Ebria tripartita</i> (Schumann) Lemmermann 1899	<i>Leucocryptos marina</i> (Braarud) Butcher 1967	

Analisi qualitativa del fitoplancton da retino

Per valutare la diversità della comunità microfitorplanctonica lungo la colonna d'acqua, sono stati raccolti con retino 5 campioni nelle stazioni I17 MG6, I17 MG7, I17 MG10, I17 MG12 e I17 MG13. Sono stati individuati 168 taxa, di cui 145 identificati a livello di specie, 18 taxa a livello di genere e 5 attribuibili a categorie soprageneriche (Tabella 54). In Tabella 55 si fornisce l'elenco completo dei taxa presenti nelle diverse stazioni di campionamento. Per ciascuna classe fitoplanctonica, nell'insieme di tutte le stazioni, 95 taxa appartengono alle Diatomee, 52 ai Dinoflagellati e 13 ai coccolitofori; per la componente "Altro plancton" sono stati identificati 2 taxa appartenenti alle Dictyochophyceae, 3 alle Euglenoideae, 1 taxon alle Chlorophyceae e 2 taxa appartenenti alla categoria Altro. Per la classe delle Chrysophyceae, invece, non sono stati individuati taxa.

La numerosità dei taxa individuati in ogni stazione va da un minimo di 64 in I17 MG12 ad un massimo di 115 in I17 MG10.

Dall'osservazione è emersa una differenza nella quantità di taxa presenti che, in tutte le stazioni, sono principalmente appartenenti alla classe delle Diatomee ed in secondo luogo alla classe dei Dinoflagellati. La frazione più piccola del popolamento è rappresentata dalle Dictyochophyceae, dalle Euglenoideae, dalle Chlorophyceae e dalla categoria Altro, che presentano un numero esiguo di taxa in tutte le stazioni.

Sono stati inoltre identificati ed aggiunti taxa appartenenti alle classi delle Diatomee (come *Hantzschia amphioxys* e *Skeletonema menzeli*), dei Dinoflagellati (*Dinophysis similis*) e alla categoria Altro (*Desmodesmus communis* e *Spirulina* sp.), che non erano stati ancora rilevati nei retini dei precedenti campionamenti. In particolare, *Desmodesmus communis* e *Spirulina* sp. sono forme più tipiche di acque dolci e, data la concomitanza temporale del campionamento con un episodio di piena del fiume Arno, la loro presenza è presumibilmente legata a tale fenomeno.

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.

Classe	Specie	Generi	Categorie superiori*
Diatomee	84	9	2
Dinoflagellati	45	4	3
Prymnesiophyceae coccolitofori	11	2	
Dictyochophyceae	2		
Chrysophyceae			
Euglenoideae	1	2	
Chlorophyceae	1		
Altro	1	1	
Totale	145	18	5

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

Ad un confronto della lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative (**Tabella 53**) con l'elenco dei taxa ottenuti dalle analisi qualitative da retino (**Tabella 55**), vediamo che il numero totale di taxa presenti non differisce di molto tra retino e bottiglia (riprettivamente con 168 e 144 taxa individuati) ma sono presenti molte specie rare, principalmente appartenenti alle classi delle Diatomee e dei Dinoflagellati, non osservate nei campioni da bottiglia: numerose diatomee appartenenti al genere *Chaetoceros* (*Chaetoceros compressus*, *C. didymus*, *C. simplex*, *C. wighamii*, *C. willei*), al genere *Rhizosolenia* (*Rhizosolenia cf. fallax*, *R. hebetata*, *R. hebetata f. semispina*, *R. imbricata*, *R. setigera*) ed ai generi *Pleurosigma* e *Gyrosigma* (*Pleurosigma cf. intermedium*, *P. cf. nicobaricum*, *P. delicatulum*, *P. lineare*, *P. majus*, *P. naviculaceum*, *Gyrosigma cf. attenuatum* e *G. cf. tenuissimum*); per i Dinoflagellati, sono state rilevate numerose specie rare appartenenti ai generi *Dinophysis* (*Dinophysis fortii*, *Dinophysis infundibula*, *Dinophysis ovum*, *Dinophysis parva* e *Dinophysis similis*), *Neoceratium* (*Neoceratium candelabrum*, *Neoceratium horridum*, *Neoceratium macroceros*, *Neoceratium pentagonum*, *Neoceratium pulchellum*, *Neoceratium ranipes*, *Neoceratium trichoceros* e *Neoceratium tripos*), *Ornithocercus* (*Ornithocercus magnificus* ed *Ornithocercus quadratus*) e *Protoperidinium* (*Protoperidinium compressum*, *Protoperidinium crassipes*, *P. divergens*, *P. globulus*, *P. granii*, *P. pellucidum*, *P. steinii*).

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
DIATOMEAE											
<i>Amphipora sulcata</i> var. <i>aequatorialis</i> (Cleve) H. Peragallo in H. Peragallo & M. Peragallo, 1898				x		<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran 1915		x	x	x	x
<i>Amphora</i> spp.	x		x			<i>Lioloma pacificum</i> (Cupp) Hasle 1996			x	x	x
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990	x	x	x	x	x	<i>Lithodesmium undulatum</i> Ehrenberg 1839	x	x	x	x	x
<i>Asteromphalus flabellatus</i> Ehrenberg 1844	x		x		x	<i>Navicula distans</i> (Smith) Ralfs 1861				x	x
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey 1937	x	x	x		x	<i>Navicula transitans</i> var. <i>delicatula</i> Heimdal, 1970	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864	x	x	x	x	x	<i>Naviculaceae</i> spp.	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros cf. decipiens</i> Cleve 1873					x	<i>Neocalyptrella robusta</i> (Norman ex Ralfs) Hernández-Becerril & Meave del Castillo 1997		x			
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder 1864			x	x	x	<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve 1901				x	x
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889	x	x	x	x	x	<i>Nitzschia cf. angularis</i> W. Smith, 1853	x				
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve 1889			x	x	x	<i>Nitzschia cf. insignis</i> Gregory, 1857				x	x
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873	x	x	x		x	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs 1861	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros didymus</i> Ehrenberg 1845	x	x	x		x	<i>Nitzschia</i> spp.				x	
<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve 1873	x	x	x		x	<i>Odontella mobiliensis</i> (Bailey) Grunow 1884	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros laciniosus</i> Schütt 1895	x		x		x	<i>Plagiotropis</i> spp.	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros lorentianus</i> Grunow 1863	x	x	x	x	x	<i>Pleurosigma cf. intermedium</i> W. Smith, 1853				x	
<i>Chaetoceros pendulus</i> Karsten 1905	x	x	x		x	<i>Pleurosigma cf. nicobaricum</i> Grunow 1880	x		x	x	x
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856	x	x	x	x	x	<i>Pleurosigma delicatulum</i> Smith 1852				x	x
<i>Chaetoceros simplex</i> Ostenfeld 1901	x					<i>Pleurosigma lineare</i> Grunow				x	
<i>Chaetoceros socialis</i> Lauder 1864		x	x			<i>Pleurosigma majus</i> (Grunow) Cleve 1894					x
<i>Chaetoceros tenuissimus</i> Meunier 1913			x			<i>Pleurosigma naviculaceum</i> Brébisson 1854				x	x
<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightwell 1856					x	<i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs 1861	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros willei</i> Gran 1897			x		x	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986	x	x	x	x	x
<i>Coscinodiscus centralis</i> Ehrenberg 1844		x				<i>Psammodictyon panduriforme</i> (Gregory) Mann 1990	x	x	x	x	x
<i>Coscinodiscus lineatus</i> Ehrenberg 1841	x		x	x	x	<i>Pseudo-nitzschia cf. galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002	x	x	x	x	x
<i>Coscinodiscus</i> spp.	x				x	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928	x	x	x	x	x
<i>Cosmioneis pusilla</i> (W. Smith) D.G. Mann & A.J. Stickle, 1990			x			<i>Pseudo-nitzschia fraudulenta</i> (Cleve) Hasle 1993	x	x	x	x	x
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	x	x	x	x	x	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993	x	x	x	x	x
<i>Dactyliosolen blavyanus</i> (Peragallo) Hasle 1975	x	x	x		x	<i>Pseudo-nitzschia</i> sp. (delicatissima complex)	x	x	x	x	x
<i>Dactyliosolen fragillissimus</i> (Bergon) Hasle 1996	x	x	x		x	<i>Pseudo-nitzschia subfraudulenta</i> (Hasle) Hasle 1993	x	x	x	x	x
<i>Dactyliosolen phuketensis</i> (Sundström) Hasle 1996	x	x	x		x	<i>Pseudo-nitzschia calcar-avis</i> (Schultze) Sundström 1986	x				
Diatomee centriche > 20 µm	x	x	x	x	x	<i>Rhizosolenia cf. fallax</i> B.G. Sundström, 1986				x	
Diatomee pennate > 20 µm n.i.	x	x	x	x	x	<i>Rhizosolenia hebetata</i> Bailey 1856			x	x	x
<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1853	x	x	x		x	<i>Rhizosolenia hebetata f. semispina</i> (Hensen) Gran 1908					x
<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1854	x		x	x	x	<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell 1858	x	x	x	x	x
<i>Diploneis</i> spp.					x	<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell 1858			x		
<i>Ditylum brightwellii</i> (West) Grunow 1885			x		x	<i>Skeletonema menzelii</i> Guillard, Carpenter & Reimann, 1974				x	
<i>Entomoneis</i> spp.	x	x	x	x	x	<i>Skeletonema pseudocostatum</i> Medlin 1991	x	x	x		x
<i>Fragilaria cf. hyalina</i> (Kützing) Grunow ex Van Heurck, 1880	x					<i>Surirella fastuosa</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1843				x	x
<i>Fragilaria cf. vitrea</i> var. <i>minima</i> (Ralfs) Grunow in Van Heurck, 1881		x	x		x	<i>Synedra cf. pulchella</i> Kützing 1844				x	
<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996					x	<i>Tabularia gaillonii</i> (Bory de Saint-Vincent) Bukhtiyarova 1995			x		x
<i>Gyrosigma cf. attenuatum</i> (Kützing) Rabenhorst 1853			x	x	x	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraef 1986	x	x	x	x	x
<i>Gyrosigma cf. tenuissimum</i> (W. Smith) Griffith & Henfrey 1856	x	x	x			<i>Thalassionema nitzschoides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902	x	x	x	x	x
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow, 1880	x	x	x	x	x	<i>Thalassiosira angulata</i> (Gregory) Hasle 1978			x		x
<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	x	x	x	x	x	<i>Thalassiosira cf. delicatula</i> Ostenfeld 1908	x	x	x		x
<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville 1865			x		x	<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i> Cleve, 1873				x	
<i>Hemidiscus cuneiformis</i> Wallich 1860	x	x	x	x	x	<i>Thalassiosira</i> spp.			x	x	x
<i>Lauderia annulata</i> Cleve 1873	x					<i>Tryblionella punctata</i> Smith 1853	x		x		
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889	x	x	x								
DINOFLAGELLATI											
<i>Actiniscus pentasterias</i> (Ehrenberg) Ehrenberg, 1844	x					<i>Neoceratium pulchellum</i> (Schröder) Gómez, Moreira & López-García 2010				x	
<i>Alexandrium cf. minutum</i> Halim 1960				x		<i>Neoceratium ranipes</i> (Cleve) Gómez, Moreira & López-García 2010					x
<i>Amphidinium</i> sp.					x	<i>Neoceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010					x
<i>Azadinium caudatum</i> (Halldal) Nézan et Chomérat 2012	x	x	x	x	x	<i>Neoceratium tripos</i> (O.F. Müller) Gómez, Moreira & López-García 2010	x		x	x	x

verticale inversamente proporzionale alla profondità, così come generalmente evidenziato dall'intera componente a Copepodi. *C. mastigophorus* ha distribuzione omogenea, mentre *C. lividus* è prevalentemente concentrato nei primi 50 m di profondità. Il Clausocalanide *Ctenocalanus vanus*, unico rappresentante nei mari italiani del genere *Ctenocalanus*, è stato campionato in tutte le porzioni della colonna investigate, se pur con abbondanze molto contenute. La seconda famiglia maggiormente rappresentata nella comunità a Copepodi planctonici è quella dei Paracalanidae (10 taxa), principalmente concentrata nella porzione centrale della colonna d'acqua (superficiale: 112,67 ind./m³; 0 – 50 m: 338,72 ind./m³; 150,51 ind./m³). *Paracalanus nanus*, specie ubiquitaria, ampiamente distribuita nelle acque superficiali dell'Oceano Atlantico e Mar Mediterraneo, è la più abbondante: (superficiale: 51,74 ind./m³; 0 – 50 m: 112,56 ind./m³; 63,69 ind./m³).

Terza per abbondanza è la famiglia Oithonidae, rappresentata complessivamente da 9 specie appartenenti al genere *Oithona*. *Oithona decipiens* (superficiale: 93,20 ind./m³; 0 – 50 m: 77,47 ind./m³; 26,52 ind./m³), specie pelagica abbondante in tardo inverno-primavera, è la specie più abbondante analogamente all'inverno precedente (116). Segue per abbondanza *Oithona plumifera* (superficiale: 34,24 ind./m³; 0 – 50 m: 38,99 ind./m³; 27,81 ind./m³), sostituendo nei rapporti di abbondanza dei precedenti campioni invernali la congenerica *O. nana*. Entrambe le specie hanno distribuzione verticale sovrapponibile, con abbondanza maggiore nei primi metri di profondità e un graduale decremento nelle zone prossime al fondale.

Fra le specie costantemente campionate lungo l'arco di tutto l'anno, raggiungono abbondanze considerevoli il Centropagidae *Centropages typicus*, specie neritica perenne con picchi di abbondanza primaverili, concentrato principalmente nella porzione superficiale della colonna (superficiale: 62,45 ind./m³; 0 – 50 m: 39,51 ind./m³; 2,86 ind./m³) e il Paracalanidae *Calocalanus styliremis*, con distribuzione più profonda (superficiale: 6,76 ind./m³; 0 – 50 m: 44,45 ind./m³; 13,02 ind./m³). È confermata rispetto al precedente inverno, la costante presenza di *Isias clavipes*.

All'interno della componente iponeustonica (Pontellidae) si osserva una elevata biodiversità contrapposta a una esigua abbondanza delle 6 specie campionate. In tutte le stazioni investigate la specie maggiormente rappresentata è *Pontellina plumata*.

In accordo con i picchi stagionali evidenziati durante le precedenti campagne di monitoraggio, le specie ubiquitarie *Temora stylifera* (Temoridae) e *Nannocalanus minor* (Calanidae) restituiscono valori di abbondanza molto contenuti. Altamente biodiversificate appaiono le famiglie Scolecitrichidae (5 taxa), rappresentata da specie tipiche di acque aperte con distribuzione verticale molto ampia anche oltre i 1000 m di profondità, e Sapphirinidae, famiglia tipica di comunità planctoniche superficiali neritiche e pelagiche. I copepodi Harpacticoida sono rappresentati esclusivamente dalle famiglie Clytemnestridae, Miracidae e Euterpinidae, sempre con abbondanze molto contenute. Costante appare la presenza della specie *Distiocolus minor*, campionata per la prima volta nei mari italiani durante i monitoraggi intorno al rigassificatore.

Nel complesso per quanto concerne il contingente oloplanctonico a copepodi nella campagna I17 non si registrano differenze nella composizione della comunità attribuibili all'esercizio del rigassificatore.

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 flaccus</i>	*	*	*
<i>Acartia danae</i>	**			<i>Paraeuchaeta sp.</i>	*	*	*	<i>Corycaeus furcifer</i>	*	*	*
<i>Acartia longiremis</i>	*	*	*	Famiglia Heterorhabdidae				<i>Corycaeus giesbrechti</i>	*	*	*
<i>Acartia negligens</i>	*	*	*	<i>Heterorhabdus papilliger</i>		*	*	<i>Corycaeus limbatus</i>	*	*	*
<i>Acartia sp.</i>	*	*	*	Famiglia Lucicutiidae				<i>Corycaeus ovalis</i>	*	*	*
Famiglia Aetidaidae				<i>Lucicutia flavicornis</i>	*	*	*	<i>Corycaeus typicus</i>	*	*	*
<i>Euchirella rostrata</i>	*	*	*	Famiglia Mecynoceridae				<i>Corycaeus spp.</i>	*	*	*
Famiglia Augaptilidae				<i>Mecynocera clausi</i>	*	*	*	<i>Farranula rostrata</i>	*	*	*
<i>Haloptilus longicornis</i>		*	*	Famiglia Metridinidae				Famiglia Oithonidae			
<i>Haloptilus oxycephalus</i>		*	*	<i>Pleuromamma abdominalis</i>	*	*	*	<i>Oithona brevicornis</i>			*
Famiglia Calanidae				<i>Pleuromamma gracilis</i>	*	*	*	<i>Oithona decipiens</i>	*	*	*
<i>Calanus helgolandicus</i>	*	*	*	Famiglia Paracalanidae				<i>Oithona longispina</i>	*	*	*
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	*	*	*	<i>Calocalanus contractus</i>	*	*	*	<i>Oithona nana</i>	*	*	*
<i>Nannocalanus minor</i>	*	*	*	<i>Calocalanus neptunus</i>	*	*	*	<i>Oithona plumifera</i>	*	*	*
<i>Neocalanus gracilis</i>	*	*	*	<i>Calocalanus ovalis</i>	*	*	*	<i>Oithona setigera</i>	*	*	*
Famiglia Candaciidae				<i>Calocalanus pavo</i>	*	*	*	<i>Oithona similis</i>	*	*	*
<i>Candacia aethiopica</i>	*	*	*	<i>Calocalanus plumulosus</i>	*	*	*	<i>Oithona tenuis</i>	*	*	*
<i>Candacia armata</i>	*	*	*	<i>Calocalanus styliremis</i>	*	*	*	<i>Oithona spp</i>	*	*	*
<i>Candacia giesbrechti</i>	*	*	*	<i>Calocalanus sp.</i>	*	*	*	Famiglia Oncaeidae			
<i>Candacia juv.</i>	*	*	*	<i>Paracalanus nanus</i>	*	*	*	<i>Oncaea curta</i>	*	*	*
<i>Candacia simplex</i>	*	*	*	<i>Paracalanus parvus</i>	*	*	*	<i>Oncaea media</i>	*	*	*
Famiglia Centropagidae				<i>Paracalanus spp.</i>	*	*	*	<i>Oncaea mediterranea</i>	*	*	*
<i>Centropages kroyeri</i>	*	*	*	Famiglia Pontellidae				<i>Oncaea scottodicaloi</i>	*	*	*
<i>Centropages typicus</i>	*	*	*	<i>Anomalocera patersoni</i>	*			<i>Oncaea venusta</i>	*	*	*
<i>Centropages violaceus</i>	*	*		<i>Labidocera wollastoni</i>	*			<i>Oncaea spp.</i>	*	*	*
<i>Isias clavipes</i>	*	*	**	<i>Pontella mediterranea</i>	*			<i>Triconia spinifera</i>	*	*	*
Famiglia Clausocalanidae				<i>Pontella juv.</i>	*			Famiglia Sapphirinidae			

<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	*	*	*	<i>Pontellina plumata</i>	*	<i>Sapphirina angusta</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus furcatus</i>	*	*	*	<i>Pontellopsis regalis</i>	*	<i>Sapphirina iris</i>			*
<i>Clausocalanus jobei</i>	*	*	*	<i>Pontellopsis villosa</i>	*	<i>Sapphirina nigromaculata</i>			*
<i>Clausocalanus lividus</i>	*	*	*	Famiglia Scolecitrichidae		<i>Sapphirina ovatolanceolata</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus mastigophorus</i>	*	*	*	<i>Scaphocalanus invalidus</i>	*	<i>Sapphirina sp</i>	*	*	
<i>Clausocalanus parapergens</i>	*	*	*	<i>Scolecitrichella dentata</i>	*	Famiglia Clytemnestridae			
<i>Clausocalanus paululus</i>	*	*	*	<i>Scolecitrichella sp</i>	*	<i>Clytemnestra rostrata</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus pergens</i>	*	*	*	<i>Scolecitrix bradyi</i>	*	<i>Clytemnestra scutellata</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus spp.</i>	*	*	*	<i>Scolecitrix danae</i>	*	Famiglia Miracidae			
<i>Ctenocalanus vanus</i>	*	*	*	Famiglia Temoridae		<i>Distiocolus minor</i>	*	*	*
Famiglia Eucalanidae				<i>Temora stylifera</i>	*	<i>Macrossetella gracilis</i>	*	*	*
<i>Eucalanus elongatus</i>	*	*	*	Famiglia Corycaeidae		Famiglia Euterpinidae			
<i>Rhincalanus nasutus</i>	*	*	*	<i>Corycaeus brehmi</i>	*	<i>Euterpina acutifrons</i>	*	*	*
Famiglia Euchaetidae				<i>Corycaeus clausi</i>	*				

Nella tabella seguente (**Tabella 57**) sono indicati i volumi di sedimentazione (dopo 24 h), espressi in ml, della componente oloplanctonica raccolta nella campagna I17. Le differenze apprezzabili nei volumi di sedimentazione, tra pescate orizzontali e verticali, possono essere generalmente ricondotte al differente volume di acqua filtrato dai retini, costantemente superiore nelle pescate orizzontali. I dati ottenuti sono in linea con quelli riscontrati nelle precedenti attività di monitoraggio svolte nel periodo invernale (I14, I15, I16). I quattro cicli stagionali di campionamento effettuati evidenziano che l'area di studio presenta il picco di biomassa oloplanctonica durante i mesi freddi, caratteristica peculiare delle acque del Canale di Corsica, principalmente riconducibile all'intensificarsi della corrente dominante (Northern Current), principale vettore di dispersione della componente a Copepodi. Più in dettaglio, dopo una lieve diminuzione della biomassa invernale osservata in I16, i dati ottenuti nella campagna I17 sono chiaramente concordi con quanto ottenuto nelle campagne I14 e I15.

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)	I17 MG6	I17 MG7	I17 MG10	I17 MG12	I17 MG13
OR	125	240	142	93	115
50-0	4	15	5	9	7
100-50	2	18	2	2,4	3

Meroplancton

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

Nella campagna invernale I17, (**Tabella 58**), sono stati determinati complessivamente 60 *taxa* meroplanctonici appartenenti a 8 *phyla* di invertebrati marini. Due *taxa* compaiono per la prima volta dall'inizio delle campagne di monitoraggio nelle acque interessate dal rigassificatore *off-shore*: si tratta del crostaceo decapode brachiuro *Bathynectes longipes* e la specie di polichete Pholoidae appartenente al genere *Pholoe*.

Il gruppo zoologico largamente dominante in termini qualitativi è ancora una volta quello dei crostacei decapodi (32 *taxa* = 53,3%) al quale seguono i policheti (11 *taxa* = 18,3%), gli echinodermi (9 *taxa* = 15%) e i molluschi (3 *taxa* = 5%). Differente l'andamento qualitativo del campione nel quale dominano i policheti con il 51,4% del totale degli individui e ai quali seguono crostacei decapodi (25,2%), molluschi (13,1%) ed echinodermi (5,4%). Il dato ripartito nelle tre fasce investigate mette in risalto che i crostacei decapodi sono il gruppo largamente dominante, in termini qualitativi, sia nel campione orizzontale, sia in quello condotto tra - 50 m e la superficie rispettivamente assommando l'83,2% e il 45,4% degli individui raccolti. Dominante nella fascia profonda il gruppo dei policheti cui appartiene il 51,4% degli organismi provenienti dalle pescate profonde.

Le larve di crostacei decapodi, come di consueto, si concentrano dunque nei primi metri di profondità: 31 dei 32 *taxa* complessivamente determinati sono stati raccolti nelle pescate orizzontali, mentre solo il 3,1% (10 *taxa*) compare nel campione profondo. 10 *taxa* compaiono solo nei campioni orizzontali, mentre non vi sono *taxa* esclusivi delle stazioni profonde. 4 specie sono state inserite nella *checklist* solo dopo l'osservazione *in toto* dei campioni; tra queste si segnala la presenza, per il rilevante valore commerciale, di larve di *Palinurus elephas* (aragosta). Le due specie dominanti fra le fasi larvali dei crostacei decapodi sono le zoe dei brachiuri *Goneplax rhomboides* e *Pirimela denticulata*. Si tratta di due specie largamente presenti in molte campagne di raccolta e la loro distribuzione nella colonna d'acqua è preferenzialmente superficiale, come dimostrato anche in I17, campagna nella quale le due specie assommano il 52,8% del totale di tutti gli esemplari di crostacei decapodi raccolti nei retinaggi orizzontali, (*G. rhomboides* = 29%, *P. denticulata* = 23,7% con picco di abbondanza per la prima specie nella stazione I17 MG7 e per la seconda in I17 MG12). Nelle stazioni intermedie e profonde oltre che alle due specie sopracitate sono dominanti anche il carideo *Processa edulis edulis* e l'anomuro *Anapagurus laevis*.

Nella fascia superficiale, Il maggior numero di specie è stato osservato in I17 MG10, dove sono stati rinvenuti 22 *taxa* in totale.

Nelle pescate 0 - 50 m, invece il numero più elevato di specie è stato rilevato in I17 MG6 (12 *taxa*), in quelle più profonde (- 100 e - 50 m) in I17 MG12 (6 *taxa*).

I policheti, gruppo dominante a livello quantitativo, si concentrano preferenzialmente nelle stazioni profonde, comprendendo il 73,8% del totale di tutti gli individui raccolti; in particolare il genere *Owenia* risulta il *taxon* più rappresentato, seguito da vari rappresentanti della

famiglia Spionidae. Nelle stazioni superficiali, come altresì evidenziato in altre campagne, i policheti sono sostanzialmente assenti, rappresentando solo il 7,8% del totale di individui campionati.

