

**PIANO DI MONITORAGGIO DELL'AMBIENTE MARINO**

**Autunno 2018 (A18), Inverno 2019 (I19)**

Primavera 2019 (P19), Estate 2019 (E19)



**FASE DI ESERCIZIO VI REPORT ANNUALE**

**VOL. 1**

Rev. 1	24.12.19	Emissione definitiva			
Rev. 0	30.09.19	Emissione per commenti committente			
Rev	Data	Descrizione della revisione	Preparato da	Verificato da	Approvato da

<b>VOLUME I</b> .....	<b>10</b>
<b>1 INTRODUZIONE</b> .....	<b>11</b>
<b>1.1 Breve descrizione dell'impianto di rigassificazione</b> .....	<b>11</b>
<b>1.2 Breve cronistoria relativa al progetto di monitoraggio</b> .....	<b>11</b>
<b>1.3 Obiettivi fase di esercizio</b> .....	<b>11</b>
<b>2 MATERIALI E METODI</b> .....	<b>11</b>
<b>2.1 Attività e tempistiche</b> .....	<b>11</b>
<b>2.2 Area di indagine</b> .....	<b>13</b>
<b>2.3 COLONNA D'ACQUA</b> .....	<b>14</b>
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
<b><i>Vibrio fischeri</i> (sistema Microtox®) - fase liquida</b> .....	<b>17</b>
<b><i>Phaeodactylum tricornutum</i></b> .....	<b>18</b>
<b><i>Dicentrarchus labrax</i></b> .....	<b>18</b>
<b><i>Paracentrotus lividus</i></b> .....	<b>18</b>
<b>2.4 SEDIMENTI</b> .....	<b>18</b>
2.4.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche .....	19
<b>Analisi granulometriche</b> .....	<b>19</b>
<b>Analisi chimiche</b> .....	<b>19</b>
<b>Analisi microbiologiche</b> .....	<b>20</b>
2.4.2 Saggi ecotossicologici .....	20
<b><i>Paracentrotus lividus</i></b> .....	<b>20</b>
<b><i>Corophium orientale</i></b> .....	<b>20</b>
<b><i>Vibrio fischeri</i> (sistema Microtox®) - fase solida</b> .....	<b>21</b>
<b>2.5 BIOTA</b> .....	<b>21</b>
2.5.1 Macrozoobenthos .....	21
2.5.2 Meiobenthos .....	21
2.5.3 Bioaccumulo .....	22
2.5.4 Biomarkers.....	25
2.5.5 Fauna ittica bentonectonica .....	26
2.5.6 Fauna ittica pelagica .....	27
2.5.7 Cetacei e tartarughe marine.....	28
<b>2.6 INDAGINI GENERALI</b> .....	<b>29</b>
2.6.1 Misura del rumore .....	29
2.6.2 Bioacustica .....	33
<b>3 RISULTATI SURVEY AUTUNNO 2018</b> .....	<b>34</b>
<b>3.1 COLONNA D'ACQUA</b> .....	<b>34</b>
3.1.1 Profili idrologici .....	34
3.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche .....	36
3.1.3 Plancton .....	46
<b>3.2 BIOTA</b> .....	<b>55</b>
3.2.1 Macrozoobenthos .....	55
3.2.2 Bioaccumulo .....	59
3.2.3 Biomarkers.....	61
3.2.4 Cetacei e tartarughe marine.....	62

3.3	<b>Indagini generali</b> .....	<b>63</b>
3.3.1	Misura del rumore .....	63
3.3.2	Bioacustica .....	68
4	<b>RISULTATI SURVEY INVERNO 2019</b> .....	<b>69</b>
4.1	<b>COLONNA D'ACQUA</b> .....	<b>69</b>
4.1.1	Profili idrologici .....	69
4.1.1	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche .....	71
4.1.2	Plancton .....	80
4.1.3	Saggi ecotossicologici .....	90
	<i>Vibrio fischeri</i> .....	90
	<i>Pheodactylum tricorutum</i> .....	90
	<i>Dicentrarchus labrax</i> .....	91
	<i>Paracentrotus lividus</i> .....	91
4.2	<b>BIOTA</b> .....	<b>93</b>
4.2.1	Macrozoobenthos .....	93
4.2.2	Meiobenthos .....	97
4.2.3	Bioaccumulo .....	105
4.2.4	Biomarkers.....	107
4.2.5	Fauna ittica bentonectonica .....	108
4.2.6	Cetacei e tartarughe marine.....	118
4.3	<b>INDAGINI GENERALI</b> .....	<b>119</b>
4.3.1	Misura del rumore.....	119
4.3.2	Bioacustica .....	124
	<b>VOLUME II</b> .....	<b>125</b>
5	<b>RISULTATI SURVEY PRIMAVERA 2019</b> .....	<b>125</b>
5.1	<b>COLONNA D'ACQUA</b> .....	<b>125</b>
5.1.1	Profili idrologici .....	125
5.1.2	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche .....	125
5.1.3	Plancton .....	125
5.2	<b>BIOTA</b> .....	<b>125</b>
5.2.1	Macrozoobenthos .....	125
5.2.2	Bioaccumulo .....	125
5.2.3	Biomarkers.....	125
5.2.4	Cetacei e tartarughe marine.....	125
5.3	<b>INDAGINI GENERALI</b> .....	<b>125</b>
5.3.1	Misura del rumore.....	125
5.3.2	Bioacustica .....	125
6	<b>RISULTATI SURVEY ESTATE 2019</b> .....	<b>125</b>
6.1	<b>COLONNA D'ACQUA</b> .....	<b>125</b>
6.1.1	Profili idrologici .....	125
6.1.2	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche .....	125
6.1.3	Saggi eco tossicologici su campioni di acqua.....	125
6.1.4	Plancton .....	125
6.2	<b>SEDIMENTI</b> .....	<b>125</b>
6.2.1	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche .....	125
6.2.2	Saggi eco tossicologici su campioni di sedimento .....	125
6.3	<b>BIOTA</b> .....	<b>125</b>
6.3.1	Macrozoobenthos .....	125
6.3.2	Meiobenthos .....	125
6.3.3	Bioaccumulo .....	125

6.3.4	Biomarkers.....	125
6.3.5	Fauna ittica bentonectonica .....	125
6.3.6	Fauna ittica pelagica .....	125
6.3.7	Cetacei e tartarughe marine.....	125
<b>6.4</b>	<b>INDAGINI GENERALI.....</b>	<b>125</b>
6.4.1	Misura del rumore.....	125
6.4.2	Bioacustica .....	125
<b>7</b>	<b>CONFRONTO INTERSTAGIONALE E CON LA CAMPAGNA DI BIANCO .....</b>	<b>125</b>
<b>7.1</b>	<b>COLONNA D'ACQUA.....</b>	<b>125</b>
7.1.1	Profili idrologici .....	125
7.1.2	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche .....	125
7.1.3	Saggi eco tossicologici su campioni di acqua.....	125
7.1.4	Plancton .....	125
<b>7.2</b>	<b>SEDIMENTI.....</b>	<b>125</b>
7.2.1	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche .....	125
7.2.2	Saggi eco tossicologici su campioni di sedimento .....	125
<b>7.3</b>	<b>BIOTA.....</b>	<b>125</b>
7.3.1	Macrozoobenthos .....	125
7.3.2	Meiobenthos .....	125
7.3.3	Bioaccumulo .....	125
7.3.4	Biomarkers.....	125
7.3.5	Fauna ittica bentonectonica .....	125
7.3.6	Fauna ittica pelagica .....	125
7.3.7	Cetacei e tartarughe marine.....	125
<b>7.4</b>	<b>INDAGINI GENERALI.....</b>	<b>125</b>
7.4.1	Misura del rumore.....	125
7.4.2	Bioacustica .....	125
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>125</b>

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Area di studio (sopra) e disposizione dei punti di campionamento (a destra) dove sono indicate tutte le attività previste nelle diverse stazioni, sebbene non tutte siano effettuate su base stagionale. La ripartizione temporale delle attività è riportata in tabella 4. ....	13
Figura 2 - Area di studio in cui sono state effettuate le misurazioni del rumore, la bioacustica e l'avvistamento dei cetacei e delle tartarughe marine, con indicate le stazioni a 10 km dal Terminale e in grigio i transetti circolari a 1, 3 e 6 NM di distanza dal Terminale.....	28
Figura 3 - Posizione delle stazioni di campionamento acustico.....	29
Figura 4 - Esempio di restituzione dati AIS durante l'avvicinamento alla stazione Est1K.....	30
Figura 5 - Schema dei tre tipi fondamentali di andamento che i raggi/coni acustici possono assumere nel piano range-depth al variare del profilo della velocità del suono con la profondità.....	33
Figura 6 – Profili di temperatura (°C), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey autunno 2018.....	34
Figura 7 – Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla (µg/l) e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey autunno 2018.....	35
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), nelle stazioni A18 MG7 e A18 MG10.....	36
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 d'onda dove si colloca ( $\lambda_{max}$ ). .....	36
Figura 10 - Profili delle concentrazioni (µM) dei nutrienti inorganici disciolti: nitriti (NO <sub>2</sub> ), nitrati (NO <sub>3</sub> ), fosfati (PO <sub>4</sub> ), silicati (SiO <sub>2</sub> ).....	38
Figura 11 - Profili delle concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM).....	39
Figura 12 - Profili degli assorbimenti (m <sup>-1</sup> ) della CDOM a 325 nm ( $a_{CDOM}(325)$ ).....	40
Figura 13 - Profili delle concentrazioni (mg/m <sup>3</sup> ) di clorofilla a tot.....	41
Figura 14 – Concentrazione relativa dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove Pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chlb+DVA+Zea).....	43
Figura 15 - Profili delle densità fitoplanctoniche totali (cell/ml).....	47
Figura 16 – Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda in rapporto all'abbondanza totale.....	48
Figura 17 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti nell'autunno 2018. Altro=nemertini, nematodi e cnidari. ....	57
Figura 18 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti (A18).....	57

Figura 19 - Risultati della cluster analysis (group average) a sinistra, piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, a destra. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.....	58
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.....	61
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.....	61
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.....	62
Figura 23 – Rotte effettuate per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico condotto in autunno 2018 (A18).....	62
Figura 24 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N100 a 55 m di profondità.....	63
Figura 25 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E100 a 55 m di profondità.....	63
Figura 26 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55 m di profondità. In tutte le curve a 100m sono presenti le stesse tonali a bassa frequenza.....	64
Figura 27 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W100 a 55 m di profondità.....	64
Figura 28 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a distanza di 100 m a 55m di profondità.....	65
Figura 29 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N1K a 55m di profondità.....	65
Figura 30- PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N10K a 45m di profondità.....	66
Figura 31 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a 55m di profondità lungo la direzione Nord.....	66
Figura 32 - Profili di velocità del suono misurati con CTD a differenti stazioni durante la campagna A18.....	67
Figura 33 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz in direzione Nord.....	67
Figura 34 - Trasmission Loss prevista dal modello in funzione della distanza alla profondità di 15 metri.....	68
Figura 35 – Profili di temperatura (°C), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey inverno 2019.....	69
Figura 36 – Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla (µg/l), e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey inverno 2019.....	70
Figura 37 - Profilo del rapporto fra l'irradianza quantica PAR (Photosynthetic Available Radiation) disponibile alle varie profondità con quella contemporanea in superficie, PAR (0 m), nelle stazioni I19 MG7 e I19 MG10.....	71
Figura 38 - 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 d'onda dove si colloca ( $\lambda_{max}$ ).....	71
Figura 39 - Profili delle concentrazioni (µM) dei nutrienti inorganici disciolti: NO <sub>2</sub> (nitriti), NO <sub>3</sub> (nitrati), PO <sub>4</sub> (fosfati), SiO <sub>2</sub> (silicati).....	72
Figura 40 - Profili delle concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM).....	73
Figura 41 - Profili degli assorbimenti (m <sup>-1</sup> ) della CDOM a 325 nm ( $a_{CDOM(325)}$ ).....	74
Figura 42 - Profili delle concentrazioni (mg/m <sup>3</sup> ) di clorofilla a tot.....	75
Figura 43 – Concentrazione relativa dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove Pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid).....	77
Figura 44 - Profili delle densità fitoplanctoniche totali (cell/ml).....	81
Figura 45 – Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda in rapporto all'abbondanza totale.....	82
Figura 1 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti. Altro = Nemertini.....	95
Figura 2 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti.....	95
Figura 3 - Risultati della cluster analysis (group average) a sinistra, piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, a destra. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.....	96
Figura 49 - Stazione I19 MG1. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm <sup>2</sup> ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).....	97
Figura 50 - Stazione I19 MG2. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm <sup>2</sup> ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).....	98
Figura 51 - Stazione I19 MG4. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm <sup>2</sup> ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).....	98
Figura 52 - Stazione I19 MG6. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm <sup>2</sup> ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).....	99
Figura 53 - Stazione I19 MG7. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm <sup>2</sup> ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).....	99
Figura 54 - Stazione I19 MG8. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm <sup>2</sup> ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).....	100
Figura 55 - Stazione I19 MG9. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm <sup>2</sup> ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).....	100
Figura 56 - Stazione I19 MG10. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm <sup>2</sup> ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).....	101
Figura 57 - Stazione I19 MG11. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm <sup>2</sup> ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).....	102
Figura 58 - Stazione I19 MG12. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm <sup>2</sup> ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).....	102
Figura 59 - Stazione I19 MG13. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm <sup>2</sup> ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).....	103
Figura 60 - Stazione I19 MG14. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm <sup>2</sup> ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).....	103



Figura 61 – 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. .... 104

Figura 62 - 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. .... 107

Figura 63 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno. .... 107

Figura 64 - 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. .... 108

Figura 65 - Reti da posta: composizione percentuale delle catture, espressa come n. individui/1000m/24h e kg/1000m/24h, dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni I19 P1-P4 e I19 PC. .... 109

Figura 66 - Rete a strascico: composizione percentuale delle catture, espressa come n. individui/km<sup>2</sup> e kg/km<sup>2</sup>, dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni I19 S1-S4 e I19 SC. .... 110

Figura 67 - Reti da posta: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni I19 P1-P4 e per la stazione I19 PC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In blu n. individui/1000m/24h, in azzurro kg/1000m/24h. .... 114

Figura 68 - Rete a strascico: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni I19 S1-S4 e per la stazione I19 SC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In blu n. individui/km<sup>2</sup>, in azzurro chiaro kg/km<sup>2</sup>. .... 115

Figura 69 - Rete da posta: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (*Scylliorhinus canicula*). Num. individui: 92 (I19 P1-P4). .... 116

Figura 70 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza della triglia di fango (*Mullus barbatus*). N° individui: 1499 (I19 S1-S4), 252 (I19 SC). .... 116

Figura 71 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del sacchetto (*Serranus hepatus*). N° individui: 122 (I19 S1-S4). .... 117

Figura 72 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del nasello (*Merluccius merluccius*). N° individui: 68 (I19 S1-S4). .... 117

Figura 73 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del pagello fragolino (*Pagellus erythrinus*). N° individui: 57 (I19 S1-S4). .... 117

Figura 74 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (*Scylliorhinus canicula*). N° individui: 124 (I19 S1-S4). .... 118

Figura 75 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gambero bianco (*Parapenaeus longirostris*). N° individui: 174 (I19 S1-S4). .... 118

Figura 76 - Rotte effettuate per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico condotto in inverno 2019. .... 119

Figura 77 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N100 a 55 m di profondità. .... 119

Figura 78 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E100 a 55 m di profondità. .... 120

Figura 79- PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55 m di profondità. In tutte le curve a 100m sono presenti le stesse tonali a bassa frequenza. .... 120

Figura 80 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W100 a 55 m di profondità. .... 121

Figura 81 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a distanza di 100 m a 55m di profondità. .... 121

Figura 82 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N1K a 55m di profondità. .... 122

Figura 83 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N10K a 45m di profondità. .... 122

Figura 84 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a 55m di profondità lungo la direzione Nord. .... 123

Figura 85 - Profili di velocità del suono misurati con CTD a differenti stazioni durante la campagna I19. .... 123

Figura 86 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz in direzione Nord. .... 124

Figura 87 - Transmission Loss prevista dal modello in funzione della distanza alla profondità di 15 metri. .... 124

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Contenuti tecnici delle quattro campagne annuali relative alla fase di esercizio. .... 12

Tabella 2 – Calendario delle attività di campo svolte nelle campagne di esercizio A18, I19, P19, E19. .... 12

Tabella 3 – Coordinate teoriche (WGS 84) dei punti di campionamento. .... 13

Tabella 4 – Piano di campionamento. 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. In grassetto le date delle tarature esterne, in corsivo le tarature interne. .... 14

Tabella 6 - Metodi relativi alle analisi effettuate sui campioni di acqua. In rosso i metodi utilizzati da P19. .... 15

Tabella 7 - Elenco dei pigmenti determinati, sigla e raggruppamento tassonomico di appartenenza. .... 16

Tabella 8 - Scala di tossicità relativa al test condotto con *Paracentrotus lividus*, *Vibrio fischeri*, *Phaeodactylum tricorutum* e *Dicentrarchus labrax*. .... 17

Tabella 9 - Metodi relativi alla analisi chimiche effettuate sui campioni di sedimento. In rosso i metodi utilizzati da P19. .... 19

Tabella 10 - Scala di tossicità relativa a test ecotossicologico con *Corophium orientale* e *Vibrio fischeri* (sedimenti). .... 21

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. .... 23

Tabella 12 - Metodi relativi alla analisi chimiche effettuate su *M. galloprovincialis*. In rosso i metodi utilizzati da P19. .... 24

Tabella 13 - Coordinate e profondità dei siti di studio. RP = Reti da Posta, S = Strascico. .... 26

Tabella 14 - Nuova codifica delle stazioni adottata dalla campagna Inverno 2016 (I16). Ogni anno viene aggiornato il riferimento alla campagna. .... 27

Tabella 15 - Coordinate e profondità dei siti di studio. RPP = Reti da Posta Pelagiche (E19) .... 28

Tabella 16 - Concentrazioni (µM) dei nutrienti inorganici disciolti. .... 37

Tabella 17 - Concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM). .... 39

Tabella 18 - Assorbimento (m<sup>-1</sup>) della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm. .... 40

Tabella 19 - Concentrazioni (mg/m<sup>3</sup>) della Clorofilla a totale (Chl a tot = Clorofilla a, + Divinil Clorofilla a + Alloclorofilla a, se presenti). .... 40

Tabella 20 - Concentrazioni (mg/m<sup>3</sup>) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici. .... 41

Tabella 21 - Concentrazione tensioattivi anionici e tensioattivi non ionici presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico. Le profondità sono espresse in metri. I dati sono espressi in milligrammi/litro. .... 44

Tabella 22 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione. ....	44
Tabella 23 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico. I dati sono espressi in microgrammi/litro. In neretto (0,5 - 12,5 - 50 - 70) sono indicate le profondità di prelievo in metri. ....	45
Tabella 24 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di acqua superficiale. I dati sono espressi in ufc/100 ml. P = presenti ma non formanti colonie. ....	45
Tabella 25 - Densità fitoplanctonica totale (cell/ml) e delle classi o gruppi identificati. ....	46
Tabella 26 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati (prelievo con Niskin). ....	48
Tabella 27 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche. ....	49
Tabella 28 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati (prelievo con retino). ....	50
Tabella 29 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni A18 MG6, A18 MG7, A18 MG10, A18 MG12 e A18 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13) ....	51
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> . ....	53
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. ....	54
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. ....	55
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 <i>in toto</i> . ....	55
Tabella 34 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nell'autunno 2018 (A18). ....	55
Tabella 35 - Indici strutturali ( $\pm$ DS) relativi al popolamento macrobentonico. Numero di taxa (S), Numero di individui (N), Diversità specifica di Shannon-Weaver (H'), Ricchezza specifica di Margalef (d), Equitabilità di Pielou (J). ....	58
Tabella 36 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna A18 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 Determinine 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017. ....	59
Tabella 37 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A18, sono espressi in mg/kg. ....	59
Tabella 38 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A18, sono espressi in mg/kg, salvo ove indicato. ....	59
Tabella 39 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A18, sono espressi in $\mu$ g/kg. ....	60
Tabella 40 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A18, sono espressi in ufc/g. ....	61
Tabella 41 - Analisi istologica. Lo score indica lo stato dell'epitelio branchiale secondo la seguente scala 1, normale morfologia epitelio branchiale; 2, lieve riduzione dello spessore dell'epitelio branchiale e dello sviluppo delle ciglia; 3, marcata riduzione dello spessore dell'epitelio e delle ciglia; 4, erosione dell'epitelio branchiale e dello sviluppo ciliare; 5, destrutturazione dei filamenti con estesa erosione dell'epitelio branchiale ed assenza delle ciglia. ....	61
Tabella 42 - Concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti ( $\mu$ M). ....	72
Tabella 43 - Concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM). ....	73
Tabella 44 - Assorbimento ( $m^{-1}$ ) della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm. ....	74
Tabella 45 - Concentrazioni ( $mg/m^3$ ) della Clorofilla a totale (Chl a tot = Clorofilla a, + Divinil Clorofilla a + Alloclorofilla a, se presenti). ....	75
Tabella 46 - Concentrazioni ( $mg/m^3$ ) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici. ....	76
Tabella 47 - Concentrazione tensioattivi anionici e tensioattivi non ionici presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico. Le profondità sono espresse in metri. I dati sono espressi in milligrammi/litro. ....	77
Tabella 48 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione. ....	78
Tabella 49 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico. I dati sono espressi in microgrammi/litro. In neretto (0,5 - 12,5 - 50 - 70) sono indicate le profondità di prelievo in metri. ....	79
Tabella 50 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di acqua superficiale. I dati sono espressi in ufc/100 ml. ....	79
Tabella 51 - Densità fitoplanctonica totale (cell/ml) e delle classi o gruppi identificati. ....	80
Tabella 52 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati (prelievo con Niskin). ....	81
Tabella 53 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche. ....	82
Tabella 54 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati (prelievo con retino). ....	84
Tabella 55 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni I19 MG6, I19 MG7, I19 MG10, I19 MG12 e I19 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13) ....	84
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> . ....	86
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. ....	87
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. ....	88
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 <i>in toto</i> . ....	89
Tabella 60 - Parametri registrati nei campioni d'acqua testati (inverno 2019). ....	90
Tabella 61 - Risultati del test con il <i>V. fischeri</i> eseguito su campioni di acqua (incubazione 5', 15', 30') prelevati a diverse profondità. EC20/50, max. effetto 15', max. effetto 30', espressi in %. ....	90
Tabella 62 - Risultati del test con <i>Phaeodactylum tricornutum</i> condotti su campioni di acqua (incubazione 72 h) prelevati a diverse profondità (espresse in metri). EC20/50 (L.C. 95%) espressa in %. ....	91

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±1 °C.....	91
Tabella 64 - Risultati del test di embriotossicità (72 ore) con <i>P.lividus</i> e successiva stima della tossicità cronica.....	92
Tabella 65 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nell'Inverno 2019 (I19).....	93
Tabella 66 – Indici strutturali (±DS) relativi al popolamento macrobentonico. Numero di taxa (S), Numero di individui (N), Diversità specifica di Shannon-Weaver (H'), Ricchezza specifica di Margalef (d), Equitabilità di Pielou (J).....	96
Tabella 67 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni I19 MG1, I19 MG2, I19 MG4, I19 MG6, I19 MG7, I19 MG8. Densità media (±DS) (ind./10 cm <sup>2</sup> ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.....	97
Tabella 68 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni I19 MG9, I19 MG10, I19 MG11, I19 MG12, I19 MG13, I19 MG14. Densità media (±DS) (ind./10 cm <sup>2</sup> ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.....	100
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).....	103
Tabella 70 - Struttura della comunità meiobentonica dell'area interessata dal posizionamento del terminale rigassificatore, incluse le stazioni di controllo. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm <sup>2</sup> ) dei taxa principali e del popolamento complessivo rinvenuto. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.....	105
Tabella 71 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna I19 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 Determinazioni 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017.....	105
Tabella 72 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. Dati relativi alla campagna I19.....	105
Tabella 73 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei mitili. I dati relativi alla campagna I19 sono espressi in mg/kg.....	106
Tabella 74 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati relativi alla campagna I19 sono espressi in µg/kg. Per il calcolo delle medie, nel caso di valori al di sotto del limite di quantificazione, è stata usata una concentrazione pari alla metà di quest'ultimo.....	106
Tabella 75 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati relativi alla campagna I19 sono espressi in ufc/g.....	106
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.....	107
Tabella 77 - Lista delle specie catturate con la rete a strascico e le reti da posta. Strascico: I19 S1-S4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; I19 SC = stazione di controllo. Reti da posta: I19 P1-P4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; I19 PC = stazione di controllo.....	108
Tabella 78 - Reti da posta: indici di densità e biomassa (± DS), espressi in n° individui/1000m/24h e kg/1000m/24h, stimati per le specie catturate nelle stazioni I19 P1-P4 e nella stazione di controllo I19 PC. * = DS<0,05.....	110
Tabella 79 - Rete a strascico: indici di densità e biomassa (± DS), espressi in n° individui/km <sup>2</sup> e kg/km <sup>2</sup> , stimati per le specie catturate nelle stazioni I19 S1-S4 e nella stazione di controllo I19 SC. * = DS<0,05.....	112

## 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	Peridina
POM	Particulate organic matter o frazione organica del particolato
Prasino	Prasinoxantina
PSDf	Power Spectral Density function
TSM	Total suspended matter o solidi sospesi
Zea	Zeaxantina
Zeu	Zona eufotica



**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 del macrobenthos specie x stazioni. Allegato 4 Mat Benthos.xlsx

**Allegato 5:** Condizioni meteo-marine. Allegato 5 Cond Meteo.PDF

**Allegato 6:** Dati grezzi profili CTD. Allegato 6 Dati CTD.xls



**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.

Grazie all'avvio delle procedure di allocazione ad asta introdotte dalla regolazione, nel 2018 il terminale "FSRU Toscana" ha lavorato a circa il 30% del proprio potenziale, ricevendo carichi dal Nord e Sud America, dall'Africa e dal Medioriente oltre che dall'Europa; il potenziale ricettivo del Terminale raggiunge circa il 90% della flotta mondiale. 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 sesto anno di esercizio nell'ambito di 4 campagne di indagine svolte dall'autunno 2018 all'estate 2019 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 (Volume 2) 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 2018 (A-18) con cadenza trimestrale ossia nell'inverno 2019 (I-19), primavera 2019 (P-19), estate 2019 (E-19) secondo il calendario 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

single campagne. (risposta alla prescrizione n° 1 delle Determine 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.

<b>Tabella 1 - Contenuti tecnici delle quattro campagne annuali relative alla fase di esercizio.</b>			
	<b>Campagna minima (Autunno, Primavera)</b>	<b>Campagna intermedia (Inverno)</b>	<b>Campagna completa (Estate)</b>
<b>COLONNA D'ACQUA</b>			
<b>Caratteristiche fisico-chimiche</b> Analisi microbiologiche, solidi sospesi, sostanza organica, particellata clorofilla a, idrocarburi totali, tensioattivi, cloro derivati, nutrienti, d. pigmentaria	*	*	*
<b>Profili idrologici</b> Temperatura, conducibilità, pH, fluorescenza della clorofilla a, trasparenza, ossigeno disciolto, potenziale di ossidoriduzione, irradianza, irradianza spettrale	*	*	*
<b>Fitoplancton</b>	*	*	*
<b>Oloplanton</b>	*	*	*
<b>Meroplancton</b>	*	*	*
<b>Ittioplancton</b>	*	*	*
<b>Saggi ecotossicologici</b> <i>Vibrio fischeri</i> , <i>Phaeodactylum tricomutum</i> , <i>Dicentrarchus labrax</i> , <i>Paracentrotus lividus</i>		*	*
<b>SEDIMENTI</b>			
<b>Caratteristiche fisico-chimiche-microbiologiche</b> Metalli pesanti, IPA, Cloroderivati, C. organo stannici, TOC, Idrocarburi totali, analisi microbiologiche			*
<b>Saggi ecotossicologici</b> <i>Vibrio fischeri</i> , <i>Corophium orientale</i> , <i>Paracentrotus lividus</i>			*
<b>BIOTA</b>			
<b>Meiobenthos</b>		*	*
<b>Macrozoobenthos</b>	*	*	*
<b>Bioaccumulo</b> Metalli ed elementi in tracce, Idrocarburi Policiclici Aromatici, Cloroderivati, Composti organo stannici, Idrocarburi totali, analisi microbiologiche	*	*	*
<b>Biomarkers</b> Alterazione strutturale e funzionale della membrana lisosomial, Comet test, biologia delle branchie	*	*	*
<b>Fauna ittica bentonectonica (reti da posta, reti a traino di fondo)</b>		*	*
<b>Fauna ittica pelagica</b>			*
<b>Cetacei e tartarughe marine</b>	*	*	*
<b>INDAGINI GENERALI</b>			
<b>Bioacustica</b>	*	*	*
<b>Misura del rumore</b>	*	*	*

Lo studio della fauna ittica bentonectonica è stata condotta mediante rete a strascico e reti da posta con l'ausilio del M/P Giaguaro 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 Determine 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).

<b>Tabella 2 – Calendario delle attività di campo svolte nelle campagne di esercizio A18, I19, P19, E19.</b>				
	<b>Autunno 2018 – A18 (Campagna minima)</b>	<b>Inverno 2019 – I19 (Campagna intermedia)</b>	<b>Primavera 2019-P19 (Campagna minima)</b>	<b>Estate 2019-E19 (Campagna completa)</b>
Indagini ambientali	29.11-21.12/2018	25.02-21.03/2019	30.05-14.06/2019	05.09-04.10/2019
Emissioni acustiche e censimento visivo	12.12-27.12/2018	06.03-01.04/2019	31.05-09.06/2019	15.09-19.09/2019
Fauna ittica bentonectonica	-	27.02-20.03/2019	-	05,12,13.09/2019
Fauna pelagica	-	25.02-26.02/2019	-	04.09-05.09/2019

## 2.2 Area di indagine

In **Figura 1** è riportata l'area di studio e i punti di campionamento, mentre le coordinate sono riportate in **Tabella 3** e le attività previste per ciascun punto per ciascuna campagna in **Tabella 6**. Si precisa che in **Tabella 3** sono riportate le coordinate teoriche. Durante il campionamento della fase di monitoraggio è stato ritenuto accettabile un margine di errore di posizionamento di 10-15 metri.

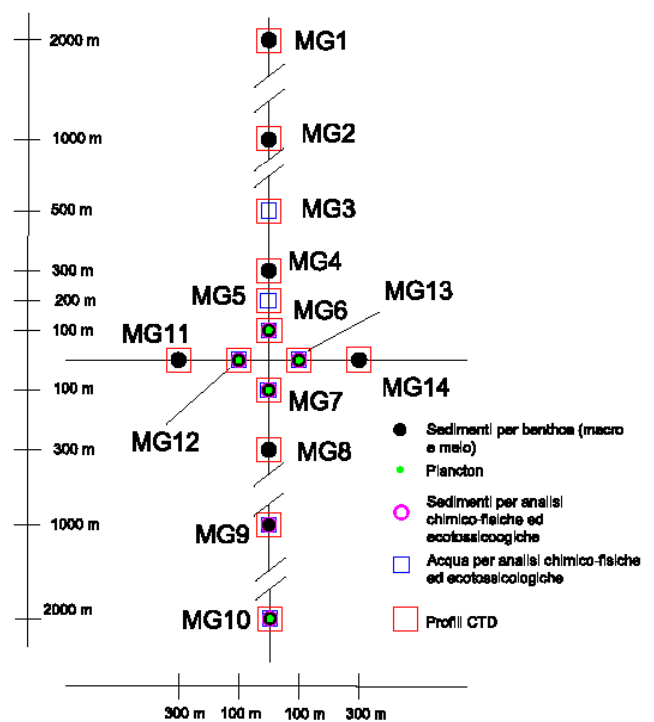
Rispetto alla fase di Bianco il cambiamento maggiore ha riguardato la stazione MG13 che ha subito uno spostamento di circa 37 metri. Il punto MG13 è comunque posizionato a 100 metri dal piano di rotazione del Terminale. Tale spostamento si è reso

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

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



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



**Tabella 4 – Piano di campionamento.** 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 2018 (Campagna minima)	Inverno 2019 (Campagna intermedia)	Primavera 2019 (Campagna minima)	Estate 2019 (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. In grassetto le date delle tarature esterne, in corsivo le tarature interne.

Parametro	Specifiche tecniche	Date taratura
Pressione	tipo piezoresistivo, portata 0÷150 m, accuratezza 0,1 m	<b>15/05/18</b> – 16/12/18 – 12/03/19 – 14/06/19 – <b>14/08/19</b> – 16/09/19
Temperatura	tipo Pt100, portata -2÷38 °C, accuratezza 0,01 °C	<b>15/05/18</b> – 14/12/18 – 08/03/19 – 12/06/19 – <b>14/08/19</b>
Conducibilità	tipo cella a 7 anelli, portata 0÷70 mS/cm, accuratezza 0,02 mS/cm	<b>15/05/18</b> – 14/12/18 – 08/03/19 – 12/06/19 – <b>14/08/19</b>
Ossigeno	tipo polarografico, portata 0÷300% di saturazione, accuratezza 1%	<b>15/05/18</b> – 14/12/18 – 08/03/19 – 12/06/19 – <b>14/08/19</b>
pH	tipo a cella di vetro, portata 2÷12, accuratezza 0,05	<b>15/05/18</b> – 14/12/18 – 08/03/19 – 12/06/19 – <b>14/08/19</b>
Redox	tipo a cella di vetro, portata -1000 ÷ +1000 mV, accuratezza 1 mV	<b>15/05/18</b> – 14/12/18 – 08/03/19 – 12/06/19 – <b>14/08/19</b>
Torbidità	portata 0÷100 NTU, accuratezza 0,05 NTU	<b>15/05/18</b> – 14/12/18 – 08/03/19 – 12/06/19 – <b>14/08/19</b>
Fluorescenza	portata 0÷50 mg/m <sup>3</sup> , accuratezza 0,05 mg/m <sup>3</sup>	<b>15/05/18</b> – <b>14/08/19</b>

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 particolato (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 LI1900UW. 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  $\lambda_{max}$  che quindi rappresenta la radiazione meno attenuata e più penetrante. La  $\lambda_{max}$  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 (A18, I19, P19, E19).

I campioni per le analisi fisiche e chimiche, sono stati prelevati in corrispondenza di 4 quote batimetriche (0,5 - 12,5 - 50 - 70m), come da progetto e refrigerati in attesa della consegna ai laboratori. Le analisi microbiologiche sono previste unicamente per i campioni prelevati in

superficie. La determinazione del materiale particellato totale in sospensione (TSM o **solidi sospesi**) è stata effettuata raccogliendo il particellato su filtri (Whatman GF/F diametro 47 mm) dalla filtrazione di 3-4 L del campione prelevato da bottiglia. I filtri sono stati pesati dopo 12 h in stufa ad 80 °C prima e dopo la filtrazione, successivamente i filtri sono stati combusti a 450 °C per la determinazione delle ceneri e, per differenza, della frazione organica del particellato (POM). La determinazione è avvenuta tramite metodo gravimetrico. Il materiale particellato in sospensione (TSM) può essere di natura inorganica, derivante dalla risospensione di sedimenti o materiale di erosione, oppure di natura organica e quindi costituito da organismi viventi, dai loro prodotti metabolici e dalla loro decomposizione, inoltre l'origine può essere marina (al largo di gran lunga prevalente) oppure terrestre.

Una quota dell'acqua filtrata (100 ml) è stata fissata in HgCl<sub>2</sub> 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 cromofora (CDOM)**. La CDOM, o sostanza organica disciolta cromofora, 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<sup>-1</sup>.

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 Man 29 2003

Coliformi fecali: APAT CNR IRSA 7020 B Man 29 2003

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

**Tabella 6** - Metodi relativi alle analisi effettuate sui campioni di acqua. In rosso i metodi utilizzati da P19.

Prova	Metodo	Unita Misura	Limite Rilevabilità
<b>Nutrienti inorganici</b>	Spettrofotometria	µM	0,03
<b>Sostanza organica disciolta</b>	Spettrofotometria	m <sup>-1</sup>	0,04
<b>Solidi sospesi</b>	Metodo gravimetrico	g	0,00001
<b>Clorofilla a</b>	HPLC	mg m <sup>-3</sup>	0,05
<b>Idrocarburi totali</b>	UNI EN ISO 9377-2:2002	µg/l	10
<b>Tensioattivi anionici</b>	APAT CRN IRSA 5170 Man 29 2003	mg/l	0,05
<b>Tensioattivi non ionici</b>	UNI 10511-2:1996+A1:2000	mg/l	0,03
<b>Acidi aloacetici</b>			
Dalapon	EPA 552.3 2003	µg/l	0,5
Acido Dibromoacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	0,5
Acido Tribromoacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	2
Acido Monobromoacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	0,5
Acido Bromodichloroacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	0,5
Acido Bromocloroacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	0,5
Acido Dichloroacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	2
Acido Tricloroacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	0,5
Acido Monocloroacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	2
Acido Clorodibromoacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	2
<b>Aloacetitrili</b>			
Dibromoacetoneitrile	EPA 551 1990	µg/l	0,05
Dicloroacetoneitrile	EPA 551 1990	µg/l	0,05
Tricloroacetoneitrile	EPA 551 1990	µg/l	0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	EPA 551 1990	µg/l	0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	EPA 551 1990	µg/l	0,05
Cloropicrina	EPA 551 1990	µg/l	0,5
<b>Alometani e Composti Organici Volatili (VOC)</b>			
Cloroformio	EPA 5030C:2003+EPA 8260C 2006 EPA 5030C:2003+EPA 8260D2017	µg/l	0,01
Carbonio Tetracloruro	EPA 5030C:2003+EPA 8260C 2006 EPA 5030C:2003+EPA 8260D2017	µg/l	0,01
Tricloro Etilene	EPA 5030C:2003+EPA 8260C 2006 EPA 5030C:2003+EPA 8260D2017	µg/l	0,01
Dicloro Bromo Metano	EPA 5030C:2003+EPA 8260C 2006 EPA 5030C:2003+EPA 8260D2017	µg/l	0,01
Tetracloro Etilene	EPA 5030C:2003+EPA 8260C 2006 EPA 5030C:2003+EPA 8260D2017	µg/l	0,01
Dibromo Cloro Metano	EPA 5030C:2003+EPA 8260C 2006 EPA 5030C:2003+EPA 8260D2017	µg/l	0,01

**Tabella 6** - Metodi relativi alle analisi effettuate sui campioni di acqua. In rosso i metodi utilizzati da P19.

Prova	Metodo	Unita Misura	Limite Rilevabilita
Bromoformio	EPA 5030C:2003+EPA 8260C 2006 EPA 5030C:2003+EPA 8260D2017	µg/l	0,01
1,2-Dibromo Etano	EPA 5030C:2003+EPA 8260C 2006 EPA 5030C:2003+EPA 8260D2017	µg/l	0,01
1,1,1-Tricloro Etano	EPA 5030C:2003+EPA 8260C 2006 EPA 5030C:2003+EPA 8260D2017	µg/l	0,01
1,1,2-Tricloro Etano	EPA 5030C:2003+EPA 8260C 2006 EPA 5030C:2003+EPA 8260D2017	µg/l	0,01
<b>Alofenoli</b>			
2,4-Diclorofenolo	EPA 3510C 1996+EPA 8270D 2014 EPA 3510C 1996+EPA 8270E 2017	µg/l	0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	EPA 3510C 1996+EPA 8270D 2014 EPA 3510C 1996+EPA 8270E 2017	µg/l	0,2
2,4,6-Triclorofenolo	EPA 3510C 1996+EPA 8270D 2014 EPA 3510C 1996+EPA 8270E 2017	µg/l	0,2
Pentaclorofenolo	EPA 3510C 1996+EPA 8270D 2014 EPA 3510C 1996+EPA 8270E 2017	µg/l	0,2

### 2.3.3 Plancton

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

#### 2.3.3.1 Fitoplancton

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

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

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

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

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

### 2.3.3.2 Zooplancton

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

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

In accordo alle metodiche standard relative allo studio del plancton marino, la velocità di traino del retino è stata di circa 1m/s (2 nodi). Ove possibile, per ridurre le tempistiche della campagna di studio, sono state fatte 2 pescate, utilizzando contemporaneamente i retini da olo e meroplancton. Per escludere errori di campionamento dei diversi gruppi planctonici, soggetti ad importanti migrazioni nictemerali, tutte le pescate orizzontali e le pescate 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 2019 e nell'estate 2019 tramite bottiglia Niskin in 6 stazioni (MG3, MG5, MG6, MG7, MG13, MG12) più due controlli (MG9, MG10). I punti coincidono con quelli scelti per la caratterizzazione della colonna d'acqua (**Figura 1**). In questo caso però i test sono stati eseguiti in corrispondenza di 3 livelli batimetrici (0,5 - 12,5 - 50m). Per le coordinate si rimanda alla **Tabella 3**. In assenza di una normativa ad hoc, per la valutazione della tossicità si fa riferimento alla **Tabella 8** utilizzata per gli elutriati (fase acquosa) per i saggi condotti con *V. fischeri*, *P. lividus*, *P. tricornutum* e *D. labrax* ed indicata nel "Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini" (ICRAM, 2007).