Infine tra gli echinodermi che in questa stagione rappresentano una modesta frazione del totale campionato, la specie più rappresentata appartiene alla fase larvale del genere *Echinocardium*, echinoide irregolare tipicamente associabile a fondi mobili di detritico costiero e fanghi dell'infra-circa litorale.

Nel complesso anche per quanto concerne il contingente meroplanctonico della campagna I17 non si registrano differenze nella composizione della comunità attribuibili all'esercizio del rigassificatore.

Tabella 58 – 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
CNIDARIA				CRUSTACEA				<i>Palinurus elephas</i>	**		
<i>Actinula larvae ind</i>		*		Decapoda				<i>Parapaeneus longirostris</i>		*	*
<i>Efira ind</i>	*			<i>Achaeus cranchii</i>	*			<i>Parasergestes vigilax</i>	*		
MOLLUSCA				<i>Alpheus glaber</i>	*	*	*	<i>Philocheras bispinosus</i>	*	**	*
<i>Gastropoda larvae ind</i>	*	*	*	<i>Anapagurus laevis</i>	*	*	*	<i>Philocheras sculptus</i>	**		
<i>Bivalvia larvae ind</i>	*	*	*	<i>Athanas nitescens</i>	*	*		<i>Pirmela denticulata</i>	*	*	*
<i>Loligo sp</i>	**			<i>Athelecyclus rotundatus</i>	**			<i>Pisa sp</i>	**		
POLYCHAETA				<i>Bathynectes longipes</i>	*			<i>Pisidia sp</i>	*		
<i>Chaetopterus variopedatus</i>		*		<i>Cestopagurus timidus</i>	*	*		<i>Processa edulis edulis</i>	*	*	*
<i>Myriochele oculata</i>		*		<i>Ebalia nux</i>	*			<i>Sergia robusta</i>	*	*	*
<i>Owenia sp</i>		*		<i>Ebalia tuberosa</i>	*			<i>Solenocera membranacea</i>	*	*	
<i>Phyllodoceidae ind</i>		*	*	<i>Eurynome aspera</i>	*			ECHINODERMATA			
<i>Pholoe sp</i>	*	*	*	<i>Eusergestes arcticus</i>	*	*	*	<i>Amphiura sp</i>	*	*	
<i>Polynoidae larvae ind</i>		*		<i>Galathea intermedia</i>	*	**		<i>Brissopsis lyrifera</i>	*	*	
<i>Spionidae ind</i>	*	*	*	<i>Galathea squamifera</i>	*			<i>Echinocardium sp</i>	*	*	
<i>Syllidae ind</i>		*		<i>Galathea sp</i>	*			<i>Echinus sp</i>			*
<i>Terebellidae ind</i>	*	*	*	<i>Gennadas elegans</i>	*	*	*	<i>Ophiotrix fragilis</i>	*	*	*
<i>Polychaeta larvae ind</i>	*	*	*	<i>Goneplax rhomboides</i>	*	*	*	<i>Ophiura sp</i>	*		
<i>Trocofora ind</i>	*	*	*	<i>Liocarcinus sp</i>	*	*		<i>Sphaerechinus granularis</i>		*	
NEMERTEA				<i>Lucifer typus</i>	*			<i>Auricularia larvae ind</i>	*	*	*
<i>Pilidium larvae ind</i>		*	*	<i>Lysmata seticaudata</i>	*	*		<i>Bipinnaria larvae ind</i>	*		
SIPUNCULA				<i>Monodaeus couchii</i>	*			FORONIDEA			
<i>Sipuncula larvae ind</i>		*	*	<i>Pagurus sp</i>	*	*		<i>Actinotroca larvae ind</i>	*		*

Ittioplancton

Nel complesso sono stati raccolti 12 taxa, tra i quali si segnalano due nuovi ritrovamenti: *Argentina sphyraena* che ha il suo picco riproduttivo nel periodo invernale e *Trisopterus luscus* detto volgarmente merluzzetto bruno. (Tabella 59).

La distribuzione delle larve è prevalentemente superficiale e lo si evince dal numero di taxa presenti nei campioni orizzontali che raggiungono il maggior numero nella stazione I17 MG7 (10 taxa). Tuttavia larve di pesce sono presenti anche nelle fasce più profonde, in particolare tra la superficie e – 50 m di profondità.

Una sola specie è stata aggiunta alla checklist a seguito dell'osservazione *in toto* del campione: si tratta del triglide *Lepidotrigla cavillone*.

Il taxa dominante della campagna invernale si conferma il Clupeidae *Sardina pilchardus* (sardina) che concentra il periodo riproduttivo proprio nei mesi autunnali e invernali, in alternanza all'altra specie di pesce azzurro largamente presente invece in primavera-estate, *Engraulis encrasicolus* (acciuga).

E' stata campionata una sola specie abissale *Mauroliticus muelleri*.

Nel complesso per quanto concerne il contingente ittioplanctonico della campagna I17 non si registrano differenze nella composizione della comunità attribuibili all'esercizio del rigassificatore.

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
ARGENTINIDAE				GADIDAE				SPARIDAE			
<i>Argentina sphyraena</i>	*	**		GADIDAE ind	*			SPARIDAE ind	*	*	*
BOTHIDAE				<i>Trisopterus luscus</i>	*	*	*	STERNOPTYCHIDAE			
<i>Arnoglossus laterna</i>	*	**		<i>Trisopterus minutus</i>	*			<i>Mauroliticus muelleri</i>			*
CENTRISCIDAE				MUGILIDAE				TRIGLIDAE			
<i>Macroramphosus scolopax</i>	*			<i>Mugil cephalus</i>	*			<i>Lepidotrigla cavillone</i>	**		
CLUPEIDAE				SOLEIDAE				<i>Larvae ittio ind</i>	*	*	*
<i>Sardina pilchardus</i>	*	*	*	<i>Solea solea</i>	*	*	*	<i>Uova di Mauroliticus muelleri</i>	*	**	*
								<i>Uova di Uranoscopus scaber</i>			**
								<i>Uova ind</i>	*	*	*

4.1.4 Saggi eco tossicologici

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

Stazione	prof. (m)	Salinità (‰)	pH	Ossigeno disciolto (mg/l)	Stazione	prof. (m)	Salinità (‰)	pH	Ossigeno disciolto (mg/l)
Controllo									
I17 MG3	0,5	36	8,09	7,21	I17 MG9	0,5	38	8,29	6,70
	12,5	37	8,18	6,43		12,5	38	8,23	6,53
	50	38	8,34	6,57		50	36	8,13	6,58
I17 MG5	0,5	38	8,31	6,45	I17 MG10	0,5	35	8,24	6,28
	12,5	37	8,12	6,42		12,5	36	8,27	6,49
	50	38	8,26	7,80		50	36	8,18	6,40
I17 MG6	0,5	38	8,14	6,34	I17 MG12	0,5	38	8,28	7,03
	12,5	36	8,15	7,63		12,5	38	8,23	7,11
	50	36	8,20	7,03		50	38	8,18	7,63
I17 MG7	0,5	38	8,24	6,51	I17 MG13	0,5	36	8,18	6,40
	12,5	35	8,18	6,61		12,5	37	8,32	6,63
	50	38	8,28	6,61		50	38	8,15	7,51

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
I17 MG3	0,5	≥90	>90	-7,47	-6,62	assente	I17 MG9	0,5	≥90	>90	-7,29	6,21	assente
	12,5	≥90	>90	-2,72	-1,39			12,5	≥90	>90	-6,41	-6,55	
	50	≥90	>90	-1,42	-1,46			50	≥90	>90	-3,77	-2,09	
I17 MG5	0,5	≥90	>90	-7,81	-6,70		I17 MG10	0,5	≥90	>90	-4,55	-3,57	
	12,5	≥90	>90	-8,69	-7,25			12,5	≥90	>90	-10,81	-10,13	
	50	≥90	>90	-6,50	-6,01			50	≥90	>90	-13,55	-12,55	
I17 MG6	0,5	≥90	>90	-4,17	-3,63		I17 MG 12	0,5	≥90	>90	-12,32	-9,89	
	12,5	≥90	>90	-3,38	-2,93			12,5	≥90	>90	-8,47	-8,22	
	50	≥90	>90	-3,29	-1,16			50	≥90	>90	-10,32	-11,02	
I17 MG7	0,5	≥90	>90	-5,82	-2,43		I17 MG 13	0,5	≥90	>90	-9,11	-9,61	
	12,5	≥90	>90	-6,53	-4,87			12,5	≥90	>90	-11,33	-11,58	
	50	≥90	>90	-7,01	-6,31			50	≥90	>90	-12,82	-12,30	

QA/QC. Il test è stato effettuato con il lotto batterico n. 16H4096 (scadenza 09/18) Il valore della EC50 (15') = 9,36mg/l (LC= 7,48 mg/l e UC=11,73 mg/l) tramite la sostanza di riferimento ZnSO₄ 7H₂O e 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 6,53 mg/l (L.C. 95%: 5,15-9,21) 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.

Le inibizioni della crescita algale rispetto al controllo negativo hanno determinato i valori dell'EC20 che dimostrano la presenza di tossicità cronica bassa nei campioni di acqua I17 MG5 12,5, I17 MG6 (tutte le profondità), I17 MG7 (12,5 e 50 m), I17 MG9 (12,5 e 50 m) e I17 MG12 (tutte le profondità). Nei restanti campioni d'acqua non si osserva tossicità.

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						
I17 MG3	0,5	≥90/>100	10,15 ± 1,34	Assente	I17 MG9	0,5	≥90/>100	9,00 ± 0,91	Assente
	12,5	≥90/>100	12,4 ± 0,40			Bassa			
	50	≥90/>100	8,96 ± 3,17			Bassa			
I17 MG5	0,5	≥90/>100	12,96 ± 5,00	Assente	I17 MG10	0,5	≥90/>100	10,59 ± 1,61	Assente
	12,5	73,7/>100	6,78 ± 2,86	Bassa					
	50	≥90/>100	9,11 ± 0,67	Assente					
I17 MG6	0,5	89,2/>100	8,37 ± 0,06	Bassa	I17 MG12	0,5	75,6/>100	7,37 ± 0,06	Bassa
	12,5	89,5/>100	8,30 ± 0,07						
	50	79,0/>100	7,30 ± 0,06						
I17 MG7	0,5	≥90/>100	8,81 ± 0,46	Assente	I17 MG13	0,5	≥90/>100	9,37 ± 0,61	Assente
	12,5	85,4/>100	8,15 ± 0,17	Bassa					
	50	88,0/>100	8,44 ± 0,29	Bassa					

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* (73±10 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%: 1,49 mg/L-2,41 mg/L), valore che rientra all'interno della carta di controllo del laboratorio (1,49-2,41 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 8,06-8,12, salinità 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	-	12	12	10	5,6	assente									
I17 MG3	0,5	11	11	10	9,4	assente	I17 MG9	0,5	10	10	10	0,0	assente		
	12,5	11	11	10	6,7										
	50	11	10	10	3,3										
I17 MG5	0,5	12	10	10	2,8	assente	I17 MG10	0,5	11	10	11	9,4	assente		
	12,5	11	10	10	6,7										
	50	10	10	10	0,0										
I17 MG6	0,5	10	10	10	0,0	assente	I17 MG12	0,5	10	10	9	3,3	assente		
	12,5	11	10	10	9,7										
	50	10	10	10	6,7										
I17 MG7	0,5	12	10	9	9,3	assente	I17 MG13	0,5	11	10	12	9,1	assente		
	12,5	11	10	10	0,0										
	50	10	10	10	0,0										

Paracentrotus lividus

Il test eseguito con la sostanza di riferimento ha fornito il valore dell'EC50 di 17,92 µg l⁻¹ di Cu (LC=16,44 e UC=19,52), che rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio. La percentuale media di embrioni allo stadio di pluteo (83 ± 2,31%) 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 (\pm dev.st %)	% media di embrioni non sviluppati	Correzione ABBOTT (embrioni non sviluppati)	EC 20 (%)	EC 50 (%)	Tossicità
Controllo		83 \pm 2,31	17	0			assente
I17 MG 03/0,5	100	60 \pm 1,53	40	27	71,2	>100	Bassa
	50	70 \pm 1,53	30	15			
	25	81 \pm 1,73	19	2			
I17 MG 03/12,5	100	67 \pm 1,53	33	19	\geq 90	>100	Assente
	50	75 \pm 1,15	25	10			
	25	81 \pm 1,00	19	2			
I17 MG 03/50	100	66 \pm 1,53	34	20	\geq 90	>100	Assente
	50	74 \pm 1,15	26	10			
	25	81 \pm 1,53	19	2			
I17 MG 05/0,5	100	71 \pm 2,31	29	14	\geq 90	>100	Assente
	50	78 \pm 1,53	22	6			
	25	81 \pm 1,53	19	2			
I17 MG 05/12,5	100	72 \pm 2,00	28	13	\geq 90	>100	Assente
	50	78 \pm 1,53	22	5			
	25	82 \pm 1,73	18	1			
I17 MG 05/50	100	57 \pm 3,00	43	31	64,7	>100	Bassa
	50	70 \pm 0,58	30	16			
	25	81 \pm 0,58	19	2			
I17 MG 06/0,5	100	72 \pm 2,00	28	13	\geq 90	>100	Assente
	50	77 \pm 1,53	23	6			
	25	82 \pm 1,53	18	0			
I17 MG 06/12,5	100	51 \pm 2,52	49	38	53,1	>100	Bassa
	50	65 \pm 1,53	35	21			
	25	80 \pm 1,53	20	3			
I17 MG 06/50	100	68 \pm 1,53	32	17	\geq 90	>100	Assente
	50	77 \pm 1,53	23	6			
	25	81 \pm 1,75	19	2			
I17 MG 07/0,5	100	65 \pm 1,53	35	22	86,4	>100	Bassa
	50	72 \pm 2,65	28	13			
	25	81 \pm 1,15	19	2			
I17 MG 07/12,5	100	67 \pm 1,53	33	19	\geq 90	>100	Assente
	50	74 \pm 2,00	26	10			
	25	81 \pm 1,53	19	2			
I17 MG 07/50	100	66 \pm 2,00	34	20	\geq 90	>100	Assente
	50	76 \pm 1,53	24	8			
	25	82 \pm 1,15	18	1			
I17 MG 09/0,5	100	74 \pm 0,58	26	11	\geq 90	>100	Assente
	50	79 \pm 0,58	21	5			
	25	82 \pm 1,15	18	0			
I17 MG 09/12,5	100	58 \pm 2,00	42	30	62	>100	Bassa
	50	67 \pm 1,53	33	19			
	25	80 \pm 1,53	20	3			
I17 MG 09/50	100	69 \pm 2,08	31	17	\geq 90	>100	Assente
	50	76 \pm 1,53	24	8			
	25	82 \pm 2,00	18	1			
I17 MG10/0,5	100	64 \pm 2,00	36	23	80,5	>100	Bassa
	50	70 \pm 1,53	30	15			
	25	81 \pm 1,53	19	2			
I17 MG10/12,5	100	57 \pm 1,00	43	31	59,9	>100	Bassa
	50	66 \pm 0,58	34	20			
	25	81 \pm 2,08	19	2			
I17 MG 10/50	100	66 \pm 0,58	34	20	\geq 90	>100	Assente
	50	72 \pm 2,00	28	13			
	25	82 \pm 1,53	18	1			
I17 MG 12/0,5	100	65 \pm 1,53	35	22	86,4	>100	Bassa
	50	72 \pm 2,65	28	13			
	25	81 \pm 1,15	19	2			
I17 MG 12/12,5	100	67 \pm 1,53	33	19	\geq 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 (\pm dev.st %)	% media di embrioni non sviluppati	Correzione ABBOTT (embrioni non sviluppati)	EC 20 (%)	EC 50 (%)	Tossicità
	50	74 \pm 2,00	26	10			
	25	81 \pm 1,53	19	2			
I17 MG 12/50	100	66 \pm 2,00	34	20			
	50	76 \pm 1,53	24	8	\geq 90	>100	Assente
	25	82 \pm 1,15	18	1			
	100	74 \pm 0,58	26	11			
I17 MG 13/0,5	50	79 \pm 0,58	21	5	\geq 90	>100	Assente
	25	82 \pm 1,15	18	0			
I17 MG 13/12,5	100	58 \pm 2,83	42	30			
	50	67 \pm 1,41	33	19	62	>100	Bassa
	25	80 \pm 2,12	20	3			
	100	69 \pm 2,83	31	17			
I17 MG 13/50	50	76 \pm 1,41	24	8	\geq 90	>100	Assente
	25	82 \pm 1,41	18	1			

Presenza di tossicità cronica bassa è stata rilevata in alcuni campioni di acqua prelevati sia vicino (I17 MG 07/0,5; I17 MG10/12,5; I17 MG 06/12,5; I17 MG 12/0,5; I17 MG 13/12,5, sia lontano dal termonale (I17 MG 05/50, I17 MG 05/50; I17 MG 09/12,5, I17 MG10/0,5).

4.2 BIOTA

4.2.1 Macrozoobenthos

Lo studio ha portato alla raccolta e determinazione di 6164 individui appartenenti a 185 specie (Tabella 65) comprendenti policheti, molluschi, crostacei, sipunculidi, echinodermi, nemertini. La matrice di abbondanza specie x stazioni è riportata in Allegato 4 in accordo alla prescrizione 5 delle Determinine 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017.

Tabella 65 – Lista delle specie rinvenute nella campagna Inverno 2017 (I17).		
Anellidi		
<i>Acmira assimilis</i> (Tebble, 1959)	<i>Glycinde nordmanni</i> (Malmgren, 1866)	<i>Pectinaria auricoma</i> (O. F. Müller, 1776)
<i>Allia claudiae</i> (Laubier, 1967)	<i>Harmothoe impar</i> (Johnston, 1839)	<i>Pectinaria koreni</i> (Malmgren, 1866)
<i>Ampharete acutifrons</i> (Grube, 1860)	<i>Harmothoe sp</i>	<i>Pherusa sp</i>
<i>Amphicteis gunneri</i> (M. Sars, 1835)	<i>Harmothoe spinifera</i> (Ehlers, 1864)	<i>Phyllodoce lamelligera</i> (Linnaeus, 1791)
<i>Amphicteis midas</i> (Gosse, 1855)	<i>Heterospio sinica</i> Wu & Chen, 1966	<i>Phyllodoce lineata</i> (Claparède, 1870)
<i>Ancistrosyllis groenlandica</i> Mc Intosh, 1879	<i>Hyalinoecia tubicola</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Phyllodoce sp</i> Lamarck, 1818
<i>Aphelochaeta marioni</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Kefersteinia cirrata</i> (Keferstein, 1862)	<i>Pilargis verrucosa</i> (Saint-Joseph, 1899)
<i>Aponuphis bilineata</i> (Baird, 1870)	<i>Laonice cirrata</i> (M. Sars, 1851)	<i>Pista cristata</i> (O. F. Müller, 1776)
<i>Aponuphis fauveli</i> (Rioja, 1918)	<i>Levinsenia demiri</i> Çinar, Dagli & Acik, 2011	<i>Poecilochaetus fauchaldi</i> Pilato & Cantone, 1976
<i>Arabella geniculata</i> (Claparède, 1868)	<i>Levinsenia gracilis</i> (Tauber, 1879)	<i>Polycirrus sp</i> Grube, 1850
<i>Chaetozone caputesocis</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Lysidice unicornis</i> (Grube, 1840)	<i>Polydora ciliata</i> (Johnston, 1838)
<i>Chirimia biceps</i> (M. Sars, 1861)	<i>Maldane glebiflex</i> Grube, 1860	<i>Polygordius sp</i>
<i>Chloeia venusta</i> Quatrefages, 1865	<i>Marphysa bellii</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)	<i>Praxillella affinis</i> (M. Sars, 1872)
<i>Chone sp</i>	<i>Megalomma sp</i>	<i>Praxillella gracilis</i> (M. Sars, 1861)
<i>Cirrophorus branchiatus</i> Ehlers, 1908	<i>Melinna palmata</i> Grube, 1860	<i>Praxillella praetermissa</i> (Malmgren, 1865)
<i>Diplocirrus glaucus</i> Haase, 1915	<i>Metasychis gotoi</i> (Izuka, 1902)	<i>Prionospio ehlersi</i> Fauvel, 1928
<i>Dorvillea rudolphii</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Micronephthys maryae</i> San Martin, 1982	<i>Protodorvillea kefersteini</i> (Mc Intosh, 1869)
<i>Drilonereis filum</i> (Claparède, 1868)	<i>Minuspio cirrifera</i> Wiren, 1883	<i>Scalibregma inflatum</i> Rathke, 1843
<i>Eteone flava</i> (Fabricius, 1780)	<i>Monticellina dorsobranchialis</i> (Kirkegaard, 1959)	<i>Scolelepis foliosa</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)
<i>Eteone foliosa</i> Quatrefages, 1865	<i>Myriochele oculata</i> Zachs, 1923	<i>Scoletoma fragilis</i> (O.F. Müller, 1776)
<i>Eteone sp</i>	<i>Mystides borealis</i> Théel, 1879	<i>Sphaerodorum flavum</i> Örsted, 1845
<i>Euchone sp</i>	<i>Nephtys hystricis</i> Mc Intosh, 1900	<i>Spio filicornis</i> (O. F. Müller, 1776)
<i>Euclymene lumbricoides</i> (Quatrefages, 1865)	<i>Nereiphylla rubiginosa</i> (Saint-Joseph, 1888)	<i>Spio multioculata</i> (Rioja, 1918)

<i>Eumida sanguinea</i> (Örsted, 1843)	<i>Nothria conchylega</i> (M. Sars, 1835)	<i>Spiochaetopterus costarum</i> (Claparède, 1868)
<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Notomastus latericeus profundus</i> Eisig, 1887	<i>Spiophanes kroyeri</i> Grube, 1860
<i>Exogone meridionalis</i> Cognetti, 1955	<i>Ophelina acuminata</i> Örsted, 1843	<i>Sternaspis scutata</i> (Renier, 1807)
<i>Exogone</i> sp	<i>Panthalis oerstedii</i> Kinberg, 1855	<i>Sthenelais boa</i> Grube, 1860
<i>Exogone verugera</i> (Claparède, 1868)	<i>Paradiopatra calliopae</i> Arvanitidis & Koukouras, 1997	<i>Syllis parapari</i> San Martín & López, 2000
<i>Glycera alba</i> Verrill, 1900	<i>Paralacydonia paradoxa</i> Fauvel, 1913	<i>Terebellides stroemi</i> M. Sars, 1835
<i>Glycera tessellata</i> Grube, 1863	<i>Paraprionospio pinnata</i> (Ehlers, 1901)	<i>Thelepus triserialis</i> (Grube, 1855)
Artropodi		
<i>Akanthophoreus gracilis</i> (Krøyer, 1842)	<i>Gammaropsis</i> sp	<i>Megamphopus cornutus</i> Norman, 1869
<i>Alpheus glaber</i> (Olivi, 1792)	<i>Gnathia oxyuraea</i> (Lilljeborg, 1855)	<i>Metaphoxus simplex</i> Bate, 1857
<i>Ampelisca tenuicornis</i> Lilljeborg, 1855	<i>Goneplax rhomboides</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Paranymphon spinosum</i> Caullery, 1896
<i>Ampelisca typica</i> (Bate, 1856)	<i>Haploops nira</i> Kaim Malka, 1976	<i>Paraphoxus oculatus</i> (G.O. Sars, 1879)
<i>Anapagurus petiti</i> Dechancé & Forest, 1962	<i>Harpinia agna</i> G. Karaman, 1987	<i>Pardaliscella boeckii</i> (Malm, 1870)
<i>Anthura gracilis</i> (Montagu, 1808)	<i>Harpinia antennaria</i> Meinert, 1890	<i>Periculodes aequimanus</i> (Kossmann, 1880)
<i>Araphura brevimanus</i> (Lilljeborg, 1864)	<i>Harpinia crenulata</i> (Boeck, 1871)	<i>Periculodes l. longimanus</i> (Bate & Westwood, 1868)
<i>Callianassa</i> sp	<i>Harpinia dellavallei</i> Chevreux, 1910	<i>Perrierella audouiniana</i> (Bate, 1857)
<i>Campylaspis macrophthalma</i> Sars, 1879	<i>Hippomedon massiliensis</i> bellan-Santini, 1965	<i>Photis longicaudata</i> (Bate & Westwood, 1862)
<i>Carangoliopsis spinulosa</i> Ledoyer, 1970	<i>Lembos</i> sp	<i>Phtisica marina</i> Slabber, 1769
<i>Collettea cylindrata</i> (Sars, 1882)	<i>Leucon (Epileucon) longirostris</i> Sars, 1871	<i>Processa canaliculata</i> Leach, 1815
<i>Ebalia cranchii</i> Leach, 1817	<i>Leucon</i> sp 1	<i>Pseudotanais</i> sp
<i>Eriopisa elongata</i> (Bruzellius, 1859)	<i>Leucon</i> sp 2	<i>Rhachotropis</i> sp
<i>Eudorella nana</i> Sars, 1879	<i>Leucothoe lilljeborgi</i> Boeck, 1861	<i>Solenocera membranacea</i> (Risso, 1816)
<i>Eurydice</i> sp Leach, 1815	<i>Leucothoe oboa</i> G. Karaman, 1971	<i>Tryphosella longidactyla</i> Ruffo, 1985
<i>Eurydice spinigera</i> Hansen, 1890	<i>Liocarcinus maculatus</i> (Risso, 1827)	<i>Tuberapseudes echinatus</i> (G.O. Sars, 1882)
<i>Eurynome aspera</i> (Pennant, 1777)	<i>Lophogaster typicus</i> M. Sars, 1857	<i>Upogebia deltaura</i> (Leach, 1815)
<i>Gammaropsis maculata</i> (Johnston, 1827)	<i>Medicorophium rotundirostre</i> (Stephensen, 1915)	<i>Urothoe</i> sp Dana, 1852
Echinodermi		
<i>Amphipolis squamata</i> (Chiaje, 1829)	<i>Astropecten i. pentacanthus</i> (Delle Chiaje, 1825)	<i>Ophiura albida</i> Forbes, 1839
<i>Amphiura chiajei</i> Forbes, 1843	<i>Labidoplax digitata</i> (Montagu, 1815)	<i>Trachythone tergestina</i> (Sars, 1857)
<i>Amphiura filiformis</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Neocucumis marioni</i> (Marenzeller, 1878)	
Molluschi		
<i>Abra nitida</i> (O.F. Muller, 1776)	<i>Fusinus rostratus</i> (Olivi, 1792)	<i>Pandora pinna</i> (Montagu, 1803)
<i>Anomia ephippium</i> Linnaeus, 1758	<i>Hiatella arctica</i> (Linnaeus, 1767)	<i>Parvicardium minimum</i> (Philippi, 1836)
<i>Antalis inaequicostata</i> (Dautzenberg, 1891)	<i>Hiatella rugosa</i> (Linnaeus, 1767)	<i>Pitar rudis</i> (Poli, 1795)
<i>Batharca pectunculoides</i> (Scacchi, 1834)	<i>Hyla vitrea</i> (Montagu, 1803)	<i>Saccula commutata</i> (Philippi, 1844)
<i>Capulus ungaricus</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Mendicula ferruginosa</i> (Forbes, 1844)	<i>Thyasira alleni</i> Carozza, 1981
<i>Cardiomya costellata</i> (Deshayes, 1835)	<i>Modiolula phaseolina</i> (Philippi, 1844)	<i>Thyasira buplicata</i> (Philippi, 1836)
<i>Ennucula aegeensis</i> (Forbes, 1844)	<i>Myrtea spinifera</i> Conraine, 1835	<i>Thyasira granulosa</i> (Monterosato, 1874)
<i>Eulima glabra</i> (Da Costa, 1778)	<i>Neopycnodonte cochlear</i> (Poli, 1795)	<i>Timoclea ovata</i> (Pennant, 1777)
<i>Falcidens gutturosus</i> (Kowalevsky, 1901)	<i>Nucula sulcata</i> (Bronn, 1831)	
Sipunculidi		
<i>Aspidosiphon muelleri</i> Diesing, 1851	<i>Golfingia</i> sp	<i>Onchnesoma s. steenstrupii</i> Koren & Daniilssen, 1875
<i>Golfingia elongata</i> (Keferstein, 1863)	<i>Golfingia vulgaris</i> (Blainville, 1827)	<i>Phascolion strombus</i> (Montagu, 1804)
Nemertea		

Gli anellidi policheti risultano essere il gruppo dominante che con 5200 individui rappresentano oltre l'80% dell'abbondanza totale. Gli artropodi crostacei, secondi unicamente ai policheti costituiscono il 10% dell'abbondanza totale (582 individui). Seguono, nell'ordine, molluschi (248 individui) e echinodermi (51 individui), i primi con 4%, i secondi con appena l'1% di contributo all'abbondanza totale (**Figura 51**).