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

#### ***Vibrio fischeri* (sistema Microtox®) - fase liquida**

*Vibrio fischeri* è un batterio marino Gram-negativo ed eterotrofo, appartenente alla famiglia delle Vibrionaceae. Il sistema Microtox® è un test biologico di tossicità acuta basato sull'utilizzo della bioluminescenza naturale di questa specie. Poiché in presenza di contaminanti l'emissione di luce diminuisce, la misura dell'eventuale inibizione della bioluminescenza, a seguito dell'esposizione del batterio ad una sostanza nota o ad un campione naturale di acqua o sedimento, consente di valutare il grado di tossicità acuta della sostanza o della matrice testata. Il saggio biologico è stato applicato all'acqua di mare filtrata a 0,45µm.

**Procedimento del test** – Sono state adottate le procedure previste dal protocollo UNI EN ISO 11348:2009 e dal protocollo "Basic" (Azur Environmental, 1995), a partire da una concentrazione del 90% del campione di acqua, con la sostituzione dei diluenti standard (NaCl al 3,5%) con acqua marina naturale. Tale modifica al protocollo originale è stata apportata poiché l'acqua di mare fornisce un ambiente

osmotico e fisiologico più idoneo all'attività metabolica dei batteri rispetto al diluente standard e consente di ottenere, pertanto, risultati più verosimili nello studio di ambienti marino-salmastri. La relazione dose-risposta, ovvero concentrazione del campione-inibizione della bioluminescenza, è stata elaborata mediante un software dedicato (Microtox Omni™ v. 1.16), che consente di individuare l'EC50 (e/o l'EC20), cioè la concentrazione del campione cui corrisponde una riduzione della bioluminescenza pari al 50% (20%).

#### ***Phaeodactylum tricornutum***

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

**Procedimento del test** – Il principio del test, di tipo cronico, consiste nell'esporre una coltura algale pura in fase esponenziale per diverse generazioni a concentrazioni note di campione, in condizioni fisico-chimiche standardizzate e con un definito ed omogeneo apporto di nutrienti. È stato adottato il protocollo ISO 10253:2006. Al termine del periodo d'incubazione viene confrontata la crescita algale nel campione con quella del controllo. Il test è stato condotto su campioni della colonna d'acqua. Come terreno di coltura, controllo e diluente è stata impiegata acqua di mare naturale, arricchita con lo stock di nutrienti indicato dal protocollo e sterilizzata tramite filtrazione su membrana da 0,45µm.

Un'aliquota di sospensione algale proveniente da una coltura pura in fase di crescita esponenziale è stata conteggiata automaticamente tramite lo strumento camera di Burkler 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](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 2019 e dimensioni 58±9mm in estate 2019) di *D. labrax*, provenienti da una avannotteria commerciale in un test di mortalità a 96h. I campioni di acqua sono stati utilizzati al 100% (senza diluizione, in triplicato). Il controllo, ugualmente in triplicato, è stato effettuato utilizzando acqua di mare naturale. In caso di mortalità superiore al 10 % (limite di mortalità accettabilità nel controllo) è prevista l'esecuzione di un test completo con diluizioni scalari alla ricerca dei parametri ecotossicologici LC20/50. Sebbene non siano disponibili indicazioni ufficiali e normative, come tossico di riferimento è stato utilizzato il sodio laurilsolfato (SLS), come indicato nella metodica ARPA Ferrara.

#### ***Paracentrotus lividus***

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

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

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

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

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

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

## **2.4 SEDIMENTI**

Il sedimento per le analisi fisiche, chimiche, ecotossicologiche e microbiologiche è stato campionato nell'estate 2019 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 0,1mg), mediante un sistema di digestione a microonde opportunamente programmato, utilizzando una miscela acida composta da 9ml di HNO<sub>3</sub> concentrato e 3ml di HCl concentrato. Al termine della mineralizzazione i campioni vengono filtrati e portati ad un volume finale di 25ml utilizzando acqua Millipore.

L'accuratezza delle procedure di digestione (ove effettuata) e di analisi dei campioni è stata verificata impiegando i materiali standard di riferimento (LGC 6137 o MESS-3); 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. In rosso i metodi utilizzati da P19.			
	Metodo	Unita Misura	Limite Rilevabilità
<b>Idrocarburi C10 – C40</b>	UNI EN ISO 16703:2011	mg/kg	1,5
<b>Idrocarburi C&lt;10</b>	EPA 5021A 2003 + EPA 8015C 2007	mg/kg	0,5
<b>Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)</b>	EPA 3550C: 2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270D:2014 EPA 3550C: 2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270E:2017	mg/kg	0,001
<b>Total Organic Carbon (TOC)</b>	UNI EN 13137:2002 (Metodo B) UNI EN 15936:2012	mg/kg	100
<b>Composti organostannici</b>	UNI EN ISO 23161:2011	mg/kg	0,001
<b>Alluminio (Al)</b>	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2014	%	0,03
<b>Bario (Ba)</b>	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2014	mg/kg	1,25
<b>Cromo totale (Cr tot)</b>	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2014	mg/kg	1,25
<b>Ferro (Fe)</b>	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2014	%	0,03
<b>Manganese (Mn)</b>	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2014	mg/kg	12,5
<b>Nichel (Ni)</b>	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2014	mg/kg	1,25
<b>Rame (Cu)</b>	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2014	mg/kg	1,25
<b>Zinco (Zn)</b>	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2014	mg/kg	1,25
<b>Arsenico (As)</b>	EPA 3051 A:2007 + EPA 7010:2007	mg/kg	0,3
<b>Cadmio (Cd)</b>	EPA 3051 A:2007 + EPA 7010:2007	mg/kg	0,01
<b>Piombo (Pb)</b>	EPA 3051 A:2007 + EPA 7010:2007	mg/kg	0,3
<b>Mercurio (Hg)</b>	EPA 7473:2007	mg/kg	0,005
<b>Acidi aloacetici</b>			
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 Trichloroacetico	MI/C/10	ug/kg	0,2
Acido Monocloroacetico	MI/C/10	ug/kg	3
Acido Clorodibromoacetico	MI/C/10	ug/kg	1,2
<b>Alometani, aloacetoniitrili, composti organici volatili (VOC)</b>			
Cloroformio	EPA 5035A:2002 + EPA8260C:2006 EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2017	ug/kg	0,05
1,1,1-Tricloroetano	EPA 5035A:2002 + EPA8260C:2006 EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2017	ug/kg	0,05

**Tabella 9** - Metodi relativi alla analisi chimiche effettuate sui campoini di sedimento. In rosso i metodi utilizzati da P19.

	Metodo	Unita Misura	Limite Rilevabilita
Tetracloruro di carbonio	EPA 5035A:2002 + EPA8260C:2006 EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2017	ug/kg	0,05
Tricloroetilene	EPA 5035A:2002 + EPA8260C:2006 EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2017	ug/kg	0,05
Bromodichlorometano	EPA 5035A:2002 + EPA8260C:2006 EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2017	ug/kg	0,05
1,1,2-Tricloroetano	EPA 5035A:2002 + EPA8260C:2006 EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2017	ug/kg	0,05
Tetracloroetilene	EPA 5035A:2002 + EPA8260C:2006 EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2017	ug/kg	0,05
Bromoformio	EPA 5035A:2002 + EPA8260C:2006 EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2017	ug/kg	0,05
Dibromoclorometano	EPA 5035A:2002 + EPA8260C:2006 EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2017	ug/kg	0,05
1,2-Dibromoetano	EPA 5035A:2002 + EPA8260C:2006 EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2017	ug/kg	0,05
Tricloroacetoneitrile	MI/C/11	ug/kg	0,05
Dicloroacetoneitrile	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 EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2017	ug/kg	0,05
Dibromoacetoneitrile	MI/C/11	ug/kg	5
1,2-Dibromo-3-Cloro-propano	EPA 5035A:2002 + EPA8260C:2006 EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2017	ug/kg	0,2
1,1,1-Tricloro-2-propanone	MI/C/11	ug/kg	1
<b>Alofenoli (SVOC)</b>			
2,4-Diclorofenolo	EPA 3550C: 2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270D:2014 EPA 3550C: 2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270E:2017	ug/kg	0,5
2,4,6-Triclorofenolo	EPA 3550C: 2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270D:2014 EPA 3550C: 2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270E:2017	ug/kg	0,5
4-Cloro-3-Metilfenolo	EPA 3550C: 2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270D:2014 EPA 3550C: 2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270E:2017	ug/kg	0,5

### Analisi microbiologiche

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

Coliformi totali e fecali: CNR IRSA 2003 7010.

Streptococchi fecali (Enterococchi): 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 del saggio biologico con *C. orientale*, consiste nell'esposizione di un numero stabilito di organismi per 28 giorni al sedimento tal quale, con la finalità di stimare la percentuale di mortalità degli organismi stessi.

Gli anfipodi sono stati campionati setacciando il sedimento (con setaccio a maglia di 0,5mm) per selezionare organismi giovani (~4mm) idonei per il test, scartando gli individui maturi e quelli di taglia minore (< 4mm). Gli anfipodi selezionati sono portati in laboratorio ed acclimatati alle seguenti condizioni: Temperatura dell'acqua: 16 ± 2°C; Salinità: 36 ± 2 ‰; Illuminazione: continua; O<sub>2</sub> 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 (500µm) 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 CdCl<sub>2</sub> (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, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e ossigeno disciolto. Per la stima della tossicità vedi **Tabella 10**.

**Tabella 10** - Scala di tossicità relativa a test ecotossicologico con *Corophium orientale* e *Vibrio fischeri* (sedimenti).

<i>Corophium orientale</i>		<i>Vibrio fischeri</i>	
EC20/50	Tossicità	Sediment Toxicity Index	Tossicità
M ≤ 15%	Assente	0<S.T.I.≤ 1	Assente
15% < M ≤ 30%	Bassa	1<S.T.I.≤ 3	Bassa
30% < M ≤ 60%	Media	3<S.T.I.≤ 6	Media
M > 60%	Alta	6<S.T.I.≤ 12	Alta

**Vibrio fischeri (sistema Microtox®) - fase solida**

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

In sintesi i batteri sono stati esposti in 35ml di acqua di mare naturale per 20 minuti in agitazione (T 15 °C) a 7g di sedimento umido. N. 2 aliquote di 1,5ml sono state prelevate con una pipetta con un puntale del diametro di 1mm, passate in una colonna filtro: su tale frazione acquosa è stata 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:  $y=0.28+2.728^* \%pelite$  (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<sup>++</sup>): 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-18, I-19, P-19, E-19) tramite benna Van Veen (con volume pari a 25 litri e superficie di campionamento di 0,1m<sup>2</sup> 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-Weaver (H') ed equitabilità di Pielou (J).

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

**2.5.2 Meiobenthos**

Il prelievo del sedimento per lo studio della meiofauna è stato effettuato nelle 2 stagioni (I-19, E-19) 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<sub>2</sub>) al 7% e dopo 10 minuti fissata e conservata in

una soluzione di formalina al 10% neutralizzata con borax. In laboratorio a ciascun campione è stato aggiunto del Rosa Bengala per colorare la fauna al fine di facilitarne il riconoscimento nelle successive analisi.

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

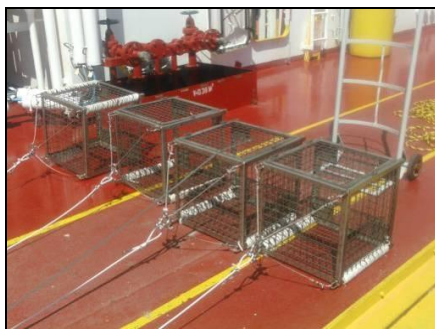
Per ciascun campione il procedimento di centrifugazione-concentrazione è stato ripetuto almeno tre volte, al termine delle quali gli animali sono stati lavati con acqua corrente, per eliminare i residui di Ludox, trasferiti in appositi contenitori e conservati in formalina al 5%. La centrifugazione in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

Successivamente all'estrazione, gli organismi di ciascun campione, suddivisi in due-tre aliquote, sono stati trasferiti in piastre Petri con fondo retinato, e, con l'ausilio di uno stereomicroscopio (Wild M8), sono stati identificati per principale gruppo tassonomico di appartenenza (ordine-phylum) e contati (Todaro *et al.* 2002); per il riconoscimento di individui particolarmente problematici, si è ricorso al microscopio a contrasto interferenziale secondo Nomarski (Leitz Dialux 20). Conformemente ad altri studi di meiobentologia i nauplii sono stati considerati come costituenti un gruppo sistematico distinto, mentre ai fini dei confronti statistici, soprattutto futuri, è risultato utile istituire già in questa sede 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 raccolti sono stati utilizzati per creare una matrice delle abbondanze utilizzata come base nelle 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'), equità di Pielou (J'), dominanza di Simpson ( $\lambda'$ ). Le significatività di eventuali differenze nei valori medi sono state valutate per mezzo dell'analisi della varianza (ANOVA) o del t-test, valutando le differenze tra coppie di campioni mediante il test di Tukey. Prima di procedere con i confronti è stato accertato che i valori rispettassero agli assunti di distribuzione normale e di omogeneità della varianza. In caso negativo, prima di proseguire ulteriormente, si è provveduto alla trasformazione dei dati mediante l'equazione  $y = \log(x+1)$ . Nei casi in cui le trasformazioni apportate non hanno sortito gli effetti desiderati, si è fatto ricorso ad analisi statistiche non parametriche (ANOVA on Ranks, Mann-Whitney Rank Sum Test e Dunn's Method). Le analisi Statistiche multivariate (Cluster Analysis, MDS) sono state effettuate sulla matrice di similarità di Bray-Curtis, ottenuta dalla matrice delle abbondanze medie delle singole stazioni previa trasformazione logaritmica. L'Analisi della varianza (ANOVA) e i t-test, sono state condotte utilizzando il pacchetto applicativo SigmaStat-SigmaPlot 9.0 (Systat software, California, USA). Il calcolo degli indici ecologici, la Cluster Analysis e l'n-MDS sono stati effettuati utilizzando il software PRIMER 6.0 (PRIMER-E Ltd, Plymouth, U. K.; Clarke & Warwick, 2001; Clarke & Gorley, 2006).

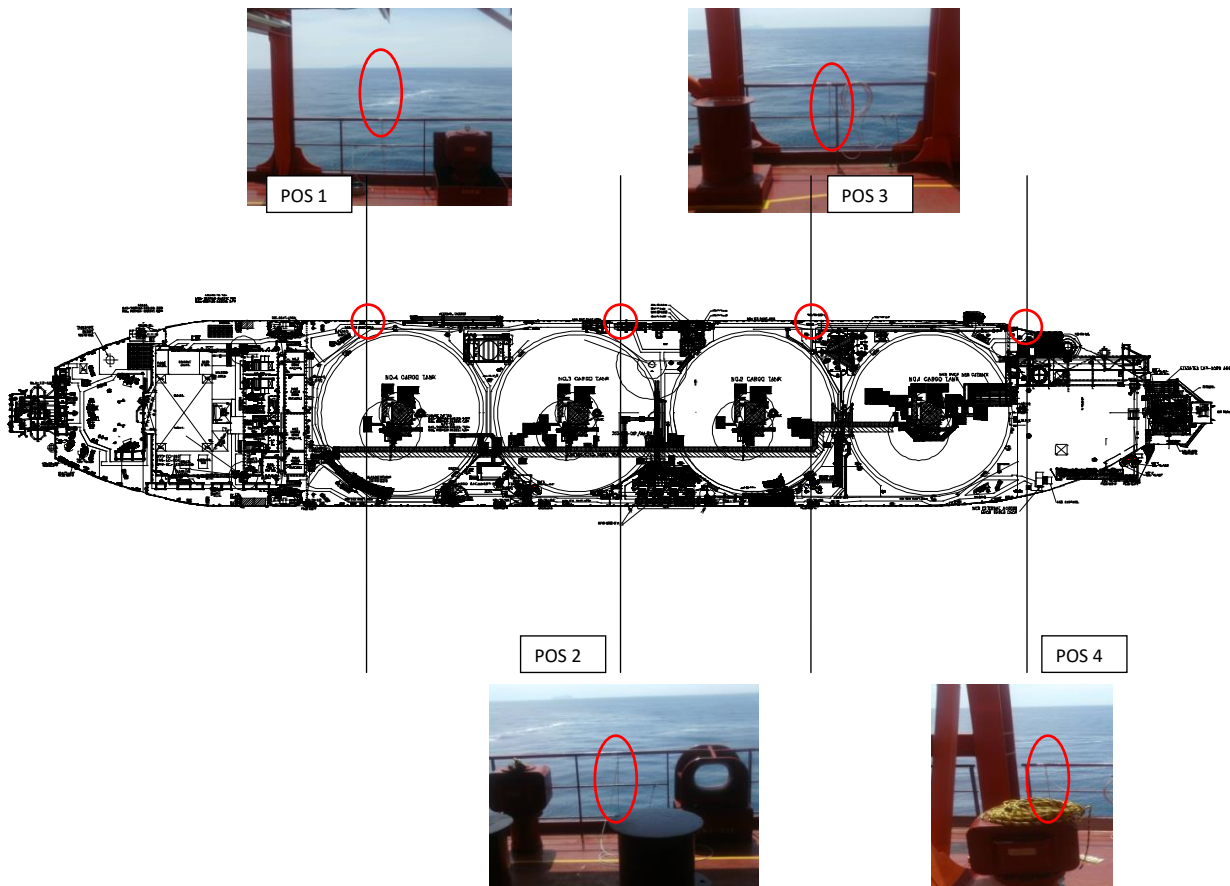
### 2.5.3 Bioaccumulo

Le indagini di bioaccumulo sono state eseguite utilizzando il bioindicatore *Mytilus galloprovincialis*. Tuttavia non è stato possibile prelevare gli organismi dalla carena del Terminale, previsto come prima opzione dal Piano di Monitoraggio dell'Ambiente Marino, poiché non insediati al momento di inizio delle attività di monitoraggio. Per questo motivo le indagini di bioaccumulo e biomarker risultano posticipate rispetto a quanto previsto del suddetto Piano e nel primo anno di monitoraggio sono 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 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 sotto riportate. Inoltre, all'atto della traslocazione, un campione di mitili appena prelevato dall'impianto di acquicoltura (denominato Tempo 0) viene sottoposto alle medesime indagini.

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

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

**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 2018		Inverno 2019		Primavera 2019		Estate 2019	
		Data posa	Data ritiro*	Data posa	Data ritiro*	Data posa	Data ritiro*	Data posa	Data ritiro*
Mitili tempo zero	La Spezia		21.11.18		27.02.19		22.05.19		04.09.19
Stazione E	Gorgona	22.11.18	20.12.18	28.02.19	26.03.19	23.05.19	13.06.19	05.09.19	02.10.19
Stazione A	Pos 1 (poppa nave)	22.11.18	20.12.18	28.02.19	26.03.19	23.05.19	13.06.19		
Stazione B	Pos 2	22.11.18	20.12.18	28.02.19	26.03.19	23.05.19	13.06.19		
Stazione C	Pos 3	22.11.18	20.12.18	28.02.19	26.03.19	23.05.19	13.06.19		
Stazione D	Pos 4 (prua nave)	22.11.18	20.12.18	28.02.19	26.03.19	23.05.19	13.06.19		

\* 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 0,1 mg), mediante un sistema di digestione a microonde (MILESTONE modello Ethos1) opportunamente programmato, utilizzando una miscela acida composta da 5ml di HNO<sub>3</sub> concentrato, 1 ml di H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (al 30%) e 2 ml acqua ultrapura Millipore. Al termine della mineralizzazione i campioni sono stati filtrati e portati ad un volume finale di 20 o 25 ml 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 <i>M. galloprovincialis</i> . In rosso i metodi utilizzati da P19.			
	Metodo	Unita Misura	Limite Rilevabilità
<b>Idrocarburi C&lt;10</b>	EPA 5021A:2003 + EPA 8015C:2007	mg/kg	0,5
<b>Idrocarburi C10-C40</b>	UNI EN ISO 16703:2011	mg/kg	5
<b>Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)</b>	EPA 3550C:2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270D:2014 EPA 3550C:2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270E:2017	mg/kg	0,001
<b>Composti organostannici</b>	UNI EN ISO 23161:2011	mg/kg	0,001
<b>Bario (Ba)</b>	EPA 3052:1996 + EPA 6010D:2014	mg/kg	1,25
<b>Cromo totale (Cr)</b>	EPA 3052:1996 + EPA 6010D:2014	mg/kg	1,25
<b>Ferro (Fe)</b>	EPA 3052:1996 + EPA 6010D:2014	%	0,03
<b>Manganese (Mn)</b>	EPA 3052:1996 + EPA 6010D:2014	mg/kg	12,5
<b>Nichel (Ni)</b>	EPA 3052:1996 + EPA 6010D:2014	mg/kg	1,25
<b>Rame (Cu)</b>	EPA 3052:1996 + EPA 6010D:2014	mg/kg	1,25
<b>Vanadio (V)</b>	EPA 3052:1996 + EPA 6010D:2014	mg/kg	1,25
<b>Zinco (Zn)</b>	EPA 3052:1996 + EPA 6010D:2014	mg/kg	1,25
<b>Arsenico (As)</b>	EPA 3052:1996 + EPA 7010:2007	mg/kg	0,3
<b>Cadmio (Cd)</b>	EPA 3052:1996 + EPA 7010:2007	mg/kg	0,01
<b>Piombo (Pb)</b>	EPA 3052:1996 + EPA 7010:2007	mg/kg	0,3
<b>Mercurio (Hg)</b>	EPA 7473:2007	mg/kg	0,005
<b>Acidi aloacetici</b>			
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 Tricloroacetico	MI/C/10	µg/kg	2
Acido Monocloroacetico	MI/C/10	µg/kg	3
Acido Clorodibromoacetico	MI/C/10	µg/kg	5
<b>Alometani, composti organici volatili (VOC)</b>			
1,1,1-Tricloro Etano	EPA 5035A:2002 + EPA 8260C:2006 EPA 5035A:2002 + EPA 8260D:2017	µg/kg	< 0,2
1,1,2-Tricloro Etano	EPA 5035A:2002 + EPA 8260C:2006 EPA 5035A:2002 + EPA 8260D:2017	µg/kg	< 0,2
Bromo Dichloro Metano	EPA 5035A:2002 + EPA 8260C:2006 EPA 5035A:2002 + EPA 8260D:2017	µg/kg	< 0,2
Bromoformio	EPA 5035A:2002 + EPA 8260C:2006 EPA 5035A:2002 + EPA 8260D:2017	µg/kg	< 0,5
Carbonio Tetracloruro	EPA 5035A:2002 + EPA 8260C:2006 EPA 5035A:2002 + EPA 8260D:2017	µg/kg	< 0,2
Cloroformio	EPA 5035A:2002 + EPA 8260C:2006 EPA 5035A:2002 + EPA 8260D:2017	µg/kg	< 0,2
Dibromo Cloro Metano	EPA 5035A:2002 + EPA 8260C:2006 EPA 5035A:2002 + EPA 8260D:2017	µg/kg	< 0,2
Tetracloro Etilene	EPA 5035A:2002 + EPA 8260C:2006 EPA 5035A:2002 + EPA 8260D:2017	µg/kg	< 0,15
Tricloro Etilene	EPA 5035A:2002 + EPA 8260C:2006 EPA 5035A:2002 + EPA 8260D:2017	µg/kg	< 0,25
1,2,3-Tricloro propano	EPA 5035A:2002 + EPA 8260C:2006 EPA 5035A:2002 + EPA 8260D:2017	µg/kg	< 0,6
1,2-Dibromo Etano	EPA 5035A:2002 + EPA 8260C:2006 EPA 5035A:2002 + EPA 8260D:2017	µg/kg	< 0,25

**Tabella 12** - Metodi relativi alla analisi chimiche effettuate su *M. galloprovincialis*. In rosso i metodi utilizzati da P19.

		Metodo	Unita Misura	Limite Rilevabilita
<b>Aloacetoni</b>				
Tricloroacetone	MI/C/11*		µg/kg	0,5
Dibromoacetone	MI/C/11*		µg/kg	0,8
<b>Alofenoli (SVOC)</b>				
2,4-Diclorofenolo	EPA 3550C: 2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270D:2014 EPA 3550C: 2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270E:2017		µg/kg	0,5
2,4,6-Triclorofenolo	EPA 3550C: 2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270D:2014 EPA 3550C: 2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270E:2017		µg/kg	0,5
4-Cloro-3-Metilfenolo	EPA 3550C: 2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270D:2014 EPA 3550C: 2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270E:2017		µg/kg	0,5
Pentaclorofenolo	EPA 3550C: 2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270D:2014 EPA 3550C: 2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270E:2017		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 sono idonei per valutare i possibili effetti residui dell'uso di ipoclorito di sodio come antifouling sull'ambiente marino circostante. Sono stati indagati i seguenti biomarker:

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

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

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

In breve, le cellule branchiali di mitilo vengono dissociate mediante un trattamento enzimatico e meccanico. Successivamente, le cellule isolate sono incluse in un gel di agarosio e poste su vetrini per microscopia ottica e sottoposte a lisi delle membrane per consentire al DNA di migrare durante la successiva corsa elettroforetica effettuata a pH fortemente basico (>13) applicando un campo elettrico di 0,86V/cm ed un'intensità di corrente pari a 300mA. Dopo l'elettroforesi, i vetrini vengono neutralizzati lavandoli con un tampone TRIS-HCl 0,4M, immersi in 100% metanolo freddo, asciugati all'aria e colorati con bromuro di etidio. Osservati con un microscopio a fluorescenza (400 x), le cellule danneggiate si presentano a forma di cometa con la testa e la coda; la lunghezza e l'intensità di fluorescenza della coda sono correlate al danno al DNA. Un sistema d'analisi dell'immagine (Comet Assay II, Perceptive Instruments, UK) permette di quantizzare il danno, che viene espresso come % di DNA migrato. Per ogni campione vengono preparati 2 vetrini, per ogni vetrino sono lette 50 cellule 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 I19 P1, I19 P2, I19 P3 e I19 P4 per la campagna invernale; E19 P1, E19 P2; E19 P3 e E19 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 I19 PC (campagna invernale); E19 PC (campagna estiva)), ma avente le stesse caratteristiche batimetriche e bionomiche.

2) **Reti a traino di fondo:** 4 pescate (cale) sperimentali realizzate a differenti quote batimetriche in prossimità dell'area di installazione del Terminale (siti nominati I19 S1, I19 S2, I19 S3 e I19 S4 per la campagna invernale; E19 S1, E19 S2, E19 S3 e E19 S4 per la campagna estiva) e 1 cala localizzata a maggiore distanza (nominato I19 SC (campagna invernale); E19 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 pescate con rete a strascico sono state effettuate utilizzando una rete avente maglia al sacco di 50 mm, utilizzata per la pesca professionale di specie demersali e bentoniche.

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

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

Tabella 13 - Coordinate e profondità dei siti di studio. RP = Reti da Posta, S = Strascico.								
Data	M/p	Attrezzo	N. campione	Latitudine N inizio	Longitudine E inizio	Latitudine N fine	Longitudine E fine	Prof. media (m)
Inverno 2019								
25/02/2019	Evolution	RP(calò)	I19 P1	43°39'424	10°00'566	43°38'919	10°00'889	100
25/02/2019	Evolution	RP(calò)	I19 P2	43°37'389	09°59'705	43°37'404	09°58'922	113
25/02/2019	Evolution	RP(calò)	I19 P3	43°37'967	09°58'431	43°38'519	09°58'689	122
25/02/2019	Evolution	RP(calò)	I19 P4	43°39'222	09°58'373	43°39'445	09°58'558	120
25/02/2019	Evolution	RP(calò)	I19 PC	43°37'405	10°00'897	43°37'621	10°00'188	102
26/02/2019	Evolution	RP(salpamento)	I19 P1	43°39'424	10°00'566	43°38'919	10°00'889	100
26/02/2019	Evolution	RP(salpamento)	I19 P2	43°37'389	09°59'705	43°37'404	09°58'922	113
26/02/2019	Evolution	RP(salpamento)	I19 P3	43°37'967	09°58'431	43°38'519	09°58'689	122
26/02/2019	Evolution	RP(salpamento)	I19 P4	43°39'222	09°58'373	43°39'445	09°58'558	120
26/02/2019	Evolution	RP(salpamento)	I19 PC	43°37'405	10°00'897	43°37'621	10°00'188	102
27/02/2019	Giaguaro	S	I19 S3	43°36'916	09°57'404	43°35'401	09°58'091	137
27/02/2019	Giaguaro	S	I19 S4	43°39'033	09°58'154	43°37'446	09°58'017	127
20/03/2019	Giaguaro	S	I19 S1	43°39'062	10°00'779	43°40'459	10°00'346	97
20/03/2019	Giaguaro	S	I19 S2	43°36'123	10°01'180	43°37'560	10°00'482	104
20/03/2019	Giaguaro	S	I19 SC	43°41'527	09°59'903	43°42'854	09°58'904	97
Estate 2019								
05/09/2019	Giaguaro	S	E19 S3	43°36'137	09°57'920	43°37'654	09°57'826	134
05/09/2019	Giaguaro	S	E19 S4	43°38'505	09°57'400	43°39'806	09°58'282	127
05/09/2019	Giaguaro	S	E19 SC	43°42'559	09°59'097	43°43'753	09°58'393	98
12/09/2019	Giaguaro	S	E19 S2	43°36'050	10°01'300	43°37'488	10°00'576	103
12/09/2019	Giaguaro	S	E19 S1	43°39'014	10°00'736	43°40'950	10°00'305	98
12/09/2019	Evolution	RP(calò)	E19 P1	43°39'455	10°00'534	43°38'922	10°00'869	100
12/09/2019	Evolution	RP(calò)	E19 PC	43°37'693	10°00'231	43°37'309	10°00'729	102
12/09/2019	Evolution	RP(calò)	E19 P2	43°37'393	09°59'719	43°37'302	09°59'038	112
12/09/2019	Evolution	RP(calò)	E19 P3	43°37'972	09°58'382	43°38'511	09°58'672	122

Data	Attività	Reti	Stazione	Long. (E)	Lat. (N)	Long. (E)	Lat. (N)	Profondità (m)
12/09/2019	Evolution	RP(calo)	E19 P4	43°39'145	09°58'485	43°39'716	09°58'493	120
13/09/2019	Evolution	RP(salpamento)	E19 P1	43°39'455	10°00'534	43°38'922	10°00'869	100
13/09/2019	Evolution	RP(salpamento)	E19 PC	43°37'693	10°00'231	43°37'309	10°00'729	102
13/09/2019	Evolution	RP(salpamento)	E19 P2	43°37'393	09°59'719	43°37'302	09°59'038	112
13/09/2019	Evolution	RP(salpamento)	E19 P3	43°37'972	09°58'382	43°38'511	09°58'672	122
13/09/2019	Evolution	RP(salpamento)	E19 P4	43°39'145	09°58'485	43°39'716	09°58'493	120

Gli organismi catturati sono stati classificati fino al livello di specie. Questo ha permesso di compilare una lista faunistica per ogni tipologia di attrezzo utilizzato. Per ogni specie catturata è stato rilevato il peso totale in kg ed il numero di individui. Inoltre, per ogni individuo, è stata rilevata la taglia, espressa come Lunghezza Totale (LT) al mezzo centimetro inferiore, per gli Osteitti e Condriotti, 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/km<sup>2</sup> e kg/km<sup>2</sup>) 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 trattamento e quelli controllo, sia dei principali gruppi tassonomici (Osteitti, Condriotti, Crostacei Decapodi e Molluschi Decapodi), sia delle specie più rappresentative delle catture.

Per quanto riguarda i confronti tra le campagne di indagine sono stati studiate le componenti della diversità specifica; dalla matrice specie/stazioni sono stati calcolati il numero totale di specie e di esemplari catturati, gli indici di ricchezza specifica di Margalef (d), di equitabilità di Pielou (J') e di diversità specifica di Shannon-Weaver (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 I16 le stazioni saranno identificate con la sigla della campagna e dalla sigla della stazione come indicato nella seguente tabella.

Reti da posta		Rete a Strascico	
Periodo 2012-2015	Dal 2016	Periodo 2012-2015	Dal 2016
T1	I16 P1	T1	I16 S1
T2	I16 P2	T2	I16 S2
T3	I16 P3	T3	I16 S3
T4	I16 P4	T4	I16 S4
C	I16 PC	C	I16 SC

## 2.5.6 Fauna ittica pelagica

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

Il campionamento è stato effettuato mediante l'uso di reti da posta galleggianti da posizionare in prossimità del Terminale, dalla superficie fino a 25-30m di profondità. L'attività ha richiesto 2 giornate di pesca. Il primo giorno la rete, lunga 1000m, è stata calata in prossimità del

Terminale galleggiante e lasciata in pesca per circa 3 ore. Nei giorni successivi la medesima rete è stata calata a maggiore distanza dal Terminale (controllo) e tenuta in pesca per circa 3 ore.

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 Condritti, mentre per i Molluschi Decapodi viene rilevata la Lunghezza del Mantello (LM).

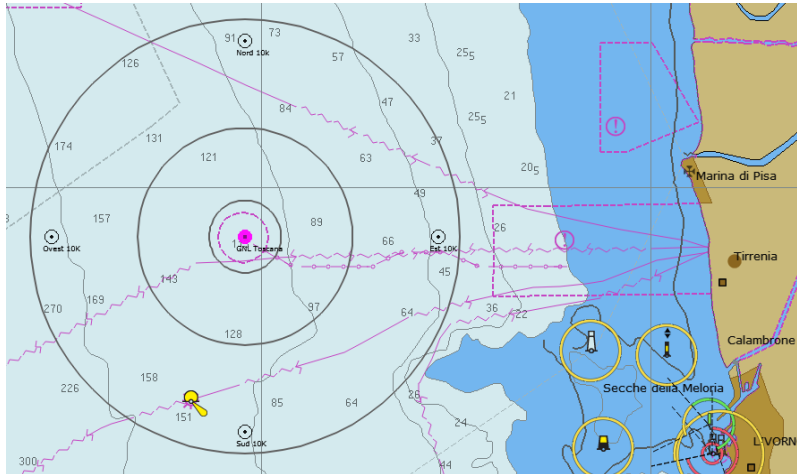
Per i Crostacei Decapodi la taglia, misurata al mm inferiore, viene espressa come Lunghezza del Carapace (LC).

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	N. campione	Latitudine N inizio	Longitudine E inizio	Latitudine N fine	Longitudine E fine	Prof. media (m)
04/09/2019	Evolution	RPP	PD	43°39'550	10°00'029	43°39'491	09°58'752	110
05/09/2019	Evolution	RPP	PDC	43°39'875	09°59'362	43°40'481	09°58'621	112

### 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 200 km<sup>2</sup>, 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*).



	Latitudine N	Longitudine E
centro	43°38'40"	9°59'20"
ormeggio	43°38'404"	9°59'257"
Est 100	43°38'669"	10°00'079"
Est 10 K	43°38'763"	10°06'773"
Sud 100	43°38'331"	10°6'478"
Sud 1 K	43°38'127"	9°59'338"
Sud 10 K	43°33'274"	9°59'313"
Ovest 100	43°38'405"	9°59'169"
Ovest 1 K	43°38'664"	9°58'589"
Ovest 10 K	43°38'763"	9°51'879"
Nord 100	43°38'437"	9°59'213"
Nord 1 K	43°39'20'8	9°59'336"
Nord 10 K	43°44'056"	9°59'387"

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

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

Per il survey visivo sono stati utilizzati dei transetti, seguendo rotte fisse e lineari. Il transetto rappresenta il percorso che viene seguito per ottenere informazioni quantitative e qualitative degli animali presenti in un determinato territorio. Esso richiede che l'osservatore si muova su un percorso prestabilito, registrando le coordinate degli incontri di gruppi o individui target e, allo stesso tempo, registrandone la distanza dall'osservatore. Ciò consente una stima della superficie coperta e del modo in cui la probabilità di rilevabilità varia tra 0 (lontano dal transetto) ed 1 (sul transetto). Utilizzando il conteggio grezzo e questa funzione di probabilità, si può ottenere una stima della densità assoluta. Durante la navigazione è stata mantenuta una velocità costante e un numero costante di osservatori con attività continua fino a



condizioni di mare Beaufort 3. In base alle condizioni viene coperto uno spazio di visuale di circa 2km di raggio. La gestione dell'avvistamento è stata affidata a 2/3 "avvistatori" su una unica piattaforma di opportunità monitorando ognuno 120° di visuale; l'effort (sforzo) è stato monitorato registrando in traccia continua la rotta dell'imbarcazione tramite plotter cartografico con aggiunta periodica di "marks". Sono inoltre, stati registrati i dati meteo usando le scale Douglas e Beaufort. Contestualmente agli avvistamenti sono stati registrati i seguenti dati: la specie osservata (delfini o tartarughe), la posizione di avvistamento in coordinate geografiche WGS84, data e ora, dimensione del gruppo, distanza stimata dall'osservatore, angolo rispetto la prua, direzione iniziale, eventuali comportamenti osservabili. Registrati i dati iniziali di avvistamento attraverso la "marcatura fotografica" abbiamo attuato la tecnica della Photo-ID che ha il vantaggio di permettere lo studio di popolazioni animali attraverso una metodologia non invasiva, raccogliere informazioni permanenti e trasferibili nello spazio e nel tempo e offre la possibilità di seguire nel tempo i trend di distribuzione e abbondanza delle popolazioni.

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

## 2.6 INDAGINI GENERALI

### 2.6.1 Misura del rumore

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

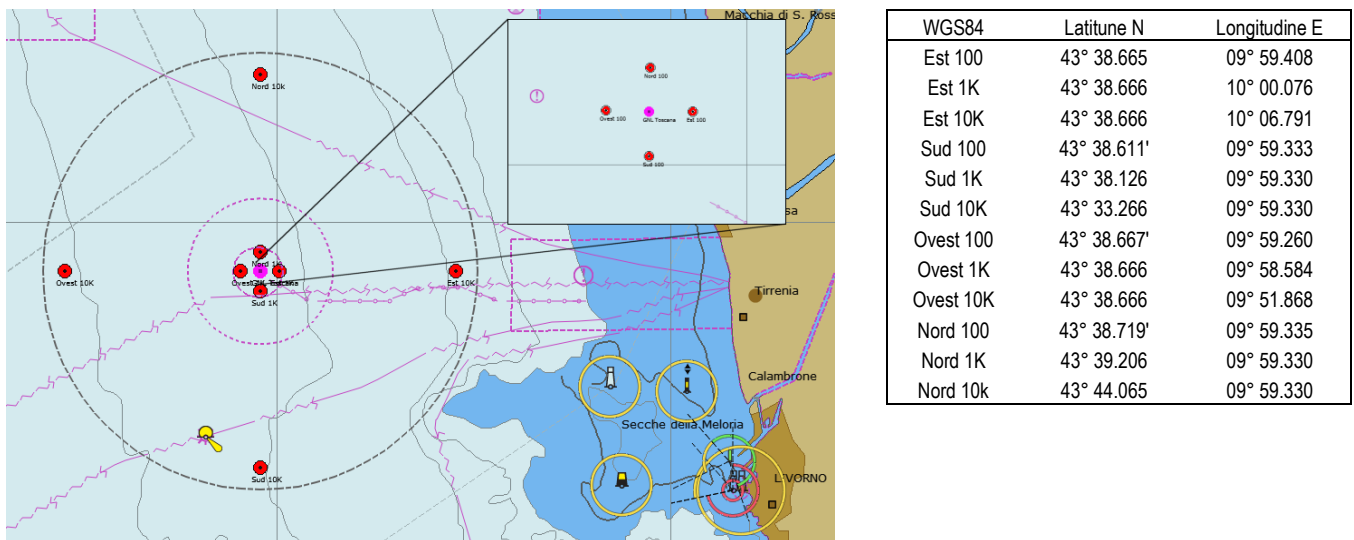


Figura 3 - Posizione delle stazioni di campionamento acustico.

#### Strumentazione utilizzata

1) Idrofono digitale Aguattech 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 termocline. Lo scopo di tali registrazioni è conoscere le condizioni ambientali del punto di misura, in modo da poter predire (e confrontare con i dati acustici registrati) il tipo di propagazione del suono eventualmente proveniente dal Terminale.

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

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

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

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

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

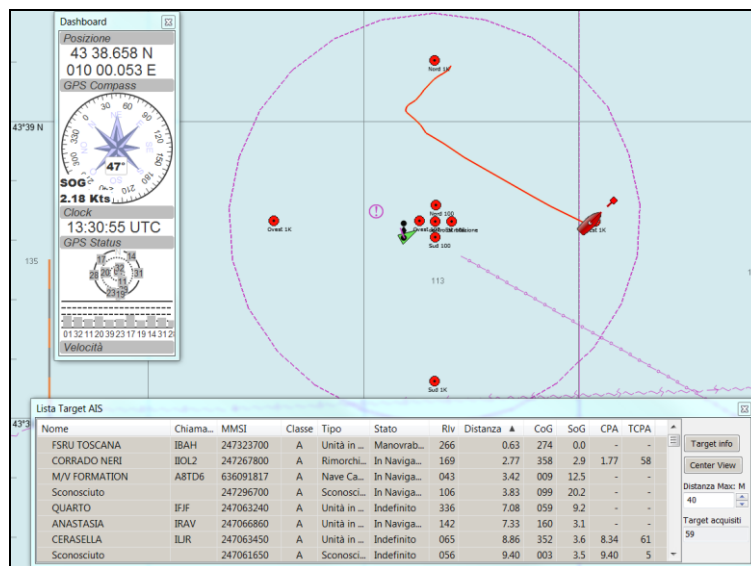


Figura 4 - Esempio di restituzione dati AIS durante l'avvicinamento alla stazione Est1K.

### Individuazione dei valori soglia di rumore

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

Si riporta di seguito la tabella 6 tratta dalle Linee Guida di cui sopra, che riporta 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>	$M_{mf}$ (mf: mid-frequency cetaceans)

High-frequency cetaceans	200 Hz to 180 kHz	(57 species/subspecies)	M <sub>M</sub> (hf: high-frequency cetaceans)
		<i>Phocena, Neophocena, Phocenoides, Platanista, Inia, Kogia, Lipotes, Pontoporia, Cephalorhynchus</i> (20 species/subspecies)	

<i>Tabella 7 modificata (Borsani &amp; Farchi, 2011, parte seconda).</i>
<b>Valori soglia per Impulsi singoli (tipo battipali):</b> Sound exposure levels SEL: 183 dB re: 1 µPa <sup>2</sup> -s
<b>Valori soglia per Impulsi multipli (tipo survey geosismici):</b> 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
<b>Valori soglia per rumori non impulsivi (tipo perforazione, navi etc):</b> 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

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.

<i>Tabella 8 modificata (Borsani &amp; Farchi, 2011, parte seconda).</i>				
Marine mammal groups	Low, Mid, High -frequency cetaceans		Low, Mid, High -frequency cetaceans	
Sound Type	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 <sup>2</sup> -s	215 dB re: 1 µ Pa <sup>2</sup> -s	183 dB re: 1 µ Pa <sup>2</sup> -s	195 dB re: 1 µ Pa <sup>2</sup> -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 1000m. Una volta individuata la banda di frequenze interessata e la relativa attenuazione del livello di rumore, per verificare se effettivamente l'attenuazione sia da attribuirsi all'allontanamento dal Terminale è necessario definire un modello dell'ambiente in cui si propaga il suono che permetta di trovare una corrispondenza fra valori simulati e valori sperimentali.

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

### Definizione generale di un modello di propagazione del suono

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

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

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

Il modello Bellhop assume:

- Superficie del mare completamente piatta, a cui viene applicata la condizione al contorno di Dirichlet (pressione identicamente nulla);
- Caratteristiche geofisiche del fondale omogenee (nessuna stratificazione: il sedimento è un unico semispazio) e indipendenti dal range;
- Parametri oceanografici indipendenti dal range e assenza di correnti marine;
- Ricevitori ideali (cioè omnidirezionali e totalmente privi di rumore elettronico, con banda e dinamica infinite, e risposta in frequenza (sensibilità) piatta e lineare ovunque). [Naturalmente le caratteristiche reali dei ricevitori possono essere sempre modellate e applicate al risultato ottenuto dalla simulazione].

I principali tipi di output restituiti dal modello sono:

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

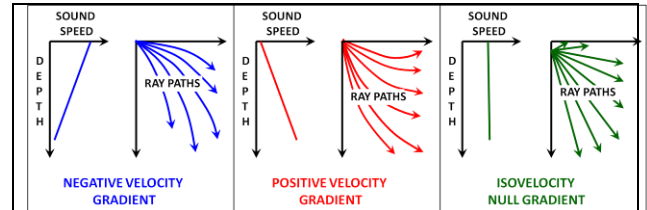
In questo lavoro sono stati scelti per il modello Bellhop la modalità di calcolo "Gaussian Beam", più accurata di quella "Ray Tracing", e il calcolo della Transmission Loss di tipo Incoerente. Quest'ultima scelta è dettata da due principali motivazioni:

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

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

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

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



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

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

**Definizione dei parametri geometrici**

Considerando le stazioni di misura, poste lungo i 2 assi principali Nord-Sud e Est-Ovest, anche i nostri piani di propagazione verranno presi lungo tali assi. La descrizione geometrica della linea di fondale viene ricavata dall'analisi della batimetria della zona che nel caso di studio, variando (eccetto a 10km di distanza sia verso est sia verso ovest) tra 100m e 120m (quindi con una variabilità non significativa in un'area di vari km<sup>2</sup>) 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:

- $c_{sed}=1680$  m/s
- attenuazione  $\alpha_{sed}=0.5$  dB/l,
- densità  $\rho_{sed}=1900$  kg/cm<sup>3</sup>.

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.

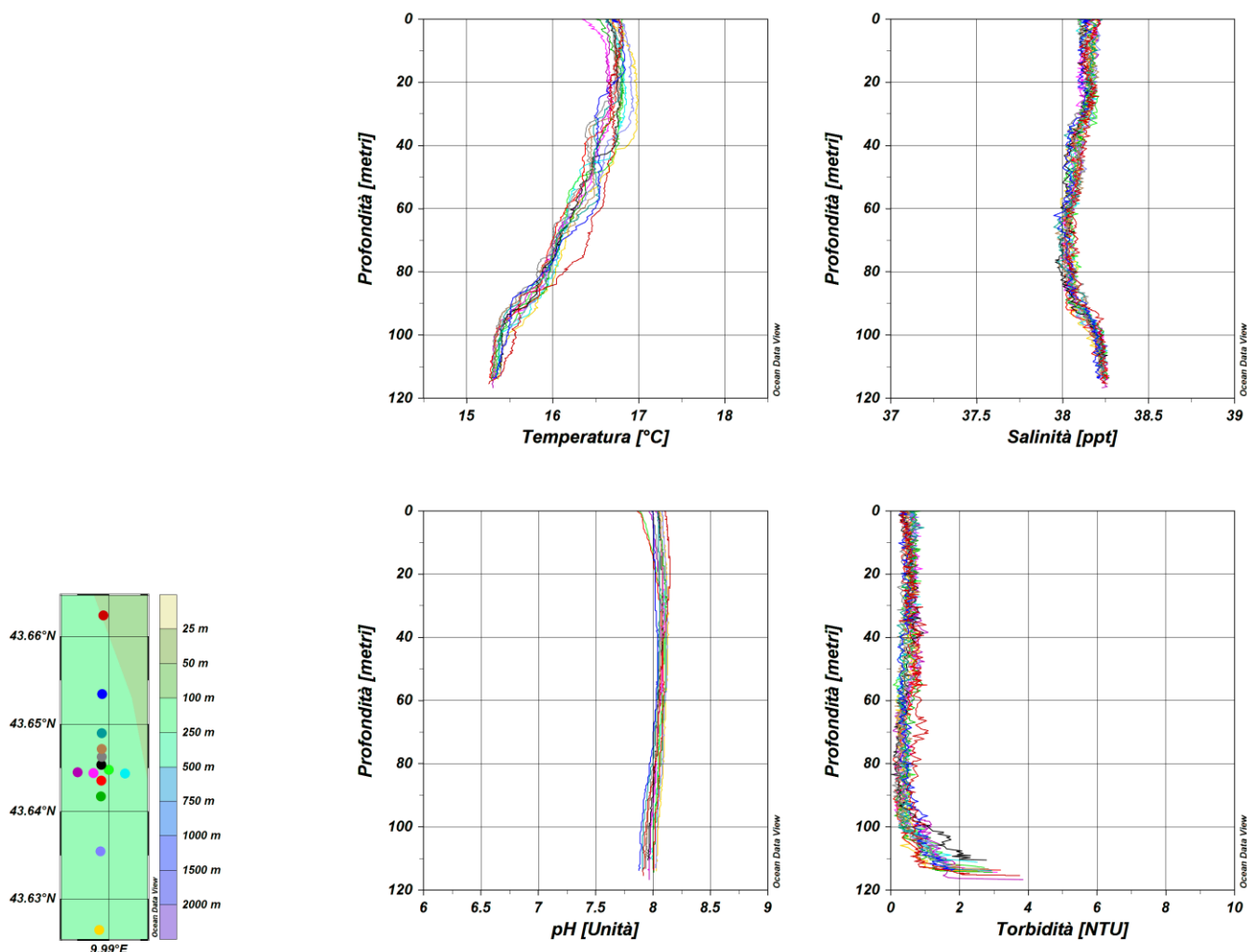
Per le registrazioni è stato utilizzato un software dedicato con funzioni di ascolto, visione e registrazione sempre attive. Per la fase di ascolto sono state utilizzate cuffie e casse stereo con alternanza di ascoltatori ogni ora.

### 3 RISULTATI SURVEY AUTUNNO 2018

#### 3.1 COLONNA D'ACQUA

##### 3.1.1 Profili idrologici

Nel survey condotto in autunno 2018 (Figura 6) la colonna d'acqua appare già quasi completamente rimescolata. La **temperatura** diminuisce leggermente dalla superficie al fondo su tutte le stazioni con valori compresi tra 16,9°C e 15,3°C .



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.

**Figura 6** – Profili di temperatura (°C), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey autunno 2018.

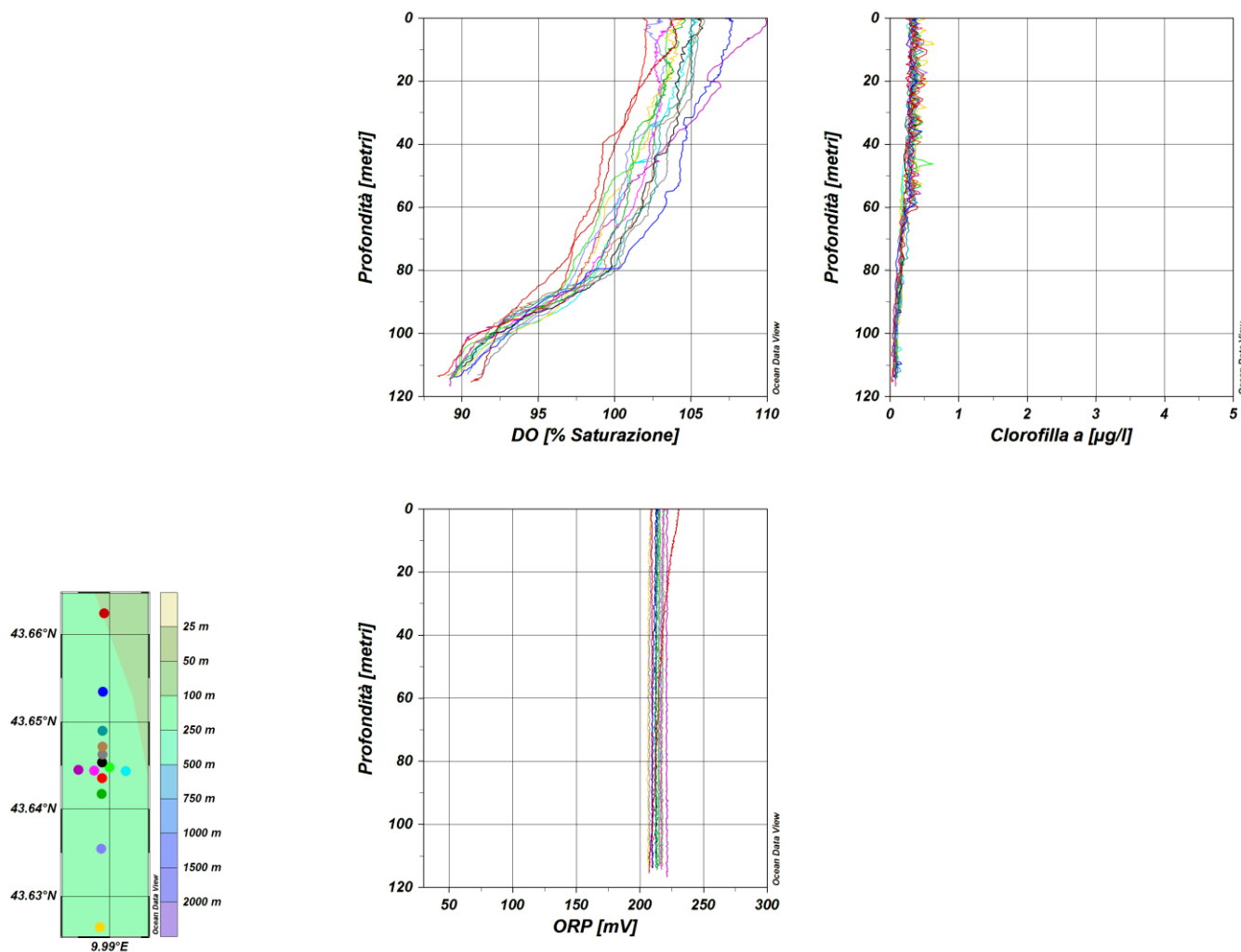
I profili di **salinità** risultano costanti su tutta la colonna d'acqua con valori compresi fra 38 e 38.2 ppt.

I profili di **pH** mostrano andamenti costanti su tutta la colonna d'acqua ((Figura 6).

I profili di **torbidità** mostrano valori compresi fra 0.1 NTU e 1 NTU dall superficie fino a 100m per poi aumentare negli ultimi 20 m della colonna d'acqua fino ad arrivare a valori prossimi a 4 NTU. I profili di **ossigeno disciolto** (Figura 7) mostrano valori compresi fra 102 % e 110 % di saturazione in superficie che diminuiscono gradatamente fino ad arrivare a valori intorno a 90 % di saturazione sul fondo (Figura 7)-

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 215 mV.



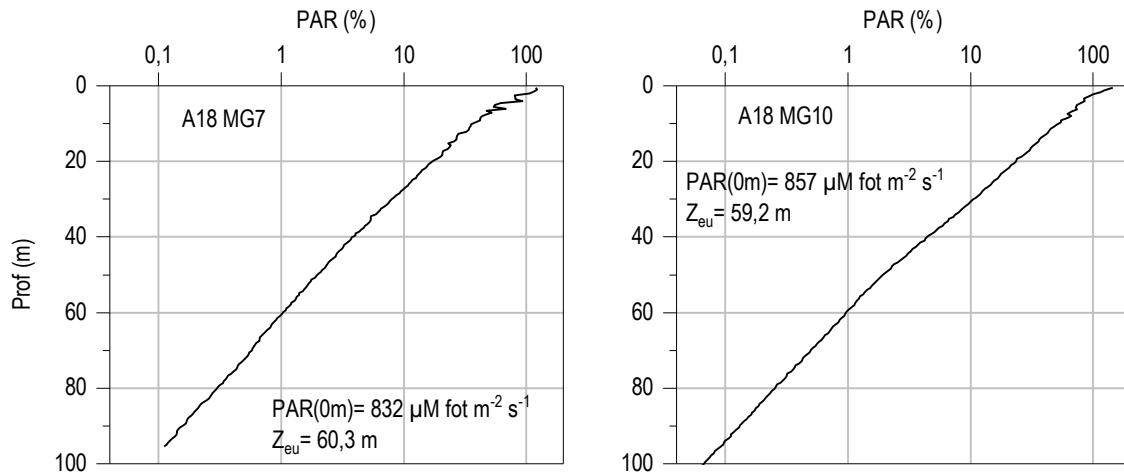
Nota: i grafici sono stati redatti secondo le prescrizioni 2 e 3 delle Determinine 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017.

Figura 7 – Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla (µg/l) e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey autunno 2018.

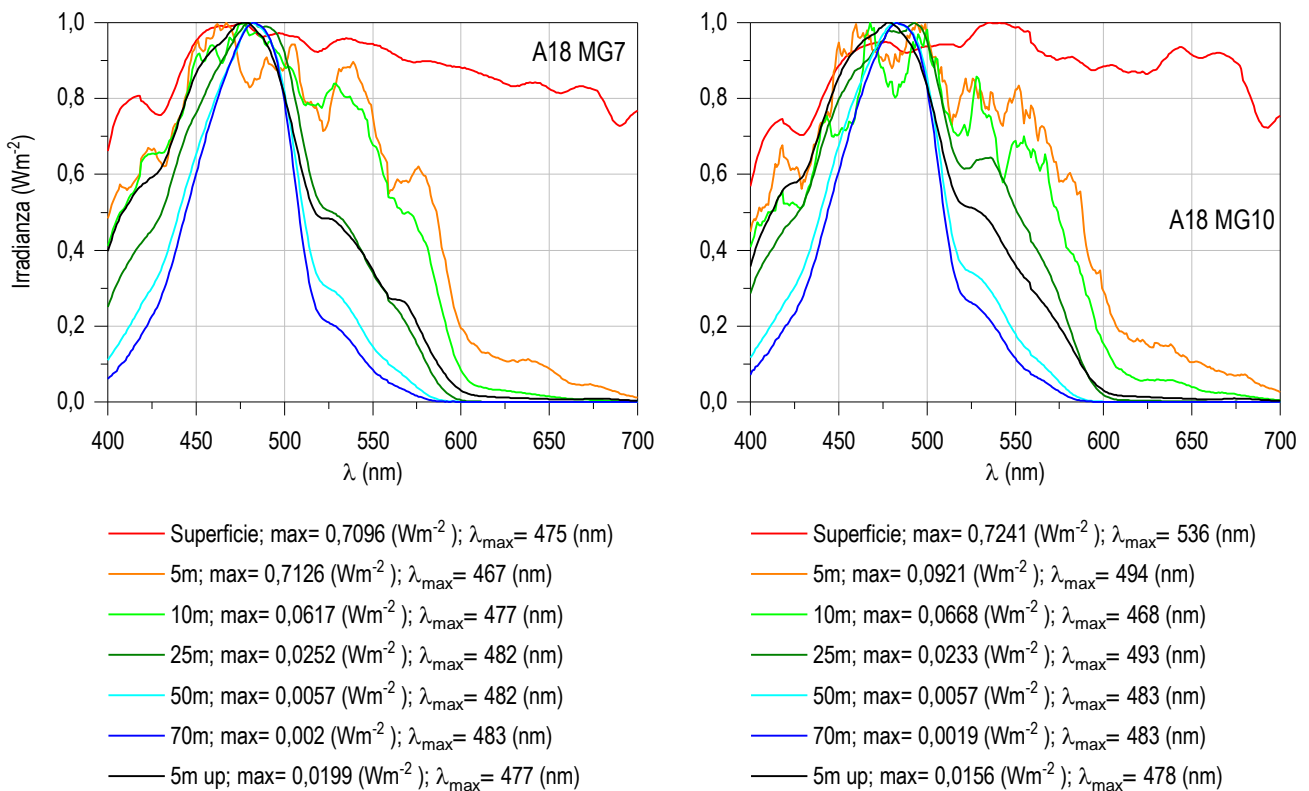
### Misure di irradianza e irradianza spettrale

In **Figura 8** sono mostrati i profili di irradianza PAR (Photosynthetic Available Radiation) sottomarina normalizzati rispetto a quella contemporanea superficiale alle stazioni A18 MG7 e A18 MG10. La profondità della zona eufotica ( $Z_{eu}$ ) è 60,3 m in A18 MG7 e 59,2 m in A18 MG10. La  $Z_{eu}$  ha mostrato una variazione compresa tra un minimo di 58,8 m (A18 MG3) ed un massimo di 65 m (A18 MG5), valori coerenti con gli ambiti di variazione registrati nelle campagne autunnali.





**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), nelle stazioni A18 MG7 e A18 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 d'onda dove si colloca ( $\lambda_{max}$ ).

In **Figura 9** 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, in A18 MG7 e A18 MG10. I massimi ( $\lambda_{max}$ ) degli spettri dell'irradianza discendente si collocano nel range di lunghezze d'onda comprese fra 467 e 494 nm. La radiazione che raggiunge la maggior profondità, ovvero quella più penetrante, ( $\lambda_{max}$  a 70 m) si trova a 483 nm ad entrambe le stazioni A18 MG7 e A18 MG10. Anche in questo caso non si evidenziano anomalie.

### 3.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

#### Nutrienti inorganici disciolti

In **Tabella 16** sono riportate le concentrazioni di nitriti (NO<sub>2</sub>), nitrati (NO<sub>3</sub>), fosfati (PO<sub>4</sub>), silicati (SiO<sub>2</sub>), rilevate nelle 8 stazioni campionate. Le concentrazioni medie sono: NO<sub>2</sub> 0,068 μM, NO<sub>3</sub> 0,214 μM, PO<sub>4</sub> 0,031 μM e Si 0,998 μM. L'intervallo di variazione delle concentrazioni rientra in quello già osservato nelle precedenti campagne autunnali mentre, rispetto alla stagione estiva, per quanto riguarda nitriti e nitrati,

si rilevano concentrazioni superiori rispetto ad E18, i fosfati e soprattutto i silicati sono invece presenti in concentrazioni più basse. In particolare i fosfati presentano molti valori al limite della rilevabilità.

Lungo la colonna d'acqua (**Figura 10**) non si presentano differenze rilevanti, come ci si può attendere dalle condizioni fisiche di omogeneità termoclinale e la maggiore variabilità visibile in qualche caso (nitriti, e nitrati in superficie) si ha in un ambito comunque ristretto di valori.

I nitriti (**Figura 10**) infatti variano in un range abbastanza limitato, tra 0,04 e 0,09  $\mu\text{M}$  con la presenza del massimo assoluto di 0,105  $\mu\text{M}$  a 70 m della stazione A18 MG6. Stesso andamento per i nitrati la cui variazione è tra 0,09 e 0,32  $\mu\text{M}$  con l'eccezione di due concentrazioni più alte a 70 m in A18 MG10 (0,537  $\mu\text{M}$ ) e alla superficie di A18 MG6 (0,709  $\mu\text{M}$ ). Per quanto riguarda i fosfati (**Figura 10**) i bassi valori oscillano intorno al limite di rilevabilità, 0,03  $\mu\text{M}$ , come probabile risultato di un consumo fitoplanctonico. Un consumo avvenuto è ipotizzabile anche per i silicati che, in media più bassi rispetto ad E18, presentano scarse variazioni lungo la colonna d'acqua (**Figura 10**). Non si evidenziano particolari anomali imputabili alla presenza del terminale.

**Tabella 16** - Concentrazioni ( $\mu\text{M}$ ) dei nutrienti inorganici disciolti.

Stazione	Prof. m	SiO <sub>2</sub>	PO <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	Stazione	Prof. m	SiO <sub>2</sub>	PO <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>
A18 MG3	0,5	0,884	<0,03	0,050	0,096	A18 MG9	0,5	0,872	0,033	0,056	0,222
	12,5	0,889	<0,03	0,049	0,160		12,5	0,896	<0,03	0,061	0,139
	50	0,900	0,032	0,069	0,163		50	0,926	0,030	0,062	0,282
	70	0,873	0,039	0,048	0,093		70	0,852	<0,03	0,057	0,112
A18 MG5	0,5	0,976	<0,03	0,094	0,136	A18 MG10	0,5	0,943	<0,03	0,084	0,231
	12,5	1,015	0,032	0,063	0,164		12,5	0,970	0,038	0,086	0,293
	50	0,982	0,040	0,066	0,163		50	0,920	0,031	0,063	0,174
	70	0,938	0,031	0,053	0,124		70	1,028	0,042	0,089	0,537
A18 MG6	0,5	1,051	0,032	0,086	0,709	A18 MG12	0,5	1,101	0,038	0,043	0,191
	12,5	1,030	<0,03	0,063	0,168		12,5	1,071	0,043	0,082	0,303
	50	1,055	0,028	0,046	0,206		50	1,066	0,046	0,050	0,270
	70	1,087	<0,03	0,105	0,258		70	1,287	<0,03	0,079	0,321
A18 MG7	0,5	0,999	0,033	0,075	0,147	A18 MG13	0,5	1,177	<0,03	0,059	0,155
	12,5	1,080	0,033	0,079	0,164		12,5	1,000	<0,03	0,062	0,245
	50	1,049	<0,03	0,077	0,115		50	1,134	0,034	0,079	0,236
	70	1,025	0,035	0,098	0,206		70	0,939	0,033	0,062	0,194

### Solidi sospesi (Total Suspended Matter)

Le concentrazioni di TSM in tutte le stazioni sono riportate in **Tabella 17**. Il valore medio generale è 0,954 mg/l, il minimo è 0,653 mg/l in A18 MG10 a 50 m ed il massimo è 1,893 mg/l in A18 MG9 in superficie.

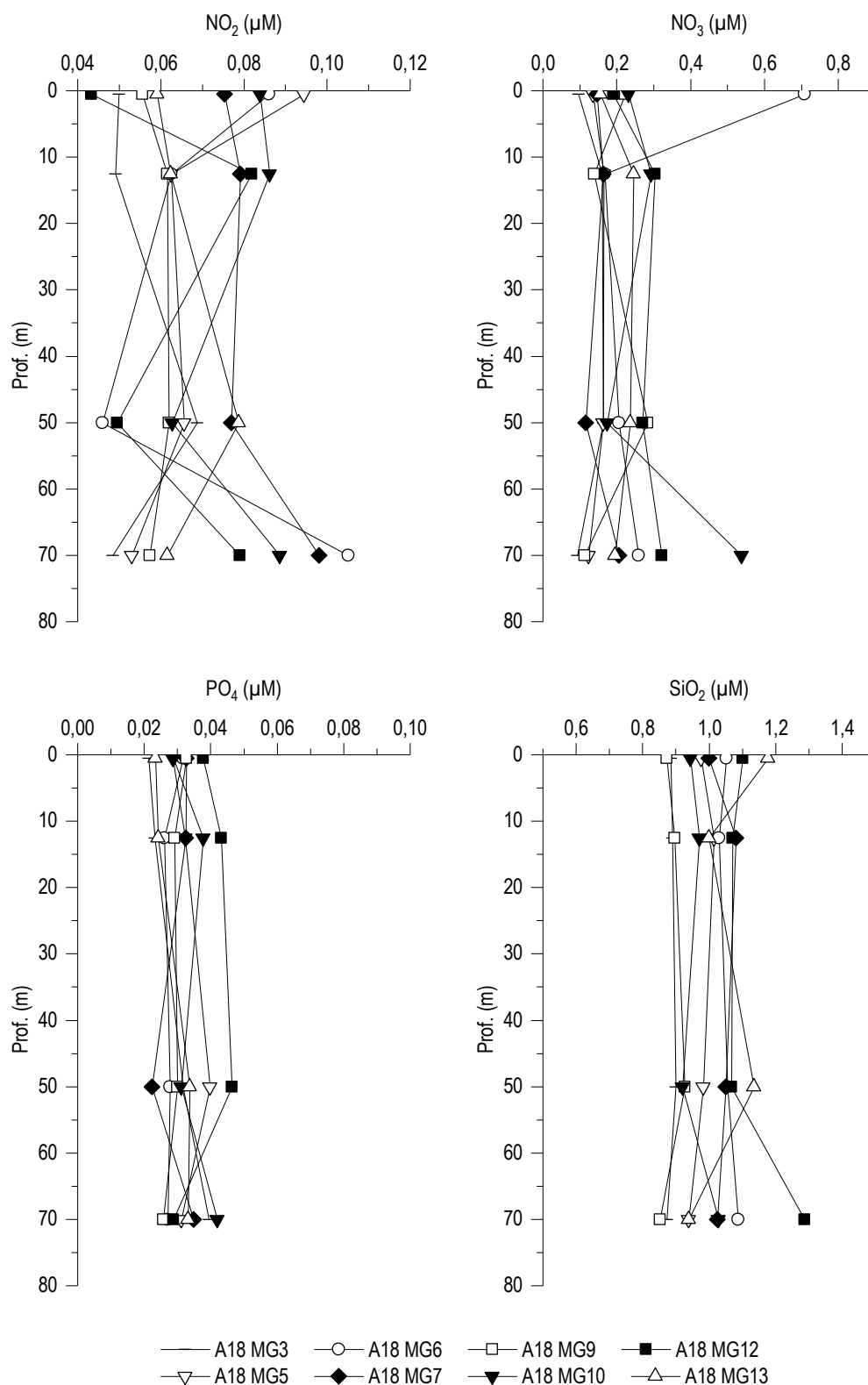


Figura 10 - Profili delle concentrazioni ( $\mu\text{M}$ ) dei nutrienti inorganici disciolti: nitriti ( $\text{NO}_2$ ), nitrati ( $\text{NO}_3$ ), fosfati ( $\text{PO}_4$ ), silicati ( $\text{SiO}_2$ ).

Tabella 17 - Concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).				
Prof. m	Stazione	TSM (mg/l)	Stazione	TSM (mg/l)
0,5	A18 MG3	0,958	A18 MG9	1,893
12,5		0,887		1,462
50		0,674		0,658
70		1,412		1,623
0,5	A18 MG5	1,137	A18 MG10	0,838
12,5		0,894		0,869
50		0,779		0,653
70		0,992		0,823
0,5	A18 MG6	0,724	A18 MG12	0,885
12,5		0,812		0,946
50		0,753		0,706
70		1,058		0,956
0,5	A18 MG7	0,994	A18 MG13	0,807
12,5		0,972		0,931
50		0,943		0,694
70		0,990		0,855

I profili batimetrici di TSM (**Figura 11**) presentano scarse variazioni tra le profondità, con una tendenza a valori più alti in superficie (A18 MG5, A18 MG9) e/o a 70 m (A18 MG9, A18 MG3). La concentrazione della frazione organica del TSM (POM) è in media 0,349 mg/l con minimo di 0,223 mg/l in A18 MG3 a 50 m e massimo di 0,622 mg/l in A18 MG9 a 70 m. Anche in questo caso i profili batimetrici del POM (**Figura 11**) non presentano variazioni rilevanti e tendono ad aumentare le concentrazioni a 70 m. La frazione organica particellata rappresenta in media il 37,7% del TSM con minimo del 20,8 % in A18 MG9 a 12,5 m e massimo di 48,8% in A18 MG12 a 12,5 m. Non si evidenziano anomalie.

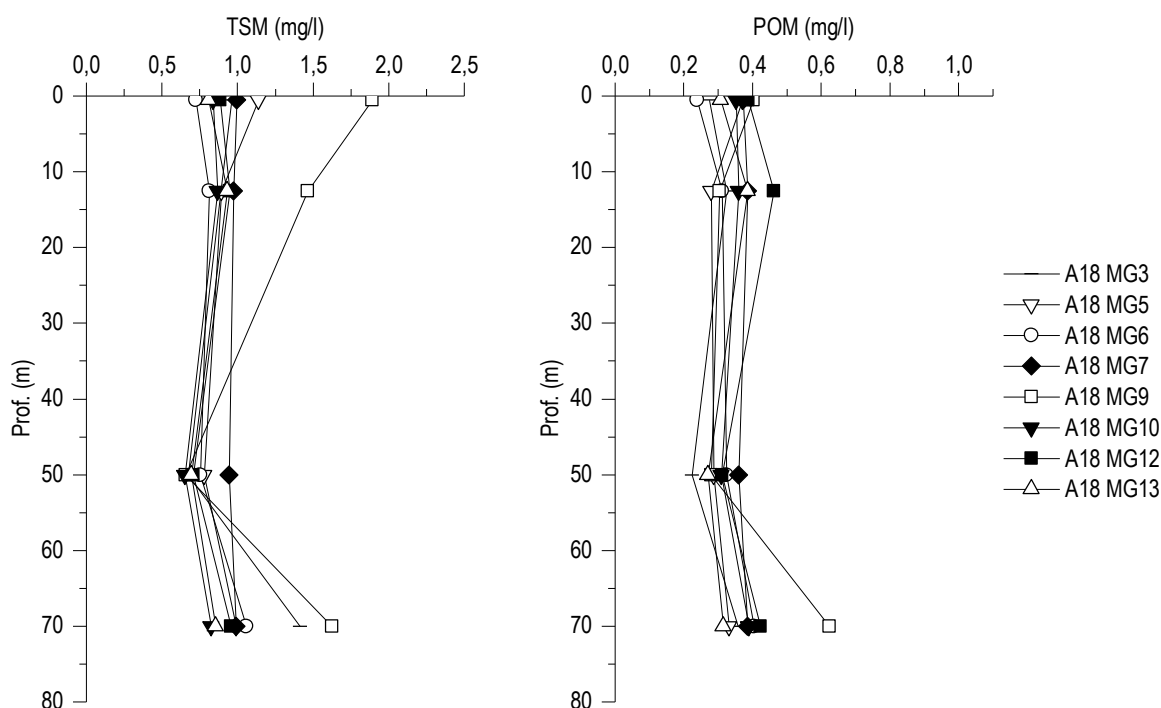


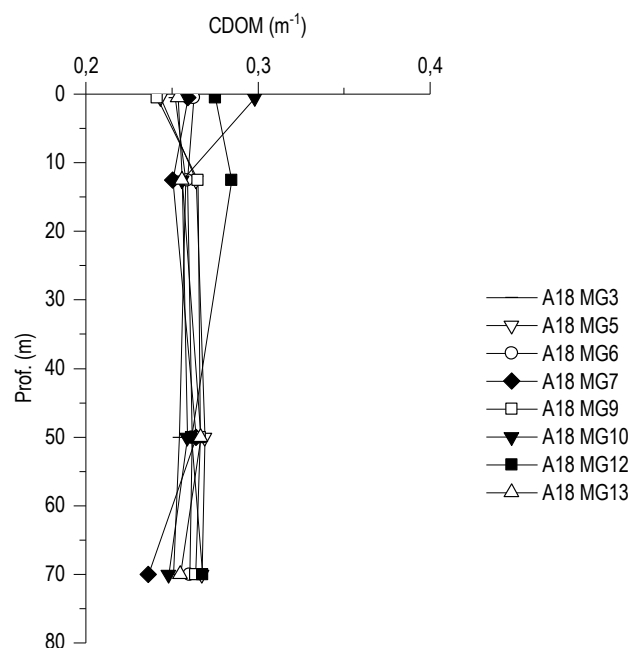
Figura 11 - Profili delle concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM).

#### Sostanza Organica Disciolta Cromoforica (CDOM)

Gli assorbimenti della CDOM a 325 nm  $a_{CDOM}(325)$  sono in media  $0,260 \text{ m}^{-1}$  e variano da un minimo di  $0,236 \text{ m}^{-1}$  in A18 MG7 a 70 m ad un massimo di  $0,298 \text{ m}^{-1}$  in A18 MG10 a 0,5 m.

I profili batimetrici ( $\rho$ ) sono sostanzialmente omogenei, rientrando la variazione totale in uno ambito piuttosto ristretto (circa  $0,060 \text{ m}^{-1}$ ) che presenta nei singoli profili i valori più alti a profondità variabili.