Più equilibrata risulta essere la ripartizione delle specie tra i vari gruppi, sebbene anche da questo punto di vista gli anellidi policheti si confermano il taxon dominante fornendo quasi la metà delle specie rinvenute (49%). Poco meno di un terzo del panorama faunistico è

fornito dagli artropodi (unicamente rappresentati dai crostacei) seguiti dai molluschi che rappresentano il 14% delle specie totali. Gli echinodermi forniscono appena il 4% di specie al panorama faunistico.

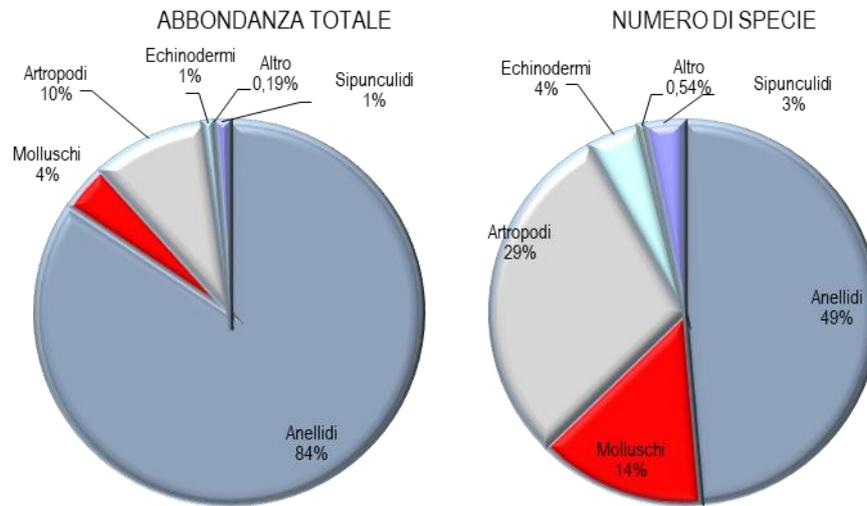


Figura 51 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti. Altro=nemertini.

Ai policheti appartengono le specie rinvenute col maggior numero di individui, tra le quali *Levinsenia demiri* (1484) *Paradiopatra calliopae* (1439 individui) e che costituiscono, rispettivamente il 24,1% e il 23,3% dell'abbondanza totale (Figura 52).

Ad esse seguono *Ampharete acutifrons* e *Aphelochaeta marioni* che rappresentano, complessivamente, circa il 14% dell'abbondanza totale.

Il contributo delle altre specie cala sensibilmente tanto che *Prionospio ehlersi* la quarta in ordine di importanza, costituisce poco più del 3% dell'abbondanza totale (3,2%).

Queste quattro specie rappresentano da sole oltre il 60% 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 173 specie (ossia 93,5% del totale) contribuiscono per meno dell'1% all'abbondanza totale. Inoltre il 25,4% circa delle specie è presente con un solo individuo.

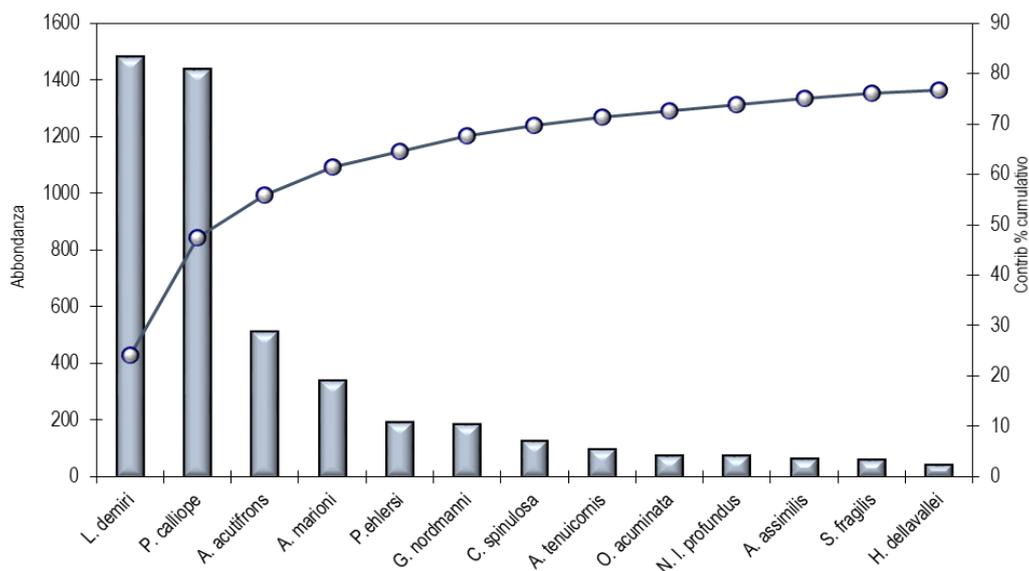


Figura 52 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti.

Pertanto tutti i pattern osservati dipendono in gran parte dalle variazioni di abbondanza di queste specie. Dalla Simper analysis si ottiene che la similarità tra repliche all'interno della stessa stazione è sempre maggiore del 60% con un minimo in I17 MG12 (60,24 %) e un massimo in I17 MG 2 (68,71%) oscillando intorno a una media complessiva di $64,5 \pm 2,4\%$.

Dalla medesima analisi, inoltre, si evince che *Levinsenia demiri* e *Paradiopatra calliopae* sono le specie che maggiormente contribuiscono alla similarità tra repliche tanto che, con la sola eccezione di I17 MG1, apportano un contributo complessivo sempre maggiore del 50% con percentuali massime prossime (I17 MG6, I17 MG10, I17 MG14) o leggermente superiori al 70% (I17 MG11, I17 MG4).

Nel piano di ordinamento (**Figura 53**) ottenuto dal non-Metric Multidimensional Scaling (n-MDS) si osserva che le stazioni non risultano distribuite nel plot in accordo alla loro posizione geografica o alla distanza dall'FSRU.

Esse risultano essere disperse nel piano senza formare cluster riconducibili alla loro reale distribuzione spaziale né alla presenza del rigassificatore.

Dalla Simper analysis si evince che i valori di (dis)similarità tra stazioni sono, complessivamente paragonabili a quelli tra repliche e, pertanto, prevalentemente superiori al 60% con un massimo di 66,5% osservato tra I17 MG2 vs I17 MG9. È la stessa stazione I17 MG9 a mostrare le differenze maggiori verso le stazioni I17 MG6 (47,69%), I17 MG10 (48,16%), I17 MG7 (47,27%), I17 MG11 (49,12%). In tutti i casi le differenze sono dovute ai minori valori di abbondanza che *P. calliope* e *L. demiri* esibiscono in questa stazione.

Questi dati sono in accordo con la diversa composizione del detrito osservata in I17 MG9 dove è stata rilevata una elevata (50%) percentuale di biodeposito dominato da briozoi che in così grande quantità sono sempre stati rinvenuti unicamente in questa stazione.

Nelle altre stazioni il residuo presente è costituito generalmente da fibra vegetale, biodeposito conchifero (per lo più bivalvi e gasteropodi) e sabbia minerale, presenti però in percentuali molto variabili. Il detrito vegetale di origine terrigena risulta in alcuni siti abbondante (70-80%) come ad esempio in I17 MG4 e I17 MG6 e in I17 MG10 rappresenta, addirittura, la quasi totalità del campione.

Questa componente è quasi assente nel I17 MG11, mentre nelle restanti stazioni rappresenta il 30-40% del residuo.

Anche nel caso delle differenze le specie *Levinsenia demiri*, *Paradiopatra calliopae* affiancate da *Aphelochaeta marioni* e/o da *Ampharete acutifrons* sono le specie che danno il contributo maggiore, anche se talvolta modesto in valore assoluto, ed oscilla tra il 10 e il 20%.

Pertanto le differenze sono complessivamente dovute a bassi contributi apportati da molte specie. Tale pattern è in accordo alla presenza di un largo numero di specie con valori bassi di abbondanza.

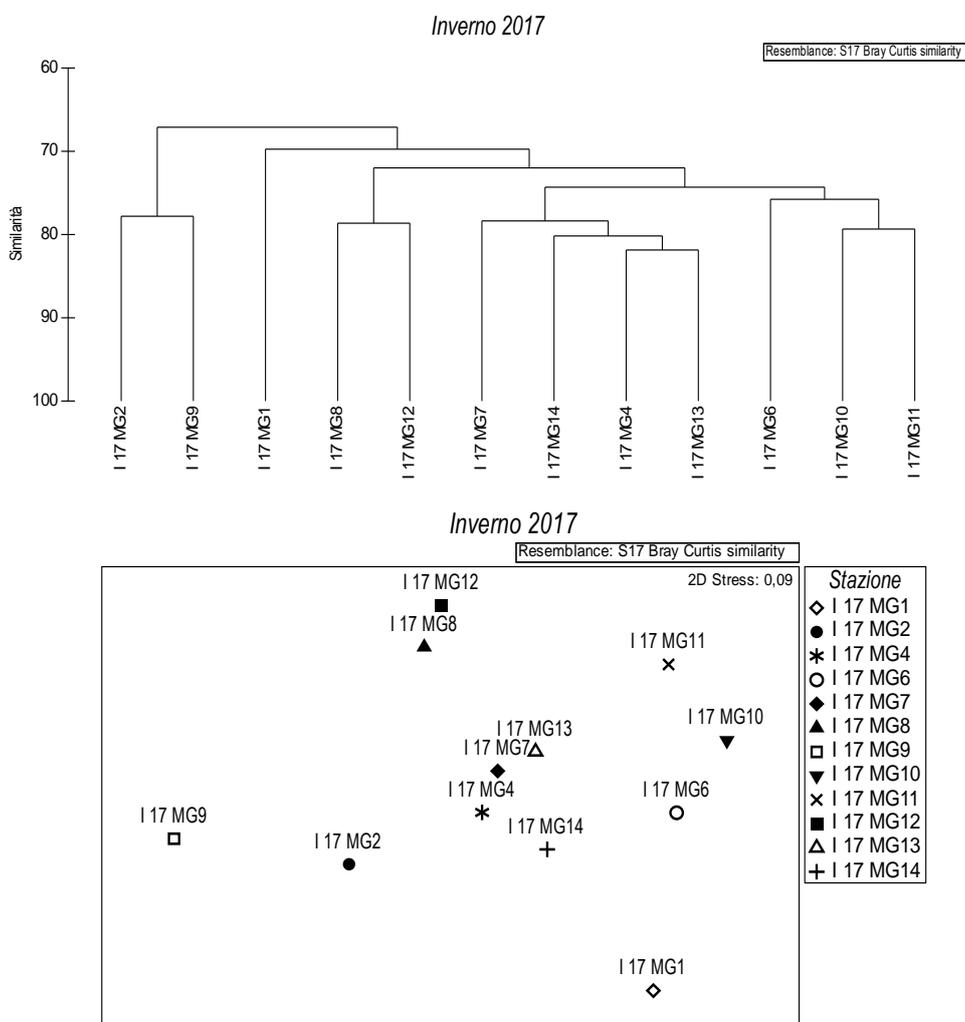


Figura 53 - Risultati della cluster analysis (group average) in alto e piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, in basso. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.

Nella **Tabella 66** sono riportati i valori degli indici strutturali. Anche essi non mostrano pattern relazionabili alla presenza dell'FSRU. Si sottolinea che in I17 MG6, ossia presso il rigassificatore, si osserva il maggior numero di specie e, insieme a I17 MG10, il più elevato valore di abbondanza.

All'opposto troviamo la stazione I17 MG9 che ha circa la metà delle specie rilevate in I17 MG6 e circa un 30% in meno di abbondanza.

Stazioni	S	N	H'(log ₂)	d	J
I17 MG1	39,75 ± 10,24	149,00 ± 53,10	4,16 ± 0,41	7,74 ± 1,55	0,79 ± 0,03
I17 MG2	31,25 ± 5,12	107,25 ± 21,01	3,91 ± 0,22	6,46 ± 0,83	0,79 ± 0,01
I17 MG4	23,00 ± 2,45	111,75 ± 48,69	3,14 ± 0,10	4,67 ± 0,43	0,69 ± 0,03
I17 MG6	52,50 ± 8,02	190,50 ± 20,86	4,44 ± 0,27	9,82 ± 1,46	0,78 ± 0,02
I17 MG7	31,50 ± 7,59	112,25 ± 21,84	3,82 ± 0,42	6,44 ± 1,38	0,77 ± 0,03
I17 MG8	24,25 ± 3,30	91,75 ± 25,72	3,42 ± 0,10	5,16 ± 0,42	0,75 ± 0,03
I17 MG9	20,00 ± 1,83	86,00 ± 14,21	3,32 ± 0,20	4,27 ± 0,38	0,77 ± 0,04
I17 MG10	41,25 ± 7,80	191,25 ± 41,33	3,70 ± 0,28	7,65 ± 1,25	0,69 ± 0,02
I17 MG11	32,75 ± 3,59	140,25 ± 22,11	3,46 ± 0,16	6,43 ± 0,60	0,69 ± 0,02
I17 MG12	28,50 ± 7,59	93,75 ± 18,63	3,81 ± 0,49	6,04 ± 1,49	0,79 ± 0,03
I17 MG13	31,75 ± 2,87	131,25 ± 16,34	3,60 ± 0,12	6,31 ± 0,53	0,72 ± 0,01
I17 MG14	28,50 ± 13,13	136,00 ± 53,54	3,52 ± 0,66	5,54 ± 2,20	0,74 ± 0,04

4.2.2 Meiobenthos

Dati delle singole stazioni

La stazione I17 MG1 è caratterizzata dalla presenza di sedimento sabbioso misto a silt. La meiofauna è costituita da otto gruppi tassonomici, per un popolamento complessivo di soli $38,3 \pm 8,2$ ind./10 cm².

I Nematodi sono il taxon dominante ($24,0 \pm 11,3$ ind./10 cm²) e rappresentano il 62,7% della meiofauna totale. Seguono i Copepodi ($6,7 \pm 4,8$ ind./10 cm²; 17,6%), i taxa normalmente meno abbondanti raggruppati nella categoria "Altri" ($2,9 \pm 2,1$ ind./10 cm²; 7,7%); i Policheti ($2,9 \pm 1,6$ ind./10 cm²; 7,6%) e i Nauplii ($1,7 \pm 3,4$ ind./10 cm²; 4,4%).

Dei quattro taxa meno abbondanti, Anfipodi, Ostracodi e Oligocheti superano l'1% del popolamento (**Tabella 67**; **Figura 54**). In questa stazione si osservano basse densità anche se i valori degli indici di diversità di Shannon-Wiener e di equità di Pielou risultino superiori alla media riscontrata nell'area (**Tabella 69**).

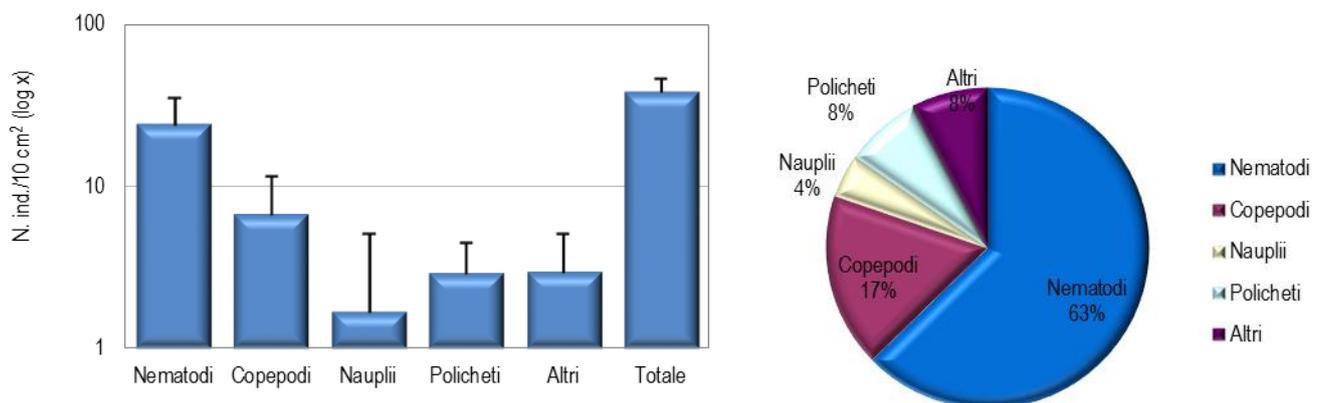


Figura 54 - Stazione I17 MG1. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Tabella 67 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni I17 MG1, I17 MG2, I17 MG4, I17 MG6, I17 MG7, I17 MG8. Densità media (\pm 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.

	I17 MG1		I17 MG2		I17 MG4		I17 MG6		I17 MG7		I17 MG8	
	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%
Nematoda	24,0 \pm 11,3	62,7	111,2 \pm 47,5	84,1	71,2 \pm 79,4	82,9	142,3 \pm 86,5	85,3	94,3 \pm 139,7	70,7	69,9 \pm 30,6	68,6
Copepoda	6,7 \pm 4,8	17,6	7,6 \pm 6,8	5,7	4,6 \pm 2,1	5,4	6,3 \pm 4,2	3,8	12,6 \pm 21,9	9,5	7,6 \pm 6,8	7,4
Nauplii	1,7 \pm 3,4	4,4	2,9 \pm 2,9	2,2	3,4 \pm 3,9	3,9	1,7 \pm 1,9	1,0	2,5 \pm 5,1	1,9	4,6 \pm 7,2	4,5
Polychaeta	2,9 \pm 1,6	7,6	10,1 \pm 6,0	7,6	6,7 \pm 4,6	7,8	13,5 \pm 6,6	8,1	19,4 \pm 22,2	14,5	8,0 \pm 4,8	7,9
Kinorhyncha	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,3	0,4 \pm 0,8	0,3	-	-
Tanaidacea	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,3	0,4 \pm 0,8	0,3	0,4 \pm 0,8	0,4
Ostracoda	0,7 \pm 1,5	1,9	-	-	-	-	0,8 \pm 1,0	0,5	-	-	-	-
Amphipoda	2,1 \pm 1,7	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ophiuroidea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Isopoda	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,3	1,3 \pm 0,8	1,2
Cumacea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Solenogastres	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8 \pm 1,0	0,8
Bivalvi	-	-	0,4 \pm 0,8	0,3	-	-	-	-	1,3 \pm 2,5	0,9	-	-
Caudofoveata	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,3	-	-	0,8 \pm 1,7	0,8
Nemertea	0,4 \pm 0,8	0,3	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,3	1,3 \pm 2,5	0,9	-	0,0
Oligochaeta	0,8 \pm 1,0	2,2	-	-	-	-	-	-	0,8 \pm 1,7	0,6	7,6 \pm 6,8	7,4
Acarina	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,3	-	-	0,8 \pm 1,0	0,8
Altri (Σ Kino-Aca)	2,9 \pm 2,1	7,7	0,4 \pm 0,8	0,3	-	-	2,9 \pm 2,9	1,8	4,6 \pm 9,3	3,5	11,8 \pm 5,0	11,6
Meiofauna totale	38,3 \pm 8,2	-	132,2 \pm 61,4	-	85,9 \pm 88,6	-	166,8 \pm 93,5	-	133,5 \pm 197,8	-	101,9 \pm 47,1	-

La stazione I17 MG2 si caratterizza per il sedimento di tipo sabbioso con silt e detrito vegetale. L'analisi della popolazione meiobentonica ha evidenziato la presenza di soli cinque taxa principali per una densità complessiva di $132,2 \pm 61,4$ ind./10 cm². Il taxon dominante è quello dei Nematodi che formano l'84,1% del popolamento meiobentonico complessivo, con una densità di $111,2 \pm 47,5$ ind./10 cm². Seguono i Policheti ($10,1 \pm 6,0$ ind./10 cm²; 7,6%), i Copepodi ($7,6 \pm 6,8$ ind./10 cm²; 5,7%) e i Nauplii ($2,9 \pm 2,9$ ind./10 cm²; 2,2%). I Bivalvi rappresentano il quinto e ultimo taxon che caratterizza questo sito, costituendo lo 0,3% della biocenosi (**Tabella 67**; **Figura 55**). I valori degli indici di diversità di Shannon-Wiener e di ricchezza di Margalef risultano bassi e nettamente inferiori alla media riscontrata nell'area, mentre l'equitabilità di Pielou è pari ad essa (**Tabella 69**).

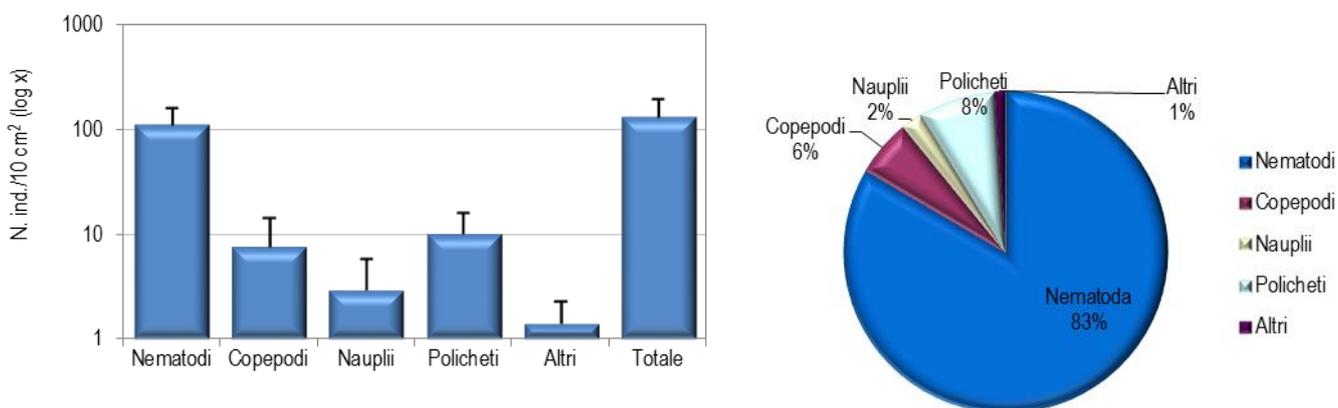


Figura 55 - Stazione I17 MG2. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento prelevato nella stazione I17 MG4 è costituito da sabbia mista a silt e detrito vegetale. Lo studio faunistico ha portato al rinvenimento di soli quattro gruppi meiobentonici, per una densità media complessiva di $85,9 \pm 88,6$ ind./10 cm² (**Tabella 67**). I Nematodi esibiscono una densità pari a $71,2 \pm 79,4$ ind./10 cm², con una percentuale sul meiobenthos totale del 82,9%, e sono seguiti dai Policheti ($6,7 \pm 4,6$ ind./10 cm²; 7,8%), Copepodi ($4,6 \pm 2,1$ ind./10 cm²; 5,4%) e Nauplii ($3,4 \pm 3,9$ ind./10 cm²; 3,9%) (**Tabella 67**; **Figura 56**). I valori degli indici di diversità di Shannon-Wiener e di ricchezza di Margalef risultano bassi e inferiori alla media rilevata nell'area, mentre l'equitabilità di Pielou risulta superiore ad essa (**Tabella 69**).