Prof. m	Stazione	$a_{\text{CDOM}(325)}$ $\text{m}^{-1}$	Stazione	$a_{\text{CDOM}(325)}$ $\text{m}^{-1}$
0,5	<b>A18 MG3</b>	0,252	<b>A18 MG9</b>	0,241
12,5		0,258		0,265
50		0,254		0,266
70		0,251		0,264
0,5	<b>A18 MG5</b>	0,243	<b>A18 MG10</b>	0,298
12,5		0,264		0,256
50		0,269		0,259
70		0,267		0,248
0,5	<b>A18 MG6</b>	0,262	<b>A18 MG12</b>	0,275
12,5		0,259		0,285
50		0,262		0,261
70		0,260		0,268
0,5	<b>A18 MG7</b>	0,259	<b>A18 MG13</b>	0,253
12,5		0,250		0,256
50		0,264		0,267
70		0,236		0,255



**Figura 12** - Profili degli assorbimenti ( $\text{m}^{-1}$ ) della CDOM a 325 nm ( $a_{\text{CDOM}(325)}$ ).

#### Clorofilla a e diversità pigmentaria

La concentrazione di clorofilla a è in media  $0,3359 \text{ mg/m}^3$  e varia da un minimo di  $0,2331 \text{ mg/m}^3$  in A18 MG12 a 70 m fino a un massimo di  $0,4069 \text{ mg/m}^3$  in A18 MG5 a 12,5 m (**Tabella 19**). I valori risultano mediamente raddoppiati rispetto ad E18, superando anche altri campionamenti autunnali e sono associabili all'accrescimento fitoplanctonico rilevato in questa campagna. I profili batimetrici (**Figura 13**) mostrano una distribuzione relativamente simile lungo tutta la colonna d'acqua, con massimi tra la superficie e 12,5 m e minimi tra 50 e 70 m.

Prof. m	Stazione	Chl a $\text{mg/m}^3$	Stazione	Chl a $\text{mg/m}^3$
0,5	<b>A18 MG3</b>	0,3696	<b>A18 MG9</b>	0,2895
12,5		0,3732		0,3457
50		0,3317		0,3450
70		0,2850		0,2629
0,5	<b>A18 MG5</b>	0,3852	<b>A18 MG10</b>	0,3728
12,5		0,4069		0,3649
50		0,2449		0,3389
70		0,3395		0,3522
0,5	<b>A18 MG6</b>	0,3614	<b>A18 MG12</b>	0,3548
12,5		0,3948		0,3526
50		0,3519		0,3274
70		0,3041		0,2331
0,5	<b>A18 MG7</b>	0,3290	<b>A18 MG13</b>	0,3403
12,5		0,3539		0,3468
50		0,3363		0,3031
70		0,3019		0,3510

Le concentrazioni dei nove pigmenti diagnostici principali sono riportate in **Tabella 20**. Il pigmento a maggiore concentrazione media è Fuco (media  $0,076$ , min  $0,0512$ , max  $0,1031 \text{ mg/m}^3$ ), seguono: Hex-Fuco (media  $0,0436$ , min  $0,0247$ , max  $0,0554 \text{ mg/m}^3$ ), Chl b (media

0,0323, min 0,0184, max 0,0430 mg/m<sup>3</sup>), But-Fuco (media 0,0206, min 0,0112, max 0,0267 mg/m<sup>3</sup>), Zea (media 0,0137, min 0,0024, max 0,0205 mg/m<sup>3</sup>). Gli altri pigmenti (Perid, Allo, Prasino) presentano concentrazioni molto più scarse, e in particolare DVA (marker *Prochlorococcus*) risulta non rilevabile in tutti i campioni, in relazione al periodo stagionale più tipicamente invernale in cui si è svolta la campagna (fine dicembre) e in cui il Cyanobatterio *Prochlorococcus* è sostanzialmente assente.

Dai rapporti tra i singoli pigmenti e la loro somma totale si ottiene una stima della composizione tassonomica del popolamento fitoplanctonico (Figura 14).

Il pigmento Fuco (diatomee) domina in tutte le stazioni ed è simile a tutte le profondità con un contributo medio del circa il 38% contributo percentuale medio più alto in tutte le stazioni e a tutte le profondità è dato da Fuco (Diatomee) con una media del 37,90%. Anche Hex-Fuco (Prymnesiophyceae coccolitofori) con il 21,63% di contributo medio presenta la stessa distribuzione. Anche i contributi minori degli altri pigmenti (Chl *b* –Chlorophyta, 16,01%; But-Fuco -Dictyochophyceae, Chrysophyceae, Prymnesiophyceae non Coccolitofori, 10,18%; Zea -*Synechococcus*-like, 6,8%) non presentano diverse distribuzioni tra stazioni e profondità (Figura 14). Le distribuzioni verticali nelle diverse stazioni della biomassa fitoplanctonica (Chl *a*) e della diversità pigmentaria mostrano quindi una omogeneità che appare in relazione alle condizioni fisiche di mescolamento delle acque, senza evidenziare anomalie.

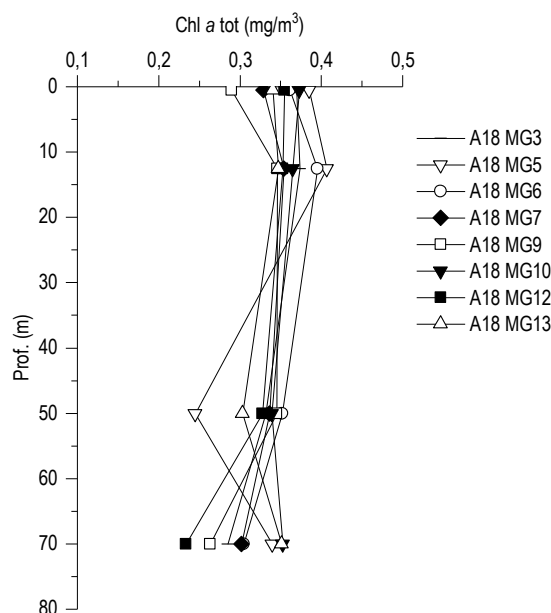


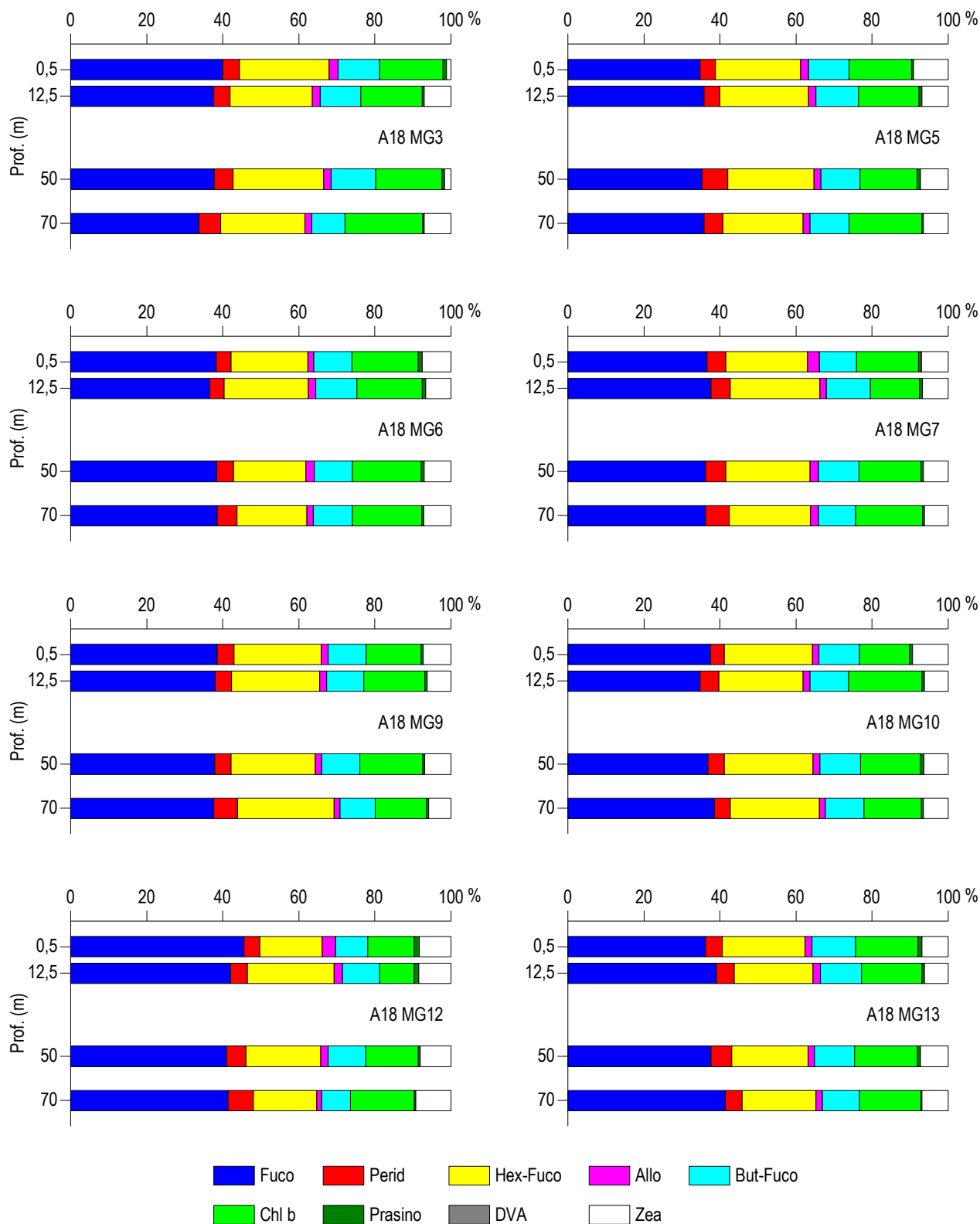
Figura 13 - Profili delle concentrazioni (mg/m<sup>3</sup>) di clorofilla *a* tot.

Tabella 20 - Concentrazioni (mg/m<sup>3</sup>) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici.

Stazione	Prof.m	Fuco	Perid	Hex-Fuco	But-Fuco	Prasino	Allo	Zea	DVA	Chl b
A18 MG3	0,5	0,0821	0,0089	0,0484	0,0225	0,0019	0,0048	0,0024	0,0000	0,0343
	12,5	0,0853	0,0099	0,0489	0,0243	0,0013	0,0048	0,0159	0,0000	0,0367
	50	0,0720	0,0095	0,0452	0,0223	0,0012	0,0037	0,0032	0,0000	0,0335
	70	0,0585	0,0099	0,0385	0,0149	0,0008	0,0032	0,0122	0,0000	0,0355
A18 MG5	0,5	0,0758	0,0088	0,0488	0,0233	0,0011	0,0045	0,0200	0,0000	0,0359
	12,5	0,0854	0,0100	0,0554	0,0267	0,0019	0,0049	0,0163	0,0000	0,0380
	50	0,0512	0,0099	0,0329	0,0149	0,0013	0,0025	0,0106	0,0000	0,0218
	70	0,0715	0,0099	0,0423	0,0206	0,0009	0,0035	0,0129	0,0000	0,0384
A18 MG6	0,5	0,0847	0,0089	0,0445	0,0222	0,0024	0,0037	0,0166	0,0000	0,0385
	12,5	0,0905	0,0092	0,0550	0,0267	0,0023	0,0047	0,0165	0,0000	0,0424
	50	0,0775	0,0090	0,0385	0,0203	0,0014	0,0045	0,0143	0,0000	0,0366
	70	0,0725	0,0099	0,0345	0,0192	0,0010	0,0034	0,0135	0,0000	0,0343
A18 MG7	0,5	0,0733	0,0097	0,0432	0,0195	0,0017	0,0061	0,0140	0,0000	0,0327
	12,5	0,0731	0,0097	0,0459	0,0225	0,0013	0,0034	0,0133	0,0000	0,0250
	50	0,0676	0,0101	0,0414	0,0198	0,0014	0,0041	0,0121	0,0000	0,0304
	70	0,0620	0,0105	0,0365	0,0169	0,0009	0,0035	0,0108	0,0000	0,0299
A18 MG9	0,5	0,0762	0,0088	0,0455	0,0196	0,0011	0,0036	0,0144	0,0000	0,0287
	12,5	0,0819	0,0093	0,0499	0,0210	0,0014	0,0040	0,0134	0,0000	0,0346



	50	0,0819	0,0092	0,0478	0,0216	0,0010	0,0037	0,0150	0,0000	0,0358
	70	0,0600	0,0099	0,0405	0,0146	0,0010	0,0025	0,0094	0,0000	0,0214
<b>A18 MG10</b>	0,5	0,0824	0,0080	0,0512	0,0234	0,0018	0,0038	0,0205	0,0000	0,0289
	12,5	0,0776	0,0111	0,0495	0,0226	0,0015	0,0040	0,0140	0,0000	0,0430
	50	0,0790	0,0094	0,0500	0,0228	0,0019	0,0039	0,0137	0,0000	0,0340
	70	0,0871	0,0095	0,0532	0,0229	0,0011	0,0033	0,0148	0,0000	0,0342
<b>A18 MG12</b>	0,5	0,1031	0,0095	0,0370	0,0191	0,0030	0,0081	0,0187	0,0000	0,0278
	12,5	0,0846	0,0089	0,0458	0,0198	0,0022	0,0043	0,0171	0,0000	0,0184
	50	0,0788	0,0098	0,0379	0,0192	0,0009	0,0037	0,0156	0,0000	0,0265
	70	0,0616	0,0099	0,0247	0,0112	0,0006	0,0019	0,0138	0,0000	0,0250
<b>A18 MG13</b>	0,5	0,0722	0,0090	0,0433	0,0228	0,0021	0,0037	0,0137	0,0000	0,0329
	12,5	0,0787	0,0097	0,0417	0,0218	0,0014	0,0039	0,0126	0,0000	0,0320
	50	0,0696	0,0099	0,0372	0,0193	0,0014	0,0032	0,0135	0,0000	0,0306
	70	0,0881	0,0097	0,0412	0,0208	0,0006	0,0035	0,0147	0,0000	0,0344



**Figura 14** – Concentrazione relativa dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove Pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chlb+DVA+Zea).

**Tensioattivi**

 Le concentrazioni dei **tensioattivi** (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	A18 MG3				A18 MG5				A18 MG6				A18 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	A18 MG9				A18 MG10				A18 MG12				A18 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 22**. Questi composti non sono stati rilevati.

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

Profondità (m)	A18 MG3				A18 MG5				A18 MG6				A18 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
<b>Acidi aloacetici (µg/l)</b>																
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	< 2,0	< 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 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	< 2,0	< 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 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
<b>Aloacetoni nitrili (µg/l)</b>																
Dibromoacetoni nitrile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Dicloroacetoni nitrile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Tricloroacetoni nitrile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
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
<b>Alometani e VOC (µg/l)</b>																
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
<b>Alofenoli (µg/l)</b>																
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)	A18 MG9				A18 MG10				A18 MG12				A18 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
<b>Acidi aloacetici (µg/l)</b>																
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	< 2,0	< 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

Tabella 22 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.																
Profondità (m)	A18 MG3				A18 MG5				A18 MG6				A18 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
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	<2,0	<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 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
<b>Alcoacetoni (µg/l)</b>																
Dibromoacetone	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Dicloroacetone	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Tricloroacetone	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cloropirina	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
<b>Alometani e VOC (µg/l)</b>																
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
<b>Alifenoli (µg/l)</b>																
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 diffusamente presenti con concentrazioni che variano indipendentemente dalla posizione delle stazioni di prelievo.

Tabella 23 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico. I dati sono espressi in microgrammi/litro. In neretto (0,5 - 12,5 - 50 - 70) sono indicate le profondità di prelievo in metri.																
A18 MG3				A18 MG5				A18 MG6				A18 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	
16,7	35,0	25,5	26,5	42,5	35,6	<10	<10	29,7	20,5	25,6	28,3	<10	22,8	<10	20,3	
A18 MG9				A18 MG10				A18 MG12				A18 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	
24,8	31,4	<10	16,6	<10	30,4	36,8	29,0	20,4	<10	<10	14,9	38,6	44,4	26,2	20,0	

### 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. P = presenti ma non formanti colonie.									
	A14 MG3	A14 MG5	A14 MG6	A14 MG7	A14 MG9	A14 MG10	A14 MG12	A14 MG13	
Coliformi fecali	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	
Streptococchi fecali (enterococchi)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	
Coliformi totali	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	

## 3.1.3 Plancton

## 3.1.3.1 Fitoplancton

**Analisi quantitativa e qualitativa del fitoplancton da bottiglia**

Le densità fitoplanctoniche totali sono in media circa 160,62 cell/ml variando da un minimo di 100,68 cell/ml in A18 MG6 70 m ad un massimo di 230,31 cell/ml in A18 MG12 12,5 m (**Tabella 25**). Le densità rilevate mostrano una fioritura fitoplanctonica soprattutto superficiale ma con densità elevate anche in profondità, dove non si hanno mai valori inferiori a  $10^2$  cell/ml, e la distribuzione lungo il profilo verticale sostanzialmente è in accordo con quello della chl a.

La **Figura 16** rappresenta il contributo percentuale di ogni gruppo alla composizione tassonomica fitoplanctonica. Le diatomee sono la classe dominante, fino ad un massimo di 169,25 cell/ml in A18 MG12 a 12,5 m, e contribuiscono mediamente alle abbondanze totali con oltre il 65%. E' stata rilevata una fioritura di *Chaetoceros socialis*, che rappresenta in media il 68% della classe, e da altri taxa con alte abbondanze (*Cylindrotheca closterium*, *Chaetoceros curvisetus*, *Leptocylindrus danicus*, *Cerataulina pelagica*, *Guinardia striata*, *Pseudonitzschia subfraudulenta*, *Asterionellopsis glacialis*, *Chaetoceros anastomosans*, *Hemiaulus sinensis*, *Bacteriastrum jadrantum*).

I coccolitofori, seconda classe più abbondante, rappresentano in media il 14,2% del popolamento totale, costituiti principalmente da *Emiliania huxleyi*, fino a circa 30 cell/ml, e da altre specie (*Algirosphaera robusta*, *Syracosphaera cf. molischii*, *Ophiaster hydroideus*, *Acanthoica quattrosina*, *Calciosolenia brasiliensis*) che presentano comunque abbondanze di circa un ordine di grandezza inferiore ad *Emiliania huxleyi*.

I dinoflagellati sono scarsamente presenti, in media il 4,06%, come atteso in relazione alla stagione di campionamento, e sono rappresentati principalmente da organismi atecati appartenenti ai generi *Gymnodinium*, *Gyrodinium*, *Amphidinium* e *Torodinium* e da forme tecate come *Heterocapsa minima*, *Heterocapsa rotundata*, *Oxytoxum variabile*, *Lessardia elongata*.

Il gruppo "Altro plancton" rappresenta in media il 13,62% grazie a specie come *Phaeocystis* sp., *Plagioselmis prolunga*, Cryptophyceae n.i., *Telonema* sp., *Leucocryptos marina*, *Paulinella ovalis* ed altre piccole forme flagellate di difficile collocazione tassonomica.

Sono stati identificati in totale, a diverso livello tassonomico, 196 taxa (**Tabella 27**) più la categoria dei flagellati n.i. (**Tabella 26**), suddivisi tra le principali classi o raggruppamenti fitoplanctonici di cui si fornisce l'elenco completo in . La maggior parte dei taxa appartiene alla classe delle diatomee con 79 specie e 14 forme identificate a livello di genere. I dinoflagellati sono rappresentati da 42 specie e 1 forma identificata a livello di genere. I coccolitofori, infine risultano meno diversificati con 27 specie insieme a 1 forma individuata a livello di genere. Il popolamento fitoplanctonico autunnale presenta valori di diversità specifica (Shannon) e valori di equitabilità (Pielou) che variano, rispettivamente tra 2,37 e 3,56 bit/cell e tra 0,41 e 0,58. La diminuzione di diversità data dall'indice evidenzia la fase di fioritura durante la quale è stato effettuato il campionamento, per la forte dominanza di diatomee che abbassa quindi anche l'equitabilità della distribuzione degli organismi tra le specie. Non si evidenziano anomalie.

Tabella 25 - Densità fitoplanctonica totale (cell/ml) e delle classi o gruppi identificati.						
Stazione	prof. (m)	Diatomee	Dinoflagellati	Coccolitofori	Altro	Totale
A18 MG6	0,5	84,4307	4,7895	18,5440	15,4124	123,1767
	12,5	114,8936	6,8884	21,3801	26,7739	169,9360
	50	98,5559	4,7141	16,5936	15,5251	135,3886
	70	57,0509	5,6300	20,5496	17,4531	100,6836
A18 MG7	0,5	138,8789	6,6680	18,3946	26,6721	190,6136
	12,5	101,5150	5,9782	23,4531	28,8565	159,8028
	50	100,6218	6,2689	26,0320	26,3508	159,2736
	70	87,5020	6,0039	21,4586	23,1263	138,0908
A18 MG10	0,5	120,8227	8,8294	35,6659	29,3924	194,7104
	12,5	133,3606	5,6333	24,2578	25,1776	188,4293
	50	152,8608	9,0456	28,1532	33,1334	223,1931
	70	114,3880	5,6434	21,1629	18,3411	159,5354
A18 MG12	0,5	116,6325	4,4988	22,7192	10,3473	154,1979
	12,5	169,2547	8,5504	30,0361	22,4723	230,3136
	50	107,4099	5,3986	27,4429	17,0956	157,3471
	70	75,6893	6,0293	14,7503	9,1516	105,6205
A18 MG13	0,5	93,4674	6,2082	24,7177	23,4531	147,8463
	12,5	122,6025	7,1651	26,4994	28,4329	184,6998
	50	118,9631	8,1887	19,3343	25,2484	171,7344
	70	79,1445	8,3255	15,2809	15,0701	117,8210

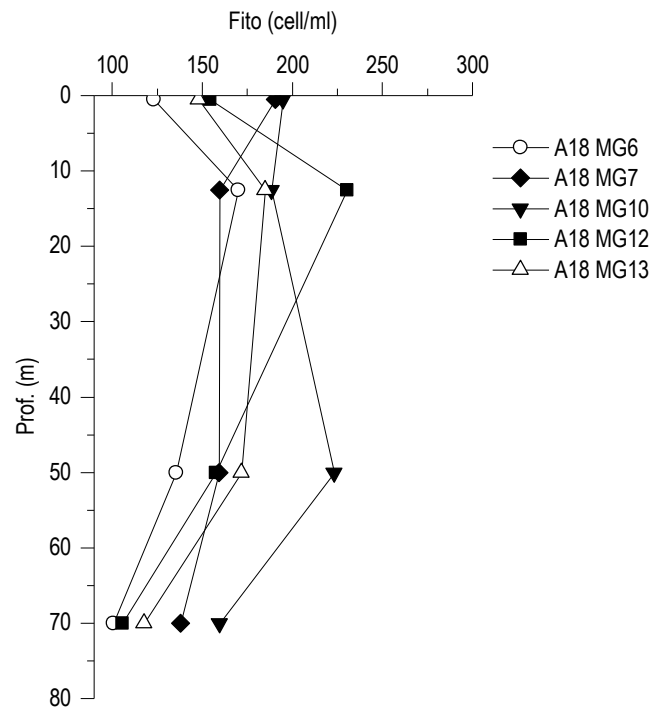


Figura 15 - Profili delle densità fitoplanctoniche totali (cell/ml).



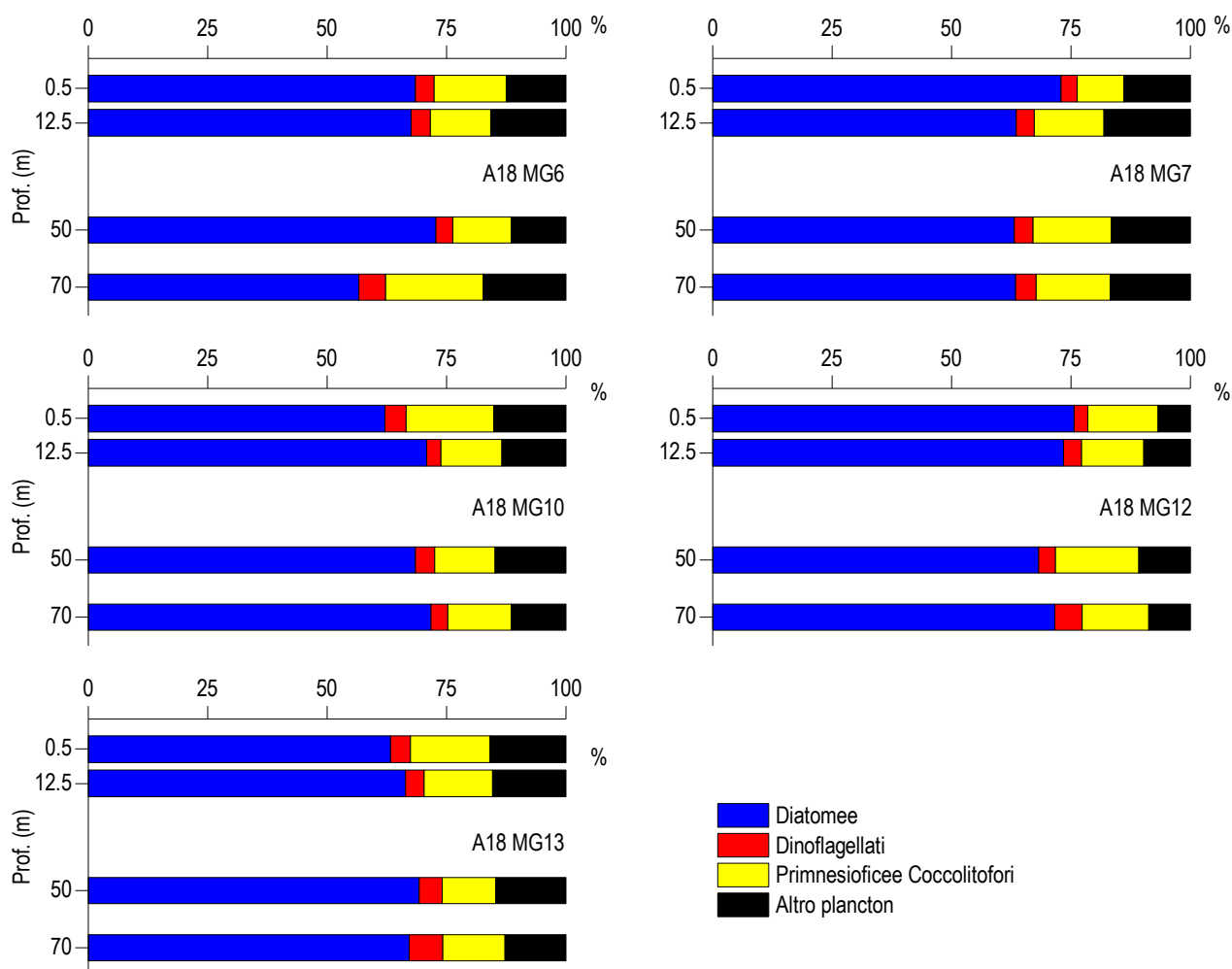


Figura 16 – Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda in rapporto all'abbondanza totale.

**Tabella 26** - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati (prelievo con Niskin).

Classe	Specie	Generi	Categorie superiori*
Diatomee	79	14	5
Dinoflagellati	42	1	4
Prymnesiophyceae coccolitofori	27	2	1
Cryptophyceae	1		1
Chrysophyceae/Dictyochophyceae	6		
Prasinophyceae			1
Prymnesiophyceae non coccolitofori	3	2	
Altro		1	
Totale	5	1	

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

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

DIATOMEE		
<i>Amphiprora gigantea</i> var. <i>sulcata</i> (O'Meara) Cleve 1894	<i>Ctenophora pulchella</i> (Ralfs ex Kützing) Williams & Round 1986	<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve 1901
<i>Amphora</i> spp.	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	<i>Nitzschia bilobata</i> Smith 1853
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle 1996	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs 1861
<i>Asteromphalus heptactis</i> (Brébisson) Ralfs 1861	<i>Dactyliosolen phuketensis</i> (Sundstrom) Hasle 1996	<i>Nitzschia</i> spp.
<i>Attheya</i> sp.	<i>Diatomea pennata</i> n.i. (forma p)	<i>Odontella mobiliensis</i> (Bailey) Grunow 1884
<i>Bacteriastrium delicatulum</i> Cleve 1897	<i>Diatomee</i> centriche > 20 µm n.i.	<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve 1873
<i>Bacteriastrium furcatum</i> Shadbolt 1854	<i>Diatomee</i> pennate ≤ 20 µm n.i.	<i>Plagiotropis antarctica</i> (Cleve) Kuntze 1898
<i>Bacteriastrium hyalinum</i> Lauder 1864	<i>Diatomee</i> pennate > 20 µm n.i.	<i>Plagiotropis</i> sp.
<i>Bacteriastrium jadrantum</i> Godrijan, Maric & Pfannkuchen 2012	<i>Dimeregramma nanum</i> (Gregory) Ralfs 1861	<i>Pleurosigma majus</i> (Grunow) Cleve 1894
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey 1937	<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1854	<i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs 1861
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864	<i>Entomoneis</i> cf. <i>paludosa</i> (Smith) Reimer 1975	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986
<i>Chaetoceros anastomosans</i> Grunow 1882	<i>Entomoneis</i> spp.	<i>Psammodictyon panduriforme</i> (Gregory) Mann 1990
<i>Chaetoceros brevis</i> Schütt 1895	<i>Eucampia cornuta</i> (Cleve) Grunow 1883	<i>Pseudo-nitzschia americana</i> (Hasle) Fryxell 1993
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889	<i>Fragilariopsis doliodius</i> (Wallich) Medlin & Sims 1993	<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>fraudulenta</i> (Cleve) Hasle 1993
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve 1889	<i>Fragilariopsis</i> spp.	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873	<i>Grammatophora serpentina</i> Ehrenberg 1844	<i>Pseudo-nitzschia galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002
<i>Chaetoceros didymus</i> Ehrenberg 1845	<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) Peragallo 1892	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve 1873	<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996	<i>Pseudo-nitzschia subfraudulenta</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Chaetoceros lacinosus</i> Schütt 1895	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow 1880	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) Sundström 1986
<i>Chaetoceros lauderi</i> Ralfs 1864	<i>Haslea</i> sp.	<i>Rhizosolenia decipiens</i> Sundström 1986
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1863	<i>Haslea wawriake</i> (Hustedt) Simonsen 1974	<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell 1858
<i>Chaetoceros neogracile</i> Van Landingham 1968	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	<i>Rhizosolenia</i> sp.
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856	<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville	<i>Skeletonema menziesii</i> Guillard Carpenter & Reimann 1974
<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i> Mangin 1910	<i>Lauderia annulata</i> Cleve 1873	<i>Stephanopyxis</i> sp.
<i>Chaetoceros rostratus</i> Lauder 1864	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889	<i>Suriella</i> sp.
<i>Chaetoceros simplex</i> Ostenfeld 1901	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975	<i>Synedra</i> cf. <i>affinis</i> Kützing 1844
<i>Chaetoceros socialis</i> Lauder 1864	<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran 1915	<i>Synedra</i> spp.
<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Lioloma pacificum</i> (Cupp) Hasle 1996	<i>Thalassionema</i> cf. <i>bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955
<i>Chaetoceros tenuissimus</i> Meunier 1913	<i>Lithodesmium undulatum</i> Ehrenberg 1839	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986
<i>Chaetoceros teres</i> Cleve 1896	<i>Navicula</i> cf. <i>transitans</i> Heimdal 1970	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902
<i>Chaetoceros tortissimus</i> Gran 1900	<i>Navicula distans</i> (Smith) Ralfs 1861	<i>Thalassiosira</i> spp.
<i>Chaetoceros vivisibilis</i> Schiller	<i>Navicula</i> spp.	<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve & Grunow 1880
<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightwell 1856	<i>Nitzschia</i> (sez. <i>sigmatae</i> ) sp.	
DINOFLAGELLATI		
<i>Alexandrium</i> cf. <i>minutum</i> Halim 1960	<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883
<i>Amphidinium</i> cf. <i>globosum</i> Schröder 1911	<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy 1921	<i>Oxytoxum sphaeroides</i> Stein 1883
<i>Amphidinium</i> spp.	<i>Gyrodinium spirale</i> (Bergh) Kofoid & Swezy 1921	<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller 1937
<i>Amphisolenia bidentata</i> Schröder, 1900	<i>Heterocapsa minima</i> Pomroy 1989	<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937
<i>Azadinium caudatum</i> var. <i>margalefii</i> Nézan & Chomérat 2012	<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981	<i>Pavillardia tentaculifera</i> Kofoid & Swezy, 1921
<i>Cochlodinium pulchellum</i> Lebour 1917	<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) Hansen 1995	<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911
<i>Dicroerisma psilonereia</i> Taylor & Cattell 1969	<i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehrenberg) Stein 1883	<i>Podolampas palmipes</i> Stein 1883
<i>Dinoflagellati</i> tectati ≤ 20 µm n.i.	<i>Karenia papilionacea</i> Haywood & Steidinger 2004	<i>Podolampas spinifer</i> Okamura 1912
<i>Dinoflagellati</i> tectati > 20 µm n.i.	<i>Karenia selliformis</i> Haywood, Steidinger & MacKenzie 2004	<i>Pronoctiluca pelagica</i> Fabre-Domergue 1889
<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh 1881	<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & Taylor 2003	<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970
<i>Erythrospidinium agile</i> (Hertwig) Silva 1960	<i>Mesoporus perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975
<i>Gonyaulax diegensis</i> Kofoid 1911	<i>Neoceratium declinatum</i> (Karsten) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Prorocentrum dactylus</i> (Stein) Dodge 1975
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing 1866	<i>Neoceratium extensum</i> (Gouret) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protoperidinium breve</i> Paulsen 1907
<i>Gonyaulax verior</i> Sournia 1973	<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protoperidinium</i> cf. <i>globulus</i> (Stein) Balech 1974
<i>Gymnodiniaceae</i> ≤ 20 µm n.i.	<i>Ormithocercus quadratus</i> Schütt 1900	<i>Torodinium robustum</i> Kofoid & Swezy 1921
<i>Gymnodiniaceae</i> > 20 µm n.i.	<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller	
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI		
<i>Acanthoica quattrosolina</i> Lohmann 1903	<i>Discosphaera tubifer</i> (Murray & Blackman) Ostenfeld 1900	<i>Pontosphaera</i> sp.
<i>Algirosphaera robusta</i> (Lohmann) Norris 1984	<i>Emiliana huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler 1967	<i>Pontosphaera syracusana</i> Lohmann 1902
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan 1978	<i>Florisphaera profunda</i> Okada & Honjo 1973	<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898
<i>Calciosolenia brasiliensis</i> (Lohmann) Young 2003	<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	<i>Sphaerocalypta quadridentata</i> (Schiller) Deflandre 1952
<i>Ceratolithus cristatus</i> Kamptner 1950	<i>Helladosphaera cornifera</i> (Schiller) Kamptner 1937	<i>Syracosphaera anthos</i> (Lohman) Janin 1987
<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich) Schiller 1930	<i>Michaelsarsia adriaticus</i> (Schiller) Manton, Bremer & Oates 1984	<i>Syracosphaera</i> cf. <i>molischii</i> Schiller 1925
<i>Coccolitofori</i> ≤ 10 µm n.i.	<i>Michaelsarsia elegans</i> Gran 1912	<i>Syracosphaera histrica</i> Kamptner 1941
<i>Corisphaera</i> spp.	<i>Ophiaster formosus</i> Gran 1912	<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902
<i>Coronosphaera binodata</i> (Kamptner) Gaarder 1977	<i>Ophiaster hydroideus</i> (Lohmann) Lohmann 1913	<i>Umbilicosphaera sibogae</i> (Weber-van Bosse) Gaarder 1970
<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977	<i>Pontosphaera discopora</i> Schiller 1930	<i>Zigosphaera hellenica</i> Kamptner 1937
CRYPTOPHYCEAE		
<i>Cryptophyceae</i> n.i.	<i>Plagioselmis prolunga</i> Butcher ex Novarino, Lucas & Morrall 1994	
CHRYSPHYCEAE/DICTYOCOPHYCEAE		
<i>Dictyocha aculeata</i>	<i>Meringosphaera mediterranea</i> Lohmann 1902	<i>Octactis octonaria</i> (Ehrenberg) Hovasse 1946
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	<i>Meringosphaera tenerima</i> Schiller 1925	<i>Ollicola vangoorii</i> (Conrad) Vørs 1992
PRASINOPHYCEAE		
<i>Halosphaera viridis</i> Schmitz 1878	<i>Pseudoscourfieldia marina</i> (Thronsdén) Manton 1975	<i>Tetraselmis</i> sp.
<i>Pachysphaera pelagica</i> Ostenfeld 1899	<i>Pyramimonas</i> spp.	
CHLOROPHYCEAE/EUGLENOPHYCEAE		
<i>Euglenoidea</i> n.i.		

Tabella 27 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.		
PRYMNESIOPHYCEAE NON COCCOLITOFORI		
<i>Phaeocystis</i> sp.		
ALTRO		
Flagellati indeterminati < 10 µm	<i>Leucocryptos marina</i> (Braarud) Butcher 1967	<i>Telonema</i> sp.
<i>Commatton cryoporinum</i> Thomsen & Larsen 1993	<i>Mesodinium rubrum</i>	
<i>Hermesinum adriaticum</i> Zacharias 1906	<i>Paulinella ovalis</i> (Wulff) Johnson, Hargraves & Sieburth 1988	

### Analisi qualitativa del fitoplancton da retino

Per l'identificazione della comunità microfitoplanctonica lungo tutta la colonna d'acqua, sono stati raccolti con retino 5 campioni nelle stazioni A18 MG6, A18 MG7, A18 MG10, A18 MG12 e A18 MG13.

Dall'analisi qualitativa dei campioni sono stati individuati 246 taxa, di cui 227 identificati a livello di specie, 14 come genere e 5 attribuibili a categorie soprageneriche (**Tabella 28**).

In **Tabella 28** è fornito l'elenco completo dei taxa presenti nelle diverse stazioni di campionamento. Nell'insieme di tutte le stazioni, 113 taxa appartengono alla classe dei dinoflagellati, 109 alle diatomee, 20 ai coccolitofori e 4 taxa alle Dictyochophyceae; non è stato, inoltre, individuato alcun taxon attribuibile alla categoria Altro.

La numerosità dei taxa presenti nelle diverse stazioni va da un minimo di 138 in A18 MG13 ad un massimo di 163 in A18 MG12.

Dall'osservazione non è emersa una netta differenza nella quantità di taxa individuati che, in tutte le stazioni, sono principalmente appartenenti alla classe delle diatomee (con rispettivamente 80 taxa in A18 MG6, A18 MG12 e A18 MG13, 79 taxa in A18 MG7 e 78 in A18 MG10) ed in secondo luogo alla classe dei dinoflagellati (con 49 taxa in A18 MG6, 53 in A18 MG7, 56 in A18 MG10, 65 in A18 MG12 e 40 in A18 MG13). Anche la classe dei coccolitofori risulta piuttosto differenziata in tutte le stazioni (con 16 taxa in A18 MG6, 17 in A18 MG7, 14 in A18 MG10 e 15 taxa in A18 MG12 ed A18 MG13); la frazione più piccola del popolamento è, invece, rappresentata dalle Dictyochophyceae, che presentano un numero esiguo di taxa in tutte le stazioni (con 3 taxa in A18 MG6, A18 MG12 ed A18 MG13, e 4 taxa in A18 MG7 ed A18 MG10).