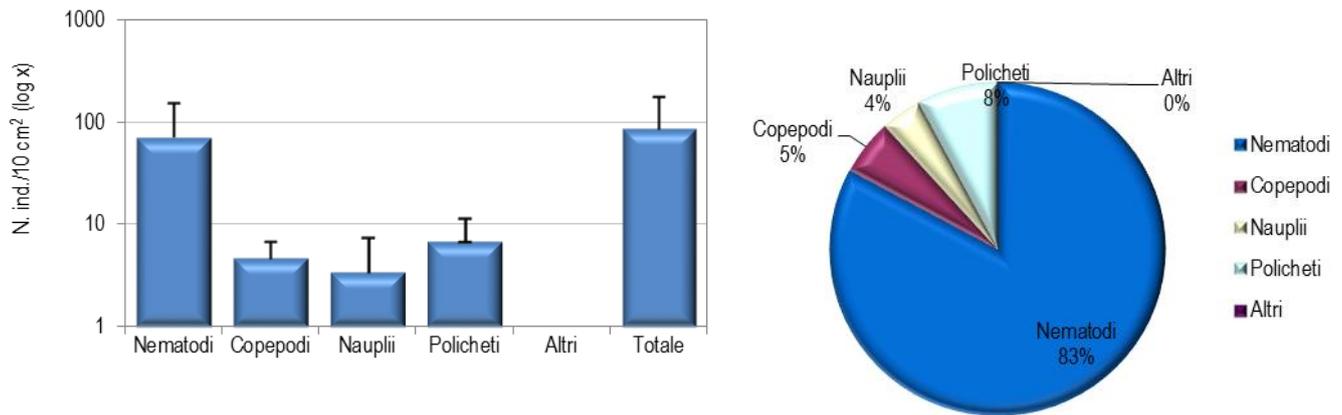


Figura 56 - Stazione I17 MG4. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione I17 MG6 è costituito da sabbia fine con silt e a detrito vegetale. Nei campioni sono stati rinvenuti i rappresentanti di dieci gruppi tassonomici per una densità complessiva di $166,8 \pm 93,5$ ind./10 cm² (**Tabella 67**). I Nematodi, taxon dominante, raggiungono la densità di $142,3 \pm 86,5$ ind./10 cm², contribuendo per il 85,3% al popolamento complessivo; seguono i Policheti ($13,5 \pm 6,6$ ind./10 cm²; 8,1%), i Copepodi ($6,3 \pm 4,2$ ind./10 cm²; 3,8%) e i Nauplii ($1,7 \pm 1,9$ ind./10 cm²; 1,0%). I sei taxa numericamente meno abbondanti rappresentano l'1,8% della biocenosi ("Altri"; $2,9 \pm 2,9$ ind./10 cm²); nessuno di questi raggiunge l'1% del popolamento complessivo (**Tabella 67**; **Figura 57**). 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**).

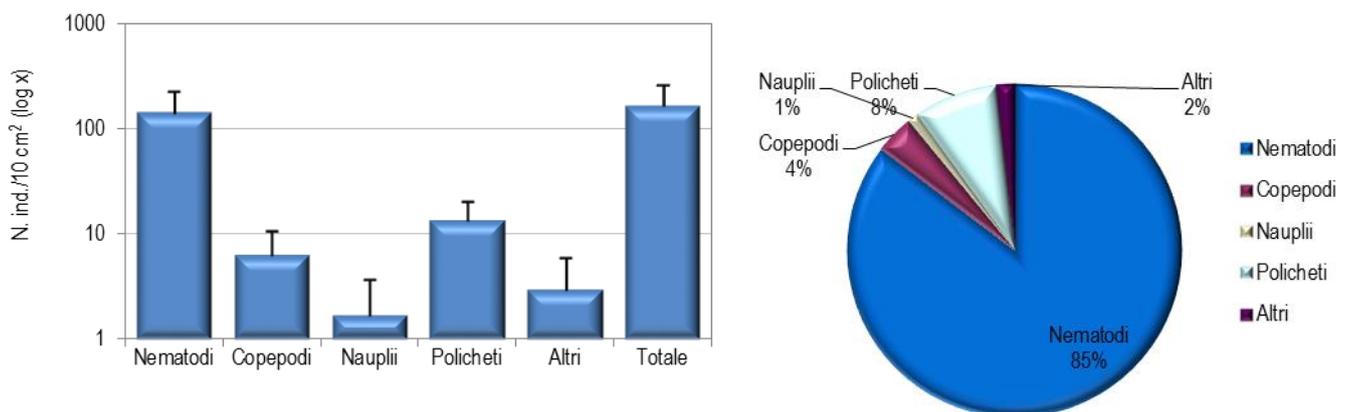


Figura 57 - Stazione I17 MG6. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento prelevato nella stazione I17 MG7 è costituito da sabbia fine mista a silt, con detrito vegetale. La biocenosi meiobentonica presenta dieci major taxa, con una densità media totale di $133,5 \pm 197,8$ ind./10 cm². Il gruppo dominante è quello dei Nematodi, che contribuisce con il 70,7% al popolamento complessivo ($94,3 \pm 139,7$ ind./10 cm²). Seguono i Policheti ($19,4 \pm 22,2$ ind./10 cm²; 14,5%), i Copepodi ($12,6 \pm 21,9$ ind./10 cm²; 9,5%) e, infine, i Nauplii ($2,5 \pm 5,1$ ind./10 cm²; 1,9%). I rimanenti sei gruppi presenti costituiscono il 3,5% della meiofauna totale ($4,6 \pm 9,3$ ind./10 cm²); nessuno di questi supera l'1,0% del popolamento complessivo (**Tabella 67**; **Figura 58**). Il valore dell'indice di equitabilità di Pielou corrisponde alla media riscontrata nell'area, mentre gli indici di diversità di Shannon-Wiener e di ricchezza di Margalef risultano superiori ad essa (**Tabella 69**).

La stazione I17 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 undici gruppi tassonomici, la cui densità complessiva raggiunge i $101,9 \pm 47,1$ ind./10 cm² (**Tabella 67**, **Tabella 69**). Ancora una volta i Nematodi risultano il gruppo dominante, con una percentuale che raggiunge il 68,6% (densità: $69,9 \pm 30,6$ ind./10 cm²). Seguono i sette taxa meno abbondanti, raggruppati nella categoria "Altri" ($11,8 \pm 5,0$ ind./10 cm²; 11,6%), i Policheti ($8,0 \pm 4,8$ ind./10 cm²; 7,9%), i Copepodi ($7,6 \pm 6,8$ ind./10 cm²; 7,4%) e i Nauplii ($4,6 \pm 7,2$ ind./10 cm²; 4,5%). Tra i taxa meno abbondanti, solo Oligocheti e Isopodi superano la soglia dell'1% del popolamento complessivo (**Figura 59**). In questa stazione gli indici di diversità Shannon-Wiener, di ricchezza di Margalef e di equitabilità di Pielou risultano superiori alla media calcolata per l'area (**Tabella 69**).

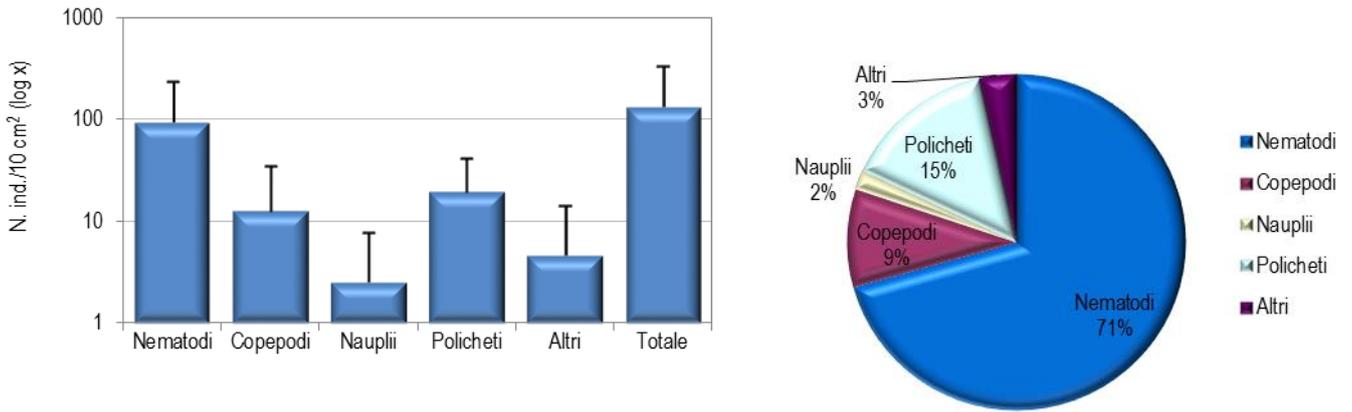


Figura 58 - Stazione I17 MG7. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

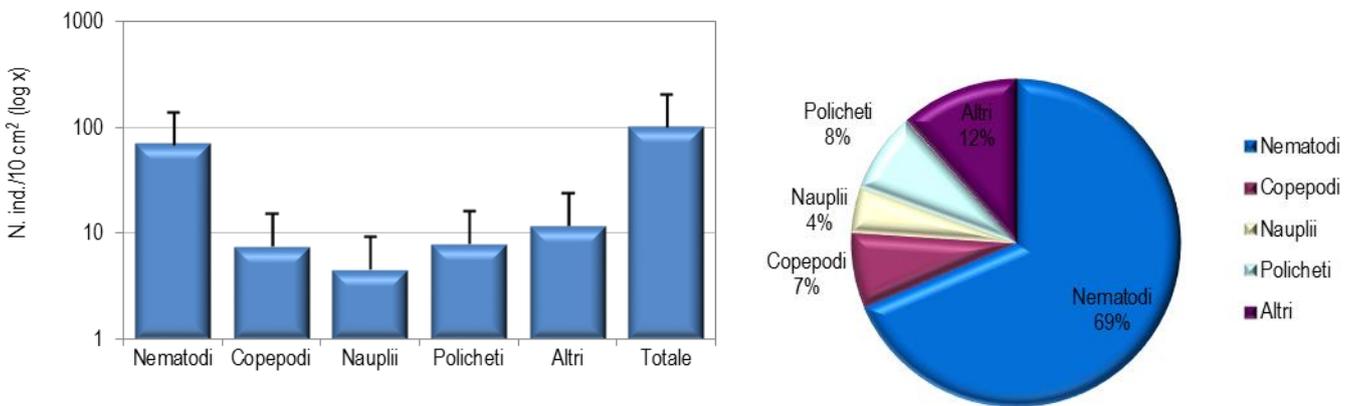


Figura 59 - Stazione I17 MG8. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione I17 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 soli 27,0 ± 6,7 ind./10 cm², la più bassa riscontrata nell'area (Tabella 68, Tabella 69). I Nematodi risultano il taxon dominante (17,3 ± 9,4 ind./10 cm²) rappresentando il 63,9% della meiofauna totale, seguiti dai Copepodi, taxon subdominante (4,2 ± 2,9 ind./10 cm²; 15,6%), dai Nauplii (3,8 ± 1,6 ind./10 cm²; 14,0%), dai taxa meno abbondanti (1,3 ± 1,6 ind./10 cm²; 4,7%) e, infine, dai Policheti (0,4 ± 0,8 ind./10 cm²; 1,6%). Ciascuno dei tre taxa meno abbondanti, Tanaidacei, Anfipodi e Caudofoveati supera la soglia dell'1% della biocenosi (Tabella 68; Figura 60). Gli indici strutturali registrati in questa stazione risultano superiori alla media registrata nell'area (Tabella 69).

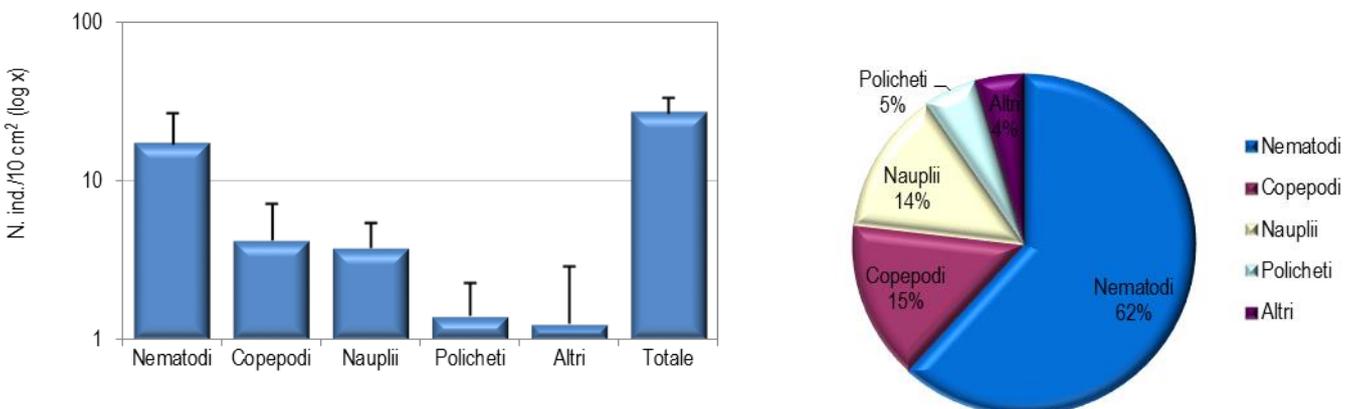


Figura 60 - Stazione I17 MG9. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Tabella 68 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni I17 MG9, I17 MG10, I17 MG11, I17 MG12, I17 MG13, I17 MG14. Densità media (\pm 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.

	I17 MG9		I17 MG10		I17 MG11		I17 MG12		I17 MG13		I17 MG14	
	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%
Nematoda	17,3 \pm 9,4	63,9	61,1 \pm 52,4	81,4	156,7 \pm 97,4	74,2	75,8 \pm 124,8	77,6	101,1 \pm 56,6	72,3	27,0 \pm 29,6	80,9
Copepoda	4,2 \pm 2,9	15,6	1,7 \pm 1,9	2,2	21,5 \pm 16,3	10,2	9,3 \pm 17,4	9,5	8,7 \pm 13,0	6,3	1,7 \pm 2,4	5,1
Nauplii	3,8 \pm 1,6	14,0	0,4 \pm 0,8	0,5	2,5 \pm 2,2	1,2	2,1 \pm 3,2	2,2	0,8 \pm 1,7	0,6	0,4 \pm 0,8	1,3
Polychaeta	0,4 \pm 0,8	1,6	4,6 \pm 3,7	6,2	18,1 \pm 10,0	8,6	6,3 \pm 11,5	6,5	16,0 \pm 9,8	11,4	2,9 \pm 3,5	8,9
Kinorhyncha	-	-	0,4 \pm 0,8	0,6	1,2 \pm 1,6	0,6	1,3 \pm 2,5	1,3	-	-	-	-
Tanaidacea	0,4 \pm 0,8	1,6	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,4	-	-	-	-
Ostracoda	-	-	0,4 \pm 0,8	0,6	0,4 \pm 0,8	0,2	1,3 \pm 2,5	1,3	-	-	-	-
Amphipoda	0,4 \pm 0,8	1,6	-	-	0,8 \pm 1,0	0,4	-	-	-	-	-	-
Ophiuroidea	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,0	0,4	-	-	-	-
Isopoda	-	-	-	-	2,1 \pm 4,2	1,0	-	-	-	-	-	-
Cumacea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	1,3
Solenogastres	-	-	0,4 \pm 0,8	0,6	2,1 \pm 3,2	1,0	-	-	-	-	-	-
Bivalvi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Caudofoveata	0,4 \pm 0,8	1,6	0,8 \pm 1,0	1,1	0,4 \pm 0,8	0,2	0,4 \pm 0,8	0,4	-	-	-	-
Nemertea	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-	0,4 \pm 0,8	0,3	-	-
Oligochaeta	-	-	5,1 \pm 4,1	6,7	3,8 \pm 5,4	1,8	0,4 \pm 0,8	0,4	3,4 \pm 4,1	2,4	0,4 \pm 0,8	1,3
Acarina	-	-	-	-	0,8 \pm 1,7	0,4	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	1,3
Altri (Σ Kino-Aca)	1,3 \pm 1,6	4,7	7,2 \pm 5,6	9,5	12,2 \pm 7,2	5,8	4,2 \pm 7,3	4,3	4,6 \pm 4,2	3,3	1,3 \pm 1,6	3,8
Meiofauna totale	27,0 \pm 6,7	-	75,0 \pm 61,7	-	211,0 \pm 116,6	-	97,7 \pm 164,1	-	139,8 \pm 88,1	-	33,3 \pm 33,0	-

La stazione I17 MG10 è caratterizzata dalla presenza di sabbia fine mista a silt e detrito vegetale, nella quale sono stati individuati nove taxa meiobentonici, con una densità media totale di 75,0 \pm 61,7 ind./10 cm² (**Tabella 68**, **Tabella 69**). Analogamente ad altri siti, i Nematodi rappresentano il gruppo dominante, con una densità media pari a 61,1 \pm 52,4 ind./10 cm², contribuendo per l'81,4% al popolamento meiobentonico complessivo. Seguono i taxa meno abbondanti ("Altri"; 7,2 \pm 5,6 ind./10 cm²; 9,5%), i Policheti (4,6 \pm 3,7 ind./10 cm²; 6,2%), i Copepodi (1,7 \pm 1,9 ind./10 cm²; 2,2%) e i Nauplii (0,4 \pm 0,8 ind./10 cm²; 0,5%) (**Tabella 68**; **Figura 61**). Dei cinque taxa meno abbondanti solo gli Oligocheti e i Caudofoveati superano l'1% del totale (**Tabella 68**). Il valore dell'indice di ricchezza di Margalef è superiore alla media registrata per l'area, l'equitabilità di Pielou risulta pari ad essa, mentre la diversità Shannon-Wiener è inferiore a questo valore (**Tabella 69**).

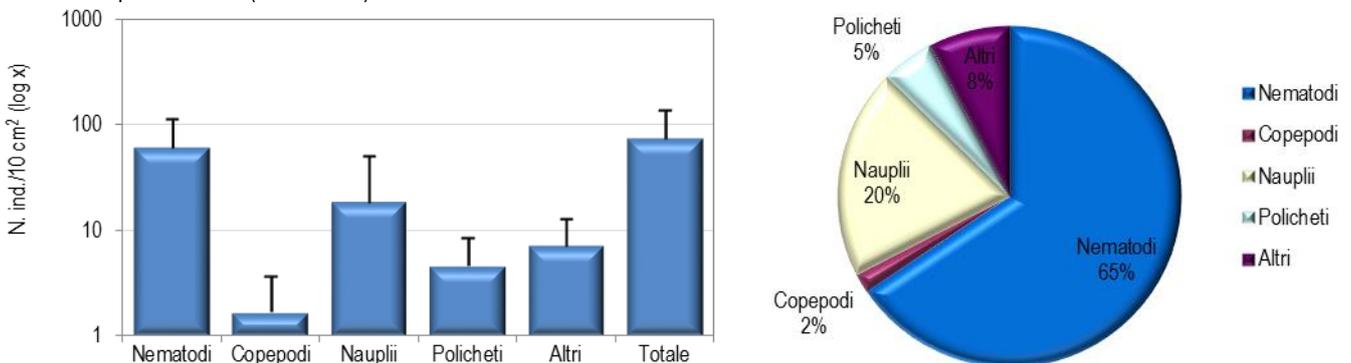


Figura 61 - Stazione I17 MG10. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione I17 MG11 è costituito da sabbia fine mista a silt e da una frazione di detrito vegetale. Sono stati rinvenuti i rappresentanti di tredici gruppi meiobentonici, per una densità media complessiva pari a 211,0 \pm 116,6 ind./10 cm². Dominano i Nematodi (densità media: 156,7 \pm 97,4 ind./10 cm²), con un apporto complessivo del 74,2% (**Tabella 68**). Seguono i Copepodi (densità: 21,5 \pm 16,3 ind./10 cm²; 10,2%), i Policheti (18,1 \pm 10,0 ind./10 cm²; 8,6%), i taxa meno abbondanti raggruppati nella categoria "Altri" (12,2 \pm 7,2 ind./10 cm²; 5,8%) e i Nauplii (2,5 \pm 2,2 ind./10 cm²; 1,2%). Dei nove taxa meno abbondanti Oligocheti, Solenogastri e Isopodi superano l'1,0% del totale (**Tabella 68**; **Figura 62**). Il valore dell'indice di equitabilità di Pielou corrisponde alla media riscontrata nell'area, mentre gli indici di diversità di Shannon-Wiener e di ricchezza di Margalef risultano superiori ad essa (**Tabella 69**).

Il sedimento prelevato nella stazione I17 MG12 è costituito da sabbia mista a silt, contenente detrito vegetale. Sono stati rinvenuti dieci taxa, con abbondanza media totale pari a 97,7 \pm 164,1 ind./10 cm². I Nematodi, taxon dominante, hanno una densità media pari a 75,8 \pm 124,8 ind./10 cm², corrispondente al 77,6% del popolamento complessivo. Seguono i Copepodi (9,3 \pm 17,4 ind./10 cm²; 9,5%), i Policheti (6,3 \pm 11,5 ind./10 cm²; 6,5%), i taxa meno abbondanti ("Altri"; 4,2 \pm 7,3 ind./10 cm²; 4,3%) e infine i Nauplii (2,1 \pm 3,2 ind./10 cm²; 2,2%). Dei sei taxa raggruppati sotto la voce "Altri", solo Chinorinchi e Ostracodi superano l'1,0% del popolamento (**Tabella 68**; **Figura 63**). Il valore dell'indice di ricchezza di Margalef è superiore alla media riscontrata nell'area, mentre gli indici di diversità di Shannon-Wiener e di equitabilità di Pielou corrispondono ad essa (**Tabella 69**).

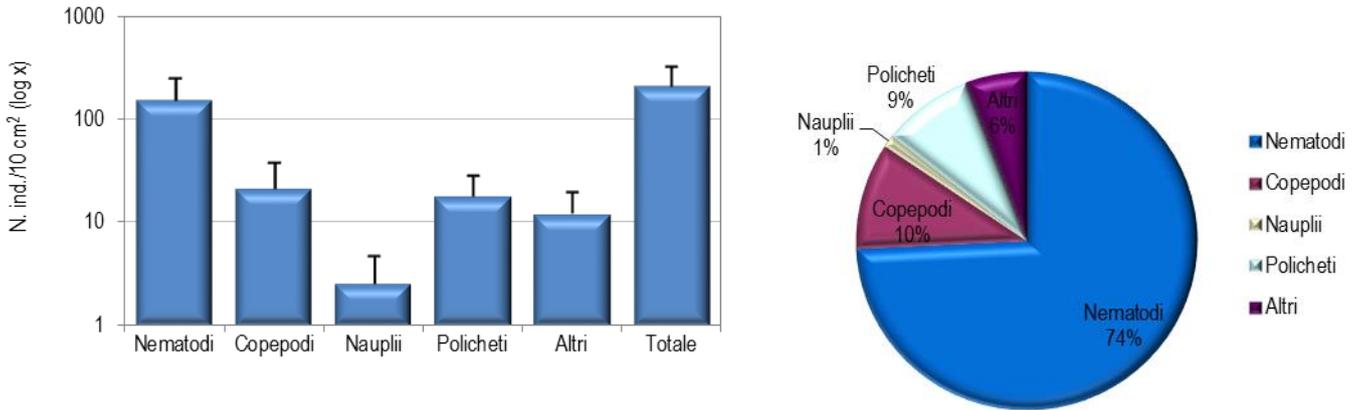


Figura 62 - Stazione I17 MG11. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

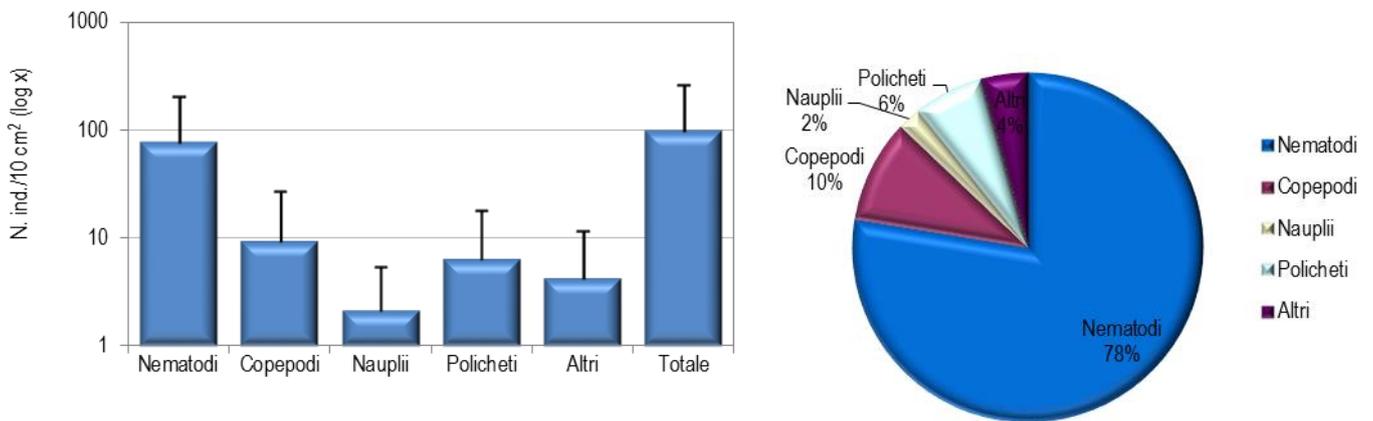


Figura 63 - Stazione I17 MG12. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione I17 MG13, costituito da sabbia fine mista a silt e con detrito vegetale, ospita sei taxa meiobentonici con una densità complessiva pari a $139,8 \pm 88,1$ ind./10 cm² (**Tabella 68**). Domina il gruppo dei Nematodi ($101,1 \pm 56,6$ ind./10 cm²), che costituiscono il 72,3% del popolamento totale. Seguono Policheti ($16,0 \pm 9,8$ ind./10 cm²; 11,4%), Copepodi ($8,7 \pm 13,0$ ind./10 cm²; 6,3%), i taxa raggruppati in "Altri" ($4,6 \pm 4,2$ ind./10 cm²; 3,3%) e i Nauplii ($0,8 \pm 1,7$ ind./10 cm²; 0,6%). Dei taxa meno abbondanti solo gli Oligocheti superano l'1% (**Tabella 68; Figura 64**). In questa stazione il valore dell'indice di ricchezza di Margalef risulta inferiore alla media registrata nell'area, mentre l'equitabilità di Pielou è superiore ad essa e la diversità di Shannon-Wiener corrisponde ad essa (**Tabella 69**).

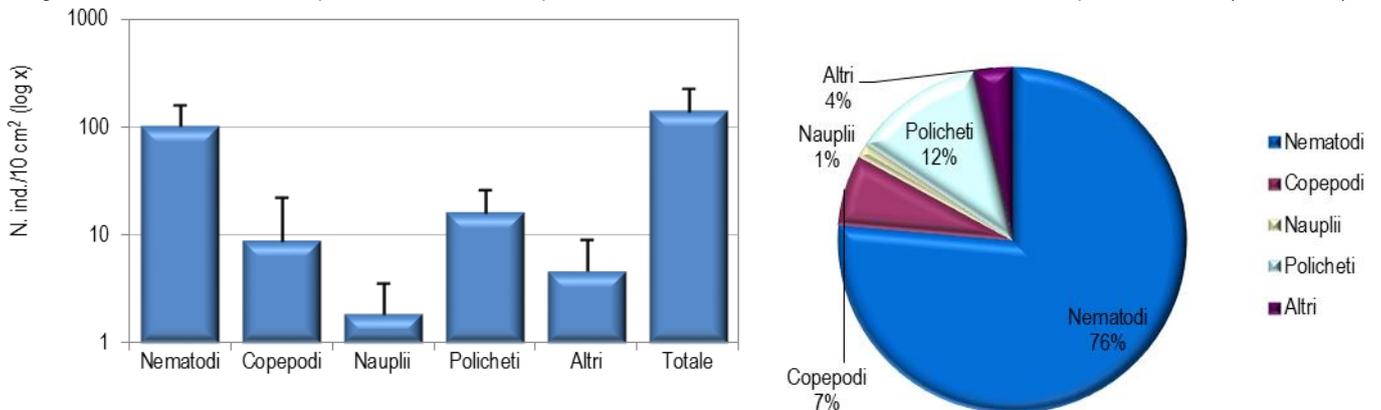


Figura 64 - Stazione I17 MG13. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione I17 MG14 è caratterizzata da un sedimento di tipo sabbioso misto a silt e contenente detrito di origine vegetale. Nei campioni raccolti sono stati rinvenuti sette taxa meiobentonici, con densità media complessiva pari a $33,3 \pm 33,0$ ind./10 cm² (**Tabella 68**). Anche in questo caso i Nematodi risultano il taxon dominante, con una densità di $27,0 \pm 29,6$ ind./10 cm² pari all'80,9% della comunità globale. Seguono i Policheti ($2,9 \pm 3,5$ ind./10 cm²; 8,9%), i Copepodi ($1,7 \pm 2,4$ ind./10 cm²; 5,1%), i taxa raggruppati nella categoria "Altri" ($1,3 \pm 1,6$ ind./10 cm²; 3,8%) e i Nauplii ($0,4 \pm 0,8$ ind./10 cm²; 1,3%). Ciascuno dei tre taxa meno abbondanti (Cumacei, Acari e Oligocheti) supera l'1,0% della biocenosi (**Tabella 68; Figura 65**). In questa stazione il valore dell'indice di ricchezza di Margalef risulta superiore alla media registrata nell'area, l'equitabilità di Pielou è pari ad essa, mentre la diversità di Shannon-Wiener risulta inferiore (**Tabella 69**).

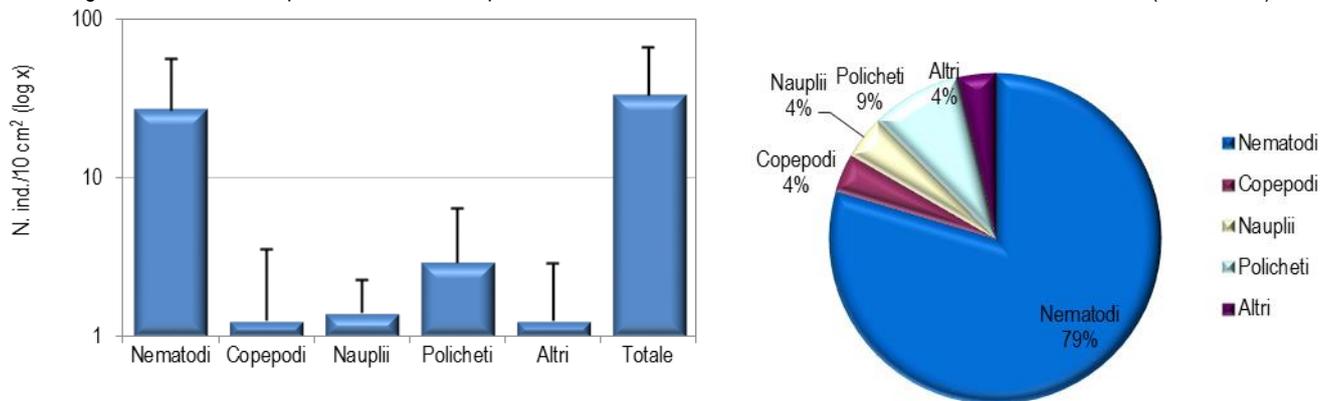


Figura 65 - Stazione I17 MG14. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Dati complessivi

Nell'area investigata sono stati rinvenuti complessivamente organismi appartenenti a diciassette gruppi tassonomici. Nematodi, Copepodi, Nauplii e Policheti sono risultati presenti in tutti i siti. Dei rimanenti taxa, alcuni, come Caudofoveati, Oligocheti, Chinorinchi e Tanaidacei risultano abbastanza frequenti, mancando solo in poche stazioni, al contrario di Bivalvi, Cumacei e Ofiuroidi, rinvenuti in una o due stazioni e in numeri molto bassi. La densità media totale dell'area investigata è pari a $103,5 \pm 101,5$ ind./10 cm². I Nematodi sono risultati il taxon dominante, con una densità media globale di $79,3 \pm 79,0$ pari al 76,6% del popolamento totale, seguiti nell'ordine dai Policheti ($9,1 \pm 10,0$ ind./10 cm²; 8,8%), dai Copepodi (densità media: $8,4 \pm 11,7$ ind./10 cm²; 8,1%) e infine dai Nauplii ($2,2 \pm 3,2$ ind./10 cm²; 2,2%). I primi quattro gruppi costituiscono nel complesso oltre il 95% della biocenosi. Gli altri tredici taxa sono presenti con abbondanze e percentuali basse, fornendo un valore di densità complessiva pari al 4,3% dell'intero popolamento meiobentonico; di questi solo gli Oligocheti superano l'1% del 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 tra le densità di Policheti e taxa meno abbondanti ("Altri"). Nello specifico, i Policheti hanno esibito densità inferiori in I17 MG9 rispetto a I17 MG2, I17 MG6, I17 MG7, I17 MG11 e I17 MG13 ($0,4 \pm 0,8$ vs. $10,1 \pm 6,0$; $13,5 \pm 6,6$; $19,4 \pm 22,2$; $18,1 \pm 10,0$ e $16,0 \pm 9,8$ ind./10 cm², rispettivamente). I taxa raggruppati nella categoria "Altri" sono risultati assenti in I17 MG4 esibendo densità relativamente elevate in I17 MG8 e I17 MG11 ($11,8 \pm 5,0$ e $12,2 \pm 7,2$ ind./10 cm², rispettivamente).

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
I17 MG1	6	38,3	1,4	1,2	0,7
I17 MG2	5	132,2	0,8	0,6	0,4
I17 MG4	4	85,9	0,7	0,6	0,5
I17 MG6	10	166,8	1,8	0,6	0,3
I17 MG7	10	133,5	1,8	1,0	0,4
I17 MG8	10	101,9	1,9	1,2	0,5
I17 MG9	7	27,0	1,8	1,1	0,6
I17 MG10	9	75,0	1,9	0,8	0,4
I17 MG11	13	211,0	2,2	1,0	0,4
I17 MG12	10	97,7	2,0	0,9	0,4
I17 MG13	7	139,8	1,2	0,9	0,5
I17 MG14	7	33,3	1,7	0,8	0,4
Media	8,1	103,5	1,6	0,9	0,5

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 4 a 13 taxa il primo, e da 27 a 211 ind./10 cm² il secondo. La stazione I17 MG4 ospita il numero più basso di taxa, mentre I17 MG11 presenta il numero più alto, nonché il massimo valore di densità. Anche gli indici di ricchezza di Margalef (d), diversità di Shannon-Wiener (H') ed equità di Pielou (J) variano nei siti indagati. La ricchezza di Margalef (d) si attesta frequentemente su valori compresi tra 1 e 2, ad eccezione dei siti I17 MG2 e I17 MG4 che presentano i valori minimi (0,8 e 0,7, rispettivamente) e di I17 MG11, che presenta il valore più alto riscontrato (2,2; **Tabella 69**). La diversità di Shannon-Wiener (H') è risultata massima nelle stazioni I17 MG1 e I17 MG8 (1,2) e minima nei siti I17 MG2, I17 MG4 e I17 MG6 (0,6), l'ultimo dei quali presenta anche il più basso valore dell'indice di equità di Pielou (J = 0,3; **Tabella 69**). Data la distanza reciproca tra queste stazioni e la loro distanza relativa rispetto al rigassificatore, non emergono relazioni evidenti tra le differenze osservate e la loro collocazione geografica rispetto alla posizione del Terminale.

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 prossimo al 65% (**Figura 66**). In corrispondenza di tale valore i siti I17 MG1, I17 MG9 e I17 MG14, raggruppati tra loro a un livello di similarità di quasi 68%, risultano separati dagli altri nove. Le densità riscontrate in queste tre stazioni risultano più basse rispetto a quelle registrate altrove. Tra i restanti nove siti, I17 MG10, caratterizzato a sua volta da basse densità dei taxa rinvenuti, viene separato dagli altri otto ad un livello di similarità del 71% circa. Questi ultimi, raggruppati ad un livello di similarità del 74% circa, sono equamente suddivisi in due cluster. Le stazioni I17 MG8 e I17 MG11 presentano una similarità dell'80% circa, e un analogo livello di similarità viene raggiunto dai rimanenti sei siti. Questa analisi suggerisce che i raggruppamenti non sono relazionabili né alla posizione geografica delle stazioni, né alla presenza del Terminale.

Tabella 70 - Struttura della comunità meiobentonica dell'area interessata dal posizionamento del Terminale rigassificatore, incluse le stazioni di controllo. Densità media \pm 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.					
Taxon	Media+DS	%	Taxon	Media+DS	%
Nematoda	79,3 \pm 79,0	76,6	Isopoda	0,3 \pm 1,3	0,3
Copepoda	8,4 \pm 11,7	8,1	Cumacea	0,1 \pm 0,2	<0,1
Nauplii	2,2 \pm 3,2	2,2	Solenogastres	0,3 \pm 1,1	0,3
Polychaeta	9,1 \pm 10,0	8,8	Bivalvi	0,1 \pm 0,8	0,1
Kinorhyncha	0,4 \pm 1,0	0,4	Caudofoveata	0,3 \pm 0,7	0,3
Tanaidacea	0,2 \pm 0,5	0,2	Nemertea	0,2 \pm 0,8	0,2
Ostracoda	0,2 \pm 0,9	0,2	Oligochaeta	1,9 \pm 3,6	1,8
Amphipoda	0,3 \pm 0,8	0,3	Acarina	0,2 \pm 0,7	0,2
Ophiuroidea	0,1 \pm 0,2	<0,1	Altri (Σ Kino-Aca)	4,5 \pm 5,8	4,3
Meiofauna totale: 103,5 \pm 101,5					

Quanto appena indicato è riflesso anche nel piano di ordinamento bidimensionale ottenuto dall'analisi nMDS, riportato in **Figura 66**. La disposizione dei punti-stazione nel piano prescinde anche in questo caso dalla loro collocazione geografica. Il nMDS separa dagli altri il sito I17 MG9 e, in misura minore, I17 MG1, I17 MG10 e I17 MG14, caratterizzati da basse densità dei taxa rinvenuti, dagli altri. Peraltro, le restanti stazioni sembrano esibire tra loro una similarità faunistica medio-alta.

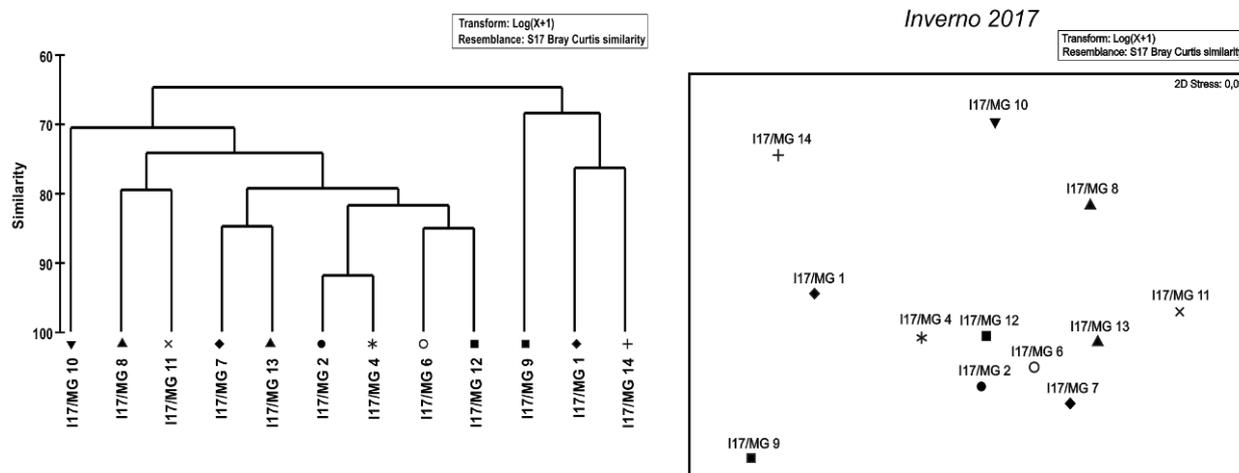


Figura 66 – A sinistra: dendrogramma per il raggruppamento gerarchico delle stazioni basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati. A destra: piano di ordinamento ottenuto dal non-metric Multi Dimensional Scaling (nMDS), basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati.

4.2.3 Bioaccumulo
Metalli

Le concentrazioni rilevate nei mitili posti sull'FSRU sono inferiori (o uguali come nel caso delle stazioni A e D limitatamente al Hg o trascurabilmente maggiori come nel caso delle stazioni A e B limitatamente all'As) rispetto a quelle determinate al Tempo 0.

Non si individuano anomalie nelle concentrazioni di zinco riconducibili alla presenza degli anodi sacrificali dislocati lungo lo scafo del Terminale (precisazione richiesta dalla prescrizione 14 della Determina 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017).

Tabella 71 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna I17 espressi in mg/kg. Sono riportati i dati riferiti sia a sostanza secca (s.s.) sia al peso fresco (p.f.) in accordo alla prescrizione 13 delle Determinazioni 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017.

	Tempo zero		Stazione A		Stazione B		Stazione C		Stazione D		Stazione E (Bianco Gorgona)	
	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.								
Arsenico	0,55	0,083	0,59	0,089	0,62	0,093	0,54	0,081	0,55	0,083	0,55	0,0825
Bario	1,58	0,237	0,76	0,114	0,65	0,098	0,52	0,078	0,38	0,057	0,71	0,1065
Cadmio	0,06	0,009	0,09	0,014	0,09	0,014	0,08	0,012	0,09	0,014	0,09	0,0135
Cromo totale	2,48	0,372	1,09	0,164	0,87	0,131	0,82	0,123	0,75	0,113	0,89	0,1335
Ferro	299,99	44,999	174,89	26,234	151,91	22,787	138,03	20,705	101,34	15,201	137,16	20,574
Manganese	11,54	1,731	4,43	0,665	-	-	2,59	0,389	1,88	0,282	4,67	0,7005
Mercurio	0,03	0,005	0,03	0,005	0,02	0,003	0,02	0,003	0,03	0,005	0,02	0,003
Nichel	0,87	0,131	0,48	0,072	-	-	0,37	0,056	0,33	0,050	0,44	0,066
Piombo	0,76	0,114	0,53	0,080	0,41	0,062	0,34	0,051	0,48	0,072	0,42	0,063
Rame	1,91	0,287	0,97	0,146	0,91	0,137	0,78	0,117	0,87	0,131	1,02	0,153
Vanadio	1,26	0,189	0,69	0,104	0,59	0,089	0,53	0,080	0,43	0,065	0,53	0,0795
Zinco	46,81	7,022	43,77	6,566	45,64	6,846	40,66	6,099	45,61	6,842	39,36	5,904

Idrocarburi totali

Gli idrocarburi totali con C<10 **Tabella 72** risultano al di sotto del limite di quantificazione in tutti i campioni. Gli idrocarburi totali con C10-C40 sono inferiori (stazioni A, B, E) o trascurabilmente maggiori (stazioni C, D) rispetto al tempo zero.

Tabella 72 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. Dati relativi alla campagna I17.

	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 (mg/kg)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Idrocarburi C10-C40 (mg/kg)	47,68	23,27	38,77	55,08	49,00	23,74

IPA ed composti organo stannici

Dalla **Tabella 73** si evince che non ci sono indicazioni di fenomeni di bioaccumulo dei contaminanti ricercati.

Tabella 73 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei mitili. I dati relativi alla campagna I17 sono espressi in mg/kg (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)
Acenafene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Acenaftilene	0,004	0,002	0,004	0,004	0,004	0,004
Antracene	0,004	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (a) antracene	0,006	0,006	0,008	0,008	0,008	0,008
Benzo (a) pirene	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
Benzo (b) fluorantene	0,010	0,008	0,012	0,012	0,012	0,012
Benzo (g,h,i) perilene	0,012	0,010	0,012	0,012	0,012	0,012
Benzo (k) fluorantene	0,006	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
Crisene	0,010	0,008	0,010	0,010	0,010	0,010
Dibenzo (a,h) antracene	0,004	0,002	0,004	0,004	0,004	0,004
Fenantrene	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
Fluorantene	0,006	0,004	0,006	0,006	0,006	0,006

Tabella 73 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei mitili. I dati relativi alla campagna I17 sono espressi in mg/kg (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)
Fluorene	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Indeno (1,2,3 - c,d) pirene	0,004	0,002	0,004	0,004	0,004	0,004
Naftalene	0,004	0,004	0,004	0,004	< 0,001	0,002
Pirene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Dibutilstagno	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Monobutilstagno	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Tributilstagno	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Cloroderivati

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

Tabella 74 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati relativi alla campagna I17 sono espressi in µg/kg.

	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	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
2,4-dicloro fenolo	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
4-cloro-3-metil fenolo	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Pentacloro fenolo	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
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 Dicloro 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	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15
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
Dibromoacetoneitrile	< 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 I17 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	< 10

4.2.4 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 evidenziano variazioni significative tra i mitili di controllo e quelli posizionati lungo il Terminale FRSU; se ne deduce l'assenza di alterazioni a carico di questo comparto cellulare riferibili all'attività del Terminale (**Figura 67**).

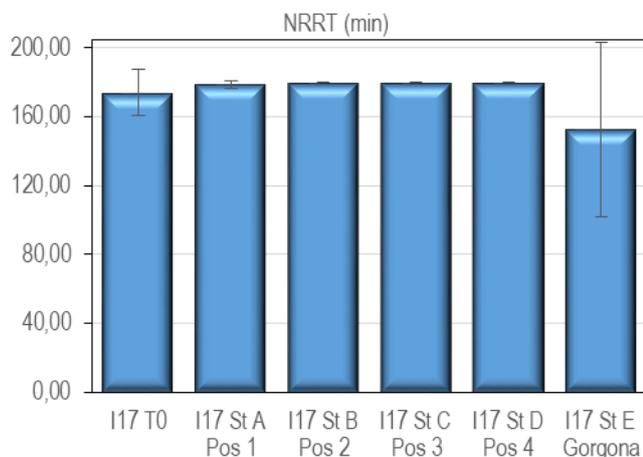


Figura 67 - Valutazione del danno cellulare mediante la misura del tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro (NRRT) nei lisosomi degli emociti di mitilo. Valori alti del tempo di ritenzione corrispondono ad una maggiore integrità.

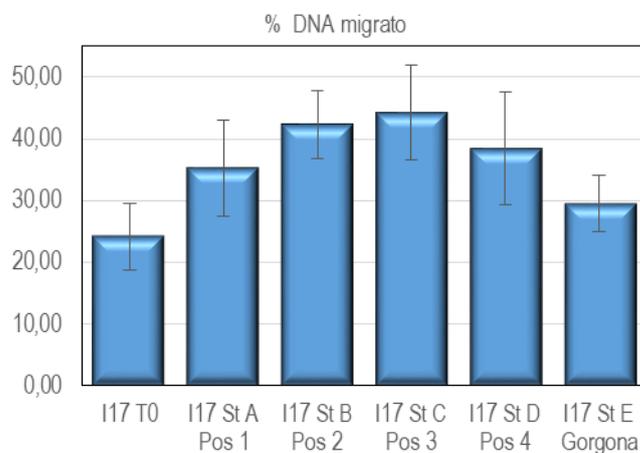


Figura 68 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.

Comet Assay

Le analisi effettuate sui mitili della campagna I 17 hanno mostrato alcune differenze significative per quanto riguarda il grado di integrità del DNA. Infatti, gli organismi mantenuti presso le stazioni B, C e D hanno fatto registrare un livello di danno genetico significativamente superiore rispetto a quello dei mitili di controllo (Stazione E-Bianco Gorgona) (**Figura 68**).

Analisi istologica del tessuto branchiale.

L'analisi istologica delle branchie di mitilo ha mostrato un elevato grado di integrità del tessuto branchiale in tutte le stazioni indagate; ciò emerge dal punteggio non superiore a 2 misurato nella totalità degli organismi analizzati (**Tabella 76**). In base a questa indagine non sono osservabili evidenze di impatto sulla struttura dell'apparato branchiale di mitilo imputabili all'attività del Terminale FRSU (**Figura 69**).

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.

Stazione	I	II	III	IV	V
Mitili tempo zero	1	1	1	1	1
I17 Stazione A (Pos. 1)	1	1	2	1	1
I17 Stazione B (Pos. 2)	2	2	1	1	1
I17 Stazione C (Pos. 3)	2	2	1	1	2
I17 Stazione D (Pos. 4)	2	1	2	1	1
I17 Stazione E (Bianco Gorgona)	1	2	2	1	1

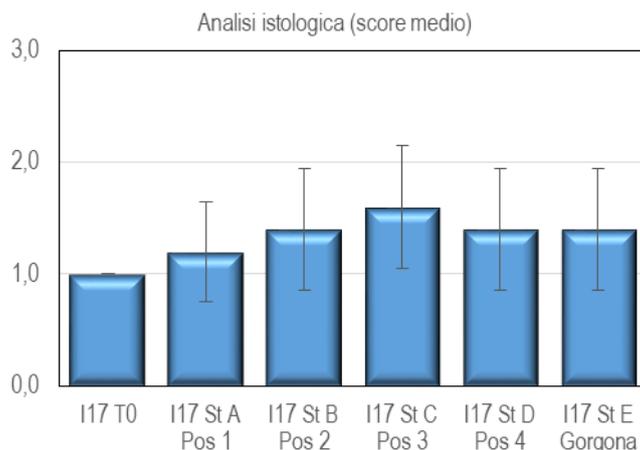


Figura 69 - Analisi istologica delle branchie di mitilo. Il parametro rappresentato nel grafico è il punteggio medio (*score*) per ciascuna delle stazioni indagate. La scala va da 1 a 5; il punteggio 1 indica una condizione di integrità mentre il punteggio 5 indica una forte compromissione della struttura dei filamenti branchiali.