Sono stati, inoltre, identificati ed aggiunti 10 nuovi taxa, 7 dei quali appartenenti alla classe delle diatomee (*Amphora* cf. *laevis*, *Coscinodiscus oculus-iridis*, *Dimeregramma* sp., *Entomoneis* cf. *paludosa*, *Haslea* sp., *Plagiotropis* cf. *antarctica* e *Rhizosolenia* cf. *striata*) e 3 alla classe dei dinoflagellati (*Dinophysis monacantha*, *Gonyaulax verior* e *Neoceratium vultur*), che non erano stati ancora rilevati nei retini dei campionamenti dei precedenti anni. Ad un confronto della lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative (**Tabella 28**) con l'elenco dei taxa ottenuti dalle analisi qualitative (**Tabella 29**), vediamo che la presenza di molte specie rare porta il numero totale di taxa da 197 nei campioni da bottiglia a 246 nelle osservazioni da retino; sono, infatti, presenti molte specie rare, non osservate nei campioni da bottiglia, principalmente appartenenti alla classe dei dinoflagellati ed, in particolare, ai generi *Dinophysis*, *Histioneis*, *Neoceratium* (= *Ceratium*), *Oxytoxum* e *Protoperidinium*.

Tabella 28 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati (prelievo con retino).			
Classe	Specie	Generi	Categorie superiori*
Diatomee	96	10	3
Dinoflagellati	107	4	2
Prymnesiophyceae coccolitofori	20		
Dictyochophyceae	4		
Totale	227	14	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 A18 MG6, A18 MG7, A18 MG10, A18 MG12 e A18 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13)

Specie	6	7	10	12	13	Specie	6	7	10	12	13
<b>DIATOMEE</b>											
<i>Amphiprora gigantea</i> var. <i>sulcata</i> (O'Meara) Cleve 1894				x	x	<i>Haslea wawriakae</i> (Hustedt) Simonsen 1974	x	x	x	x	x
<i>Amphora</i> cf. <i>laevis</i> Gregory 1857	x	x	x	x	x	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	x	x	x	x	x
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990	x	x	x	x	x	<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville 1865	x	x	x	x	x
<i>Asterolampra grevillei</i> (Wallich) Greville		x				<i>Lauderia annulata</i> Cleve 1873				x	x
<i>Asterolampra marylandica</i> Ehrenberg 1844				x	x	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889	x	x	x	x	x
<i>Asteromphalus flabellatus</i> Ehrenberg 1844	x	x	x	x	x	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975	x	x	x	x	x
<i>Bacteriastrium delicatulum</i> Cleve 1897	x	x	x	x	x	<i>Licmophora gracilis</i> (Ehrenberg) Grunow 1867		x			
<i>Bacteriastrium elongatum</i> Cleve 1897	x					<i>Lioloma pacificum</i> (Cupp) Hasle 1996	x	x	x	x	x
<i>Bacteriastrium furcatum</i> Shadbolt 1854		x		x	x	<i>Lithodesmium undulatum</i> Ehrenberg 1839	x	x	x		x
<i>Bacteriastrium hyalinum</i> Lauder 1864	x					<i>Navicula directa</i> (Smith) Ralfs 1861					x
<i>Bacteriastrium jadrinum</i> Godrijan, Maric & Pfannkuchen 2012	x	x	x	x	x	<i>Navicula distans</i> (Smith) Ralfs 1861	x	x	x	x	x
<i>Bacteriastrium mediterraneum</i> Pavillard 1916	x	x	x	x	x	<i>Navicula</i> spp.	x	x	x	x	x
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hensley 1937	x	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
<i>Chaetoceros anastomosans</i> Grunow 1882	x	x	x	x	x	<i>Neocalyptrella robusta</i> (Norman ex Ralfs) Hernández-Becerril & Meave del Castillo 1997					x
<i>Chaetoceros brevis</i> Schütt 1895	x	x	x	x	x	<i>Nitzschia</i> (sez. <i>sigmatae</i> ) sp.					x
<i>Chaetoceros</i> cf. <i>vixibilis</i> Schiller	x	x	x	x	x	<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve 1901	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros costatus</i> Pavillard 1911			x	x	x	<i>Nitzschia</i> cf. <i>insignis</i> Gregory 1857	x	x			
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889	x	x	x	x	x	<i>Nitzschia</i> cf. <i>recta</i> Hantzsch ex Rabenhorst 1862					x
<i>Chaetoceros dadayi</i> Pavillard 1913				x		<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs 1861	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve 1889	x		x	x	x	<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) Smith 1853		x	x	x	x
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873	x	x	x	x	x	<i>Nitzschia tryblionella</i> Hantzsch 1860		x			
<i>Chaetoceros didymus</i> Ehrenberg 1845	x	x	x	x	x	<i>Odontella mobilensis</i> (Bailey) Grunow 1884	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve 1873	x	x	x	x	x	<i>Plagiotropis</i> cf. <i>antarctica</i> (Cleve) Kuntze 1898	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros lacinosus</i> Schütt 1895	x	x		x	x	<i>Plagiotropis</i> spp.	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros lauder</i> Ralfs 1864	x	x	x	x	x	<i>Pleurosigma</i> cf. <i>intermedium</i> Smith 1853					x
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1863	x	x	x	x	x	<i>Pleurosigma</i> cf. <i>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
<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i> Mangin 1910	x	x	x	x	x	<i>Pleurosigma majus</i> (Grunow) Cleve 1894				x	x
<i>Chaetoceros rostratus</i> Lauder 1864	x	x	x	x	x	<i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs 1861	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros socialis</i> Lauder 1864	x	x	x	x	x	<i>Pleurosigma</i> spp.		x	x		
<i>Chaetoceros</i> spp.	x	x	x	x		<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros tortissimus</i> Gran 1900	x	x	x	x	x	<i>Psammodictyon panduriforme</i> (Gregory) Mann 1990	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightwell 1856	x	x	x	x	x	<i>Pseudo-nitzschia americana</i> (Hasle) Fryxell 1993	x	x		x	
<i>Chaetoceros williei</i> Gran 1897	x	x				<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002				x	
<i>Coscinodiscus granii</i> Gough 1905				x	x	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928	x		x		x
<i>Coscinodiscus lineatus</i> Ehrenberg 1841	x	x	x	x	x	<i>Pseudo-nitzschia fraudulenta</i> (Cleve) Hasle 1993	x	x	x		
<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1840		x	x			<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993	x	x	x	x	x
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	x	x	x	x	x	<i>Pseudo-nitzschia subfraudulenta</i> (Hasle) Hasle 1993			x	x	x
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle 1996	x	x	x	x	x	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) Sundström 1986	x	x	x	x	x
<i>Dactyliosolen phuketensis</i> (Sundström) Hasle 1996						<i>Rhizosolenia</i> cf. <i>striata</i> Greville 1864		x	x	x	x
Diatomee centriche > 20 µm n.i.	x	x	x		x	<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i> (Hensen) Gran 1908	x				
Diatomee pennate > 20 µm n.i.	x	x	x	x	x	<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell 1858	x	x	x	x	x
<i>Dimeregramma</i> sp.	x	x				<i>Rhizosolenia styliformis</i> Brightwell 1858					x
<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1853				x	x	<i>Surirella fastuosa</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1843	x	x	x	x	x
<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1854	x	x	x	x	x	<i>Synedra</i> cf. <i>affinis</i> Kützing 1844					x
<i>Entomoneis</i> cf. <i>paludosa</i> (W.Smith) Reimer 1975	x					<i>Synedra</i> spp.					x
<i>Entomoneis</i> spp.	x	x	x	x	x	<i>Tabularia gailonii</i> (Bory de Saint-Vincent) Bukhtiyarova 1995	x	x	x	x	x
<i>Eucampia cornuta</i> (Cleve) Grunow 1883	x	x	x	x	x	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986	x	x	x	x	x
<i>Fragilaria</i> cf. <i>vitrea</i> var. <i>minima</i> (Ralfs) Grunow in Van Heurck 1881		x	x			<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902	x	x	x	x	x
<i>Fragilariopsis doliolus</i> (Wallich) Medlin & P.A.Sims 1993	x			x	x	<i>Thalassiosira</i> cf. <i>delicatula</i> Ostefeld 1908	x				
<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) Peragallo 1892	x	x	x	x	x	<i>Thalassiosira rotula</i> Meunier 1910	x				x
<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996	x	x	x	x	x	<i>Thalassiosira</i> spp.	x	x	x		x
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow 1880	x					<i>Trigonium alternans</i> (Bailey) Mann 1907	x				
<i>Haslea</i> sp.	x										
<b>DINOFLAGELLATI</b>											
<i>Actiniscus pentasterias</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1844		x	x		x	<i>Neoceratium longirostrum</i> (Gouret) Gómez, Moreira & López-García 2010				x	x
<i>Akashiwo sanguinea</i> (Hirasaka) Hansen & Moestrup 2000				x		<i>Neoceratium macroceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010				x	
<i>Alexandrium catenella</i> (Whedon & Kofoid) Balech 1985		x		x		<i>Neoceratium pentagonum</i> (Gouret) Gómez, Moreira & López-García 2010			x	x	x
<i>Alexandrium</i> cf. <i>minutum</i> Halim 1960		x	x	x	x	<i>Neoceratium pulchellum</i> (Schröder) Gómez, Moreira & López-García 2010					x
<i>Amphisolenia bidentata</i> Schröder 1900					x	<i>Neoceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x		x	x	x
<i>Azadinium caudatum</i> (Halldal) Nézan et Chomérat 2012		x			x	<i>Neoceratium tripos</i> (O.F.Müller) Gómez, Moreira & López-García 2010				x	x
<i>Ceratium azoricum</i> Cleve 1900		x				<i>Neoceratium vultur</i> (Cleve) F.Gomez, D.Moreira & P.Lopez-Garcia 2010					x
<i>Ceratium horridum</i> var. <i>buceros</i> (Zacharias) Sournia 1966				x	x	<i>Ornithocercus heteroporus</i> Kofoid 1907				x	
<i>Ceratoperidinium falcatum</i> (Kofoid & Swezy) Reñé & de Salas 2013					x	<i>Ornithocercus magnificus</i> Stein 1883	x	x		x	
<i>Citharistes regius</i> Stein 1883				x		<i>Ornithocercus quadratus</i> Schütt 1900					x
<i>Cochlodinium</i> cf. <i>pupa</i> Lebour 1925			x			<i>Oxytoxum adriaticum</i> Schiller 1937	x	x			
<i>Corythodinium curvicaudatum</i> (Kofoid) Taylor 1976		x		x	x	<i>Oxytoxum brunellii</i> Rampi 1939					x

Tabella 29 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni A18 MG6, A18 MG7, A18 MG10, A18 MG12 e A18 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13)																			
<i>Corythodinium tessellatum</i> (Stein) Loeblich Jr. & Loeblich III 1966										<i>Oxytoxum constrictum</i> (Stein) Bütschli 1885									
Dinoflagellati tecati > 20 µm n.i.	x	x	x	x	x					<i>Oxytoxum coronatum</i> Schiller 1937									
<i>Dinophysys caudata</i> Saville-Kent 1881										<i>Oxytoxum curvatum</i> (Kofoid) Kofoid 1911	x	x	x	x	x				
<i>Dinophysys fortii</i> Pavillard 1923										<i>Oxytoxum diploconus</i> Stein									
<i>Dinophysys monacantha</i> Kofoid & Skogsberg 1928										<i>Oxytoxum elegans</i> Pavillard 1916									
<i>Dinophysys ovum</i> (Schütt) Abé										<i>Oxytoxum globosum</i> Schiller									
<i>Dinophysys parva</i> Schiller 1928	x									<i>Oxytoxum laticeps</i> Schiller 1937									
<i>Dinophysys parvula</i> (Schütt) Balech 1967										<i>Oxytoxum longiceps</i> Schiller	x	x							
<i>Dinophysys pusilla</i> Jørgensen 1923										<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller	x	x	x	x	x				
<i>Dinophysys similis</i> Kofoid & Skogsberg 1928										<i>Oxytoxum sceptrum</i> (Stein) Schröder 1906									
<i>Dinophysys</i> spp.	x									<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883	x	x	x	x	x				
<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh 1881	x	x								<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883	x								
<i>Diplopsalis</i> spp.										<i>Oxytoxum spinosum</i> Rampi									
<i>Goniodoma polyedricum</i> (Pouchet) Jørgensen 1899										<i>Oxytoxum turbo</i> Kofoid 1907									
<i>Gonyaulax</i> cf. <i>rotundata</i> Rampi 1951										<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller 1937									
<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein 1883										<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937									
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing 1866	x									<i>Parahistioneis paraformis</i> Kofoid & Skogsberg 1928	x								
<i>Gonyaulax verior</i> Sournia 1973										<i>Phalacroma rapa</i> Jørgensen 1923									
<i>Gymnodiniaceae</i> > 20 µm n.i.	x	x	x	x	x					<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911	x	x	x	x	x				
<i>Gymnodinium</i> spp.	x	x	x	x	x					<i>Podolampas elegans</i> Schütt 1895	x								
<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	x	x	x	x	x					<i>Podolampas palmipes</i> Stein 1883									
<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy 1921										<i>Podolampas spinifer</i> Okamura 1912	x	x	x	x	x				
<i>Heterocapsa minima</i> Pomroy 1989										<i>Pronoclitella acuta</i> (Lohmann) Schiller 1933									
<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981	x									<i>Pronoclitella pelagica</i> Fabre-Domergue 1889									
<i>Heterodinium</i> sp.	x									<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970	x	x	x						
<i>Histioneis</i> cf. <i>vouckii</i> Schiller 1928										<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975	x								
<i>Histioneis depressa</i> Schiller 1928										<i>Prorocentrum dactylus</i> (Stein) Dodge 1975									
<i>Histioneis joergensenii</i> Schiller 1928										<i>Prorocentrum dentatum</i> Stein 1883	x								
<i>Histioneis oxypteris</i> Schiller 1928										<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895	x	x							
<i>Histioneis subcarinata</i> Rampi 1947										<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg 1833									
<i>Histioneis variabilis</i> Schiller 1933	x	x								<i>Protoperidinium breve</i> Paulsen 1907	x	x	x	x	x				
<i>Karenia mikimotoi</i> (Miyake & Kominami ex Oda) Gert Hansen & Moestrup										<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech 1974	x								
<i>Mesoporos adriaticus</i> (Schiller) Lillick	x									<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech 1974	x	x							
<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	x	x	x	x	x					<i>Protoperidinium globulus</i> (Stein) Balech 1974	x								
<i>Minuscula bipes</i> (Paulsen) Lebour 1925	x									<i>Protoperidinium granii</i> (Ostenfeld) Balech 1974									
<i>Neoceratium arietinum</i> (Cleve) Gómez, Moreira & López-García 2010										<i>Protoperidinium mediterraneum</i> (Kofoid) Balech 1974									
<i>Neoceratium candelabrum</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010										<i>Protoperidinium oceanicum</i> (VanHöffen) Balech 1974	x	x	x	x	x				
<i>Neoceratium carriense</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2011										<i>Protoperidinium ovum</i> (Schiller) Balech 1974									
<i>Neoceratium declinatum</i> (Karsten) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x	x	x					<i>Protoperidinium quamerense</i> (Schröder) Balech 1974	x	x							
<i>Neoceratium extensum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010	x									<i>Protoperidinium solidicorne</i> (Mangin) Balech 1974									
<i>Neoceratium falcatum</i> (Kofoid) Gómez, Moreira & López-García 2010										<i>Protoperidinium steinii</i> (Jørgensen) Balech 1974									
<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x								<i>Protoperidinium tuba</i> (Schiller) Balech 1974	x	x	x	x	x				
<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x	x	x					<i>Pyrocystis lunula</i> (Schütt) Schütt 1896	x	x							
<i>Neoceratium hexacantum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010	x									<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich III 1965	x								
<i>Neoceratium karstenii</i> (Pavillard) Gómez, Moreira & López-García 2010																			
<b>PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI</b>																			
<i>Algirosphaera robusta</i> (Lohmann) Norris 1984	x									<i>Michaelsarsia adriaticus</i> (Schiller) Manton, Bremer & Oates 1984									
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan 1978	x	x								<i>Michaelsarsia elegans</i> Gran 1912	x	x							
<i>Calciosolenia brasiliensis</i> (Lohmann) Young 2003	x	x	x	x	x					<i>Pontosphaera discopora</i> Lohmann 1902									
<i>Calyptrosphaera oblonga</i> Lohmann 1902	x									<i>Pontosphaera syracusana</i> Lohmann 1902	x	x	x	x	x				
<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich) Schiller 1930	x	x	x	x	x					<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898	x	x	x	x	x				
<i>Coronosphaera binodata</i> (Kamptner) Gaarder 1977	x	x	x	x	x					<i>Rhabdosphaera stylifera</i> Lohmann	x	x	x	x	x				
<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977	x	x	x	x	x					<i>Scyphosphaera apsteinii</i> Lohmann 1902	x	x	x	x	x				
<i>Daktylethra pirus</i> (Kamptner) R.E.Norris 1985										<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902	x	x	x	x	x				
<i>Discosphaera tubifer</i> (Murray & Blackman) Ostenfeld 1900	x	x	x	x	x					<i>Umbilicosphaera sibogae</i> (Weber-van Bosse) Gaarder 1970	x	x							
<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	x	x	x	x	x					<i>Zigosphaera hellenica</i> Kamptner 1937									
<b>CHRISOPHYCEAE/DICTYOCOPHYCEAE</b>																			
<i>Dictyocha epidodon</i> subsp. <i>subaculeata</i> (D.Bukry) T.V.Desikachary & P.Prema 1996	x	x	x	x	x					<i>Octactis octonaria</i> (Ehrenberg) Hovasse 1946	x	x	x	x	x				
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	x	x	x	x	x					<i>Meringosphaera mediterranea</i> Lohmann 1902									

### 3.1.3.2 Zooplankton

#### Ooplankton

In conformità ai survey precedenti, l'indagine condotta nella stagione autunnale dell'anno 2018 (A18) conferma la dominanza della componente a crostacei copepodi che si concentra nella porzione intermedia della colonna d'acqua.



In tale porzione sono stati rilevati, in media, 839,38 ind. m<sup>-3</sup> (max 1531,11 ind. m<sup>-3</sup> nella stazione A18 MG7 e min 530,30 ind. m<sup>-3</sup> nella stazione A18 MG10), mentre nella porzione più superficiale (campionamento orizzontale) il popolamento appare meno abbondante (media 515,70 ind. m<sup>-3</sup>; intervallo 633,27 ind. m<sup>-3</sup> A18 MG13 ÷ 317,87 A18 MG10) ed in linea con quello delle peschate verticali profonde (50 – 100 m): 489,49 ind. m<sup>-3</sup> (587,49 ind. m<sup>-3</sup> A18 MG12 ÷ 322,34 A18 MG6).

Queste concentrazioni e la loro distribuzione spaziale all'interno della colonna d'acqua, sono sovrapponibili a quelle osservate in A16 e A17 senza mostrare differenze apprezzabili da stazione a stazione.

La stazione A18 MG12, pur mantenendo l'andamento osservato nelle altre stazioni di campionamento, evidenzia una distribuzione lungo la colonna più omogenea (sup.= 601,46 ind. m<sup>-3</sup>; 0-50 m= 605,69 ind. m<sup>-3</sup>; 50-100 m= 587,49 ind. m<sup>-3</sup>).

I taxa di copepodi planctonici identificati sono in tutto 98 (Tabella 30) in rappresentanza di 26 famiglie. La biodiversità è inferiore all'autunno precedente (in cui era stato raggiunto un picco eccezionale), ma in linea con quella segnalata nella medesima stagione dalle campagne precedenti e dalla letteratura scientifica.

In termini quantitativi, così come riscontrato in A16 e A17, la colonna d'acqua è dominata dai calanoidi clausocalanidi (famiglia rappresentata dai generi *Clausocalanus* e *Ctenocalanus*, complessivamente 10 taxa). La famiglia Clausocalanidae rappresenta in media il 34,37% del comparto superficiale a copepodi, il 34,69 % nella porzione 0 – 50 m e il 29,26% nello strato compreso tra 50 e 100 m di profondità, dimostrando una omogenea distribuzione lungo il gradiente batimetrico a livello di famiglia, ma con differenti rapporti di dominanza tra specie congeneriche a seconda della profondità. La famiglia Paracalanidae, rappresentata in questa campagna da 11 taxa (generi *Calocalanus* e *Paracalanus*) raggiunge nel survey A18 valori di abbondanza lievemente inferiori agli anni precedenti, rappresentando in media rispettivamente il 9,85 % (orizzontali), il 14,59 % (0-50 m) e il 10,89 % (50 – 100 m) della copepodofauna presente. La minor presenza del genere *Calocalanus* nelle peschate orizzontali superficiali conferma quanto osservato nella medesima area nelle stagioni precedenti.

Tra i clausocalanidi le specie dominanti sono *Clausocalanus furcatus* e *Clausocalanus paululus*. *C. paululus* si conferma mediamente la specie autunnale più abbondante, raggiungendo densità maggiore nei campioni verticali 0 – 50 m (72,62 ind. m<sup>-3</sup> 0 – 5 m; 118,54 ind. m<sup>-3</sup> 0 – 50 m; 51,21 ind. m<sup>-3</sup> 50 – 100 m). *C. furcatus* è concentrato, come nei surveys precedenti, prevalentemente nella porzione della colonna d'acqua compresa tra la superficie e – 50 m di profondità (16,28 ind. m<sup>-3</sup> 0 – 5 m; 32,49 ind. m<sup>-3</sup> 0 – 50 m; 1,82 ind. m<sup>-3</sup> 50 – 100 m). Tale distribuzione di *C. furcatus* è ampiamente descritta in letteratura, e pertanto indica l'assenza di perturbazioni lungo la colonna.

Così come durante l'autunno precedente, il centropagide *Centropages typicus* (18,68 ind. m<sup>-3</sup> 0 – 5 m; 20,80 ind. m<sup>-3</sup> 0 - 50 m; 4,94 ind. m<sup>-3</sup> 50 – 100 m) e il calanide *Nannocalanus minor* (15,60 ind/m<sup>3</sup> 0 – 5 m; 4,68 ind/m<sup>3</sup> 0 - 50 m; 3,38 ind/m<sup>3</sup> 50 – 100 m), rispettivamente specie tipicamente primaverile ed estiva, sono scarsamente rappresentati nella comunità. Anche la distribuzione verticale rispecchia quanto riscontrato nel 2014, 2015, 2016 e 2017. Il centropagide *Isias clavipes*, conferma la tendenza riscontrata nell'A17, facendo registrare un significativo incremento della sua abbondanza lungo la colonna: 60,90 ind. m<sup>-3</sup> 0 – 5 m; 41,33 ind. m<sup>-3</sup> 0 - 50 m; 7,80 ind. m<sup>-3</sup> 50 – 100 m. Risulta una delle specie più abbondanti della campagna in oggetto, la cui abbondanza tende a decrescere all'aumentare della profondità.

La specie neritica *Temora stylifera* (Temoridae), raggiunge i valori maggiori nella porzione 0 - 50 m (39,25 ind. m<sup>-3</sup>), diminuendo nella fascia della colonna d'acqua più prossima al fondale (20,01 ind. m<sup>-3</sup>) e in superficie (17,22 0 - 5 m).

L'ordine Cyclopoida è principalmente rappresentato dalla famiglia Oithonidae (8 taxa), prevalentemente concentrata nello strato 0 – 50 m (60,42 ind. m<sup>-3</sup> 0 – 5 m; 119,06 ind. m<sup>-3</sup> 0 – 50 m; 73,82 ind. m<sup>-3</sup> 50 – 100 m) e con abbondanza e distribuzione in linea con la stagione 2017. La famiglia Oncaeidae (7 taxa), è presente in media con 36,16 ind. m<sup>-3</sup> 0 – 5 m; 44,52 ind. m<sup>-3</sup> 0 - 50 m; 64,99 ind. m<sup>-3</sup> 50 – 100 m. Da segnalare l'identificazione di alcuni esemplari appartenenti alla famiglia Aetideidae, tra cui le non comuni specie *Aetideus giesbrechti* e *Aetideopsis armata* e l'Ozmanidae *Pachos punctatum*. Tra gli Harpacticoida il più abbondante è *Euterpina acutifrons*, così come per la precedente stagione autunnale. Sporadico il campionamento del 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
<b>Famiglia Acartiidae</b>				<b>Famiglia Mecynoceridae</b>				<i>Oithona decipiens</i>	*	*	*
<i>Acartia negligens</i>	*	*	*	<i>Mecynocera clausi</i>	*	*	*	<i>Oithona longispina</i>			*
<i>Acartia</i> sp	*	*	*	<b>Famiglia Metridinidae</b>				<i>Oithona nana</i>	*	*	*
<b>Famiglia Aetideidae</b>				<i>Pleuromamma abdominalis</i>	*	*	*	<i>Oithona plumifera</i>	*	*	*
<i>Aetideus giesbrechti</i>			*	<i>Pleuromamma gracilis</i>	*	*	*	<i>Oithona setigera</i>	*	*	*
<i>Aetideopsis armata</i>			*	<b>Famiglia Paracalanidae</b>				<i>Oithona similis</i>	*	*	*
<b>Famiglia Augaptilidae</b>				<i>Calocalanus contractus</i>	*	*	*	<i>Oithona tenuis</i>	*	*	*
<i>Haloptilus longicornis</i>		*	*	<i>Calocalanus longisetosus</i>	*	*	*	<i>Oithona</i> spp	*	*	*
<b>Famiglia Calanidae</b>				<i>Calocalanus neptunus</i>	*	*	*	<b>Famiglia Oncaeidae</b>			
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	*	*	*	<i>Calocalanus ovalis</i>	*	*	*	<i>Oncaea media</i>	*	*	*
<i>Nannocalanus minor</i>	*	*	*	<i>Calocalanus pavo</i>	*	*	*	<i>Oncaea mediterranea</i>	*	*	*
<i>Neocalanus gracilis</i>	*	*	*	<i>Calocalanus plumulosus</i>	*	*	*	<i>Oncaea scottodicarloi</i>	*	*	*
<b>Famiglia Candaciidae</b>				<i>Calocalanus styliremis</i>	*	*	*	<i>Oncaea venusta</i>	*	*	*
<i>Candacia aethiopica</i>	*			<i>Calocalanus</i> sp	*	*	*	<i>Oncaea</i> spp	*	*	*
<i>Candacia giesbrechti</i>	*	*	*	<i>Paracalanus nanus</i>	*	*	*	<i>Triconia conifera</i>	*		*
<i>Candacia simplex</i>	*	*	*	<i>Paracalanus parvus</i>	*	*	*	<b>Famiglia Ozmanidae</b>			
<i>Candacia juv</i>	*	*	**	<i>Paracalanus</i> spp	*	*	*	<i>Pachos punctatum</i>	*		
<i>Candacia</i> sp	*			<b>Famiglia Pontellidae</b>				<b>Famiglia Sapphirinidae</b>			
<b>Famiglia Centropagidae</b>				<i>Anomalocera patersoni</i>	*			<i>Copilia mediterranea</i>	*		



**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>Centropages kroyeri</i>	*	*		<i>Labidocera wollastoni</i>	*			<i>Sapphirina angusta</i>	*	*	*
<i>Centropages typicus</i>	*	*	*	<i>Pontella mediterranea</i>	*	*		<i>Sapphirina auronitens</i>	*	*	
<i>Centropages violaceus</i>	*	*	*	<i>Pontella juv</i>	*	*		<i>Sapphirina iris</i>	*	*	
<i>Isias clavipes</i>	*	*	*	<i>Pontellina plumata</i>	*			<i>Sapphirina ovatolanceolata</i>	*		
<b>Famiglia Clausocalanidae</b>				<i>Pontellopsis regalis</i>	*			<i>Sapphirina sali</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	*	*	*	<i>Pontellopsis villosa</i>	*			<i>Sapphirina sp</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus furcatus</i>	*	*	*	<b>Famiglia Scolecitrichidae</b>				<i>Vettopia parva</i>			*
<i>Clausocalanus jobei</i>	*	*	*	<i>Scolecithricella dentata</i>	*	*	*	<b>Famiglia Peltidiidae</b>			
<i>Clausocalanus lividus</i>	*	*	*	<i>Scolecithricella ovata</i>	*	*	*	<i>Goniopsyllus rostratus</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus mastigophorus</i>	*	*	*	<i>Scolecithricella vittata</i>	*	*	*	<b>Famiglia Ectinosomatidae</b>			
<i>Clausocalanus parapergens</i>	*	*	*	<i>Scolecithrix bradyi</i>	*	*	*	<i>Microsetella norvegica</i>		*	*
<i>Clausocalanus paululus</i>	*	*	*	<b>Famiglia Temoridae</b>				<i>Microsetella rosea</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus pergens</i>	*	*	*	<i>Temora stylifera</i>	*	*	*	<b>Famiglia Miracidae</b>			
<i>Clausocalanus spp</i>	*	*	*	<b>Famiglia Corycaeiidae</b>				<i>Distiocolus minor</i>	*	*	*
<i>Ctenocalanus vanus</i>	*	*	*	<i>Corycaeus brehmi</i>	*	*	*	<i>Macrosetella gracilis</i>	*		
<b>Famiglia Eucalanidae</b>				<i>Corycaeus clausi</i>	*	*	*	<b>Famiglia Euterpinidae</b>			
<i>Rhincalanus nasutus</i>	*		*	<i>Corycaeus flaccus</i>	*	*	*	<i>Euterpina acutifrons</i>	*	*	*
<b>Famiglia Euchaetiidae</b>				<i>Corucaeus furcifer</i>	*	*	*				
<i>Euchaeta marina</i>	*	*	*	<i>Corycaeus giesbrechti</i>	*	*	*				
<i>Euchaeta sp</i>		*		<i>Corycaeus limbatus</i>		*					
<b>Famiglia Heterorhabdidae</b>				<i>Corycaeus ovalis</i>	*	**	*				
<i>Heterorhabdus papilliger</i>	*	*	*	<i>Corycaeus typicus</i>	*	*	*				
<b>Famiglia Lucicutiidae</b>				<i>Corycaeus spp</i>	*	*	*				
<i>Lucicutia clausi</i>			*	<i>Farranula rostrata</i>	*	*	*				
<i>Lucicutia flavicornis</i>	*	*	*	<b>Famiglia Oithonidae</b>							

Nella **Tabella 31** sono indicati i volumi di sedimentazione (dopo 24 h), espressi in ml, della componente oloplanctonica raccolta nella campagna A18. Le differenze apprezzabili nei volumi di sedimentazione, tra peschate orizzontali e verticali, possono essere generalmente ricondotte al differente volume di acqua filtrato dai retini, costantemente superiore nelle peschate orizzontali. Ulteriore discrepanza tra i volumi di sedimentato nelle stazioni A18 MG7 (0-50m) e A18 MG13 (0-50 e 50-100 m) sono dovute alla cospicua presenza di fitoplancton. La biomassa zooplanctonica è sempre più elevata nei primi 50 m della colonna d'acqua.

<b>Tabella 31</b> - 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)	A18 MG6	A18 MG7	A18 MG10	A18 MG12	A18 MG13
OR	36	33	13	34	21
0-50	6	9,5	6,5	5,5	9
50-100	4	3,5	3	4	8,5

### Meroplancton

Nella campagna autunnale A18, (**Tabella 32**), sono stati determinati complessivamente 38 *taxa* meroplanctonici appartenenti a 6 *phyla* di invertebrati marini (Cnidaria, Mollusca, Annelida, Arthropoda, Echinodermata, Foronidea).

Le larve di crostacei decapodi, raccogliendo complessivamente 20 *taxa* (52,6%) risultano il gruppo più rappresentato.

Gli esemplari di decapodi si concentrano prevalentemente nei campioni orizzontali; il 95% dei *taxa* delle larve raccolte è presente infatti nei retinaggi orizzontali, mentre solo 8 *taxa* sono stati raccolti in tutte e tre le stazioni, superficiale, intermedia e profonda.

Il campionamento A18 consolida ancora il risultato secondo il quale i crostacei decapodi tendono, durante le ore notturne, a concentrarsi nei primissimi metri al di sotto della superficie. A differenza di altre campagne precedenti, in questa stagione emerge nettamente la dominanza di una specie sulle altre. Si tratta del brachiuro goneplacide *Goneplax rhomboides* particolarmente abbondante nei retinaggi orizzontali della stazione A18 MG6 (4,06 ind per m<sup>-3</sup>). E' presumibile che il campionamento autunnale sia stato realizzato nel momento di massima riproduzione di questo brachiuro che abitualmente vive su fondali profondi, detritico sabbiosi e anche fangosi fino a 400 m di profondità e che quindi può naturalmente essere presente anche nell'area interessata dall'impianto di rigassificazione.

Tra i *taxa* di decapodi più abbondanti nel campione si segnalano inoltre sulla fascia intermedia soprattutto il carideo *Processa edulis edulis*, mentre nel campione profondo prevalgono quantitativamente l'anomuro *Anapagurus breviaculeatus* e il brachiuro *Liocarcinus* per il quale nel corso delle campagne di raccolta la determinazione specifica è stata effettuata esclusivamente attraverso la tecnica del barcoding, individuando tre specie prevalenti, *L. vernalis*, *L. depurator* e *L. maculatus* che non sono determinabili su base morfologica con il solo supporto dello stereoscopio neppure a massimo ingrandimento.

Nel complesso il popolamento a crostacei decapodi risulta coerente con le precedenti campagne autunnali per la tipologia di specie presenti. A livello quantitativo invece i dati sono confrontabili soprattutto con la campagna autunnale del 2015.

Tra le larve degli echinodermi la specie dominante in tutte le stazioni e a tutti i livelli è l'ofiuroido *Ophiotrix fragilis*, particolarmente abbondante nella stazione intermedia (max: in MG13 con 13,59 ind per m<sup>-3</sup>). Si tratta di una specie largamente presente in tutti i campionamenti fino ad oggi realizzati, talvolta in assoluto la specie più abbondante.

Nel complesso, anche per la stagione A18 è possibile quindi affermare che per quanto riguarda la componente meroplanctonica dello zooplancton non risultano alterazioni nella composizione della comunità imputabili all'esercizio del rigassificatore FSRU Toscana.

**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
<b>CNIDARIA</b>				<i>Athanas nitescens</i>		*	*	<i>Processa</i> sp		*	
Efira ind	*	*		<i>Anapagurus breviaculeatus</i>	*		*	<i>Sergia robusta</i>	*	*	
<b>MOLLUSCA</b>				<i>Athanas nitescens</i>	*		*	<i>Solenocera membranacea</i>	*	*	
Gastropoda larvae ind	*	*		<i>Ebalia nux</i>	*		*	<b>ECHINODERMATA</b>			
Bivalvia larvae ind	*	*	*	<i>Ebalia tumefacta</i>	*	*	*	<i>Arbacia lixula</i>	*		
<b>POLYCHAETA</b>				<i>Goneplax rhomboides</i>	*	*	*	Bipinnaria larvae ind	*		
<i>Magelona</i> sp	*		*	<i>Liocarcinus</i> sp	*	*	*	<i>Brissopsis lyrifera</i>	*	*	*
Hesionidae ind			*	<i>Lucifer typus</i>	*	*		<i>Echinocardium</i> sp	*	*	
Sabellaridae ind	*	*	*	<i>Maja</i> sp	*			<i>Ophiotrix fragilis</i>	*	*	*
Polychaeta larvae ind		*		<i>Pagurus</i> sp	*			<i>Ophiura</i> sp	*	*	*
Spionidae ind	*	*	*	<i>Parapaeneus longirostris</i>	*	*		<i>Sphaerechinus granularis</i>	*		
Trocofora ind	*	*	*	<i>Parthenopoides massena</i>	*	*		<b>FORONIDEA</b>			
<b>CRUSTACEA</b>				<i>Philocheras sculptus</i>	*	*	*	Actinotroca larvae ind	*	*	*
Cirripedia larvae ind	*			<i>Pirimela denticulata</i>	*	*	*				
<b>Decapoda</b>				<i>Plesionika</i> sp	*	*	*				
<i>Alpheus glaber</i>	*	*	*	<i>Processa edulis edulis</i>	*	*	*				

### Ittioplancton

Il survey dell'autunno 2018 (A18) condotto sulle fasi larvali della componente a ittiofauna ha complessivamente registrato la presenza di 8 taxa (**Tabella 33**), in linea con quanto raccolto l'anno precedente nel medesimo periodo (9 taxa in totale per la stagione A17). In effetti la tarda stagione autunnale rappresenta il periodo dell'anno durante il quale vengono raccolte meno larve ittioplanctoniche e dove spicca la presenza di un taxa in particolare, il clupeide *Sardina pilchardus*. La sardina viene raccolta sia sulla fascia superficiale, sia nell'intermedia, con concentrazioni variabili, ma in tutte le stazioni. A partire proprio dall'autunno e per tutta la fase invernale la sardina è la specie dominante, sostituendosi dal punto di vista strettamente quantitativo alla biomassa ittioplanctonica dominata nelle stagioni di primavera ed estate dall'acciuga, *Engraulis encrasicolus*. Come già sottolineato nei precedenti surveys anche nella stagione A18 sono presenti larve appartenenti a pesci abissali come i mictofidi *Benthoosema glaciale* e *Myctophum punctatum* e il gonostomatide *Cyclothone braueri*. Questo fenomeno è giustificato dal fatto che la vicinanza alla scarpata continentale e fenomeni locali di upwelling favoriscono la risalita di uova e larve da porzioni limitrofe decisamente più profonde.

Nel complesso per quanto riguarda il contingente larvale ittioplanctonico della campagna A18 non si registrano significative 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
<b>CLUPEIDAE</b>				<b>MYCTOPHIDAE</b>				<b>SPARIDAE</b>			
<i>Sardina pilchardus</i>	*	*	*	<i>Benthoosema glaciale</i>	*	*	*	Sparidae ind	*		
<b>GONOSTOMATIDAE</b>				<i>Myctophum punctatum</i>	*	*	*	Larvae ind	*	*	*
<i>Cyclothone braueri</i>	*	*	*	<b>MUGILIDAE</b>				Uova di <i>Maurollicus muelleri</i>	*		
				<i>Mugil cephalus</i>	*			Uova ind	*	*	*

## 3.2 BIOTA

### 3.2.1 Macrozoobenthos

Lo studio ha portato alla raccolta e determinazione di 5761 individui appartenenti a 160 specie (**Tabella 34**) comprendenti anellidi (policheti), molluschi, artropodi (crostacei), sipunculidi, echinodermi, nemertini, emicordati.