In conclusione, solo uno dei tre biomarker indagati (molto sensibile) ha evidenziato un certo grado di alterazione per quanto riguarda l'integrità del DNA nelle cellule branchiali dei mitili posizionati presso il Terminale. Tuttavia, è da sottolineare che questa alterazione non è risultata essere accompagnata da alcuna compromissione dell'organizzazione istologica della branchia stessa. Pertanto, è da ritenere che l'aumento di danno al DNA osservato non costituisca il preludio di una più seria compromissione dello stato di salute degli organismi sentinella, ma rappresenti una fluttuazione che rientra nel range di efficacia dei meccanismi di riparazione del DNA di cui i mitili sono dotati. Questa conclusione è corroborata anche dal fatto che il grado di integrità cellulare negli emociti (cellule circolanti) non risulta alterato.

4.2.5 Fauna ittica bentonectonica

Nella **Tabella 77** sono indicate le specie catturate durante i campionamenti effettuati con la rete a strascico e con le reti da posta in prossimità del Terminale (per lo strascico: stazioni S1, S2, S3, e S4; per le reti da posta: stazioni P1, P2, P3 e P4) e nelle due stazioni scelte come controllo (SC per la rete a strascico; PC per le reti da posta) nel corso della campagna Inverno 2017.

In totale sono state catturate 76 specie.

Durante il campionamento effettuato con la rete a strascico sono state campionate 33 specie di Osteitti, 2 di Condroitti, 3 di Crostacei Decapodi e 9 di Molluschi Cefalopodi.

Il campionamento effettuato con le reti da posta ha portato alla raccolta in totale di 14 specie di Osteitti, 3 di Condroitti e 3 di Crostacei Decapodi. Non sono stati catturati Molluschi Cefalopodi.

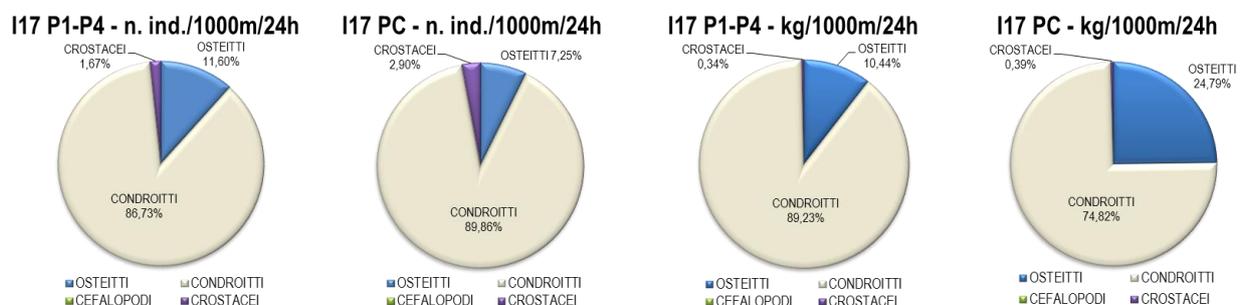
Tabella 77 – Lista delle specie catturate con la rete a strascico e le reti da posta. Strascico: I17 S1-S4 = stazioni campionate in prossimità del Terminale; I17 SC = stazione di controllo. Reti da posta: I17 P1-P4 = stazioni campionate in prossimità del Terminale; I17 PC = stazione di controllo.

	Strascico		Reti da posta		Crostacei decapodi	Strascico		Reti da posta	
	I17 S1-S4	I17 SC	I17 P1-P4	I17 PC		I17 S1-S4	I17 SC	I17 P1-P4	I17 PC
Osteitti									
<i>Alosa fallax nilotica</i> (Lacépède, 1803)			*	*	<i>Goneplax rhomboides</i> (Linnaeus, 1758)			*	
<i>Argentina sphyraena</i> Linnaeus, 1758	*				<i>Palinurs elephas</i> (Fabricius, 1787)			*	
<i>Arnoglossus laterna</i> (Walbaum, 1792)	*				<i>Parapenaeus longirostris</i> (H. Lucas, 1846)	*	*	*	
<i>Blennius ocellaris</i> Linnaeus, 1758	*				<i>Solenocera membranacea</i> (Risso, 1816)	*			
<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*		Molluschi cefalopodi				
<i>Callionymus maculatus</i> Rafinesque, 1810	*				<i>Eledone cirrhosa</i> (Lamarck, 1798)	*			
<i>Capros aper</i> (Linnaeus, 1758)	*				<i>Eledone moschata</i> (Lamarck, 1799)	*			
<i>Chelidonichthys lucerna</i> (Linnaeus, 1758)	*		*		<i>Illex coindetii</i> (Vérany, 1839)	*	*		
<i>Citharus linguatula</i> (Linnaeus, 1758)			*		<i>Loligo (Alloteuthis) sp.</i>	*	*		
<i>Engraulis encrasicolus</i> (Linnaeus, 1758)		*			<i>Loligo vulgaris</i> Lamarck, 1798	*	*		
<i>Helicolenus d. dactylopterus</i> (Delaroche, 1809)	*				<i>Octopus vulgaris</i> Cuvier, 1797	*			
<i>Lepidorhombus boscii</i> (Risso, 1810)	*	*	*		<i>Sepia elegans</i> Blainville, 1827	*	*		

Tabella 77 – Lista delle specie catturate con la rete a strascico e le reti da posta. Strascico: I17 S1-S4 = stazioni campionate in prossimità del Terminale; I17 SC = stazione di controllo. Reti da posta: I17 P1-P4 = stazioni campionate in prossimità del Terminale; I17 PC = stazione di controllo.

	Strascico		Reti da posta		Crostei decapodi	Strascico		Reti da posta	
	I17 S1-S4	I17 SC	I17 P1-P4	I17 PC		I17 S1-S4	I17 SC	I17 P1-P4	I17 PC
<i>Lepidotrigla cavillone</i> (Lacépède, 1801)	*	*	*	*	<i>Sepia obrignyana</i> Férussac, 1826	*			
<i>Lophius budegassa</i> Spinola, 1807	*		*	*	<i>Sepietta oweniana</i> (d'Orbigny, 1841)	*			
<i>Macroramphosus scolopax</i> (Linnaeus, 1758)	*				<i>Todaropsis eblanae</i> (Ball, 1841)	*	*		
<i>Merluccius merluccius</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*		Altro				
<i>Mullus barbatus</i> Linnaeus, 1758	*	*			<i>Alcyonium palmatum</i> Pallas, 1766	*	*		*
<i>Pagellus acarne</i> (Risso, 1826)	*	*			<i>Antedon mediterranea</i> Lamarck, 1816	*	*		
<i>Pagellus bogaraveo</i> (Brünnich, 1768)	*	*			<i>Aporrhais pespelecani</i> (Linnaeus, 1758)			*	*
<i>Pagellus erythrinus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Aporrhais serresianus</i> (Michaud, 1828)	*	*	*	*
<i>Phycis blennoides</i> (Brünnich, 1768)	*				Ascidacea indet.	*	*		
<i>Scomber colias</i> Gmelin, 1789	*		*		<i>Astropecten aranciacus</i> (Linnaeus, 1758)	*			
<i>Scorpaena elongata</i> Cadenat, 1943			*		<i>Astropecten i. pentacanthus</i> (Delle Chiaje, 1825)	*	*		
<i>Scorpaena notata</i> Rafinesque, 1810	*				<i>Botrillus</i> sp.		*		
<i>Scorpaena scrofa</i> Linnaeus, 1758			*		<i>Calliactis parasitica</i> (Couch, 1838)		*		
<i>Serranus hepatus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Cidaris cidaris</i> (Linnaeus, 1758)			*	
<i>Solea vulgaris</i> Quensel, 1806	*	*			<i>Echinus acutus</i> Lamarck, 1816	*			
<i>Sparus aurata</i> Linnaeus, 1758	*				<i>Echinus melo</i> Lamarck, 1816	*			
<i>Spicara flexuosa</i> Rafinesque, 1810	*	*	*		<i>Funiculina quadrangularis</i> (Pallas, 1766)	*	*	*	
<i>Spicara maena</i> (Linnaeus, 1758)	*				<i>Leptometra phalangium</i> (J. Müller, 1841)	*	*		
<i>Spicara smaris</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Luidia ciliaris</i> (Philippi, 1837)	*			
<i>Trachinus draco</i> Linnaeus, 1758	*	*			<i>Microcosmus</i> sp.	*			
<i>Trachurus m. mediterraneus</i> (Steindachner, 1868)	*	*			<i>Ocnus planci</i> (Panning, 1962)	*			
<i>Trachurus trachurus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Ophiura</i> spp.	*	*		
<i>Trisopterus minutus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*		<i>Ophiura texturata</i> Lamarck, 1816		*		
<i>Uranoscopus scaber</i> Linnaeus, 1758	*		*		<i>Ostrea edulis</i> Linnaeus, 1758		*		
<i>Zeus faber</i> Linnaeus, 1758	*	*			<i>Pennatula rubra</i> (Ellis, 1764)	*	*		
Condroitti					Porifera indet.	*			
<i>Raja asterias</i> Delaroche, 1809			*		<i>Posidonia oceanica</i> (Linnaeus) Delile	*	*		
<i>Raja clavata</i> Linnaeus, 1758	*		*	*	<i>Pteroeides griseum</i> (Linnaeus, 1767)	*			
<i>Scyliorhinus canicula</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*	*	<i>Squilla mantis</i> (Linnaeus, 1758)	*			*
Crostei Decapodi					<i>Stichopus regalis</i> (Cuvier, 1817)	*		*	
<i>Dardanus arrosor</i> (Herbst, 1796)	*				<i>Trachythone tergestina</i> (M. Sars, 1857)		*		

Indici di densità e biomassa per gruppi tassonomici

 Nella **Figura 70** si riporta la composizione percentuale delle catture, espressa con indici di densità e biomassa, dei principali gruppi tassonomici campionati con le reti da posta.

Figura 70 - Reti da posta: composizione percentuale delle catture, espressa come n. individui/1000m/24h e kg/1000m/24h, dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni I17 P1-P4 e I17 PC.

Il gruppo più rappresentativo è quello dei Condroitti, con indici molto alti sia nelle stazioni in prossimità del Terminale (I17 P1-P4) che nella stazione di controllo (I17 PC). Questo gruppo costituisce l'87% della densità media delle stazioni I17 P1-P4 ed il 90% per la stazione di controllo I17 PC. Per quanto riguarda la biomassa media i Condroitti contribuiscono con l'89% nelle stazioni I17 P1-P4 e con il 75% nella stazione I17 PC.

Gli Osteitti contribuiscono per il 12% dell'indice di densità nelle stazioni I17 P1-P4 e per il 7% di quello nella stazione di controllo I17 PC. In biomassa il gruppo degli Osteitti rappresenta il 10% per le stazioni in prossimità del Terminale ed il 25% per la stazione di controllo.

Il gruppo dei Crostacei Decapodi mostra degli indici molto bassi sia in densità (1,7% e 2,9% per le stazioni I17 P1-P4 e I17 PC rispettivamente) che in biomassa (0,3% e 0,4% per le stazioni I17 P1-P4 e I17 PC rispettivamente).

Non sono stati catturati Molluschi Cefalopodi.

Nella **Figura 71** è riportata la composizione in percentuale delle catture dei principali gruppi tassonomici campionati con la rete a strascico. Il gruppo degli Osteitti costituisce il 52% della densità registrata nelle stazioni I17 S1-S4 ed il 67% di quella registrata nella stazione I17 SC. L'indice di biomassa degli Osteitti è pari al 49% per le stazioni I17 S1-S4 e al 60% per la stazione I17 SC.

I Condroitti mostrano, in termini di densità, un contributo pari all'8% e al 7%, rispettivamente, per le stazioni I17 S1-S4 e per la stazione I17 SC. In biomassa questo gruppo rappresenta il 38% nella stazioni I17 S1-S4 ed il 30% nella stazione di controllo I17 SC.

Il gruppo dei Molluschi Cefalopodi rappresenta il 5% ed il 4% della densità nelle stazioni I17 S1-S4 e I17 SC, rispettivamente. L'indice di biomassa per questo gruppo è pari al 5% per le stazioni poste in prossimità del Terminale (I17 S1-S4) ed al 4% per la stazione di controllo (I17 SC).

Il contributo percentuale dell'indice di densità dei Crostacei Decapodi è pari al 35% nelle stazioni I17 S1-S4 e al 23% nella stazione I17 SC. L'indice di biomassa costituisce invece l'8% per le stazioni I17 S1-S4 ed il 6% per la stazione I17 SC.

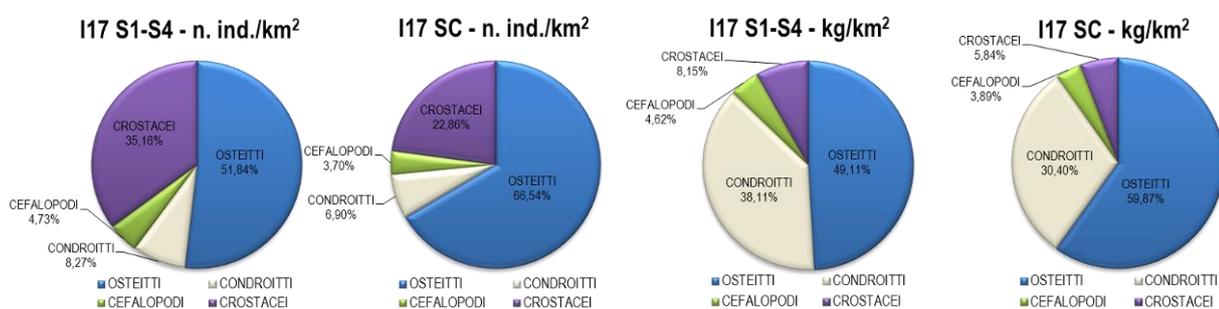


Figura 71 - Rete a strascico: composizione percentuale delle catture, espressa come n. individui/km² e kg/km², dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni I17 S1-S4 e I17 SC.

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. La specie più abbondante, sia nelle stazioni poste in prossimità del Terminale (I17 P1-P4) che nella stazione di controllo (I17 PC) è il gattuccio, *Scyliorhinus canicula*; questa specie mostra lo stesso valore in densità (98 ind./1000m/24h) sia per le stazioni in prossimità del Terminale che per la stazione di controllo e valori in biomassa molto simili: 19,2 kg/1000m/24h per le stazioni I17 P1-P4 e 18,6 kg/1000m/24h per la stazione I17 PC. Tra gli Osteitti le specie con gli indici di densità e biomassa più elevati sono la gallinella, *Chelidonichthys lucerna* (4 ind./1000m/24h e 0,5 kg/1000m/24h rispettivamente) catturata solo nel gruppo di stazioni I17 P1-P4 e la rana pescatrice, *Lophius budegassa* (5 ind./1000m/24h e 6,4 kg/1000m/24h rispettivamente) nella stazione di controllo I17 PC. In generale, per le altre specie catturate, sono riportati indici di densità e biomassa molto bassi.

Tabella 78 - Reti da posta: indici di densità e biomassa (\pm DS), espressi in n. individui/1000m/24h e kg/1000m/24h, stimati per le specie catturate nelle stazioni I17 P1-P4 e nella stazione di controllo I17 PC. *: DS<0,05.

	I17 P1-P4		I17 PC	
	n. ind./1000m/24h	kg/1000m/24h	n. ind./1000m/24h	kg/1000m/24h
OSTEITTI				
<i>Alosa fallax nilotica</i>	0,4 \pm 1,3	0,40 \pm 1,4	1,6	1,6
<i>Boops boops</i>	0,4 \pm 1,3	0,02 \pm 0,1		
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	4,2 \pm 6,6	0,49 \pm 1,1		
<i>Citharus linguatula</i>	1,1 \pm 1,3	0,07 \pm 0,1		
<i>Lepidorhombus boscii</i>	1,2 \pm 2,7	0,12 \pm 0,3		
<i>Lepidotrigla cavillone</i>	0,7 \pm 2,5	0,01*	1,6	0,02
<i>Lophius budegassa</i>	0,8 \pm 1,6	0,66 \pm 1,3	4,8	6,42
<i>Merluccius merluccius</i>	1,6 \pm 4,0	0,25 \pm 0,8		

Tabella 78 - Reti da posta: indici di densità e biomassa (\pm DS), espressi in n. individui/1000m/24h e kg/1000m/24h, stimati per le specie catturate nelle stazioni I17 P1-P4 e nella stazione di controllo I17 PC. *: DS<0,05.

	I17 P1-P4		I17 PC	
	n. ind./1000m/24h	kg/1000m/24h	n. ind./1000m/24h	kg/1000m/24h
<i>Scomber japonicus</i>	0,4 \pm 1,3	0,08 \pm 0,3		
<i>Scorpaena elongata</i>	0,4 \pm 1,3	0,02 \pm 0,1		
<i>Scorpaena scrofa</i>	0,7 \pm 2,5	0,45 \pm 1,6		
<i>Spicara flexuosa</i>	0,4 \pm 1,3	0,02 \pm 0,1		
<i>Trisopterus capelanus</i>	0,4 \pm 1,4	0,04 \pm 0,1		
<i>Uranoscopus scaber</i>	0,8 \pm 1,6	0,27 \pm 0,5		
CONDROITTI				
<i>Raja asterias</i>	0,4 \pm 1,4	0,45 \pm 1,5		
<i>Raja clavata</i>	2,3 \pm 1,4	5,07 \pm 4,3	1,6	5,67
<i>Scyliorhinus canicula</i>	97,6 \pm 34,4	19,23 \pm 5,0	97,6	18,61
CROSTACEI DECAPODI				
<i>Goneplax rhomboides</i>	0,4 \pm 1,3			
<i>Palinurus elephas</i>	0,4 \pm 1,3	0,08 \pm 0,3		
<i>Parapenaeus longirostris</i>	1,2 \pm 2,7	0,02*		
ALTRO				
<i>Alcyonium palmatum</i>			1,6	0,01
<i>Aporrhais pespelecani</i>	0,4 \pm 1,3	0,01*	1,6	0,10
<i>Aporrhais serresianus</i>	0,7 \pm 2,5	0,01*	1,6	0,01
<i>Cidaris cidaris</i>	1,9 \pm 6,5	0,06 \pm 0,2		
<i>Funiculina quadrangularis</i>	1,1 \pm 2,5	0,02*		
<i>Squilla mantis</i>			3,2	0,13
<i>Sticopus regalis</i>	0,7 \pm 1,5	0,13 \pm 0,3		

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. Nelle stazioni in prossimità del Terminale (I17 S1-S4) la specie più abbondante in assoluto è il gambero bianco, *Parapenaeus longirostris*, con un indice di densità di 6165 ind./km² e un indice di biomassa di 52,7 kg/km². Tra gli Osteitti la specie più abbondante è la triglia di fango, *Mullus barbatus*, con indici di densità e di biomassa di 4397 ind./km² e di 155,9 kg/km² rispettivamente. Tra gli Osteitti sono da segnalare per i loro indici elevati anche il caviglione, *Lepidotrigla cavillone*, con un indice di densità di 1226 ind./km² e un indice di biomassa di 16,6 kg/km², il sugarello, *Trachurus trachurus*, (712 ind./km² e 14,6 kg/km²), il nasello, *Merluccius merluccius* (520 ind./km² e 27,8 kg/km²) e la boga, *Boops boops*, con un indice di densità di 450 ind./km² e un indice di biomassa di 23,5 kg/km². Nel gruppo dei Condroidi la specie più abbondante è il gattuccio *S. canicula* con indici di densità e biomassa di 1433 ind./km² e 221,4 kg/km² rispettivamente.

Fra i Molluschi Cefalopodi la specie più abbondante è il totano, *Illex coindetii*, con un indice di densità di 547 ind./km² e un indice in biomassa di 15,4 kg/km², seguito dal genere *Alloteuthis* sp. con indici di densità e abbondanza di 85 ind./km² e 0,6 kg/km² rispettivamente e dal totano tozzo, *Todaropsis eblanae*, (74 ind./km² e 3,3 kg/km²). Nel gruppo indicato come "Altro" la specie più abbondante è l'echinoderma *Astropecten irregularis pentacanthus*, con un indice di densità di 267 ind./km² e un indice di biomassa di 1,2 kg/km². Altre specie particolarmente abbondanti sono l'antozoo *Alcyonium palmatum* (188 ind./km² e 2,1 kg/km²) e l'oloturoideo *Stichopus regalis* (137 ind./km² e 43 kg/km²).

Nella stazione di controllo I17 SC la specie più abbondante in assoluto è la triglia di fango, *M. barbatus*, con un indice di densità di 7867 ind./km² e un indice di biomassa di 222,3 kg/km². Nel gruppo degli Osteitti sono particolarmente abbondanti anche il caviglione, *L. cavillone*, con indici di densità e biomassa di 754 ind./km² e 9 kg/km² rispettivamente, il nasello *M. merluccius* (560 ind./km² e 40,4 kg/km²), il sugarello maggiore *Trachurus mediterraneus* (517 ind./km² e 7,5 kg/km²) ed il sugarello *T. trachurus* (302 ind./km² e 2,8 kg/km²). Il gruppo dei Condroidi è rappresentato solo dal gattuccio *S. canicula*, con un indice di densità di 1121 ind./km² e un indice di biomassa di 173 kg/km². Anche il gruppo dei Crostacei Decapodi è rappresentato da un'unica specie, il gambero bianco *P. longirostris*, con indici di densità e biomassa pari a 3858 ind./km² e 33,2 kg/km² rispettivamente. Tra i Molluschi Cefalopodi la specie più abbondante è il totano *I. coindetii*, con un indice di densità di 366 ind./km² e un indice di biomassa di 7 kg/km², seguito da totano tozzo *T. eblanae* (86 ind./km² e 3,8 kg/km²). Come nelle stazioni in prossimità del Terminale, anche nella stazione I17 SC la specie più abbondante appartenente al gruppo "Altro" è l'echinoderma *A. irregularis pentacanthus*, con un indice di densità di 711 ind./km² e un indice di biomassa di 0,6 kg/km². Anche il crinoide *Leptometra phalangium* mostra indici piuttosto elevati (560 ind./km² in densità, 0,3 kg/km² in biomassa).

Tabella 79 - Rete a strascico: indici di densità e biomassa (\pm DS), espressi in n. individui/km² e kg/km², stimati per le specie catturate nelle stazioni I17 S1-S4 e nella stazione di controllo I17 SC. *: DS<0,05.

	I17 S1-S4		I17 SC	
	n. ind./km ²	kg/km ²	n. ind./km ²	kg/km ²
OSTEITTI				
<i>Argentina sphyraena</i>	17 \pm 19,6	0,32 \pm 0,4		
<i>Arnoglossus laterna</i>	10,9 \pm 37,7	0,11 \pm 0,4		
<i>Blennius ocellaris</i>	5,4 \pm 18,8	0,18 \pm 0,6		
<i>Boops boops</i>	449,5 \pm 860,4	23,51 \pm 42,7	215,5	9,83
<i>Callionymus maculatus</i>	162,3 \pm 324,6	0,23 \pm 0,8		
<i>Capros aper</i>	5,8 \pm 20	0,87 \pm 1,8		
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	28,5 \pm 38,5	1,88 \pm 2,9		
<i>Engraulis encrasicolus</i>			21,6	0,26
<i>Helicolenus d. dactylopterus</i>	5,8 \pm 20	0,40 \pm 1,4		
<i>Lepidorhombus boscii</i>	119,1 \pm 87,3	6,05 \pm 9,7	107,8	5,65
<i>Lepidotrigla cavillone</i>	1225,5 \pm 1281,1	16,62 \pm 16,8	754,4	8,94
<i>Lophius budegassa</i>	16,6 \pm 36,3	5,67 \pm 11,6		
<i>Macroramphosus scolopax</i>	244 \pm 584,2	1,70 \pm 4,1		
<i>Merluccius merluccius</i>	519,8 \pm 353,3	27,82 \pm 37,8	560,4	40,41
<i>Mullus barbatus</i>	4396,7 \pm 4686	155,91 \pm 137,9	7867,0	222,28
<i>Pagellus acame</i>	72,3 \pm 127,5	3,38 \pm 6,1	43,1	1,77
<i>Pagellus bogaraveo</i>	27,2 \pm 94,2	1,54 \pm 5,3	21,6	1,19
<i>Pagellus erythrinus</i>	131,6 \pm 241,6	7,68 \pm 13,4	150,9	7,89
<i>Phycis blennoides</i>	11,5 \pm 40	0,47 \pm 1,6		
<i>Scomber japonicus</i>	11,2 \pm 22,4	1,02 \pm 2,2		
<i>Serranus hepatus</i>	112 \pm 127,4	1,38 \pm 1,8	86,2	1,10
<i>Scorpaena notata</i>	5,4 \pm 18,8	0,09 \pm 0,3		
<i>Solea vulgaris</i>	11,5 \pm 40	4,61 \pm 16	86,2	16,16
<i>Sparus aurata</i>	5,4 \pm 18,8	1,28 \pm 4,4		
<i>Spicara flexuosa</i>	17,3 \pm 59,9	0,46 \pm 1,6	86,2	2,26
<i>Spicara maena</i>	44,8 \pm 69,7	1,47 \pm 2,4		
<i>Spicara smaris</i>	139,5 \pm 261,8	3,83 \pm 7	129,3	3,36
<i>Trachinus draco</i>	5,8 \pm 20	0,39 \pm 1,4	21,6	3,00
<i>Trachurus mediterraneus</i>	711,8 \pm 1364,7	14,64 \pm 22,8	517,3	7,50
<i>Trachurus trachurus</i>	358,5 \pm 717,6	8,87 \pm 22	301,7	2,76
<i>Trisopterus capelanus</i>	216,5 \pm 188,2	4,78 \pm 6,3	237,1	4,50
<i>Uranoscopus scaber</i>	5,8 \pm 20	0,33 \pm 1,1		
<i>Zeus faber</i>	28,2 \pm 37,1	22,5 \pm 37,4	21,6	1,92
CONDROITTI				
<i>Raja clavata</i>	16,6 \pm 36,3	26,55 \pm 61,5		
<i>Scyliorhinus canicula</i>	1432,8 \pm 249	221,38 \pm 52,4	1120,8	172,92
CROSTACEI DECAPODI				
<i>Dardanus arrosor</i>	11,5 \pm 23,1	0,26 \pm 0,6		
<i>Parapenaeus longirostris</i>	6164,8 \pm 6339	52,69 \pm 52,4	3858,0	33,24
<i>Solenocera membranacea</i>	5,8 \pm 20	0,02 \pm 0,1		
MOLLUSCHI CEFALOPODI				
<i>Alloteuthis</i> sp.	85,2 \pm 37,7	0,56 \pm 0,5	86,2	0,86
<i>Eledone cirrhosa</i>	28,8 \pm 38,3	2,31 \pm 2,9		
<i>Eledone moschata</i>	5,8 \pm 20	1,75 \pm 6,1		
<i>Illex coindetii</i>	547,2 \pm 348,4	15,44 \pm 23,8	366,4	7,03

Tabella 79 - Rete a strascico: indici di densità e biomassa (\pm DS), espressi in n. individui/km² e kg/km², stimati per le specie catturate nelle stazioni I17 S1-S4 e nella stazione di controllo I17 SC. *: DS<0,05.