**Tabella 34** - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nell'autunno 2018 (A18).

Anellidi		
<i>Abyssoninoe hibernica</i> (McIntosh, 1903)	<i>Harmothoe antilopes</i> Mc Intosh, 1876	<i>Paralacydonia paradoxa</i> Fauvel, 1913
<i>Acmira assimilis</i> Tebble, 1959	<i>Harmothoe</i> sp (vuoto)	<i>Paraprionospio pinnata</i> (Ehlers, 1901)
<i>Ampharete acutifrons</i> (Grube, 1860)	<i>Harmothoe spinifera</i> (Ehlers, 1864)	<i>Pectinaria auricoma</i> (O. F. Müller, 1776)
<i>Amphicteis gunneri</i> (M. Sars, 1835)	<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparède, 1864)	<i>Pectinaria koreni</i> (Malmgren, 1866)

**Tabella 34** - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nell'autunno 2018 (A18).

<i>Aphelocheata marioni</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Heterospio sinica</i> Wu & Chen, 1966	<i>Phyllodoce lineata</i> (Claparède, 1870)
<i>Aponuphis bilineata</i> (Baird, 1870)	<i>Hyalinoecia tubicola</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Phyllodoce mucosa</i> Örsted, 1843
<i>Aponuphis brementii</i> (Fauvel, 1916)	<i>Kefersteinia cirrata</i> (Keferstein, 1862)	<i>Pilargis verrucosa</i> (Saint-Joseph, 1899)
<i>Aponuphis</i> sp (vuoto)	<i>Laonice cirrata</i> (M. Sars, 1851)	<i>Pista cristata</i> (O. F. Müller, 1776)
<i>Aricidea claudiae</i> Laubier, 1967	<i>Levinsenia demiri</i> Çinar, Dagli & Acik, 2011	<i>Poecilochaetus fauchaldi</i> Pilato & Cantone, 1976
<i>Chaetozone caputesocis</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Lumbrineris latreilli</i> Audouin & Milne-Edwards, 1834	<i>Polycirrus</i> sp Grube, 1850
<i>Chaetozone setosa</i> Malmgren, 1867	<i>Lumbrineris</i> sp (vuoto)	<i>Polygordius</i> sp (vuoto)
<i>Chirimia biceps</i> (M. Sars, 1861)	<i>Lysidice unicornis</i> (Grube, 1840)	<i>Praxillella gracilis</i> (M. Sars, 1861)
<i>Chloeia venusta</i> Quatrefages, 1865	<i>Magelona allenii</i> Wilson, 1958	<i>Prionospio ehlersi</i> Fauvel, 1928
<i>Chone</i> sp	<i>Maldane glebiflex</i> Grube, 1860	<i>Prionospio</i> sp Malmgren, 1867
<i>Cirrophorus branchiatus</i> Ehlers, 1908	<i>Marphysa bellii</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)	<i>Pseudoleiocapitella fauveli</i> Harmelin, 1964
<i>Cirrophorus furcatus</i> (Hartman, 1957)	<i>Melinna palmata</i> Grube, 1860	<i>Scalibregma inflatum</i> Rathke, 1843
<i>Dorvillea rudolphii</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Minuspio cirrifera</i> Wiren, 1883	<i>Scolecopsis foliosa</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)
<i>Dilonereis filum</i> (Claparède, 1868)	<i>Monticellina dorsobranchialis</i> (Kirkegaard, 1959)	<i>Scolecopsis</i> sp
<i>Eteone</i> sp (vuoto)	<i>Myriochele oculata</i> Zachs, 1923	<i>Scoletoma fragilis</i> (O.F. Müller, 1776)
<i>Euchone</i> sp (vuoto)	<i>Nephtys hystericis</i> Mc Intosh, 1900	<i>Sigambra tentaculata</i> (Treadwell, 1941)
<i>Euclymene lombricoides</i> (Quatrefages, 1866)	<i>Nereiphylla</i> sp (vuoto)	<i>Sphaerodoropsis</i> sp (vuoto)
<i>Euclymene oerstedii</i> (Claparède, 1863)	<i>Ninoe armoricana</i> Glémarec, 1968	<i>Spio multioculata</i> (Rioja, 1918)
<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Notomastus filiformis</i> Verrill, 1873	<i>Spiochaetopterus costarum</i> (Claparède, 1868)
<i>Exogone</i> sp	<i>Notomastus latericeus profundus</i> Eisig, 1887	<i>Spiophanes kroyeri</i> Grube, 1860
<i>Gallardoneris iberica</i> Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012	<i>Ophelia acuminata</i> Örsted, 1843	<i>Sternaspis scutata</i> (Renier, 1807)
<i>Glycera alba</i> Verrill, 1900	<i>Ophiidromus flexuosus</i> (Delle Chiaje, 1825)	<i>Syllis alternata</i> Moore, 1908
<i>Glycera rouxii</i> Audouin & Milne-Edwards, 1833	<i>Panthalis oerstedii</i> Kinberg, 1855	<i>Syllis parapar</i> San Martín & López, 2000
<i>Glycinde nordmanni</i> (Malmgren, 1866)	<i>Paradiopatra calliopae</i> Arvanitidis & Koukouras, 1997	<i>Terebellides stroemi</i> M. Sars, 1835
<b>Artropodi</b>		
<i>Akanthophoreus gracilis</i> (Krøyer, 1842)	<i>Orchomenella nana</i> (Kroyer, 1846)	<i>Paraphoxus oculatus</i> (G.O. Sars, 1879)
<i>Alpheus glaber</i> (Olivi, 1792)	<i>Gammaropsis</i> sp (vuoto)	<i>Pardaliscella boeckii</i> (Malm, 1870)
<i>Ampelisca tenuicornis</i> Lilljeborg, 1855	<i>Gnathia oxyuraea</i> (Lilljeborg, 1855)	<i>Periculodes l. longimanus</i> (Bate & Westwood, 1868)
<i>Anapagurus</i> sp (vuoto)	<i>Goneplax rhomboides</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Perrierella audouiniana</i> (Bate, 1857)
<i>Anthura gracilis</i> (Montagu, 1808)	<i>Haploops nirae</i> Kaim Malka, 1976	<i>Photis longicaudata</i> (Bate & Westwood, 1862)
<i>Araphura brevimanus</i> (Lilljeborg, 1864)	<i>Harpinia crenulata</i> (Boeck, 1871)	<i>Phthisica marina</i> Slabber, 1769
<i>Callianassa subterranea</i> (Montagu, 1898)	<i>Harpinia dellavallei</i> Chevreux, 1910	<i>Processa canaliculata</i> Leach, 1815
<i>Carangoliopsis spinulosa</i> Ledoyer, 1970	<i>Hippomedon massiliensis</i> bellan-Santini, 1965	<i>Processa</i> sp (vuoto)
<i>Cirolana borealis</i> Lilljeborg, 1852	<i>Leucon longirostris</i> Sars, 1871	<i>Pseudotanaïs</i> sp (vuoto)
<i>Collettea cylindrata</i> (Sars, 1882)	<i>Leucothoe lilljeborgi</i> Boeck, 1861	<i>Stenothoe</i> sp (vuoto)
<i>Desmosoma</i> sp (vuoto)	<i>Liljeborgia dellavallei</i> Stebbing, 1906	<i>Tmetonyx similis</i> (G.O. Sars, 1891)
<i>Eriopisa elongata</i> (Bruzellius, 1859)	<i>Lysianassidae</i> sp (vuoto)	<i>Tuberapseudes echinatus</i> (G.O. Sars, 1882)
<i>Eudorella nana</i> Sars, 1879	<i>Maera grossimana</i> (Montagu, 1808)	<i>Upogebia deltaura</i> (Leach, 1815)
<i>Eurydice spinigera</i> Hansen, 1890	<i>Medicorophium rotundirostre</i> (Stephensen, 1915)	<i>Urothoe elegans</i> (Costa, 1853)
<i>Eurynome aspera</i> (Pennant, 1777)	<i>Metaphoxus simplex</i> Bate, 1857	
<b>Echinodermata</b>		
<i>Amphiura chiajei</i> Forbes, 1843	<i>Neocucumis marioni</i> (Marenzeller, 1878)	<i>Ophiopsila annulosa</i> (M. Sars, 1859)
<i>Amphiura filiformis</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Labidoplax digitata</i> (Montagu, 1815)	<i>Ophiopsila aranea</i> Forbes, 1843
<b>Emicordati</b>		
<i>Glandiceps talaboti</i> Marion, 1876		
<b>Molluschi</b>		
<i>Abra nitida</i> (O.F. Muller, 1776)	<i>Ennucula aegeensis</i> (Forbes, 1844)	<i>Nucula sulcata</i> (Bronn, 1831)
<i>Abra prismatica</i> (Montagu, 1808)	<i>Eulima glabra</i> (Da Costa, 1778)	<i>Pandora pinna</i> (Montagu, 1803)
<i>Antalis inaequicostata</i> (Dautzenberg, 1891)	<i>Falcidens gutturosus</i> (Kowalevsky, 1901)	<i>Thyasira alleni</i> Carozza, 1981
<i>Bathycarca pectunculoides</i> (Scacchi, 1834)	<i>Hyalia vitrea</i> (Montagu, 1803)	<i>Thyasira buplicata</i> (Philippi, 1836)
<i>Capulus ungaricus</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Kurtiella bidentata</i> (Montagu, 1803)	<i>Thyasira granulosa</i> (Monterosato, 1874)
<i>Cardiomya costellata</i> (Deshayes, 1835)	<i>Mendicula ferruginosa</i> (Forbes, 1844)	<i>Timoclea ovata</i> (Pennant, 1777)
<i>Cuspidaria cuspidata</i> (Olivi 1792)	<i>Neopycnodonte cochlear</i> (Poli, 1795)	<i>Turritella communis</i> Risso, 1826
<i>Cuspidaria rostrata</i> (Olivi, 1792)		
<b>Nemertea</b>		
<b>Sipunculidi</b>		
<i>Golfingia vulgaris</i> (Blainville, 1827)	<i>Onchnesoma s. steenstrupii</i> Koren & Daniilssen, 1875	

Gli anellidi, rappresentati unicamente da policheti, risultano essere il gruppo dominante che con 4991 individui rappresentano quasi il 90% dell'abbondanza totale. Gli artropodi crostacei, secondi in ordine di abbondanza, superano appena il 5% di contributo. I molluschi

costituiscono solo il 4% dell'abbondanza totale, mentre sipunculidi (95 individui) e echinodermi (58 individui) circa il 3% in 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 più della metà delle specie rinvenute (52%). 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, seguiti dai sipunculidi che forniscono solo il 1%.

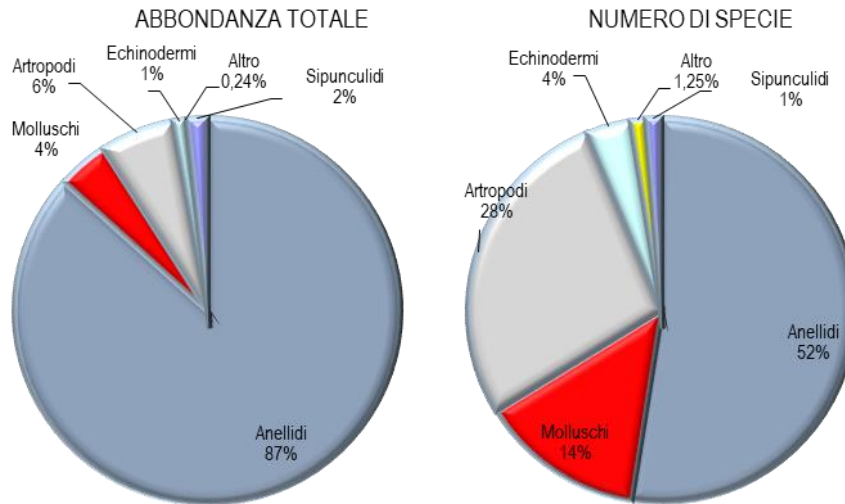


Figura 17 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti nell'autunno 2018. Altro=nemertini, emicordati.

Ai policheti appartengono le specie rinvenute col maggior numero di individui, tra le quali *Levinsenia demiri* (1924) e *Paradiopatra calliopae* (1124 individui) che costituiscono, rispettivamente il 33,4% e il 19,5% dell'abbondanza totale (Figura 18).

Ad esse seguono *Aphelochaeta marioni* e *Ampharete acutifrons* che rappresentano, complessivamente, poco più del 7% dell'abbondanza totale.

Il contributo delle altre specie cala sensibilmente tanto che *Prionospio elhersii* la quarta in ordine di importanza, non arriva al 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 145 specie (ossia 90,63% del totale) contribuiscono per meno dell'1% all'abbondanza totale. Inoltre il 19% circa delle specie è presente con un solo individuo.

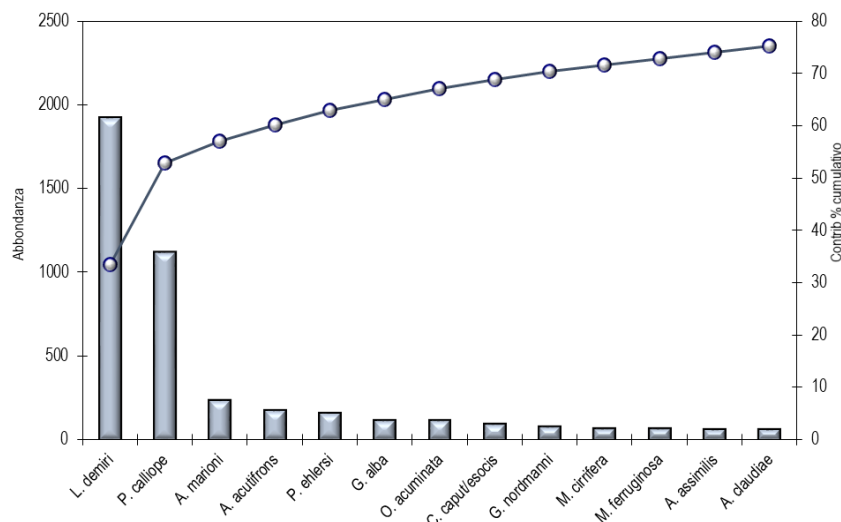


Figura 18 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti (A18).

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 supera, nel 50% dei casi, il 60% con un massimo pari a 80% per la stazione

A18 MG4. La similarità tra repliche delle stazioni A18 MG2, A18 MG6, A18 MG7, A18 MG8, A18 MG12 oscilla tra il 40 e il 50% testimoniando una elevata variabilità a piccola scala.

Dalla medesima analisi, inoltre, si evince che *Levinsenia demiri* e *Paradiopatra calliope* sono le specie che maggiormente contribuiscono alla similarità tra repliche. In particolare nei casi a maggiore similarità, queste due specie apportano, da sole, un contributo complessivo maggiore del 60% con un picco in A18 MG4 pari al 78%.

Situazione opposta riguarda A18 MG6 dove questi due policheti apportano un contributo complessivo di poco superiore al 30% (32,01%). E' necessario il contributo di altre 4 specie (*Glycera alba*, *Aphelochaeta marioni*, *Prionospio ehlersi*, *Minuspio cirrifera*) per raggiungere il 60%.

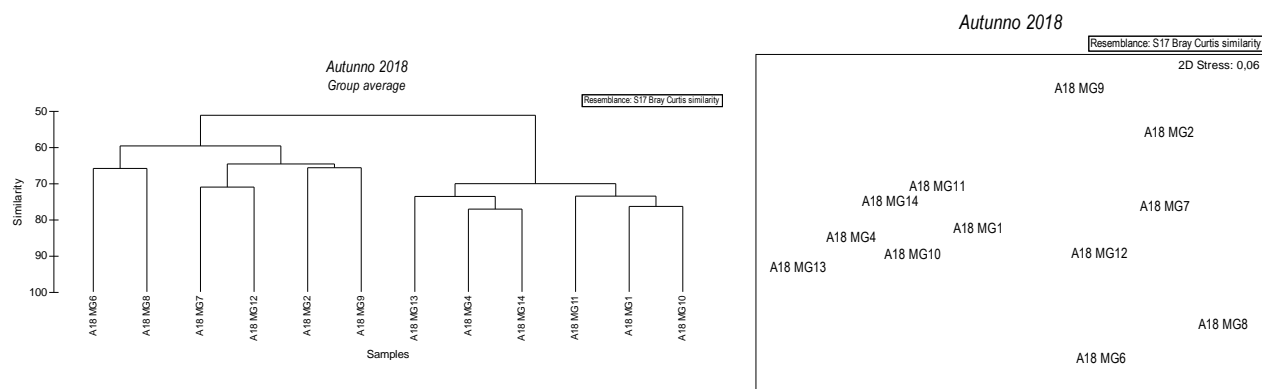
Nel piano di ordinamento (**Figura 19**) ottenuto dal non-Metric Multidimensional Scaling (n-MDS) si osserva che le stazioni non risultano distribuite nel plot in accordo alla loro posizione geografica o alla distanza dall'FSRU.

Esse risultano essere disperse nel piano senza formare cluster riconducibili alla loro reale distribuzione spaziale né alla presenza del rigassificatore. Da sinistra verso destra le stazioni sono ordinate secondo decrescenti valori di abbondanza di *P. calliope* e, in minor misura, di *L. demiri*.

Dalla Simper analysis si evince che i valori di (dis)similarità tra stazioni sono abbastanza variabili e dipendono sostanzialmente dal variare dei valori di abbondanza di queste due specie.

Le dissimilarità più elevata è stata osservata tra A18 MG13 e A18 MG8 (73,63%): nel primo caso *L. demiri* e *P. calliope* hanno valori di abbondanza, rispettivamente, 12 e 4 volte più elevati rispetto al secondo.

La distribuzione di queste due specie non risulta in relazione alla presenza dell'FSRU. Infatti A18 MG7 e A18 MG13, entrambe poste a 100 m dal terminale, hanno una elevata dissimilarità (65,71%) dovuta ai minori valori di abbondanza di queste specie in A18 MG7 rispetto a A18 MG13.



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

Anche dal punto di vista strutturale (**Tabella 35**) i parametri indagati risultano variabili da stazione a stazione, in particolare, come atteso, l'abbondanza totale varia in relazione al comportamento delle specie dominanti e pertanto risulta massima in A18 MG13.

Il numero di specie segue, con poche eccezioni, il pattern delle abbondanze e mostra valori più elevati sempre in A18 MG13.

La diversità varia tra 4,60 (A18 MG6) e 3,07 (A18 MG9) con valori variabili indipendentemente dalla distanza dall'FSRU.

Presso il Terminale ossia in A18 MG6 si registra anche il picco di Ricchezza di Margalef e di equitabilità di Pielou confermando che questa stazione è quella maggiormente strutturata. All'estremo opposto si colloca la stazione A18 MG9 dove si registrano i minimi di ricchezza e diversità.

Nel complesso, i dati suggeriscono che l'andamento dei parametri non rispecchia la localizzazione delle stazioni e non risulta correlabile alla presenza del rigassificatore.

**Tabella 35** – Indici strutturali ( $\pm$ DS) relativi al popolamento macrobentonico. Numero di taxa (S), Numero di individui (N), Diversità specifica di Shannon-Weaver ( $H'$ ), Ricchezza specifica di Margalef (d), Equitabilità di Pielou (J).

Stazioni	S	N	$H'(\log_2)$	d	J
A18 MG1	33,50 $\pm$ 4,65	123,75 $\pm$ 27,68	3,74 $\pm$ 0,16	6,76 $\pm$ 0,70	0,74 $\pm$ 0,02
A18 MG2	26,00 $\pm$ 5,89	65,75 $\pm$ 15,31	3,97 $\pm$ 0,39	5,96 $\pm$ 1,08	0,85 $\pm$ 0,03
A18 MG4	33,75 $\pm$ 3,95	185,50 $\pm$ 81,80	3,08 $\pm$ 0,15	6,27 $\pm$ 0,66	0,61 $\pm$ 0,02
A18 MG6	37,75 $\pm$ 4,57	97,00 $\pm$ 31,23	4,60 $\pm$ 0,26	8,10 $\pm$ 0,77	0,88 $\pm$ 0,05
A18 MG7	27,75 $\pm$ 3,40	77,25 $\pm$ 13,12	4,03 $\pm$ 0,20	6,18 $\pm$ 0,89	0,84 $\pm$ 0,04
A18 MG8	30,00 $\pm$ 6,06	68,50 $\pm$ 28,85	4,33 $\pm$ 0,33	6,92 $\pm$ 1,02	0,89 $\pm$ 0,04



**Tabella 35** – Indici strutturali ( $\pm$ DS) relativi al popolamento macrobentonico. Numero di taxa (S), Numero di individui (N), Diversità specifica di Shannon-Weaver (H'), Ricchezza specifica di Margalef (d), Equitabilità di Pielou (J).

A18 MG9	19,50	$\pm$	1,29	67,50	$\pm$	14,71	3,07	$\pm$	0,35	4,41	$\pm$	0,19	0,72	$\pm$	0,08
A18 MG10	36,00	$\pm$	5,94	149,25	$\pm$	69,27	3,61	$\pm$	0,14	7,06	$\pm$	0,55	0,70	$\pm$	0,06
A18 MG11	31,25	$\pm$	5,91	127,25	$\pm$	36,59	3,32	$\pm$	0,43	6,26	$\pm$	0,98	0,67	$\pm$	0,06
A18 MG12	34,75	$\pm$	4,03	91,00	$\pm$	13,19	4,19	$\pm$	0,51	7,52	$\pm$	1,09	0,82	$\pm$	0,08
A18 MG13	41,75	$\pm$	10,78	236,50	$\pm$	49,57	3,30	$\pm$	0,38	7,44	$\pm$	1,71	0,62	$\pm$	0,05
A18 MG14	32,75	$\pm$	2,63	151,00	$\pm$	46,73	3,32	$\pm$	0,59	6,40	$\pm$	0,71	0,74	$\pm$	0,11

### 3.2.2 Bioaccumulo

#### Metalli

Il Nichel e il Vanadio, non rilevati al Tempo zero, sono stati quantificati nei mitili dopo l'esposizione (con la sola eccezione del Nichel nella stazione A dove non è stato rilevato) (**Tabella 36**). Entrambi gli elementi sono stati rilevati anche in Gorgona. L'Arsenico e il Bario incrementano ovunque e in particolare nelle stazioni B e C. Il Ferro incrementa ovunque e in particolare nelle stazioni B e D.

**Tabella 36** - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna A18 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 Determinazioni 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017.

	Tempo zero		Stazione A Pos. 1		Stazione B Pos. 2		Stazione C Pos. 3		Stazione D Pos. 4		Stazione E (Bianco Gorgona)	
	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.
Arsenico	12,26	1,84	20,67	3,10	28,11	4,22	27,66	4,15	23,18	3,48	22,81	3,42
Bario	1,33	0,20	2,78	0,42	5,00	0,75	4,22	0,63	3,65	0,55	3,04	0,46
Cadmio	0,37	0,06	0,78	0,12	1,26	0,19	1,37	0,21	1,28	0,19	0,52	0,08
Cromo totale	1,44	0,22	1,52	0,23	1,61	0,24	1,50	0,23	1,66	0,25	3,20	0,48
Ferro	189,10	28,37	197,45	29,62	221,92	33,29	200,45	30,07	224,49	33,67	209,43	31,41
Manganese	< 12,5	-	< 12,5	-	< 12,5	-	< 12,5	-	< 12,5	-	< 12,5	-
Mercurio	0,076	0,011	0,092	0,014	0,083	0,012	0,097	0,015	0,083	0,012	0,072	0,011
Nichel	< 1,20	-	< 1,20	-	1,41	0,21	1,31	0,20	1,51	0,23	1,31	0,20
Piombo	4,03	0,60	2,83	0,42	1,67	0,25	2,42	0,36	1,99	0,30	2,49	0,37
Rame	5,63	0,84	4,84	0,73	5,03	0,75	5,00	0,75	4,52	0,68	4,82	0,72
Vanadio	< 1,20	-	2,34	0,35	3,72	0,56	3,81	0,57	3,18	0,48	2,26	0,34
Zinco	189,62	28,44	178,70	26,81	151,25	22,69	198,01	29,70	190,51	28,58	166,04	24,91

#### Idrocarburi totali

Gli idrocarburi C<10 sono risultati tutti inferiori al limite di rilevabilità del metodo (**Tabella 37**).

Gli idrocarburi C10-C40 sono presenti nei mitili traplantati ma con concentrazioni inferiori rispetto al tempo zero e alla stazione di bianco.

**Tabella 37** - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A18, 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)	187,00	57,00	66,00	57,00	70,00	118,00

#### IPA ed composti organo stannici

Dalla **Tabella 38** si osserva una sostanziale assenza di contaminazione da IPA e composti organo stannici. I composti rilevati presentano in tutti i casi concentrazioni molto basse, per lo più prossime al limite di rilevabilità.

**Tabella 38** - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A18, 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)
Acenafene	< 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	0,00	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001



**Tabella 38** - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A18, 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 (a) antracene	0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (a) pirene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (b) fluorantene	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Benzo (g,h,i) perilene	0,00	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (k) fluorantene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Crisene	0,01	< 0,001	0,00	0,00	0,00	0,00
Dibenzo (a,h) antracene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Fenantrene	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04
Fluorantene	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04
Fluorene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,01
Indeno (1,2,3 - c,d) pirene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,00	< 0,001
Naftalene	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Pirene	0,03	< 0,001	< 0,001	0,01	0,01	0,05
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**. Questi composti sono risultati assenti.

**Tabella 39** - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A18, 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)
<b>Acidi Aloacetici</b>						
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
<b>Fenoli</b>						
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
<b>V.O.C.</b>						
1,1,1-Tricloro Etano	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
1,1,2-Tricloro Etano	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Bromo Dichloro Metano	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Bromoformio	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Carbonio Tetracloruro	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cloroformio	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Dibromo Cloro Metano	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Tetracloro Etilene	< 0,15	< 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

Non si rileva presenza di contaminazione fecale (**Tabella 40**).

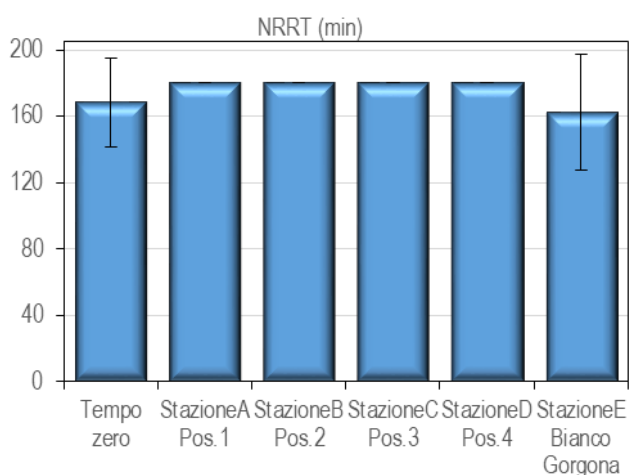
**Tabella 40** - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A18, sono espressi in ufc/g.

	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

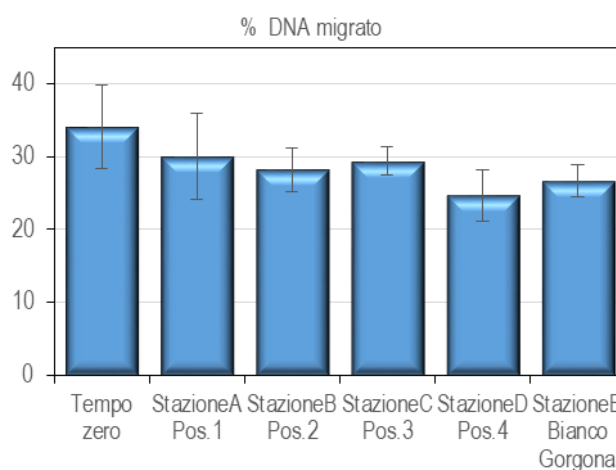
### 3.2.3 Biomarkers

#### Neutral Red Retention Time (NRRT)

Dall'analisi del Neutral Red Retention Time è emersa una elevata integrità morfo-funzionale dei lisosomi in tutti i campioni indagati e non sono emerse differenze significative tra i mitili di controllo (Stazione E – Gorgona) e quelli posizionati lungo le 4 stazioni di monitoraggio del Terminale FSRU (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

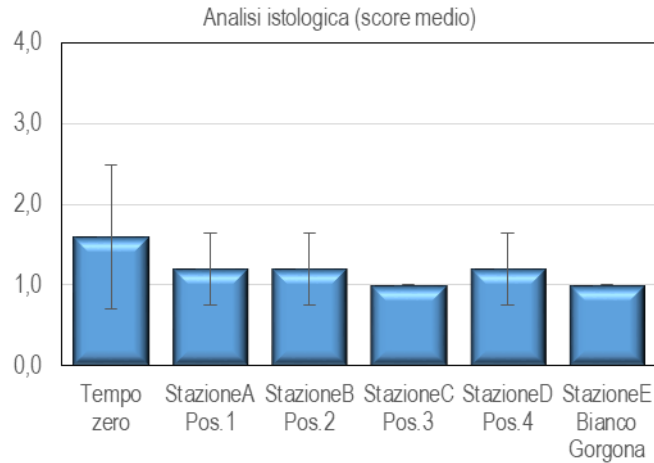
L'analisi del Comet assay non è emersa alcuna differenza significativa tra i mitili di controllo (stazione E, Gorgona) e quelli collocati presso il Terminale FSRU per quanto concerne il grado di integrità del DNA (Figura 21).

#### Analisi istologia del tessuto branchiale

L'istologia ha messo in luce un elevato grado di integrità dell'apparato branchiale e l'assenza di differenze significative tra i mitili del Terminale FSRU e quelli di controllo (Figura 22).

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

Replica	I	II	III	IV	V
Mitili tempo zero	1	2	1	3	1
A18 Stazione A (Pos. 1)	1	1	2	1	1
1°11182 1Stazione B (Pos. 2)	1	1	1	2	1
A18 Stazione C (Pos. 3)	1	1	1	1	1
A18 Stazione D (Pos. 4)	1	1	1	1	2
A18 Stazione E (Bianco Gorgona)	1	1	1	1	1



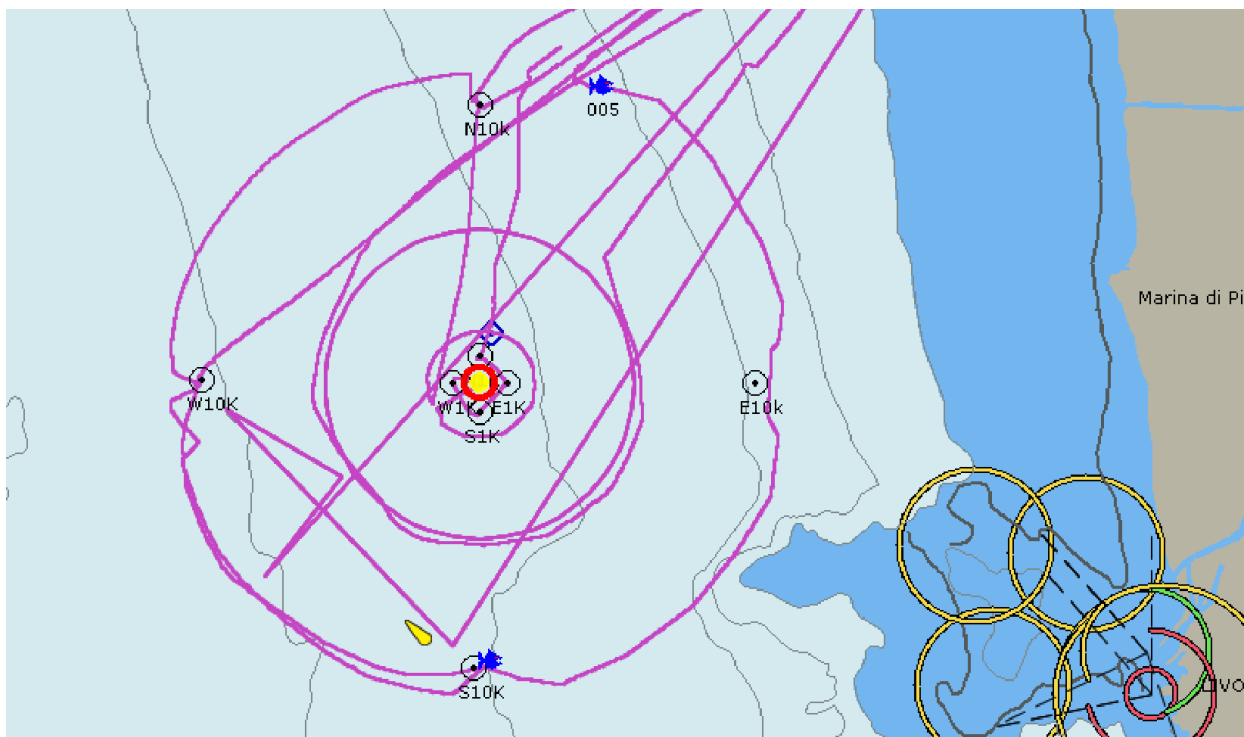
**Figura 22** - Analisi istologica delle branchie di mitilo. Il parametro rappresentato nel grafico è il punteggio medio (score) per ciascuna delle stazioni indagate. La scala va da 1 a 5; il punteggio 1 indica una condizione di integrità mentre il punteggio 5 indica una forte compromissione della struttura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

Dai risultati analitici ottenuti sui campioni forniti, relativi alla campagna autunnale 2018 (A-18), si può dedurre una sostanziale assenza di impatto nel periodo di riferimento.

### 3.2.4 Cetacei e tartarughe marine

Per questa indagine sono state percorse 298 nm per un totale di 48h di navigazione. Le rotte effettuate per il monitoraggio visivo sono riportate in **Figura 23**.

Sono stati effettuati due avvistamenti di delfini appartenenti alla specie *Tursiops truncatus* entrambi in data 26 dicembre posizione 43° 44 34.016 N, 010° 02 20.414 E in totale 2 adulti in spostamento, all'esterno dell'area di monitoraggio distanza 6.1nm dal terminale in posizione N; 2° avvistamento di delfini sempre appartenenti alla specie *Tursiops truncatus* in posizione 43° 33 33.959 N, 010°02 08.881 E in totale 22 delfini, all'interno dell'area di monitoraggio distanza 5.8nm dal terminale in posizione S.



**Figura 23** – Rotte effettuate per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico condotto in autunno 2018 (A18).

### 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 100 metri di distanza dal Terminale) alla profondità di 55 metri, con rappresentazione della funzione di densità spettrale di potenza (PSDf – linea blu) basata sul calcolo della FFT e analisi in terzi d'ottava sovrapposta (linea rossa).

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

Le quattro figure seguenti (**Figura 24**, **Figura 25**, **Figura 26**, **Figura 27**) riportano i livelli PDSf misurati a 100 metri rispettivamente alle stazioni Nord, Est, Sud e Ovest. In tutti i casi, i livelli sono attorno agli 80-120 dB re 1 $\mu$ Pa<sup>2</sup>/Hz per frequenze sotto ai 300 Hz e scendono fino ai 40-60 dB re 1 $\mu$ Pa<sup>2</sup>/Hz alle alte frequenze. 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.

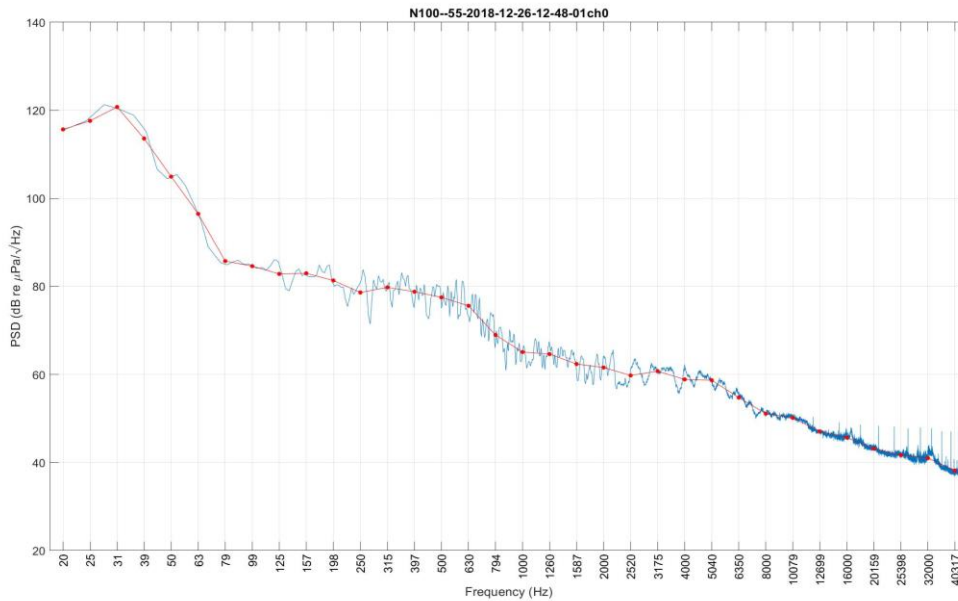


Figura 24 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N100 a 55 m di profondità.

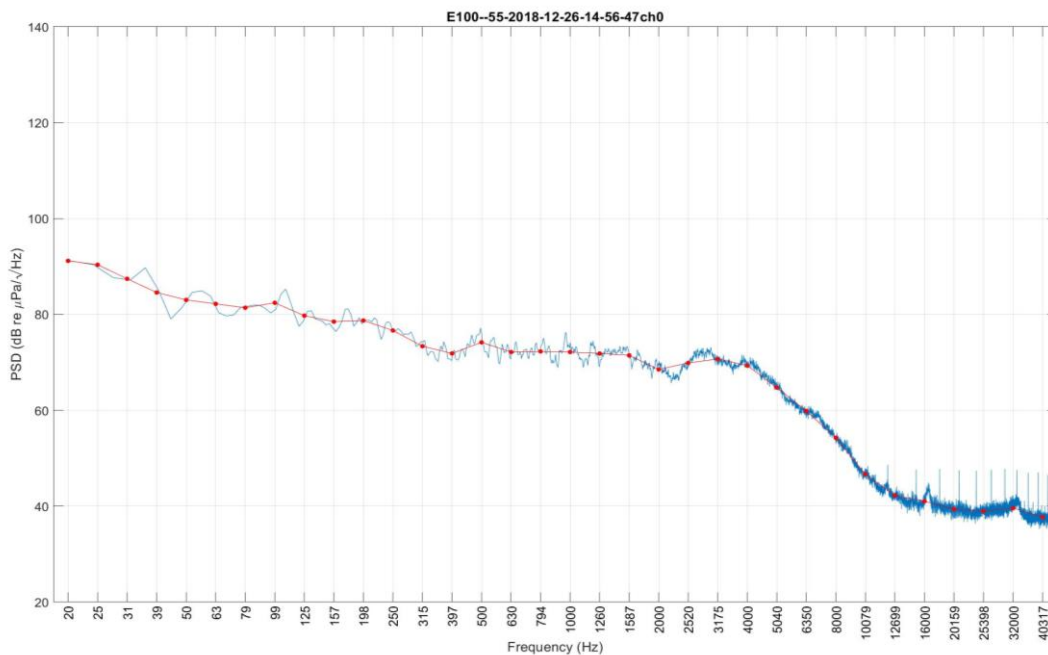


Figura 25 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E100 a 55 m di profondità.