	I17 S1-S4		I17 SC	
	n. ind./km ²	kg/km ²	n. ind./km ²	kg/km ²
<i>Loligo vulgaris</i>	40 \pm 60,3	2,31 \pm 4,3	43,1	9,94
<i>Octopus vulgaris</i>	11,2 \pm 22,4	3,71 \pm 7,6		
<i>Rossia macrosoma</i>	11,5 \pm 40	0,39 \pm 1,4		
<i>Sepia elegans</i>	5,4 \pm 18,8	0,05 \pm 0,2	43,1	0,50
<i>Sepia orbignyana</i>	5,8 \pm 20,	0,15 \pm 0,5		
<i>Sepietta oweniana</i>	17,3 \pm 38,3	0,13 \pm 0,3		
<i>Todaropsis eblanae</i>	74 \pm 68,7	3,28 \pm 2,4	86,2	3,84
ALTRO				
<i>Alcyonium palmatum</i>	188 \pm 266,9	2,10 \pm 3,8	150,9	1,68
<i>Antedon mediterranea</i>	62,5 \pm 226	0,05 \pm 0,2	237,1	0,13
<i>Aporrhais serresianus</i>	70,7 \pm 244,8	0,19 \pm 0,7	43,1	0,11
<i>Ascidacea indet.</i>	61,1 \pm 129,4	1,80 \pm 5,9	43,1	0,67
<i>Astropecten aranciacus</i>	11,5 \pm 23,1	2,42 \pm 4,9		
<i>Astropecten irregularis pentacanthus</i>	267,4 \pm 237,5	1,15 \pm 1,6	711,3	0,56
<i>Botrillus sp.</i>			43,1	5,67
<i>Calliactis parasitica</i>			43,1	0,13
<i>Echinus acutus</i>	11,5 \pm 40	3,46 \pm 12		
<i>Echinus melo</i>	10,9 \pm 37,7	0,82 \pm 2,8		
<i>Funiculina quadrangularis</i>	155,7 \pm 487,6	4,01 \pm 10,7		1,57
<i>Leptometra phalangium</i>	57,7 \pm 199,8	11,69 \pm 27,2	560,4	0,30
<i>Luidia ciliaris</i>	5,4 \pm 18,8	1,49 \pm 5,2		
<i>Microcosmus spp.</i>	11,5 \pm 40	0,35 \pm 1,2		
<i>Ocnus planci</i>	5,8 \pm 20	0,12 \pm 0,4		
<i>Ophiura spp.</i>	188,3 \pm 224,1	1,97 \pm 3,1	129,3	0,04
<i>Ophiura texturata</i>			107,8	0,37
<i>Ostrea edulis</i>			43,1	0,15
<i>Pennatula rubra</i>	40 \pm 115	0,45 \pm 1,4	43,1	0,17
<i>Porifera indet.</i>	38,1 \pm 131,8	0,38 \pm 1,3		
<i>Posidonia oceanica</i>	10,9 \pm 37,7	0,15 \pm 0,5		0,28
<i>Pteroeides griseum</i>	5,8 \pm 20	0,17 \pm 0,6		
<i>Squilla mantis</i>	5,8 \pm 20	0,07 \pm 0,3		
<i>Stichopus regalis</i>	137,1 \pm 277,7	42,99 \pm 103,6		
<i>Trachythyone tergestina</i>			64,7	0,09

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 72** 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 (I17 P1-P4: stazioni in prossimità del Terminale; I17 PC: stazione di controllo).

Il gattuccio *S. canicula* non mostra sostanziali differenze tra gli indici stimati per le stazioni I17 P1-P4 e la I17 PC. Nel caso della rana pescatrice *L. budegassa* gli indici della stazione di controllo sono più elevati rispetto a quelli delle stazioni poste in prossimità del Terminale. Per le altre tre specie analizzate, la gallinella *C. lucerna*, la linguattola *Citharus linguatula* e la razza stellata *Raja asterias*, catturate solamente nelle stazioni I17 P1-P4, gli indici di densità sono molto bassi.

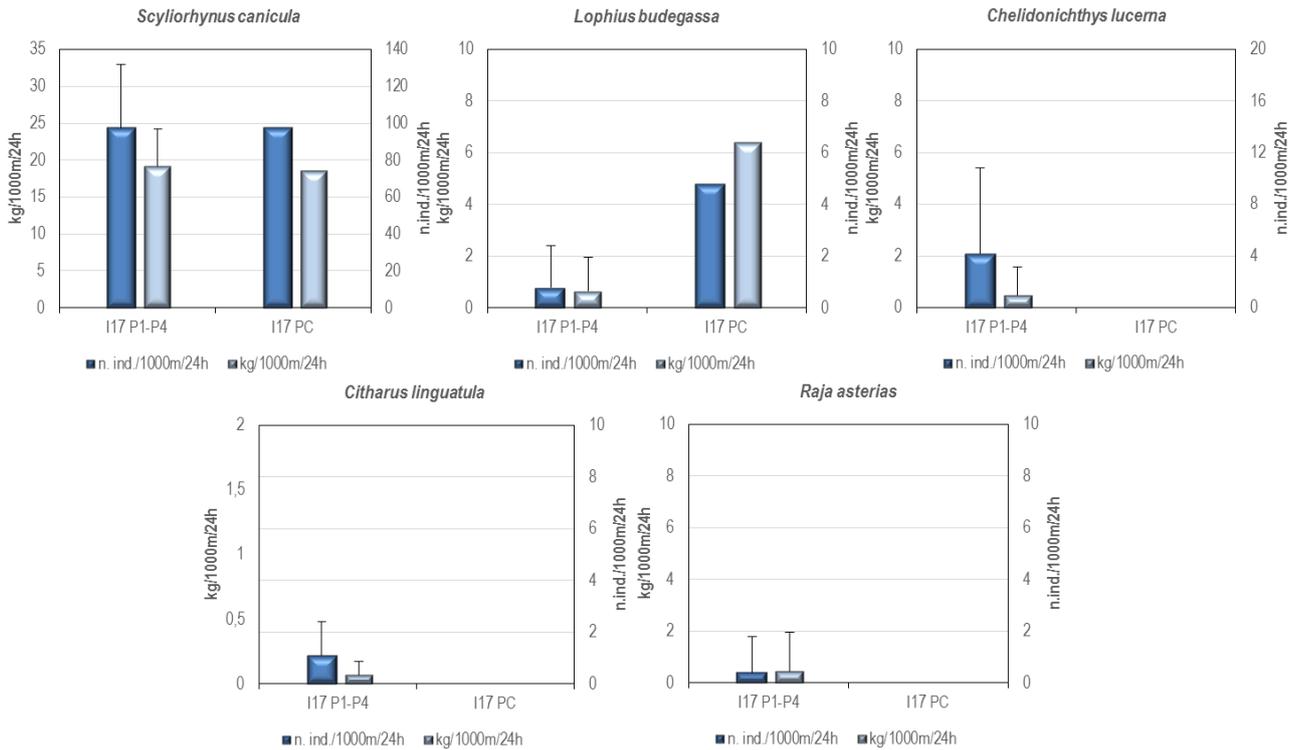


Figura 72 - Reti da posta: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni I17 P1-P4 e per la stazione I17 PC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In blu n. individui/1000m/24h, in azzurro kg/1000m/24h.

Rete a strascico

Nella Figura 73 sono riportati gli indici di densità e biomassa per alcune specie catturate con la rete a strascico.

Gli indici di densità e biomassa del nasello *M. merluccius*, del sacchetto *Serranus hepatus*, del merluzzetto *Trisopterus capelanus* e del pagello fragolino *Pagellus erythrinus*, non mostrano sostanziali differenze tra quelli stimati per le stazioni in prossimità del Terminale (I17 S1-S4) e quelli della stazione di controllo (I17 SC). Nel caso del gattuccio *S. canicula* e del gambero bianco *P. longirostris* gli indici di densità e biomassa sono risultati più elevati nelle stazioni I17 S1-S4 rispetto alla stazione I17 SC. Nel caso della triglia di fango *M. barbatus* l'indice di biomassa è molto più elevato nelle stazioni I17 S1-S4 rispetto a quello della stazione I17 SC, mentre l'indice di densità è più elevato in quest'ultima stazione, anche se le stazioni I17 S1-S4 mostrano un'elevata deviazione standard, con un intervallo di variabilità in cui rientrano anche i valori della stazione I17 SC.

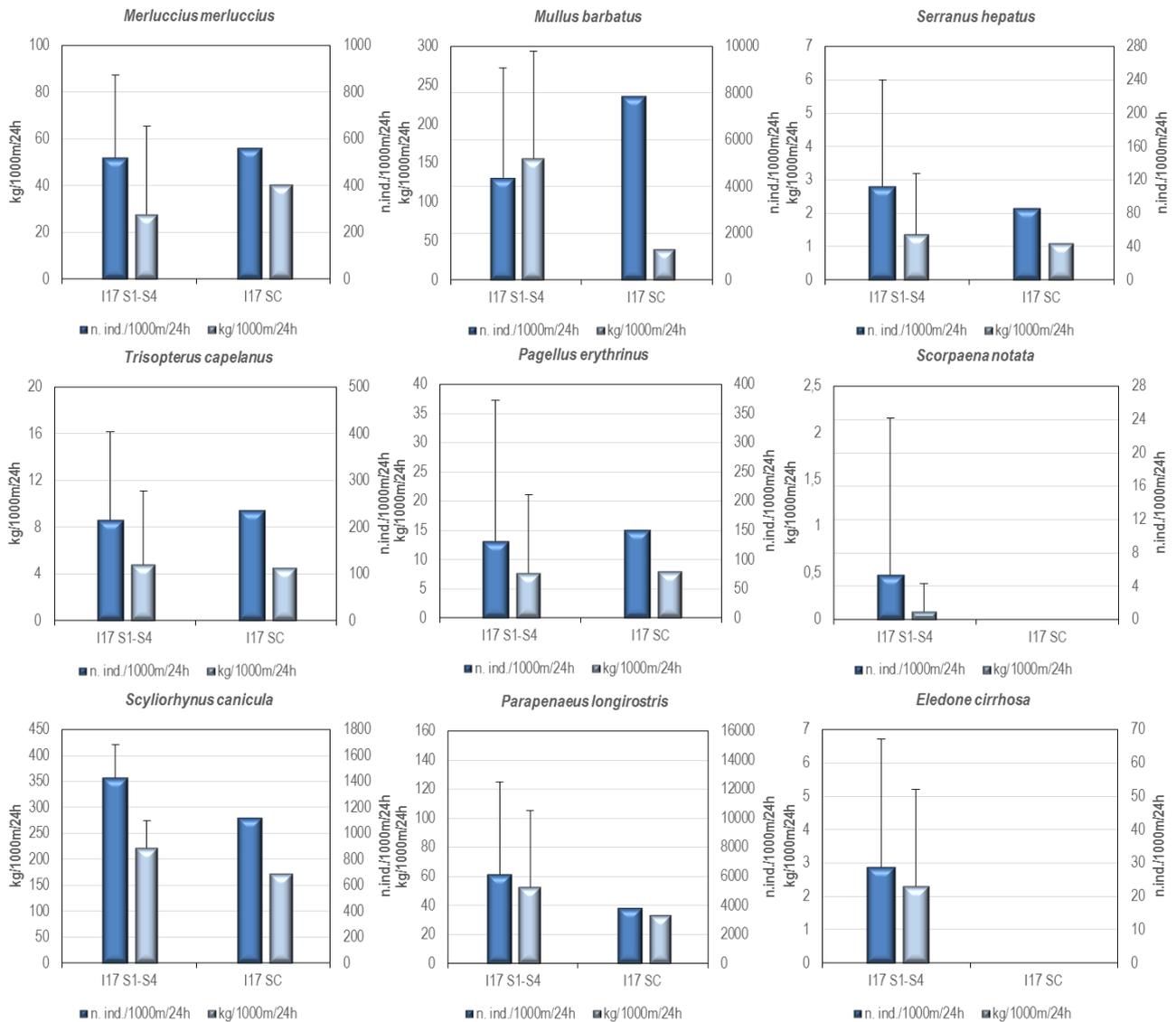


Figura 73 – Rete a strascico: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni I17 S1-S4 e per la stazione I17 SC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In blu n. individui/km², in azzurro chiaro kg/km².

Distribuzioni taglia/frequenza per specie

Reti da posta

La specie più abbondante catturata con le reti da posta è il gattuccio, *S. canicula* (**Figura 74**). Nelle stazioni I17 P1-P4 sono stati campionati in totale 257 esemplari con taglia compresa tra 27 e 47 cm LT. Nella stazione I17 PC sono stati campionati 61 individui aventi taglia compresa tra 30 e 45 cm LT. Le distribuzioni di taglia degli individui catturati nei due siti di campionamento sono molto simili e mostrano entrambe una moda a 38 cm LT, con le percentuali più elevate degli animali sono comprese tra 37 e 40 cm LT.

Per le altre specie indicatrici scelte per le reti da posta non sono state elaborate le distribuzioni di taglia-frequenza a causa dello scarso numero di individui campionati. Sono stati campionati 5 individui di rana pescatrice *L. budegassa*: 2 esemplari con taglia di 40 e 41 cm LT sono stati catturati nelle stazioni in prossimità del Terminale (I17 P1-P4), mentre 3 esemplari di 28, 46 e 53 cm LT sono stati campionati nella stazione di controllo (I17 PC). La stellata *R. asterias* è stata pescata solamente in una delle stazioni poste in prossimità del Terminale (1 individuo di 57 cm LT). Anche la linguattola *C. linguatula* (3 esemplari di taglia 18, 20,5 e 21 cm LT) e la gallinella *C. lucerna* (11 esemplari con taglia compresa tra 16,5 e 35 cm LT) sono state campionate solo nelle stazioni I17 P1-P4.

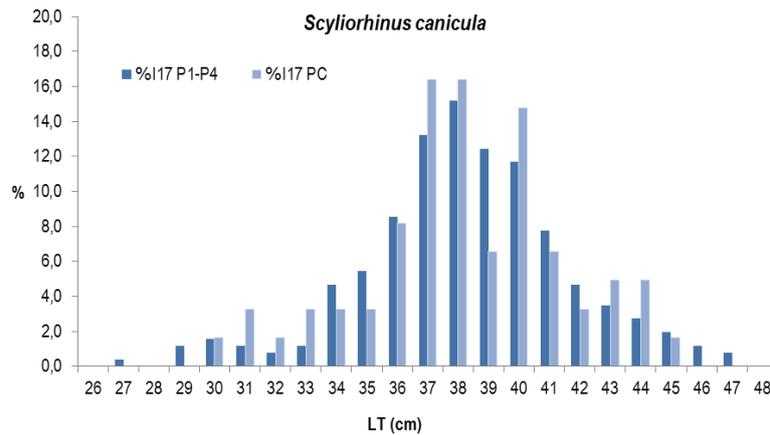


Figura 74 - Rete da posta: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (*Scyliorhinus canicula*). Num. individui: 257 (I17 P1-P4), 61 (I17 PC).

Rete a strascico

Nel gruppo degli Osteitti la specie maggiormente catturata è la triglia di fango *M. barbatus* con un totale di 1134 individui, 769 campionati nelle stazioni I17 S1-S4, con taglia compresa tra 8 e 23 cm LT, e 365 esemplari nella stazione I17 SC, con taglia compresa tra 9,5 e 22,5 cm LT (**Figura 75**). La distribuzione di taglia degli organismi provenienti dalle stazioni poste in prossimità del Terminale mostra una moda a 12,5 cm LT. Nel caso della distribuzione di taglia degli organismi provenienti dalla stazione I17 SC la moda è a 13 cm LT.

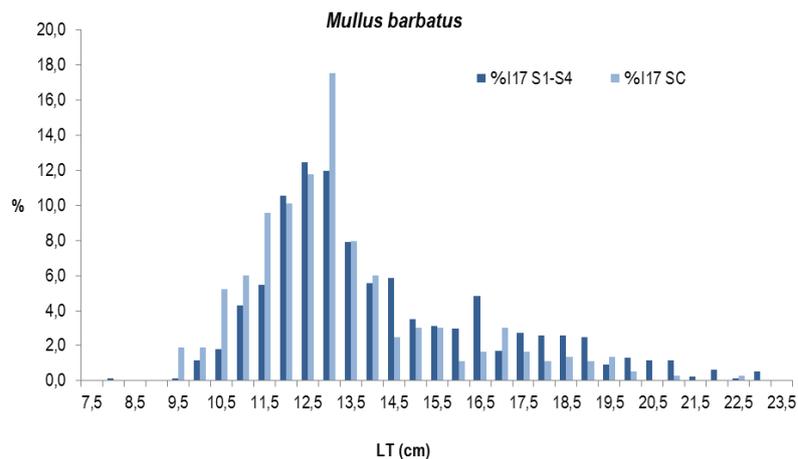


Figura 75 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza della triglia di fango (*Mullus barbatus*). Num. individui: 769 (I17 S1-S4), 365 (I17 SC).

Nel caso del nasello *M. merluccius* sono stati campionati 91 esemplari nelle stazioni I17 S1-S4, con taglia tra 7 e 30 cm LT, e 26 esemplari nella stazione I17 SC, con taglia compresa tra 12 e 27 cm LT. Nella **Figura 76** è illustrata solo la distribuzione di taglia-frequenza degli esemplari catturati nelle stazioni in prossimità del Terminale; è identificabile una moda ben evidente a 20 cm LT.

Passando al gambero bianco, *P. longirostris* in totale sono stati catturati 1270 individui, 1091 nel gruppo di stazioni I17 S1-S4, aventi taglia compresa tra 11 e 35 mm LC, e 179 nella stazione I17 SC, con taglia tra 17 e 33 mm LC. La distribuzione di taglia-frequenza degli animali catturati in prossimità del Terminale (I17 S1-S4) mostra una moda a 25 mm LC, mentre la distribuzione degli organismi provenienti dalla stazione I17 SC ha una moda a 24 mm LC (**Figura 79**).

Nel caso del merluzzetto, *T. capelanus* (**Figura 77**), nelle stazioni I17 S1-S4 sono stati catturati in totale 38 esemplari, con taglia compresa tra 9 e 19 cm LT; mentre nella stazione I17 SC sono stati campionati 11 esemplari, con taglia tra 9,5 e 15 cm LT. Viene riportata la distribuzione di taglia dei soli individui provenienti dalle stazioni poste in prossimità del Terminale (I17 S1-S4) in cui è possibile mettere in evidenza una moda a 10,5 cm LT.

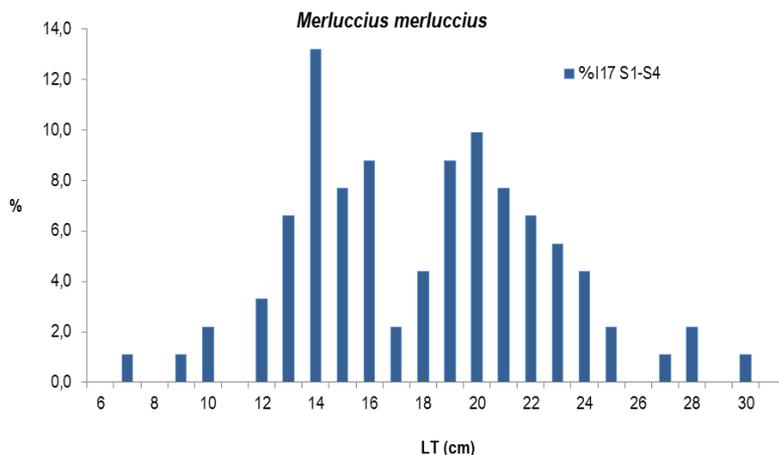


Figura 76 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del nasello (*Merluccius merluccius*). Num. individui: 91 (I17 S1-S4).

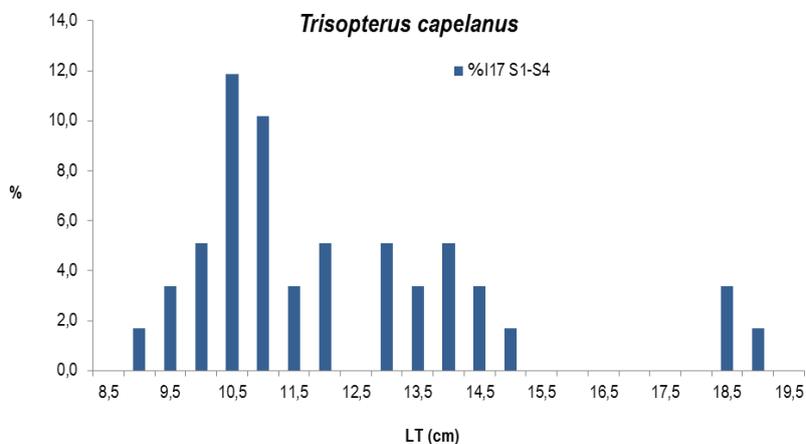


Figura 77 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del merluzzetto (*Trisopterus capelanus*). Num. individui: 38 (I17 S1-S4).

Per gli altri Osteitti scelti come specie di riferimento non vengono fornite le distribuzioni di taglia-frequenza dato lo scarso numero di individui. Nel caso del pagello fragolino *P. erythrinus* sono stati catturati in totale 30 individui, 23 nelle stazioni I17 S1-S4 con taglia compresa tra 14,5 e 20 cm LT, e 7 nella stazione I17 SC, con taglia tra 15 e 17 cm LT. Per il sacchetto *S. hepatus* sono stati campionati 20 individui totali nelle stazioni I17 S1-S4 con un intervallo di taglia tra 8 e 10 cm LT e 4 individui nella stazione I17 SC con taglie di 8,5 e 9 cm LT. Nel caso dello scorfanotto, *Scorpaena notata*, è stato campionato un solo individuo di 9,5 cm LT in una stazione del gruppo in prossimità del Terminale (I17 S1-S4).

Il gattuccio *S. canicula* è presente nelle stazioni I17 S1-S4 con un totale di 252 individui, con taglia compresa tra 23 e 48 cm LT, e nella stazione I17 SC con 52 individui, con un intervallo di taglia tra 25 e 43 cm LT. Entrambe le distribuzioni di taglia mostrano una struttura polimodale corrispondente e più classi di taglia.

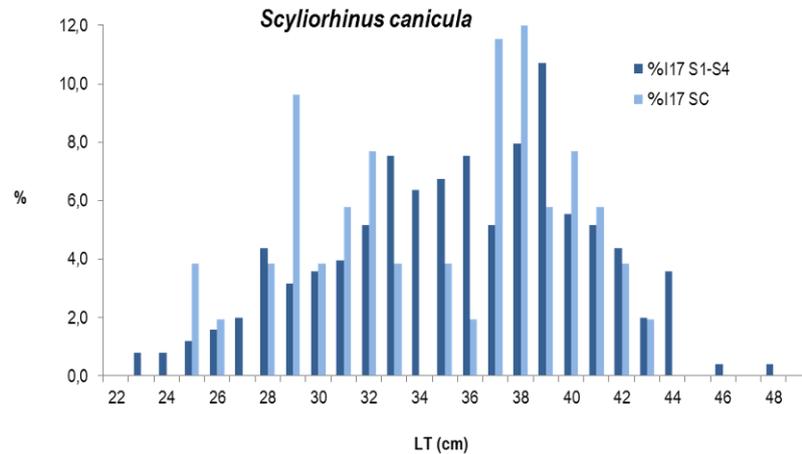


Figura 78 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (*Scyliorhinus canicula*). Num. individui: 252 (I17 S1-S4), 52 (I17 SC).