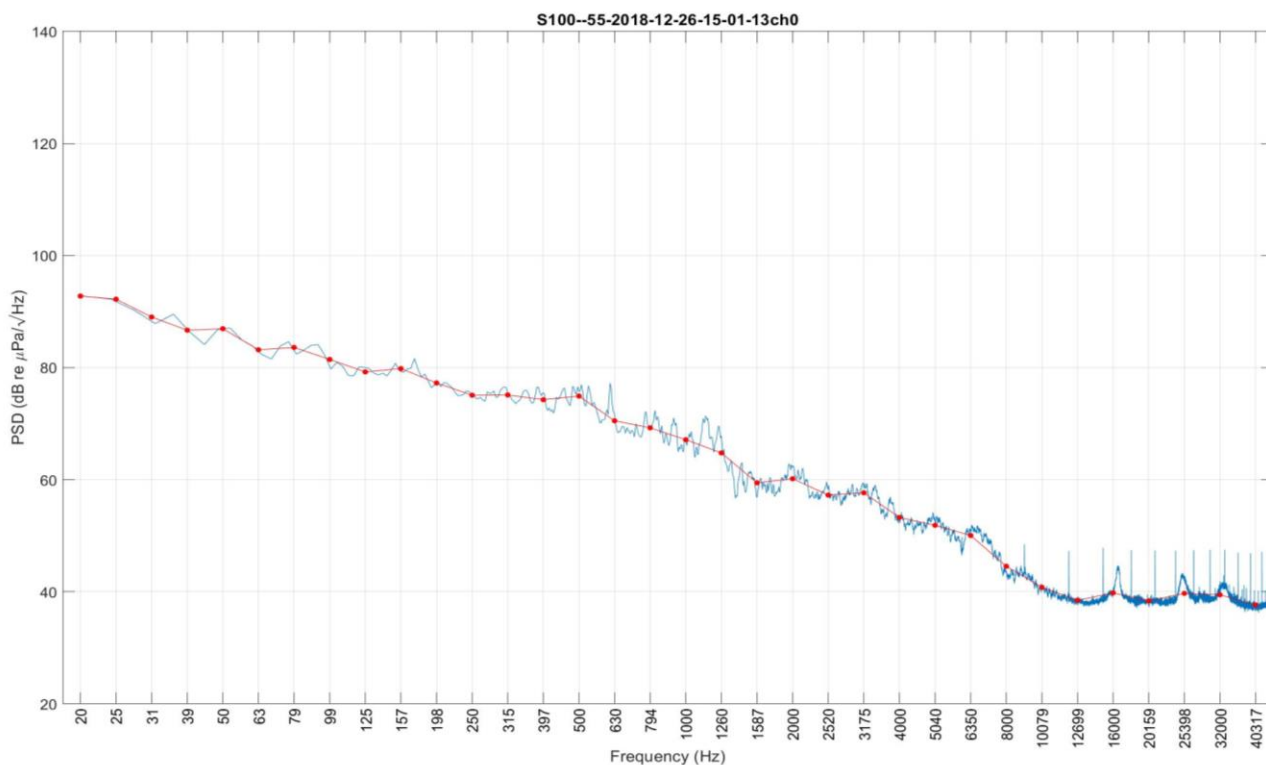


Figura 26 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55 m di profondità. In tutte le curve a 100m sono presenti le stesse tonali a bassa frequenza.

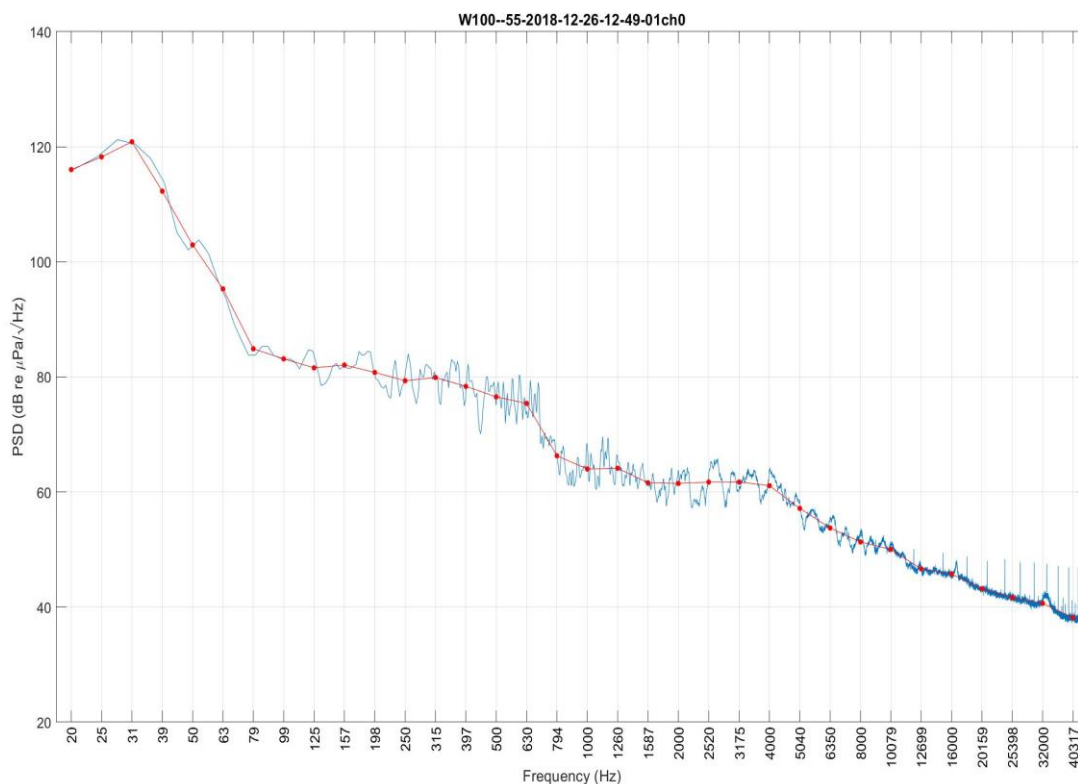
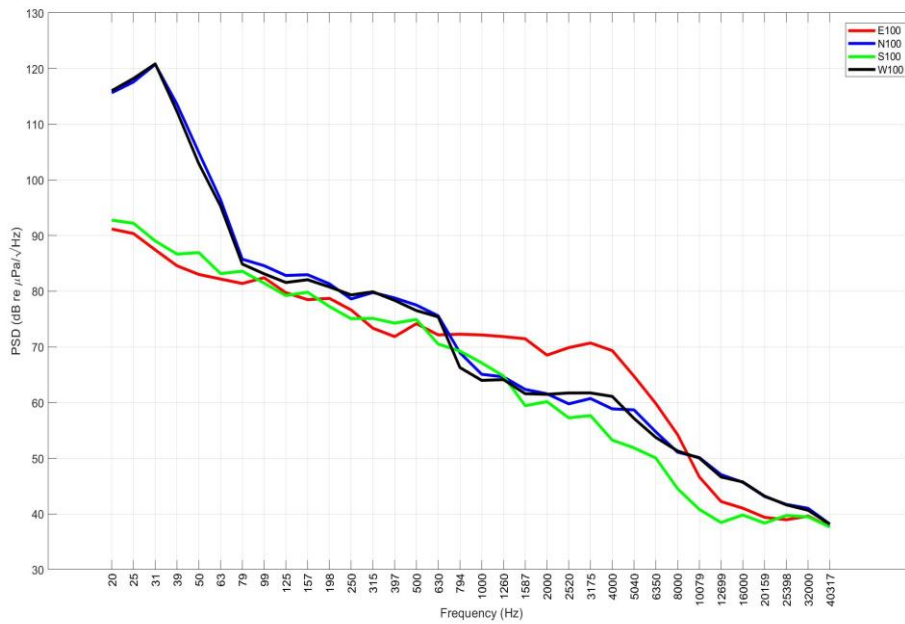


Figura 27 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W100 a 55 m di profondità.

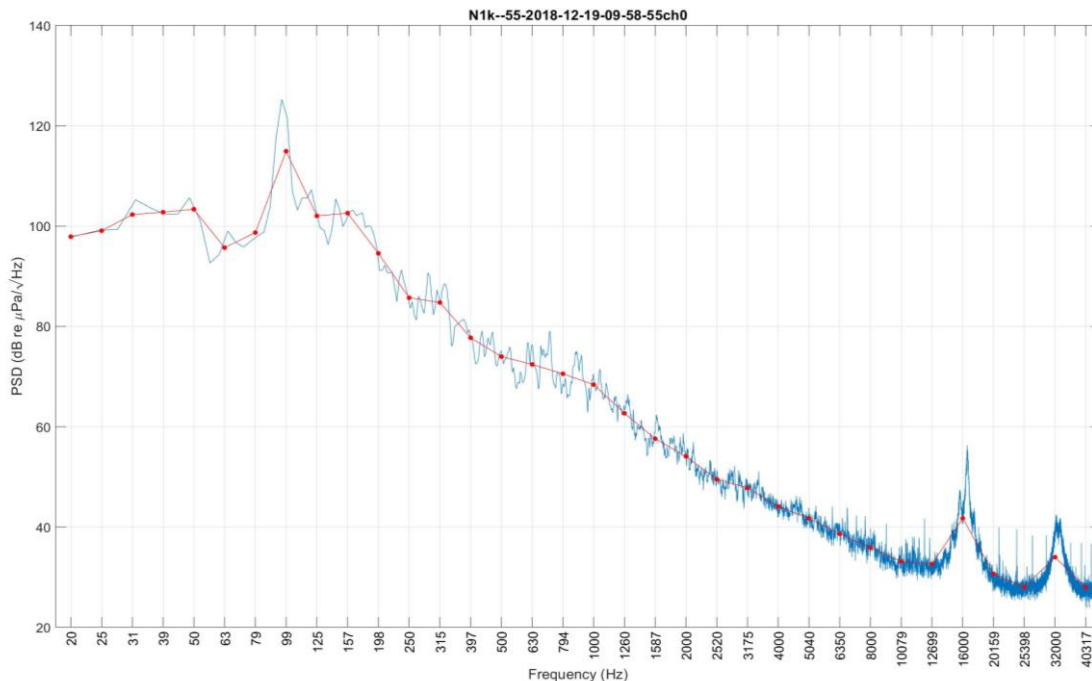
Nella **Figura 28** è rappresentato il confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a 100m per le quattro stazioni di riferimento. Le stazioni Nord e Ovest presentano livelli più alti a frequenze < ~650 Hz. La stazione Est presenta livelli più alti delle altre stazioni tra i ~700 e i ~8000 Hz di frequenza.



**Figura 28** - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a distanza di 100 m a 55m di profondità.

Le seguenti figure riportano i livelli PDSf misurati alle stazioni Nord alla distanza rispettivamente di 1.000 e 10.000 metri dal Terminale. Nella figura 7 i livelli sono attorno ai circa 100 dB re 1uPa<sup>2</sup>/Hz a frequenze basse (20 - 200 Hz), fatta eccezione per un picco attorno ai 100 Hz, e scendono fino ai 40-60 dB re 1uPa<sup>2</sup>/Hz alle alte frequenze. Anche qui si evidenziano righe spettrali che rappresentano interferenze elettromagnetiche derivanti da strumentazioni dell'imbarcazione di supporto. Esse non sono significative per l'analisi acustica.

Nella figura 8 i livelli sono attorno agli 80-100 dB re 1uPa<sup>2</sup>/Hz a frequenze basse (20 - 200 Hz) e scendono fino ai 40-60 dB re 1uPa<sup>2</sup>/Hz alle alte frequenze. Anche qui si evidenziano righe spettrali che rappresentano interferenze elettromagnetiche derivanti da strumentazioni dell'imbarcazione di supporto. Esse non sono significative per l'analisi acustica.



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



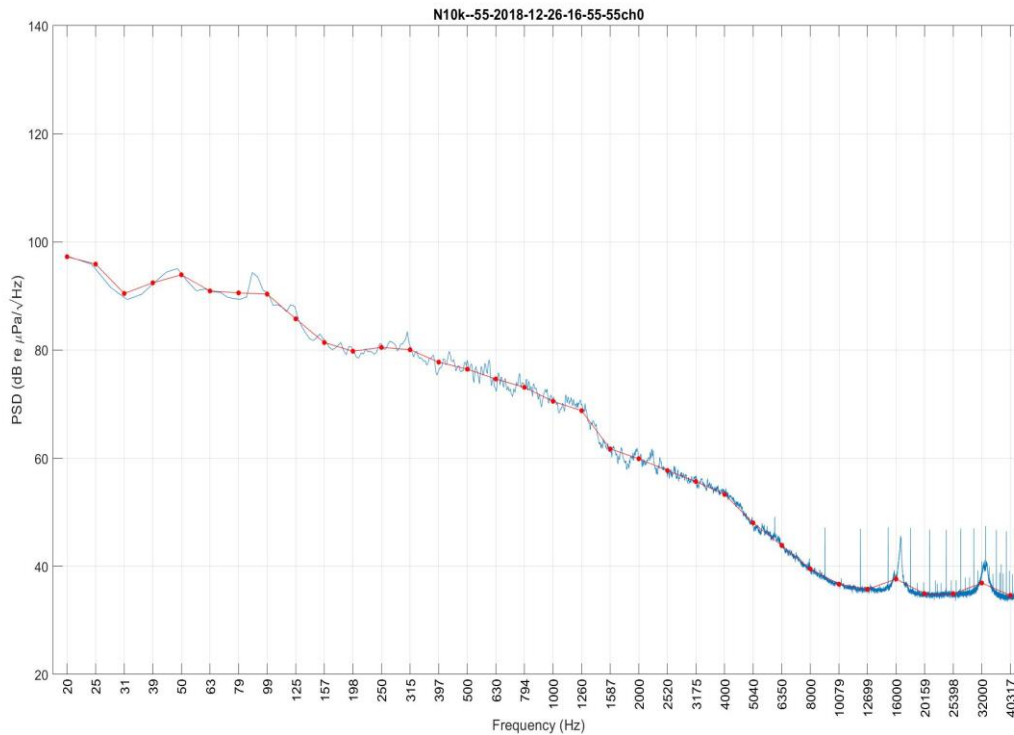


Figura 30- PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N10K a 45m di profondità.

Nella Figura 31 sono riportati i valori PDSf in terzi d'ottava lungo la direzione Nord. Si può notare che i livelli tra i ~20 e i ~63 Hz sono più alti a 100 m e decrescono in funzione della distanza. La stazione N1k risulta più rumorosa tra i 63 e i 400 Hz.

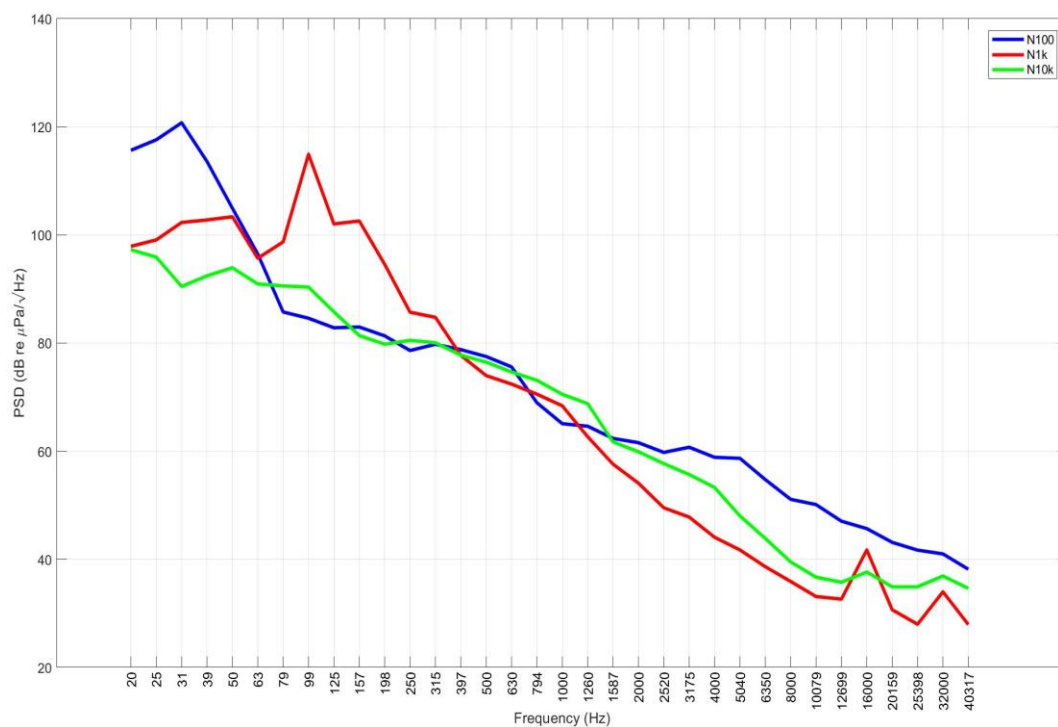


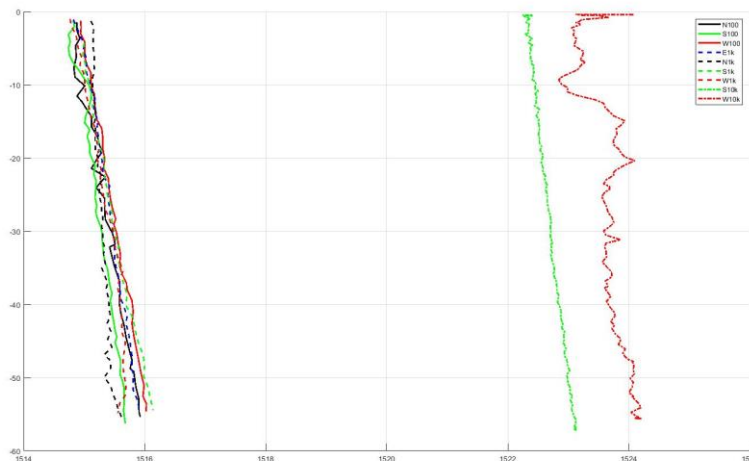
Figura 31 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a 55m di profondità lungo la direzione Nord.

### La Verifica mediante simulazione

Tutte le ipotesi e assunzioni proposte nei lavori precedenti rimangono valide, perciò i parametri geometrici, geofisici e relativi alla sorgente rimangono inalterati. Poiché anche nelle attuali misure e dal confronto con le campagne precedenti risulta che la banda in cui si rileva una maggiore variabilità è centrata intorno a 10 - 12 kHz, prenderemo a riferimento la frequenza di 12 kHz 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 comunemente rappresentativa di tutto l'insieme di frequenze interessate dalla correlazione con la distanza.

### Parametri oceanografici

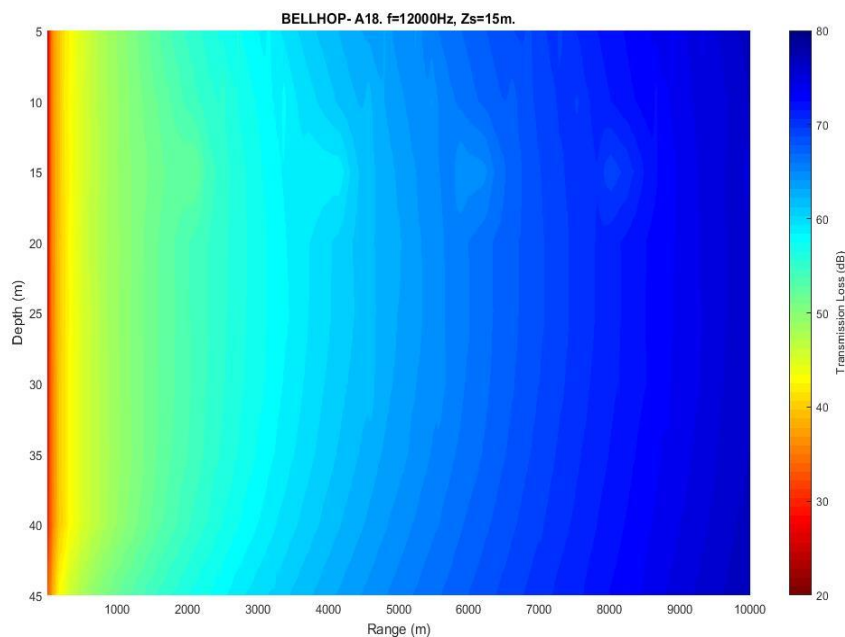
I profili misurati durante questa campagna (**Figura 32**) sono tutti molto simili nella forma (in tutti i casi si nota la mancanza del termoclino), ma alle stazioni W10k e S10k i valori di velocità del suono sono più alti. Questo fenomeno può essere dovuto a una maggiore temperatura e salinità delle acque.



**Figura 32** - Profili di velocità del suono misurati con CTD a differenti stazioni durante la campagna A18.

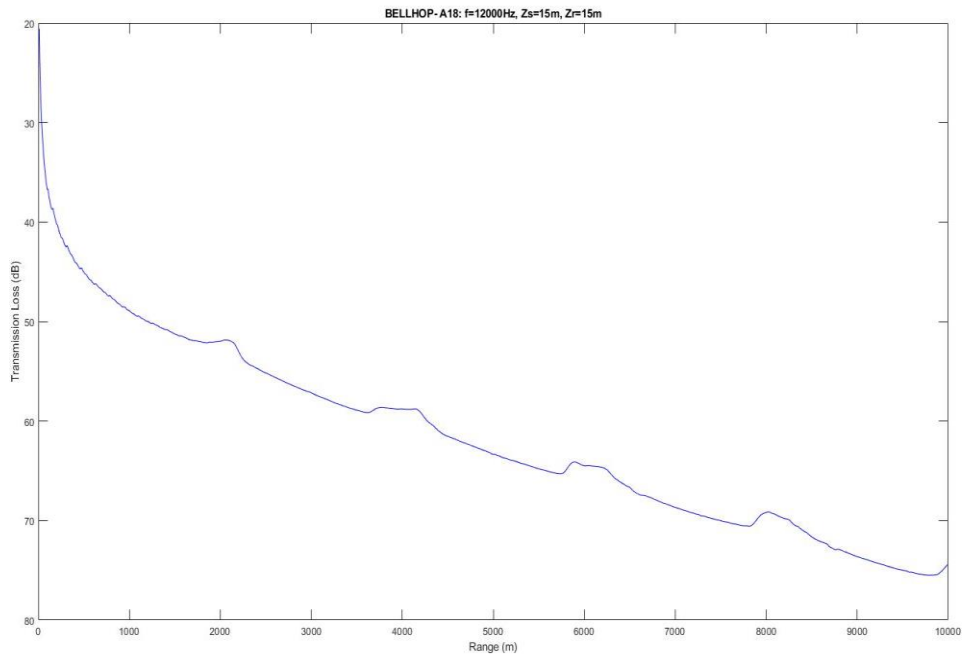
### Selezione di simulazioni significative e confronto con i dati reali

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 12 kHz di frequenza emesso da una sorgente isotropica sul piano orizzontale e con irradiazione  $\pm 80^\circ$  su piano verticale posta a 15m di profondità (**Figura 33**). I risultati ottenuti a frequenza 12 kHz possono essere considerati validi per tutta la banda di interesse 7-20 kHz con piccole variazioni.



**Figura 33** - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz in direzione Nord.

Oltre i 5000m di distanza l'attenuazione del suono modellata è di circe 60 dB.



**Figura 34** - Trasmission Loss prevista dal modello in funzione della distanza alla profondità di 15 metri.

La caduta di livello del rumore predetta dal modello tra le stazioni N100 e N1K a 15 metri di profondità è di circa 17 dB. Nel confronto con i livelli misurati fra le stazioni N100 e N1K abbiamo una differenza di circe 14 dB (alla frequenza di 12 kHz). C'è un'ottima rispondenza del modello ai dati sperimentali considerando che le misure nelle le due stazioni non sono contemporanee. La caduta di livello predetta dal modello a 100 metri dalla sorgente, a 15 metri di profondità per una frequenza di 12kHz, è di circa 40 dB.

### 3.3.2 Bioacustica

Durante questa campagna non sono stati rilevate emmissioni acustiche.

#### 4 RISULTATI SURVEY INVERNO 2019

##### 4.1 COLONNA D'ACQUA

##### 4.1.1 Profili idrologici

Nel survey condotto in inverno 2019 (Figura 35) la colonna d'acqua risulta completamente rimescolata con un andamento della **temperatura** costante dalla superficie fino al fondo (13,5 °C) su tutte le stazioni. Anche la **salinità** presenta valori omogenei su tutta la colonna d'acqua (38.2 ppt), in accordo con il periodo esaminato.

I valori di **pH** sono omogenei su tutta la colonna d'acqua (8).

La **torbidità** presenta valori intorno a 0.5 NTU su tutta la colonna d'acqua.

L'**ossigeno disciolto** presenta valori compresi fra 101% e 104% (Figura 36) di saturazione su tutta la colonna d'acqua. La **clorofilla**, mostra bassi valori intorno a 0.5 µg/l. I valori di **ORP** sono omogenei su tutta la colonna d'acqua con valori di 235 mV.

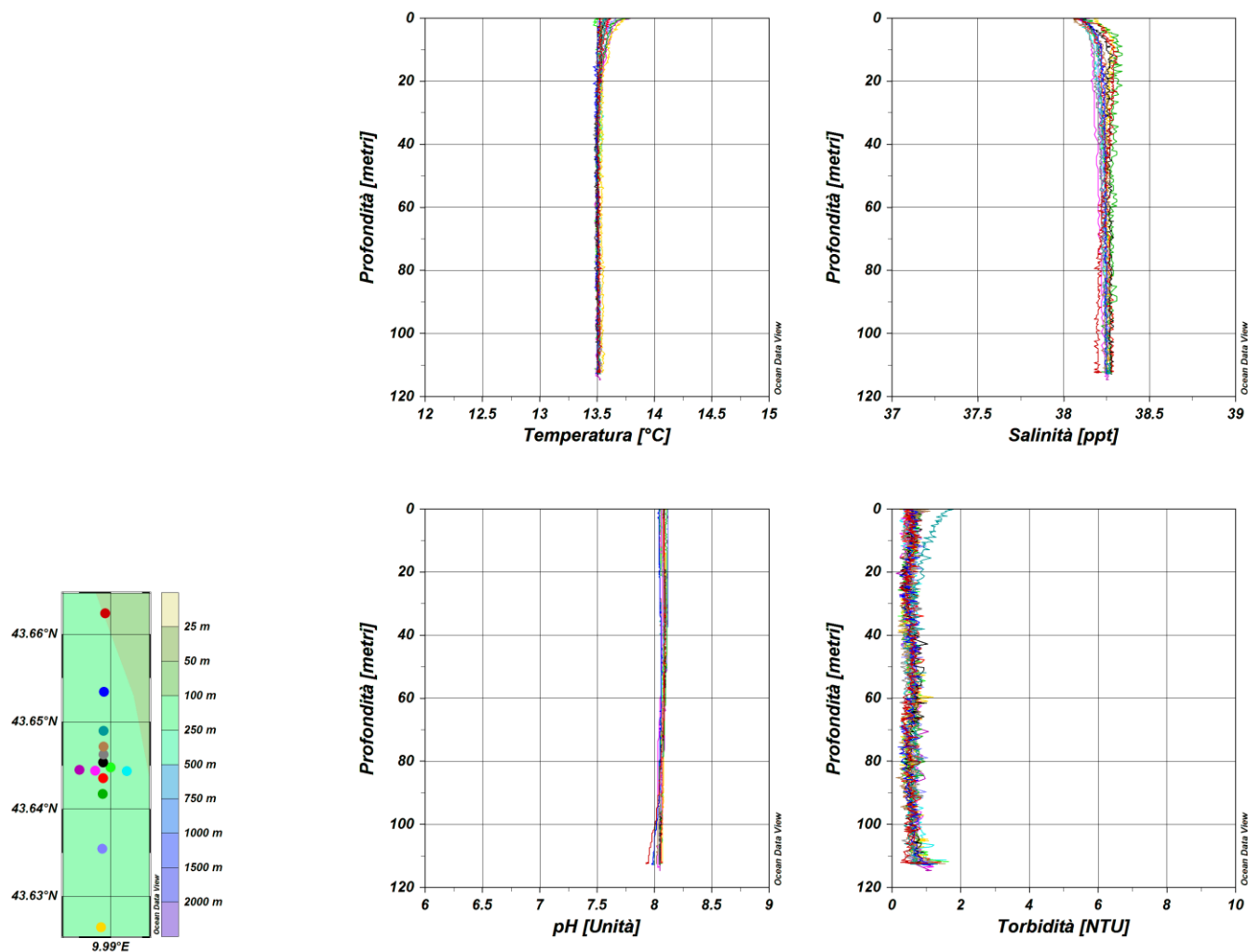
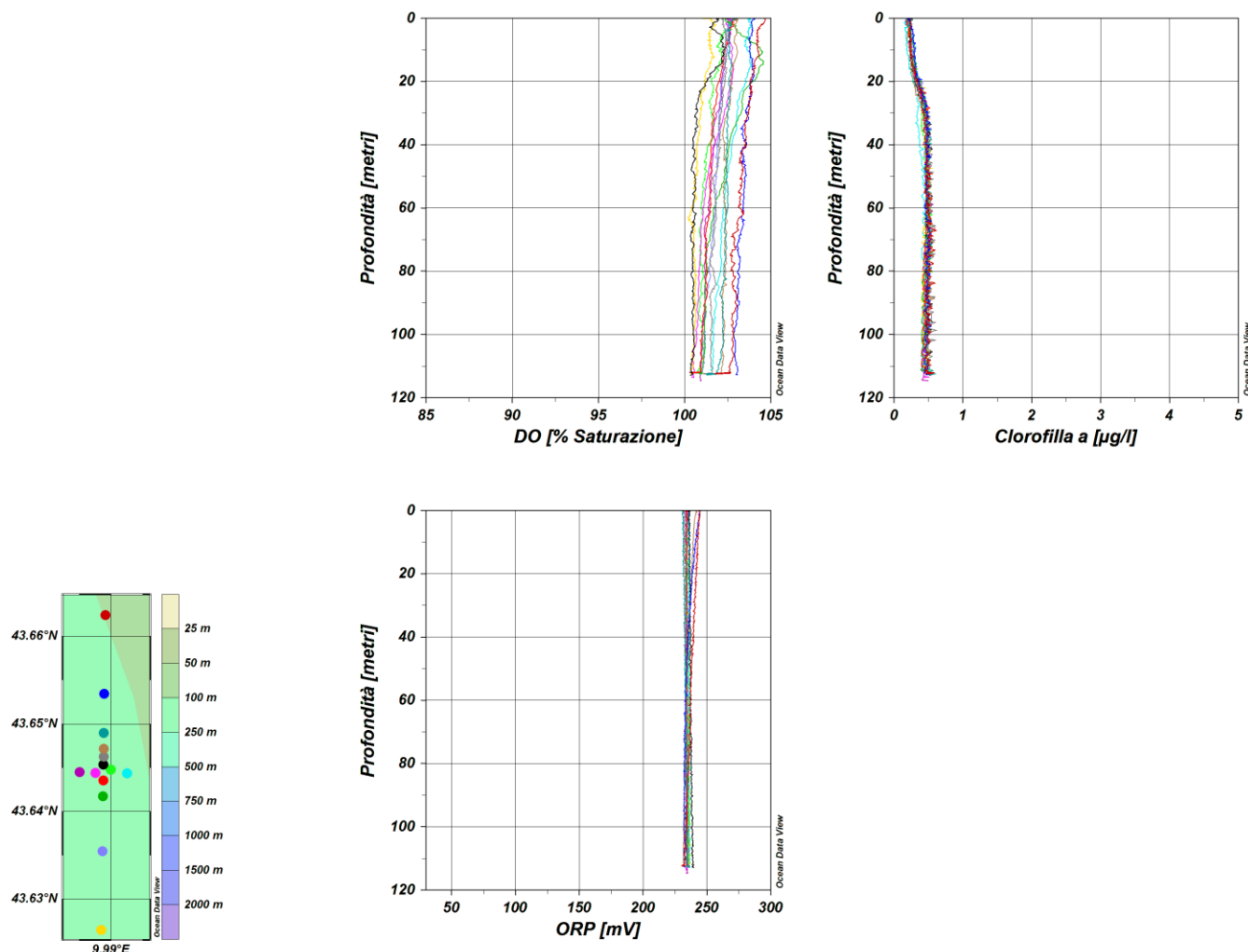


Figura 35 – Profili di temperatura (°C), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey inverno 2019.

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.

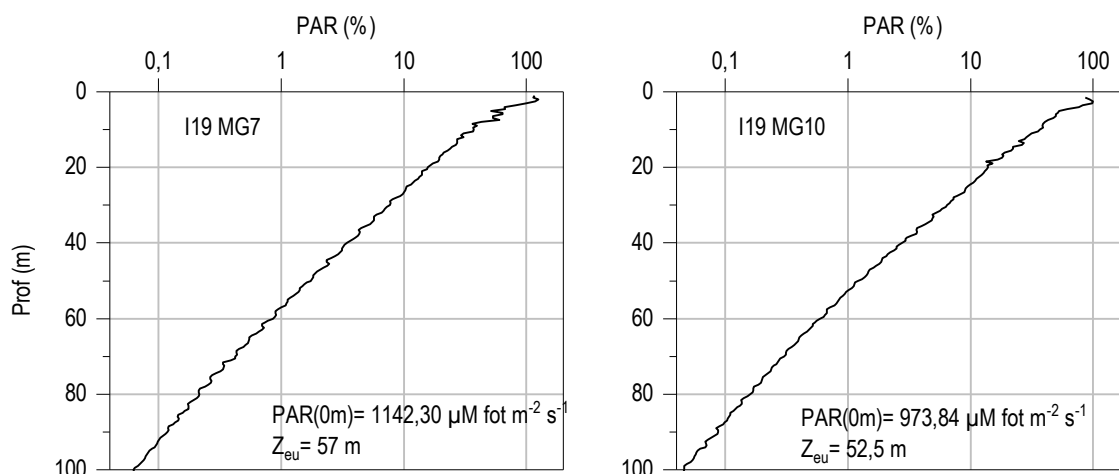


Nota: i grafici sono stati redatti secondo le prescrizioni 2 e 3 delle Determinine 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017.

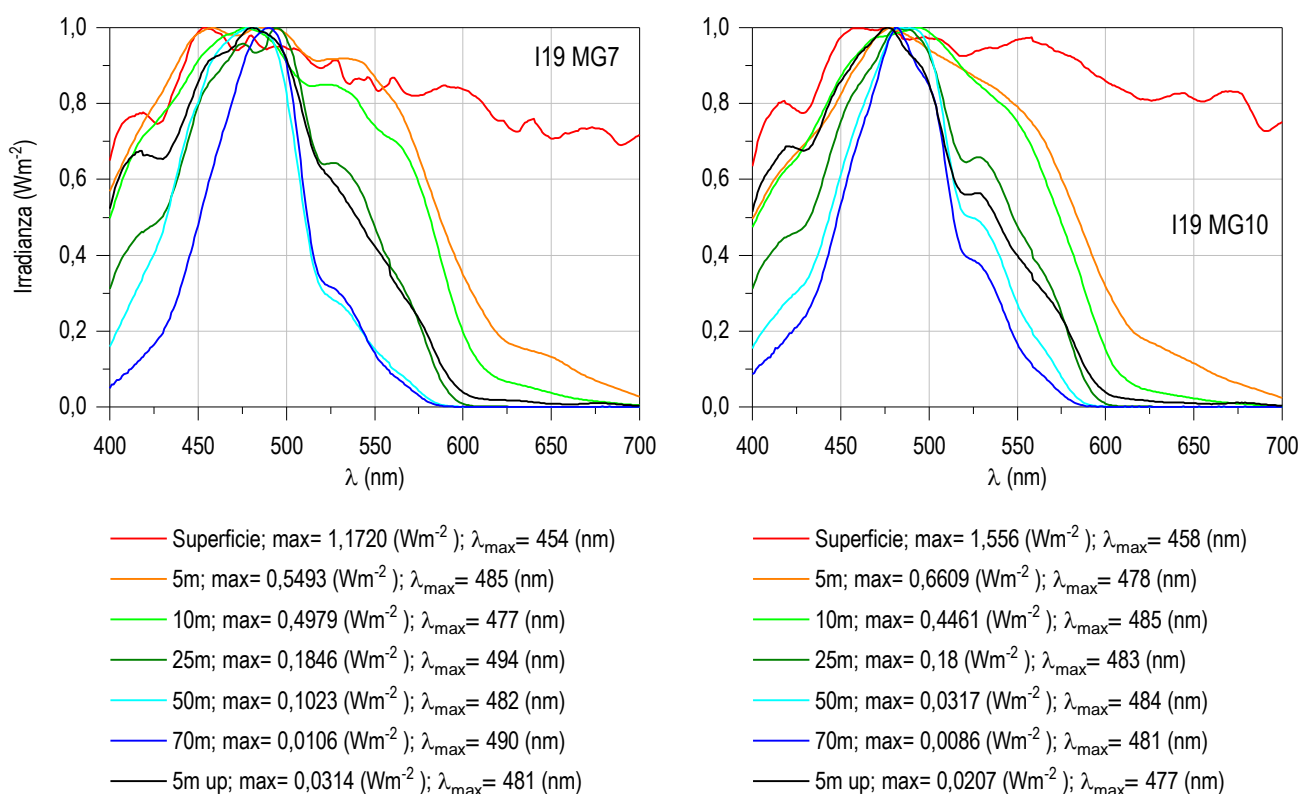
**Figura 36** – Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla (µg/l), e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey inverno 2019.

### Misure di irradianza e irradianza spettrale

In **Figura 37** sono mostrati i profili di irradianza PAR (Photosynthetic Available Radiation) sottomarina normalizzati rispetto a quella contemporanea superficiale alle stazioni I19 MG7 e I19 MG10. La profondità della zona eufotica ( $Z_{eu}$ ) è 57 m in I19 MG7 e 52,5 m in I19 MG10. La  $Z_{eu}$  ha mostrato una variazione, piuttosto limitata, compresa tra un minimo di 52,5 m (I19 MG10) ed un massimo di 57,5 m (I19 MG6).



**Figura 37** - Profilo del rapporto fra l'irradianza quantica PAR (Photosynthetic Available Radiation) disponibile alle varie profondità con quella contemporanea in superficie, PAR (0 m), nelle stazioni I19 MG7 e I19 MG10.



**Figura 38** - 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 d'onda dove si colloca ( $\lambda_{max}$ ).

In **Figura 38** 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, in I19 MG7 e I19 MG10. La radiazione che raggiunge la maggior profondità, ovvero quella più penetrante ( $\lambda_{max}$  a 70 m), si trova a 490 nm in I19 MG7 e 481 nm in I19 MG10. Queste caratteristiche relative all'irradianza sottomarina non presentano anomalie rispetto alla situazione attesa.

#### 4.1.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

##### Nutrienti inorganici disciolti

In **Tabella 42** sono riportate le concentrazioni dei nutrienti disciolti (nitriti ( $\text{NO}_2$ ), nitrati ( $\text{NO}_3$ ), ortofosfati ( $\text{PO}_4$ ), silicati ( $\text{SiO}_2$ )) della campagna invernale 2019. Le concentrazioni medie rilevate sono:  $\text{NO}_2$  0,192  $\mu\text{M}$ ,  $\text{NO}_3$  0,445  $\mu\text{M}$ ,  $\text{PO}_4$  0,067  $\mu\text{M}$  e  $\text{SiO}_2$  0,818  $\mu\text{M}$ , più elevate che nella precedente campagna autunnale, tranne che per i silicati. Il confronto con le concentrazioni rilevate nelle precedenti



campagne invernali mette in evidenza che, tranne che per i fosfati, le concentrazioni in I19 sono fra le più basse di tutti i campionamenti invernali, pur rimanendo nello stesso ambito di variazione.