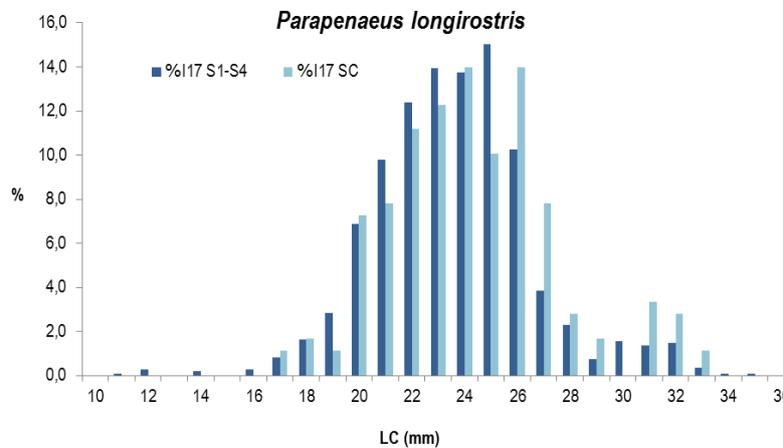


Figura 79 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gambero bianco (*Parapenaeus longirostris*). Num. individui: 1091 (I17 S1-S4), 179 (I17 SC).

Nel caso del moscardino, *Eledone cirrhosa*, sono stati campionati 5 animali solo nelle stazioni I17 S1-S4, con taglia compresa tra 6 e 7,5 cm LM.

4.2.6 Cetacei e tartarughe marine

Per questa indagine sono state percorse 244 nm per un totale di 55h e 30' di navigazione. Nella **Figura 80** sono riportate le rotte effettuate per il monitoraggio visivo condotto a partire da febbraio 2017 (I17).

Durante le giornate di monitoraggio, sono stati effettuati 2 avvistamenti. In data 26/02/2017 sono stati avvistati delfini appartenenti alla specie *Stenella coeruleoalba*, 4 individui adulti ed 1 piccolo in posizione Lat. 43° 38.518' N e Long 009° 51.728' E a 6 nm NW dal Terminale, in corrispondenza della stazione di monitoraggio acustico W10k. In data 11/03/2017 sono stati avvistati 5 individui adulti appartenenti alla specie *Tursiops truncatus*, in posizione Lat 43° 41.200' e Long 10° 01.01', 4,5 nm NE dal Terminale.

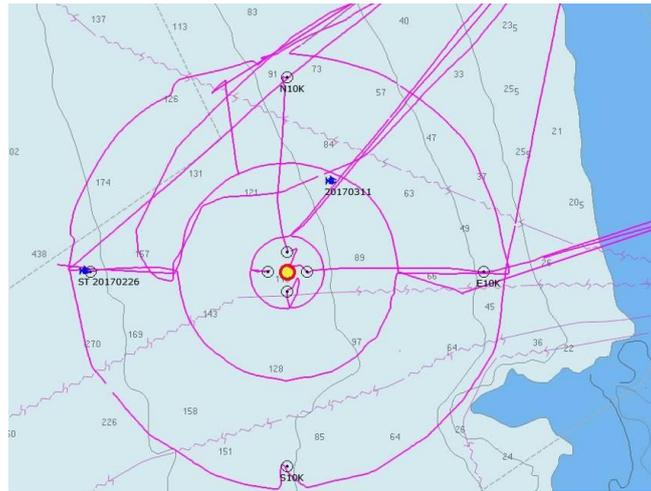


Figura 80 – Rotte effettuate per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico condotto in inverno 2017 (I17) con i punti di avvistamento.

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 (Figura 81, Figura 82, Figura 83, Figura 84). Sono inoltre riportati i risultati a 1.000 e 10.000 metri per la direttrice Sud (quella di maggior interesse per la presente campagna).

Nel range di frequenze superiore a 17 kHz e a volte anche a frequenze più basse, si evidenziano righe spettrali che rappresentano interferenze elettromagnetiche derivanti da strumentazioni dell'imbarcazione di supporto. Esse non sono significative per l'analisi acustica. Tra le misure a distanza, sono state selezionate quelle registrate nei punti S1K e S10K, per permettere il confronto sulla direttrice Sud che appare la più adatta per mettere in evidenza il contributo del Terminale al livello di rumore, ed appare anche quella con il livello più alto.

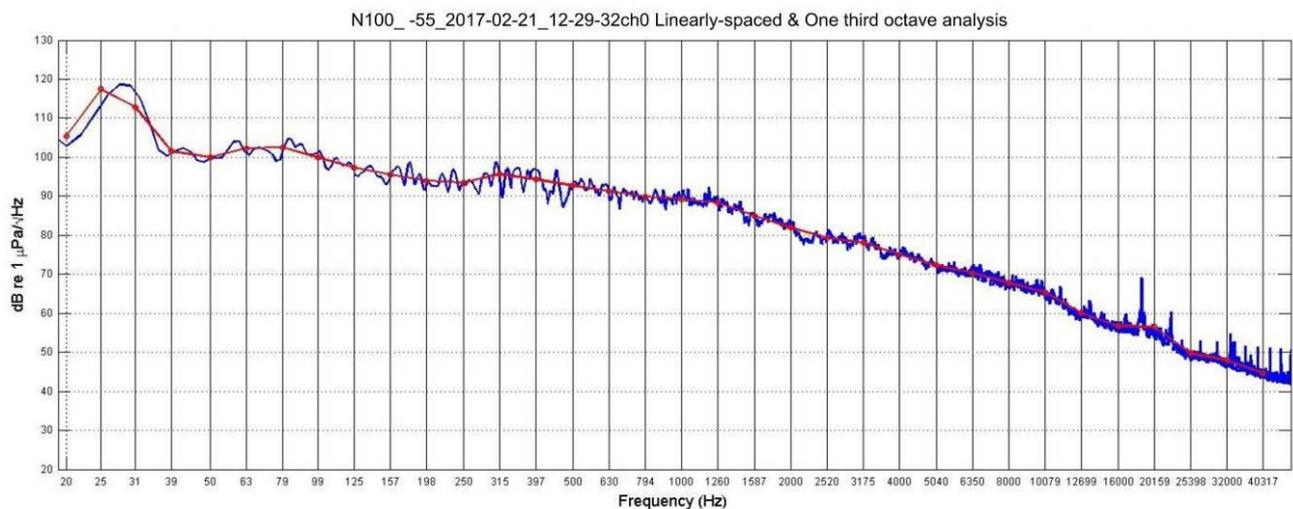


Figura 81 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N100 a 55 m di profondità. Lo spettro presenta un massimo a bassissima frequenza (31 Hz circa), e rimane mediamente elevato per tutta la banda.

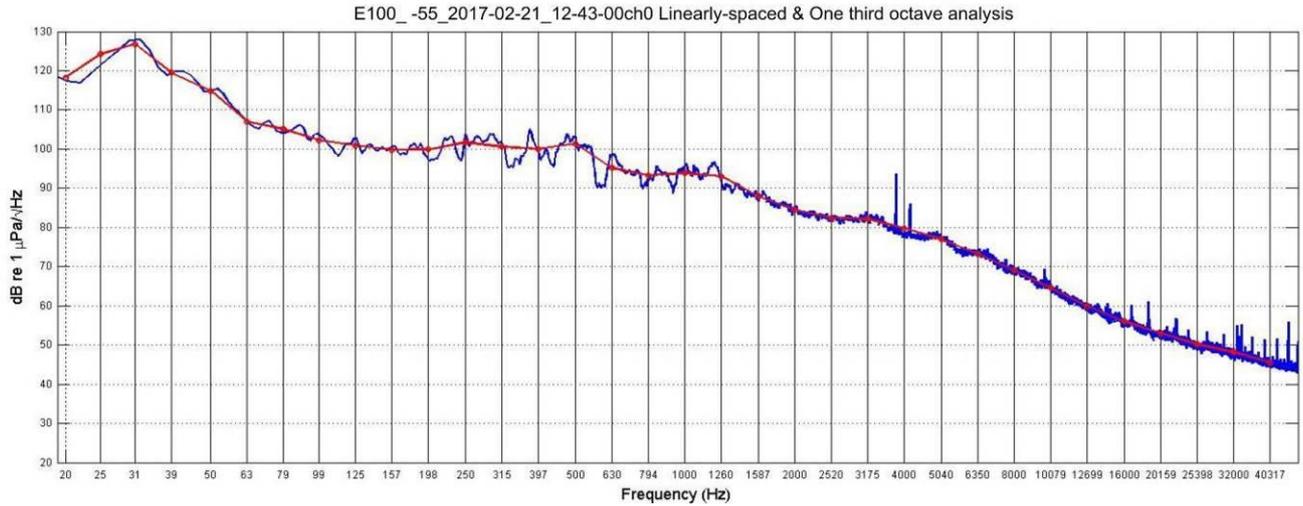


Figura 82 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E100 a 55 m di profondità.

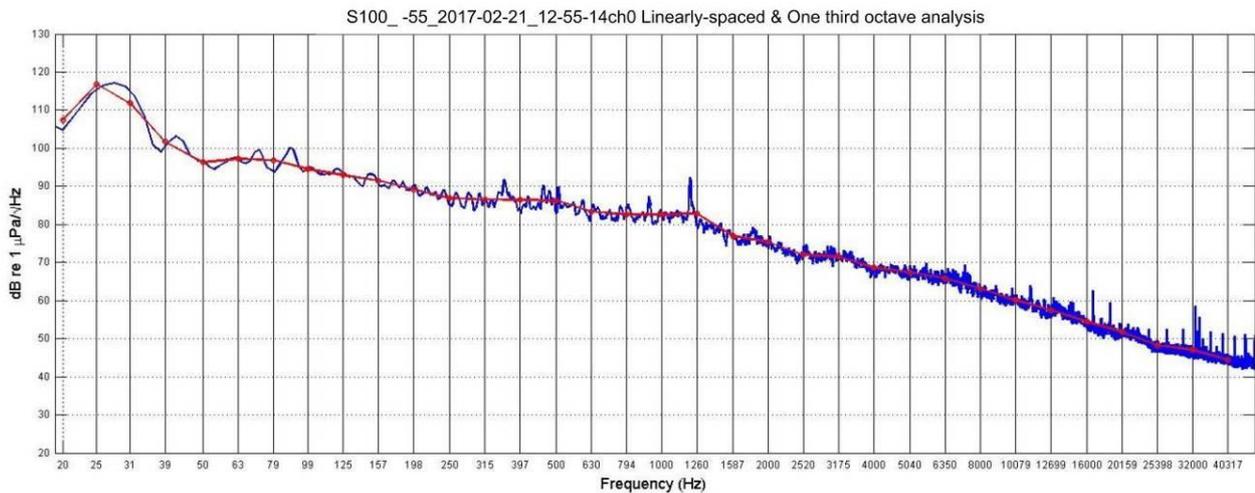


Figura 83 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55 m di profondità. L'andamento non è dissimile da Figura 81 in quanto le misure sono state prese a poca distanza temporale e spaziale..

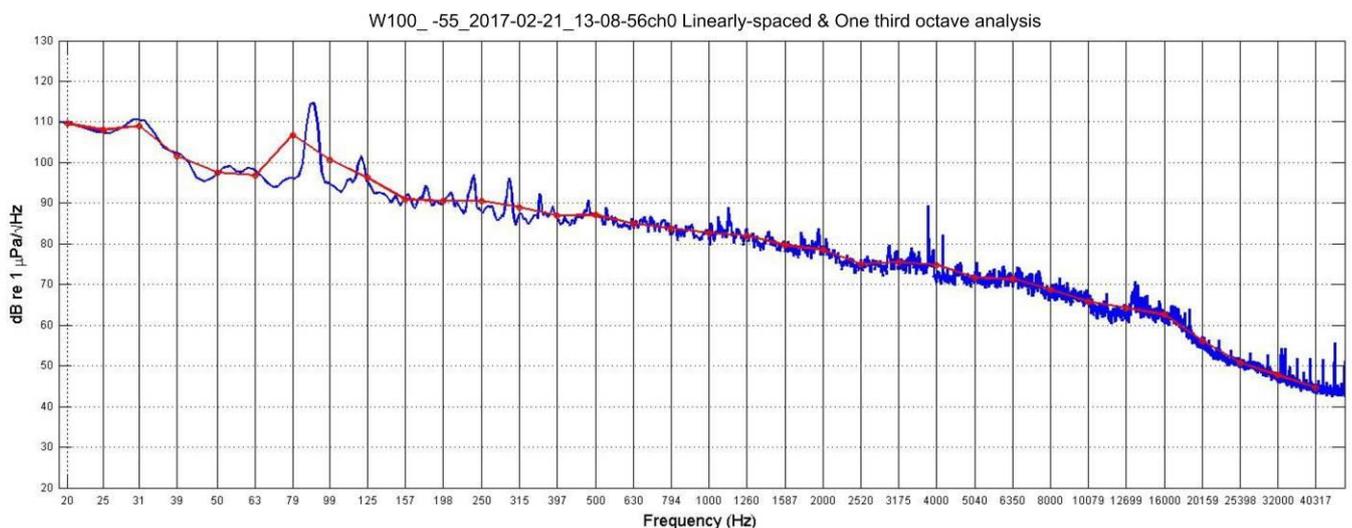


Figura 84 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W100 a 55 m di profondità. Sono sempre presenti righe spettrali dovute a interferenze elettromagnetiche dalla strumentazione di bordo.

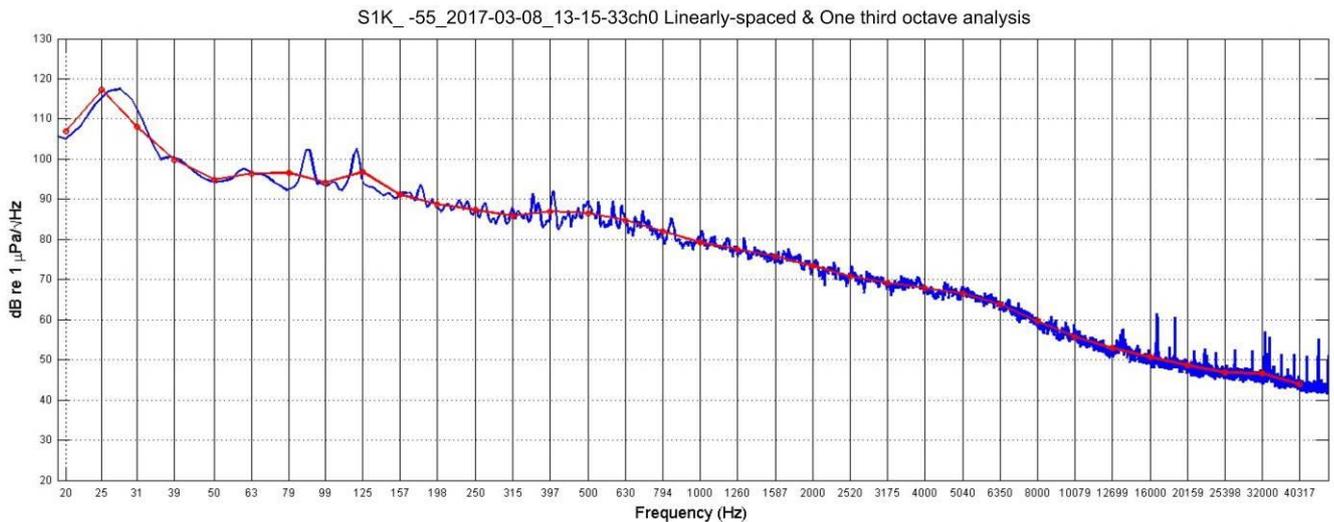


Figura 85 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S1K a 55 m di profondità.

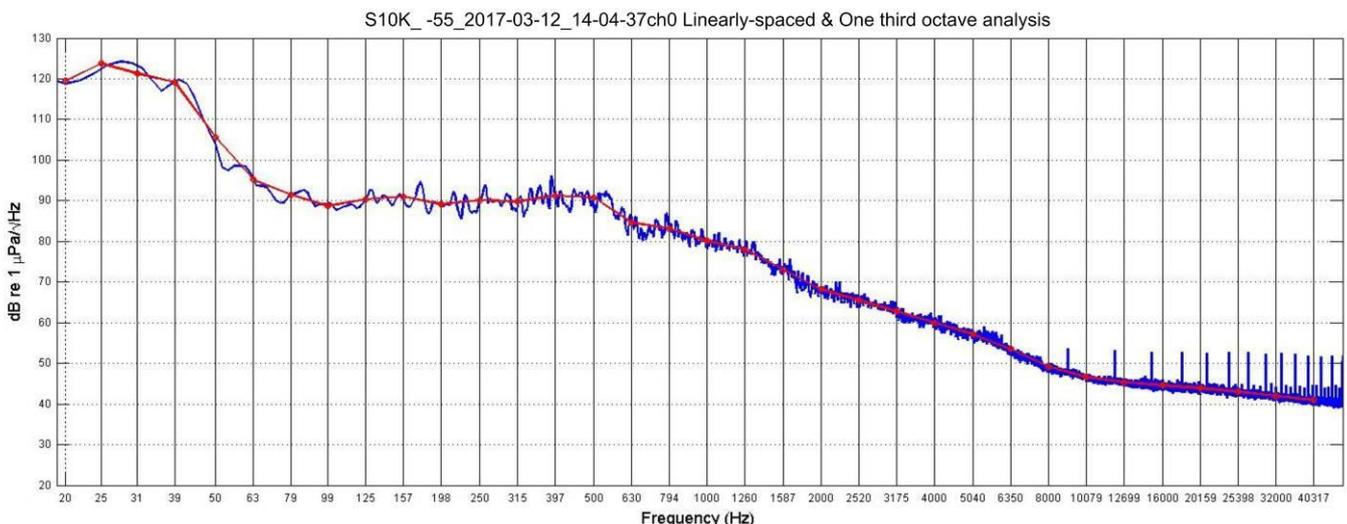


Figura 86 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S10K a 55 m di profondità.

Per cercare di individuare possibili componenti di rumore che provengano dal Terminale è necessario prima di tutto trovare, fra i campioni sonori acquisiti, quelli che non contengano in misura significativa rumore proveniente da sorgenti diverse dal Terminale.

Per ottenere una stima del rumore emesso da Terminale è stata seguita una procedura di confronto tra misure. Si sono quindi:

- confrontati gli spettri registrati alla distanza minore, quella dei 100 metri a 55 metri di profondità, per trovare possibili correlazioni;
- confrontati gli spettri registrati sulla stessa direttrice a diverse distanze (100, 1.000 e 10.000 metri) per individuare possibili cadute di segnale con la distanza. E' stata scelta la direttrice Sud come la più adatta a verificare il contributo di rumore del Terminale.

La **Figura 87** mostra il confronto dei livelli di rumore a 55 metri di profondità registrati sulla direttrice Sud a 100, 1.000 e 10.000 metri. Tralasciamo i livelli a bassissima frequenza, sotto i 100 Hz, che spesso risentono del passaggio di imbarcazioni anche a grande distanza non correlate con il Terminale. 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 1kHz a 16 kHz confermando i risultati delle precedenti analisi.

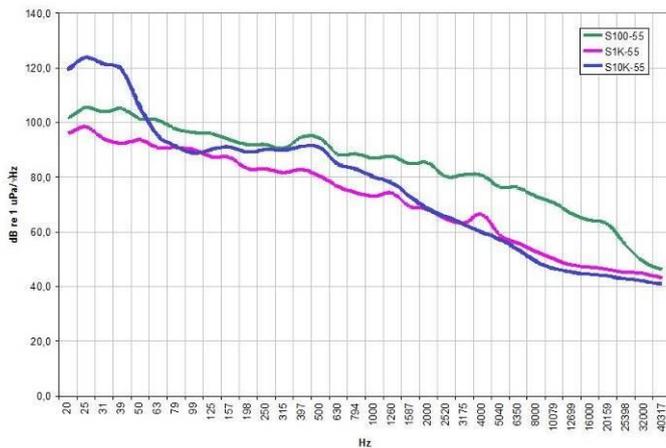


Figura 87 – Confronto delle funzioni PSD in terzi d’ottava, relative a dati raccolti sulla direttrice Sud a distanza 100, 1000 e 10000 m dal Terminale e a profondità 55 m.

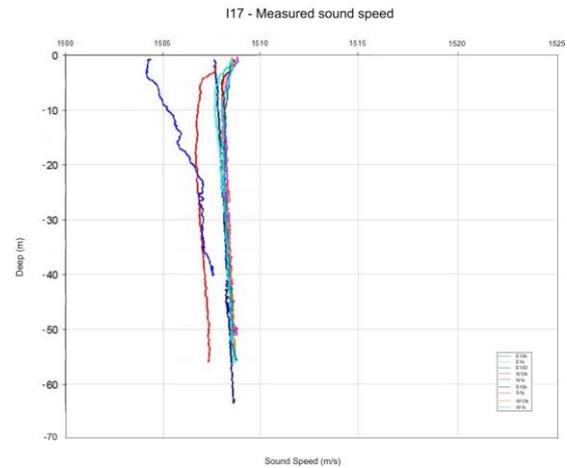


Figura 88 - Confronto sullo stesso grafico di tutti i profili di velocità del suono misurati durante la campagna I17.

La verifica mediante simulazione

Tutte le ipotesi e assunzioni proposte nei volumi precedenti (dal bianco alla precedente campagna) rimangono valide, perciò i parametri geometrici, geofisici e relativi alla sorgente rimangono inalterati. Poiché anche nelle attuali misure e dal confronto con le campagne riportate nel capitolo dedicato dei volumi precedenti risulta che la banda in cui si rileva una certa variazione è centrata intorno a 10 - 12kHz (valutate come differenza dai risultati del bianco), si prende come riferimento la frequenza di 12kHz per il modello della sorgente 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.

Parametri oceanografici

In generale, i profili misurati durante questa campagna e riportati in **Figura 88** sono simili e presentano un primo layer fino a 4 metri di profondità circa, dovuto al debole riscaldamento dell’acqua superficiale, e continuano verticali, rappresentando un mezzo omogeneo con scarse differenze nella velocità di propagazione del suono. Due sono i profili da evidenziare: le stazioni E10K e N10K. Il layer superficiale della stazione N10K è più marcato, mentre quello della stazione E10K dopo i primi metri presenta un profilo con gradiente positivo up refracting, che tende a riflettere il suono verso al superficie.

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 $\pm 80^\circ$ su piano verticale posta a 15 metri di profondità (rif. materiali e metodi, cap. “Definizione generale di un modello di propagazione del suono”). I risultati ottenuti a frequenza 12 kHz possono essere considerati validi per tutta la banda di interesse 7-20 kHz con piccole variazioni.

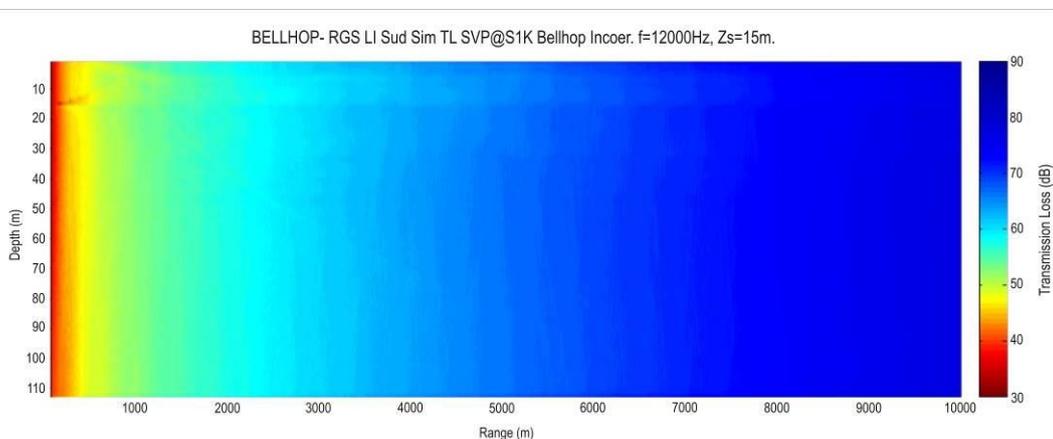


Figura 89 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz, corrispondente al profilo verticale di velocità del suono misurato.

Il profilo di velocità del suono misurato, applicato al modello, determina un debole canale superficiale ed una TL quasi costante nello strato sottostante. La caduta di livello del rumore predetto tra le stazioni S100 e S1K a 55 metri di profondità è di oltre 14 dB, poco inferiore alla media realmente misurata nella banda 7-20kHz. 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 μPa @ 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.

4.3.1 Bioacustica

Non ci sono state rilevazioni sonore e pertanto non ci sono registrazioni.

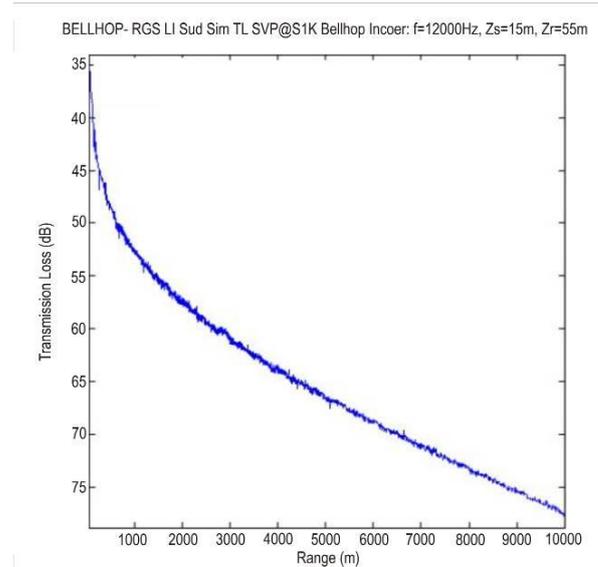


Figura 90 - Transmission Loss prevista dal modello in funzione della distanza alla profondità di 55 metri.

VOLUME II

- 5 RISULTATI SURVEY PRIMAVERA 2017**
 - 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 2017**
 - 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**