Lungo la colonna d'acqua, nitriti e nitrati (**Figura 39**) presentano minimi superficiali e aumento fino ai massimi a 70 m, rispettivamente 0,365  $\mu\text{M}$  in I19 MG6 per i nitriti e 0,623  $\mu\text{M}$  in I19 MG9 e I19 MG13 per i nitrati.

La variazione dei fosfati è in un ambito molto ristretto, tra 0,056 e 0,090  $\mu\text{M}$ , con una distribuzione molto omogenea tra le profondità e concentrazione massima a 0 m in I19 MG7 (0,090  $\mu\text{M}$ ).

I profili dei silicati si sovrappongono per tutte le stazioni in un ambito variabile tra 0,733 e 1,082  $\mu\text{M}$ , tranne che per I19 MG7 dove si sono rilevate le massime concentrazioni, fino a 1,08  $\mu\text{M}$ .

Tabella 42 - Concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti ( $\mu\text{M}$ ).											
Stazione	Prof. m	SiO <sub>2</sub>	PO <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	Stazione	Prof. m	SiO <sub>2</sub>	PO <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>
I19 MG3	0,5	0,775	0,066	0,138	0,328	I19 MG9	0,5	0,762	0,058	0,106	0,298
	12,5	0,738	0,062	0,128	0,297		12,5	0,736	0,076	0,108	0,356
	50	0,873	0,071	0,166	0,362		50	0,800	0,071	0,163	0,454
	70	0,845	0,072	0,305	0,599		70	0,796	0,062	0,312	0,623
I19 MG5	0,5	0,792	0,064	0,112	0,315	I19 MG10	0,5	0,778	0,059	0,112	0,326
	12,5	0,798	0,066	0,116	0,337		12,5	0,733	0,068	0,105	0,282
	50	0,849	0,067	0,167	0,466		50	0,739	0,080	0,148	0,399
	70	0,828	0,068	0,275	0,587		70	0,771	0,074	0,287	0,613
I19 MG6	0,5	0,779	0,066	0,162	0,433	I19 MG12	0,5	0,774	0,056	0,125	0,345
	12,5	0,754	0,069	0,154	0,355		12,5	0,785	0,068	0,119	0,346
	50	0,829	0,056	0,319	0,560		50	0,784	0,060	0,320	0,616
	70	0,799	0,080	0,365	0,570		70	0,823	0,061	0,340	0,606
I19 MG7	0,5	1,031	0,090	0,169	0,552	I19 MG13	0,5	0,792	0,058	0,112	0,327
	12,5	1,082	0,074	0,153	0,411		12,5	0,785	0,060	0,112	0,376
	50	1,017	0,067	0,251	0,569		50	0,804	0,082	0,167	0,469
	70	0,828	0,067	0,337	0,591		70	0,800	0,058	0,264	0,623

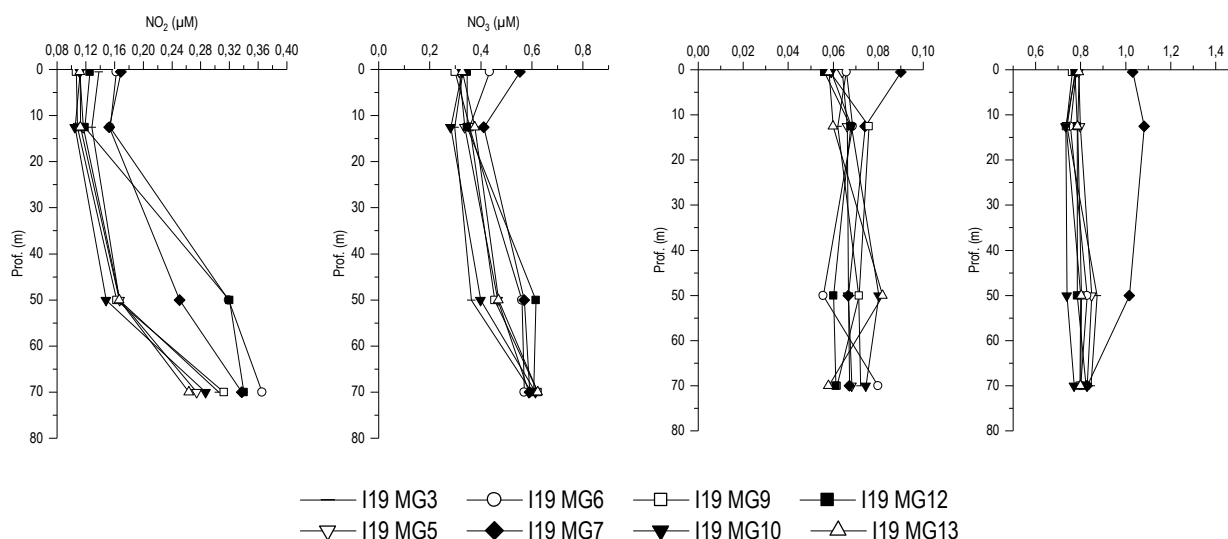


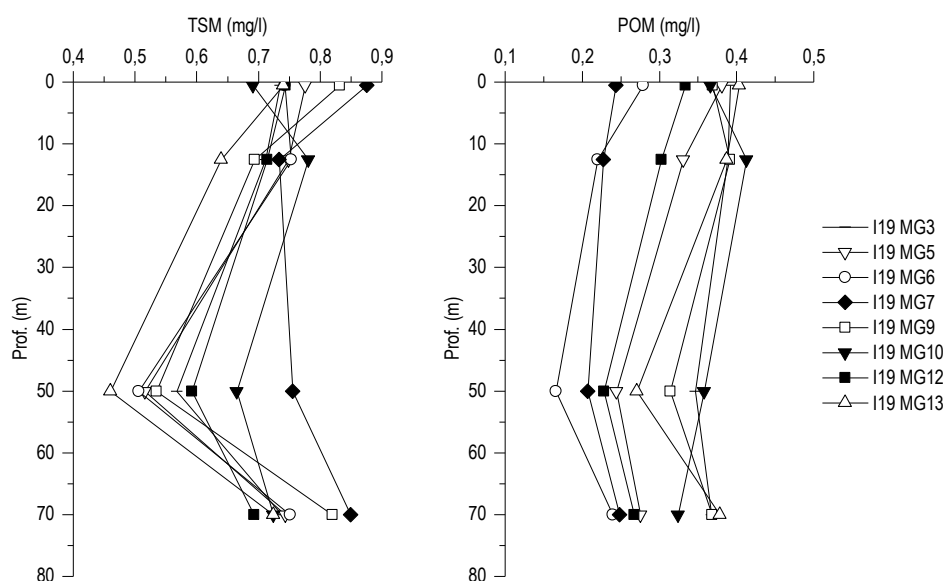
Figura 39 - Profili delle concentrazioni ( $\mu\text{M}$ ) dei nutrienti inorganici disciolti: NO<sub>2</sub> (nitriti), NO<sub>3</sub> (nitrati), PO<sub>4</sub> (fosfati), SiO<sub>2</sub> (silicati).

### Solidi sospesi (Total Suspended Matter)

Le concentrazioni di TSM in tutte le stazioni sono riportate in **Tabella 43**. Il valore medio generale è 0,7046 mg/l, il minimo è 0,4597 mg/l in I19 MG13 a 50 m ed il massimo è 0,8753 mg/l in I19 MG7 in superficie.

I profili verticali di TSM (**Figura 40**) presentano generalmente massimi superficiali (con I19 MG3 unica stazione che presenta massimo a 70 m) e minimi a 50 m (solo I19 MG7 mostra minimo a 12,5 m). Le concentrazioni sono poco variabili sia tra stazioni che lungo il profilo (dev. st.  $\approx \pm 0,10$ ) e sono le più basse misurate nelle campagne invernali.

Tabella 43 - Concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).				
Prof. m	Stazione	TSM (mg/l)	Stazione	TSM (mg/l)
0,5	<b>I19 MG3</b>	0,7347	<b>I19 MG9</b>	0,8318
12,5		0,7110		0,6932
50		0,5677		0,5348
70		0,7375		0,8198
0,5	<b>I19 MG5</b>	0,7757	<b>I19 MG10</b>	0,6910
12,5		0,7487		0,7810
50		0,5155		0,6650
70		0,7435		0,7242
0,5	<b>I19 MG6</b>	0,7428	<b>I19 MG12</b>	0,7435
12,5		0,7525		0,7137
50		0,5060		0,5920
70		0,7515		0,6930
0,5	<b>I19 MG7</b>	0,8753	<b>I19 MG13</b>	0,7402
12,5		0,7335		0,6398
50		0,7555		0,4597
70		0,8493		0,7240



**Figura 40** - Profili delle concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM).

### Sostanza Organica Disciolta Cromoforica (CDOM)

Gli assorbimenti della CDOM a 325 nm  $a_{CDOM}(325)$  sono in media  $0,1823 \text{ m}^{-1}$  ( $\pm 0,016$ ) e variano da un minimo di  $0,1608 \text{ m}^{-1}$  in I19 MG13 a 12,5 m ad un massimo di  $0,2290 \text{ m}^{-1}$  in A18 MG5 a 12,5 m (**Tabella 44**) anche in questo caso con scarsissima variabilità tra stazioni o profondità.

I profili batimetrici di  $a_{CDOM}(325)$  (**Figura 41**) evidenziano infatti la scarsa variabilità tra tutte le stazioni e non evidenziano anomalie.

Tabella 44 - Assorbimento ( $m^{-1}$ ) della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm				
Prof. m	Stazione	$a_{CDOM}(325) m^{-1}$	Stazione	$a_{CDOM}(325) m^{-1}$
0,5	<b>I19 MG3</b>	0,1904	<b>I19 MG9</b>	0,1761
12,5		0,1738		0,1769
50		0,1840		0,1746
70		0,1832		0,1869
0,5	<b>I19 MG5</b>	0,1716	<b>I19 MG10</b>	0,1794
12,5		0,2426		0,1715
50		0,1913		0,1725
70		0,1828		0,1856
0,5	<b>I19 MG6</b>	0,2162	<b>I19 MG12</b>	0,1631
12,5		0,1673		0,1703
50		0,1836		0,1843
70		0,1860		0,1993
0,5	<b>I19 MG7</b>	0,1867	<b>I19 MG13</b>	0,1668
12,5		0,1890		0,1608
50		0,1882		0,1825
70		0,1873		0,1716

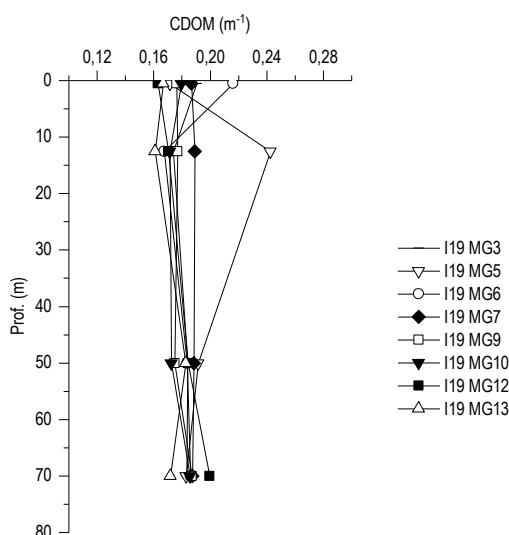


Figura 41 - Profili degli assorbimenti ( $m^{-1}$ ) della CDOM a 325 nm ( $a_{CDOM}(325)$ ).

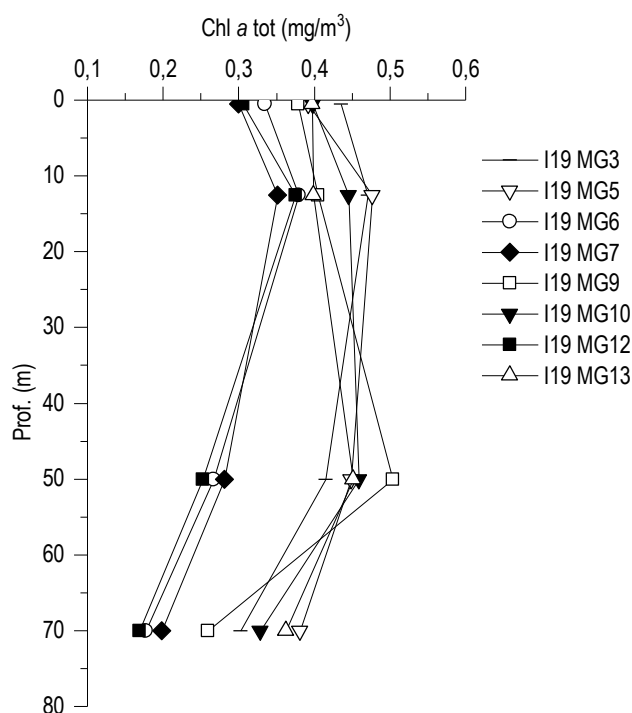
### Clorofilla a e diversità pigmentaria

La concentrazione di clorofilla a è in media  $0,3592 \text{ mg/m}^3$  (dev. st. =  $\pm 0,088$ ) e varia da un minimo di  $0,1685 \text{ mg/m}^3$  in I19 MG12 70 m ad un massimo di  $0,5034 \text{ mg/m}^3$  in I19 MG9 50 m **Tabella 45**.

I profili batimetrici (**Figura 42**) mostrano una distribuzione simile delle concentrazioni di Chl a lungo la colonna d'acqua per tutte le stazioni, con massimi prevalentemente a 12,5 m e minimi a 70 m. Le concentrazioni di Chl a delle stazioni I19 MG6, I19 MG7 e I19 MG12 si raggruppano insieme su valori leggermente più bassi rispetto alle altre, ma le variazioni, come risulta dalla deviazione standard, sono di lieve entità.

**Tabella 45** - Concentrazioni (mg/m<sup>3</sup>) della Clorofilla a totale (Chl a tot = Clorofilla a,+ Divinil Clorofilla a + Alloclorofilla a, se presenti).

Prof. m	Stazione	Chl a mg/m <sup>3</sup>	Stazione	Chl a mg/m <sup>3</sup>
0,5	<b>I19 MG3</b>	0,4347	<b>I19 MG9</b>	0,3783
12,5		0,4705		0,4044
50		0,4144		0,5034
70		0,3021		0,2592
0,5	<b>I19 MG5</b>	0,3917	<b>I19 MG10</b>	0,3974
12,5		0,4765		0,4454
50		0,4486		0,4586
70		0,3810		0,3283
0,5	<b>I19 MG6</b>	0,3347	<b>I19 MG12</b>	0,3058
12,5		0,3789		0,3745
50		0,2669		0,2524
70		0,1770		0,1685
0,5	<b>I19 MG7</b>	0,3000	<b>I19 MG13</b>	0,3971
12,5		0,3515		0,3991
50		0,2812		0,4512
70		0,1979		0,3620



**Figura 42** - Profili delle concentrazioni (mg/m<sup>3</sup>) di clorofilla a tot.

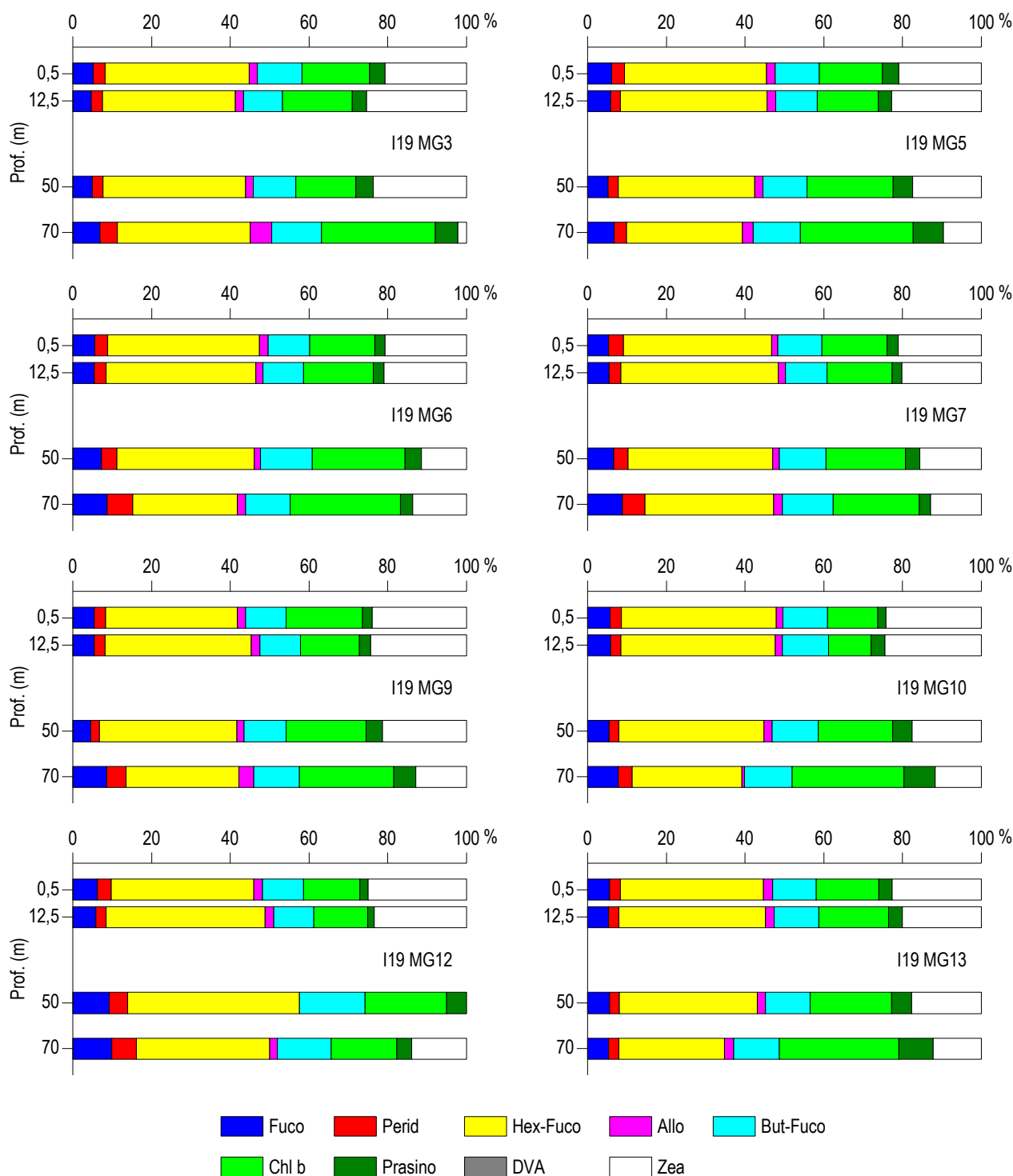
Le concentrazioni dei nove pigmenti diagnostici principali sono riportate in **Tabella 45**.

Il pigmento a maggiore concentrazione media è Hex-Fuco, (media 0,1043,  $\pm$  0,029), seguono Chl b (media 0,0558,  $\pm$  0,017), Zea (media 0,0553,  $\pm$  0,023), But-Fuco (media 0,0332,  $\pm$  0,007), Fuco (media 0,0176,  $\pm$  0,003), Prasino (media 0,0119,  $\pm$  0,006), Perid (media 0,0093, min 0,0086, max 0,0098 mg/m<sup>3</sup>), Allo (media 0,0061,  $\pm$  0,002). Si evidenzia la scarsa variabilità rilevata sia tra le stazioni che le diverse profondità, evidente anche dalla rappresentazione dei rapporti tra i singoli pigmenti e la loro somma totale, che fornisce la stima della composizione tassonomica del popolamento fitoplanctonico (**Figura 43**).

Hex-Fuco, pigmento diagnostico dei coccolitofori, costituisce in media la percentuale più alta, circa il 35%, della diversità pigmentaria, in tutte le stazioni e profondità, seguito da Chl b (Chlorophyta), in media circa 19%, che contribuisce maggiormente a 50 e 70 m. Dei due pigmenti diagnostici della componente picoplanctonica, Zea (Cyanobatteri *Synechococcus*-like) e DVA (Cyanobatteri *Prochlorococcus*-

like), il secondo risulta assente mentre il primo è presente in media con contributo di circa il 18%, con le maggiori concentrazioni nello strato 0-12,5 m. Gli altri pigmenti presentano contributi che raggiungono il 10% solo nel caso di But-Fuco, ma contribuiscono alla evidente diversità del popolamento fitoplanctonico, per cui non si evidenziano anomalie (**Tabella 46**).

<b>Tabella 46</b> - Concentrazioni (mg/m <sup>3</sup> ) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici.										
Stazione	Prof.m	Fuco	Perid	Hex-Fuco	But-Fuco	Prasino	Allo	Zea	DVA	Chl b
<b>I19 MG3</b>	0,5	0,0157	0,0093	0,1113	0,0344	0,0119	0,0064	0,0628	0,0000	0,0525
	12,5	0,0156	0,0095	0,1123	0,0334	0,0122	0,0070	0,0844	0,0000	0,0590
	50	0,0158	0,0089	0,1164	0,0347	0,0143	0,0066	0,0761	0,0000	0,0491
	70	0,0140	0,0092	0,0689	0,0260	0,0119	0,0111	0,0044	0,0000	0,0590
<b>I19 MG5</b>	0,5	0,0180	0,0095	0,1053	0,0327	0,0122	0,0065	0,0614	0,0000	0,0469
	12,5	0,0221	0,0092	0,1401	0,0395	0,0131	0,0087	0,0856	0,0000	0,0582
	50	0,0199	0,0097	0,1305	0,0422	0,0185	0,0078	0,0660	0,0000	0,0822
	70	0,0218	0,0097	0,0939	0,0383	0,0242	0,0088	0,0310	0,0000	0,0915
<b>I19 MG6</b>	0,5	0,0156	0,0090	0,1078	0,0296	0,0073	0,0060	0,0579	0,0000	0,0459
	12,5	0,0170	0,0091	0,1165	0,0320	0,0087	0,0056	0,0642	0,0000	0,0540
	50	0,0177	0,0095	0,0849	0,0319	0,0101	0,0038	0,0279	0,0000	0,0574
	70	0,0131	0,0098	0,0399	0,0171	0,0046	0,0030	0,0206	0,0000	0,0420
<b>I19 MG7</b>	0,5	0,0134	0,0098	0,0951	0,0284	0,0070	0,0039	0,0536	0,0000	0,0419
	12,5	0,0173	0,0094	0,1265	0,0333	0,0078	0,0061	0,0639	0,0000	0,0524
	50	0,0165	0,0091	0,0912	0,0296	0,0088	0,0041	0,0389	0,0000	0,0502
	70	0,0148	0,0096	0,0545	0,0215	0,0048	0,0038	0,0216	0,0000	0,0363
<b>I19 MG9</b>	0,5	0,0170	0,0087	0,1040	0,0320	0,0076	0,0062	0,0745	0,0000	0,0601
	12,5	0,0171	0,0088	0,1175	0,0327	0,0089	0,0067	0,0770	0,0000	0,0475
	50	0,0180	0,0086	0,1363	0,0420	0,0167	0,0069	0,0832	0,0000	0,0789
	70	0,0160	0,0093	0,0534	0,0216	0,0104	0,0069	0,0240	0,0000	0,0448
<b>I19 MG10</b>	0,5	0,0189	0,0095	0,1291	0,0374	0,0070	0,0055	0,0796	0,0000	0,0418
	12,5	0,0222	0,0097	0,1474	0,0438	0,0135	0,0072	0,0920	0,0000	0,0408
	50	0,0213	0,0095	0,1434	0,0456	0,0189	0,0079	0,0685	0,0000	0,0734
	70	0,0210	0,0098	0,0753	0,0330	0,0215	0,0017	0,0317	0,0000	0,0769
<b>I19 MG12</b>	0,5	0,0171	0,0096	0,0991	0,0285	0,0058	0,0061	0,0686	0,0000	0,0392
	12,5	0,0185	0,0087	0,1288	0,0324	0,0055	0,0074	0,0748	0,0000	0,0437
	50	0,0171	0,0087	0,0810	0,0308	0,0093	0,0000	0,0000	0,0000	0,0386
	70	0,0143	0,0090	0,0490	0,0199	0,0054	0,0028	0,0202	0,0000	0,0240
<b>I19 MG13</b>	0,5	0,0193	0,0090	0,1242	0,0379	0,0119	0,0078	0,0771	0,0000	0,0538
	12,5	0,0189	0,0092	0,1322	0,0400	0,0125	0,0081	0,0712	0,0000	0,0630
	50	0,0211	0,0094	0,1321	0,0425	0,0195	0,0081	0,0668	0,0000	0,0782
	70	0,0179	0,0089	0,0895	0,0385	0,0289	0,0081	0,0411	0,0000	0,1017



**Figura 43** – Concentrazione relativa dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove Pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid).

**Tensioattivi**

Le concentrazioni dei **tensioattivi** (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	I19 MG3				I19 MG5				I19 MG6				I19 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





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

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
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
<b>Alometani e VOC (µg/l)</b>																
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
<b>Alofenoli (µg/l)</b>																
2,4-Diclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
2,4,6-Triclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Pentaclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2

### Idrocarburi totali

Nella **Tabella 49** sono riportati i risultati ottenuti dalla ricerca degli **idrocarburi totali**. Questi contaminanti sono diffusamente presenti con concentrazioni che variano indipendentemente dalla posizione delle stazioni di prelievo.

**Tabella 49** - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico. I dati sono espressi in microgrammi/litro. In neretto (0,5 - 12,5 - 50 - 70) sono indicate le profondità di prelievo in metri.

I19 MG3				I19 MG5				I19 MG6				I19 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
422,7	373,3	408,6	540,3	499,4	514,8	502,4	462,7	522,1	448,7	417,5	394,3	456,0	462,2	402,5	422,2
I19 MG9				I19 MG10				I19 MG12				I19 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
423,2	407,7	428,8	380,8	403,7	394,4	463,2	430,4	414,2	442,7	405,1	330,2	437,8	421,0	421,0	493,1

### Analisi microbiologiche

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

**Tabella 50** Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di acqua superficiale. I dati sono espressi in ufc/100 ml.

	I19 MG3	I19 MG5	I19 MG6	I19 MG7	I19 MG9	I19 MG10	I19 MG13	I19 MG12
Coliformi fecali	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Streptococchi fecali (enterococchi)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Coliformi totali	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

## 4.1.2 Plancton

### 4.1.2.1 Fitoplancton

#### Analisi quantitativa e qualitativa del fitoplancton da bottiglia

Le densità fitoplanctoniche totali sono in media circa 90 cell/ml variando da un minimo di 62 cell/ml in I19 MG12 0,5 m, ad un massimo di 210 cell/ml in I19 MG7 50 (Tabella 51). Le abbondanze variano poco lungo la colonna d'acqua, con la tendenza ad aumentare tra 0,5 e 12,5 m, mantenendo poi sostanzialmente valori simili fino a 70 m Figura 44. La classe più rappresentata è quella dei Coccolitofori, come evidenziato anche dalla diversità pigmentaria (Figura 43), con in media il 32% del popolamento, rappresentata soprattutto da *Emiliana huxleyi* che contribuisce alla quasi totalità dell'abbondanza della classe nel massimo evidenziato in I19 MG7 50 m (Figura 45). Altri Coccolitofori presenti sono *Calcidiscus leptoporus*, *Syracosphaera cf. molischii*, *Rhabdosphaera clavigera* e *Calciosolenia brasiliensis*.

Le Diatomee costituiscono in media il 7% del popolamento, raramente superano 10 cell/ml, con l'eccezione del contributo di *Cylindrotheca closterium* in I19 MG7 50 m, e tendono ad aumentare le loro abbondanze negli strati più profondi (Figura 45). Principali specie presenti sono *Pseudo-nitzschia galaxiae* (forma piccola), *Plagiotropis* sp., *Fragilariopsis* spp. e *Chaetoceros socialis*. I Dinoflagellati contribuiscono in percentuale simile *Emiliana huxleyi* sempre con l'eccezione di I19 MG7 50 m, in cui presentano il massimo di circa 10 cell/ml per un aumento di Gymnodiniaceae spp., famiglia prevalentemente presente, insieme a forme tecate come *Heterocapsa minima*, *Heterocapsa rotundata*, *Oxytoxum variabile*, e *Mesoporos perforatus*.

Le diverse classi raggruppate nella categoria "Altro plancton" (Cryptophyceae, Chrysophyceae, Dictyochophyceae, Prasinophyceae, Prymnesiophyceae non Coccolitofori più i flagellati non identificati) raggiungono complessivamente le abbondanze maggiori, tra 19,76 cell/ml in I19 MG7 0,5 m e 115,196 cell/ml in I19 MG7 50 m (Tabella 51). Il gruppo "Altro plancton" rappresenta in media il 54,33% (Figura 16), particolarmente per le abbondanze di *Phaeocystis* sp., che contribuisce notevolmente (fino a circa 73 cell/ml) insieme ad *Emiliana huxleyi* al massimo in I19 MG7 50 m, oltre che di Cryptophyceae n.i., *Plagioselmis prolonga*, *Telonema* sp., *Leucocryptos marina*, *Paulinella ovalis* ed altre piccole forme flagellate di difficile collocazione tassonomica. La presenza di questo massimo che emerge rispetto agli altri valori non è da considerare nella normalità della distribuzione fitoplanctonica "a chiazze" e della sua variabilità a breve scala temporale che consente l'accrescimento veloce di specie in condizioni favorevoli.

Sono stati identificati in totale, a diverso livello tassonomico, 161 taxa (Tabella 54) suddivisi tra le principali classi o raggruppamenti fitoplanctonici di cui si fornisce l'elenco completo in Tabella 55. La maggior parte dei taxa appartiene alla classe delle diatomee con 42 specie e 10 forme identificate a livello di genere. I dinoflagellati sono rappresentati da 44 specie e 6 forme identificate a livello di genere. I coccolitofori, infine, risultano meno diversificati con 26 specie insieme a 1 forma individuata a livello di genere. Il popolamento fitoplanctonico invernale presenta valori di diversità specifica (Shannon) e valori di equità (Pielou) che variano, rispettivamente tra 2,375 e 3,513 bit/cell e tra 0,422 e 0,608. I relativamente bassi valori di equità confermano la presenza di specie appartenenti alle diverse classi che dominano con abbondanze maggiori, come nei casi evidenziati di *Emiliana huxleyi*, *Phaeocystis* sp., *Cylindrotheca closterium*.

Tabella 51 - Densità fitoplanctonica totale (cell/ml) e delle classi o gruppi identificati.						
Stazione	prof. (m)	Diatomee	Dinoflagellati	Coccolitofori	Altro	Totale
I19 MG6	0,5	6,44	3,70	20,75	36,37	67,26
	12,5	4,93	5,48	22,06	60,89	93,36
	50	9,24	7,73	29,86	43,56	90,38
	70	10,84	7,23	25,49	26,08	69,62
I19 MG7	0,5	6,67	4,06	58,10	19,76	88,59
	12,5	4,66	2,53	40,21	58,22	105,62
	50	18,51	10,58	66,11	115,20	210,39
	70	9,85	4,45	34,39	33,76	82,45
I19 MG10	0,5	2,94	4,97	23,94	47,80	79,65
	12,5	1,76	5,76	19,03	60,90	87,45
	50	2,62	6,32	17,54	47,15	73,62
	70	4,61	8,90	18,20	39,77	71,48
I19 MG12	0,5	2,54	3,69	22,82	32,48	61,54
	12,5	2,76	3,28	21,28	39,60	66,92
	50	11,18	6,91	41,12	37,46	96,67
	70	12,28	6,61	36,16	36,98	92,03
I19 MG13	0,5	2,50	4,27	21,15	51,69	79,61
	12,5	3,38	5,26	21,96	84,22	114,83
	50	3,62	7,37	21,74	63,25	95,97
	70	3,31	9,28	16,59	42,34	71,52

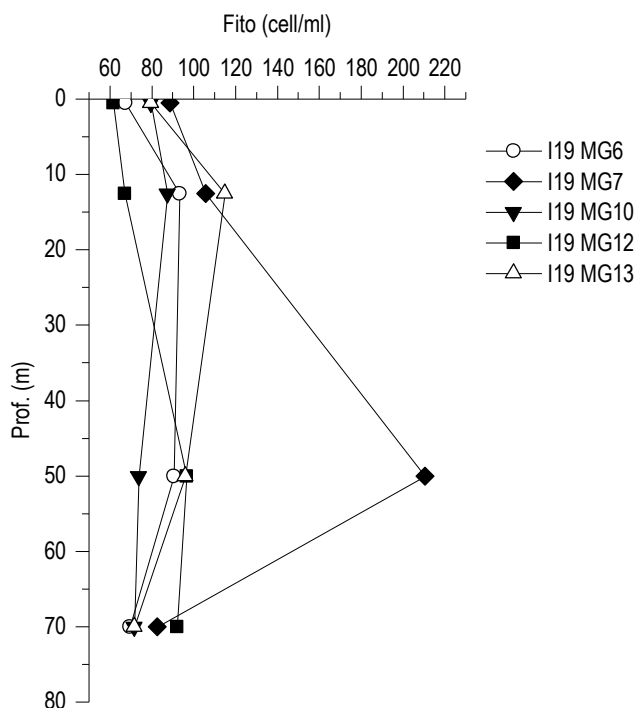


Figura 44 - Profili delle densità fitoplanctoniche totali (cell/ml).

**Tabella 52** - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati (prelievo con Niskin).

Classe	Specie	Generi	Categorie superiori*
Diatomee	42	10	5
Dinoflagellati	44	6	4
Pymnesiophyceae coccolitofori	26	1	1
Cryptophyceae	1		1
Chrysophyceae/Dictyochophyceae	5		1
Chlorophyta/Euglenoidea	2		2
Prasinophyceae	3	2	
Pymnesiophyceae non coccolitofori		1	
Altro	3	1	
Totale	126	21	14

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

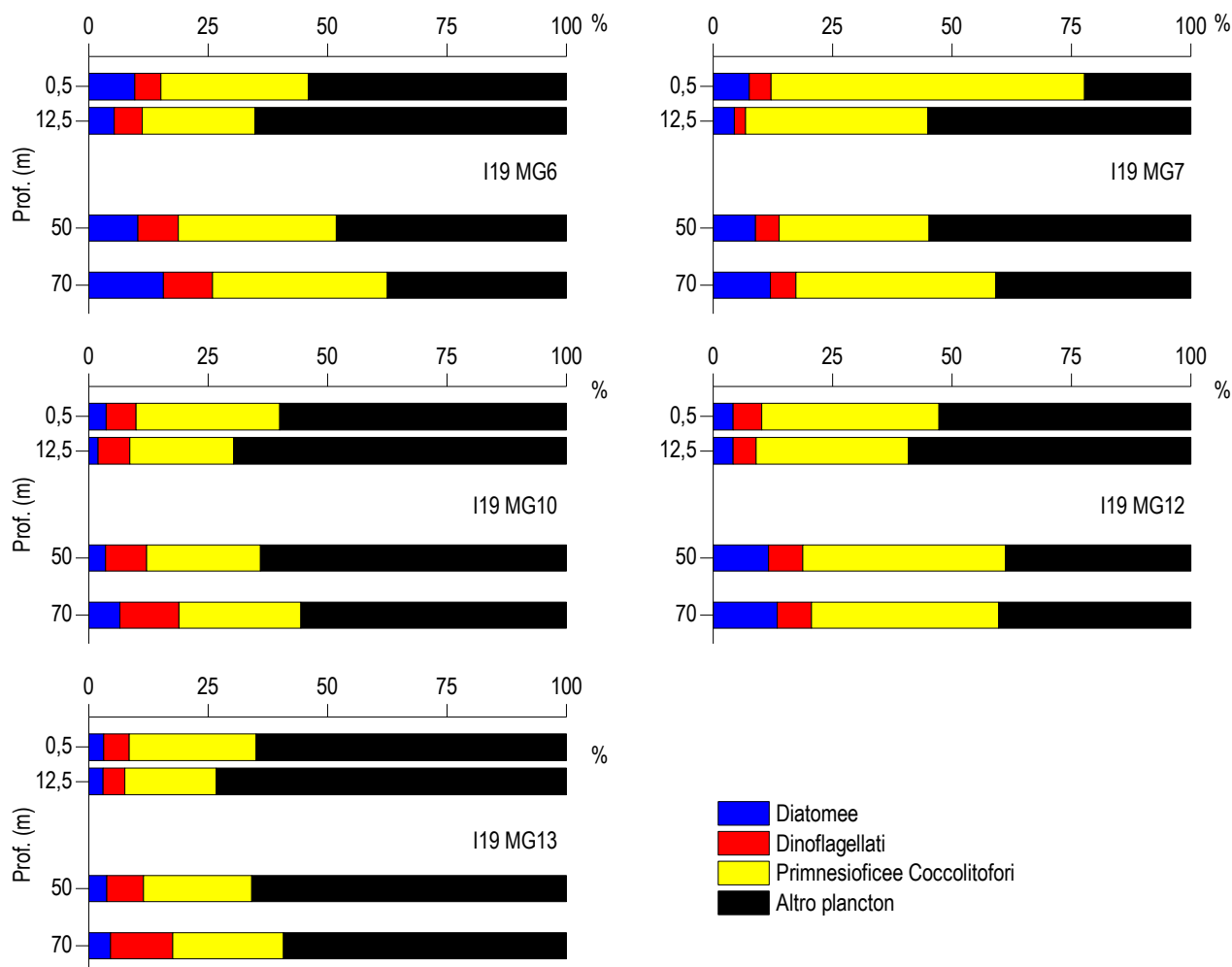


Figura 45 – Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda in rapporto all'abbondanza totale.

Tabella 53 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.

DIATOMEE		
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990	<i>Fragilaria</i> spp.	<i>Phaeodactylum tricornutum</i> Bohlin 1897
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey 1937	<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) Peragallo 1892	<i>Plagiotropis</i> sp.
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889	<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996	<i>Pleurosigma majus</i> (Grunow) Cleve 1894
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow 1880	<i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs 1861
<i>Chaetoceros socialis</i> Lauder 1864	<i>Haslea</i> sp.	<i>Psammodictyon panduriforme</i> (Gregory) Mann 1990
<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Haslea wawriakae</i> (Hustedt) Simonsen 1974	<i>Pseudo-nitzschia americana</i> (Hasle) Fryxell 1993
<i>Chaetoceros tenuissimus</i> Meunier 1913	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928
<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightwell 1856	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889	<i>Pseudo-nitzschia galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Diatomea pennata</i> n.i. (forma p)	<i>Navicula cf. transitans</i> Heimdal 1970	<i>Pseudo-nitzschia subfraudulenta</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Diatomee centriche</i> ≤ 20 µm n.i.	<i>Navicula directa</i> (Smith) Ralfs 1861	<i>Rhizosolenia decipiens</i> Sundström 1986
<i>Diatomee centriche</i> > 20 µm n.i.	<i>Navicula distans</i> (Smith) Ralfs 1861	<i>Skeletonema menzeli</i> Guillard Carpenter & Reimann 1974
<i>Diatomee pennate</i> ≤ 20 µm n.i.	<i>Navicula</i> spp.	<i>Suriella</i> sp.
<i>Diatomee pennate</i> > 20 µm n.i.	<i>Nitzschia</i> (sez. sigmatae) sp.	<i>Synedra</i> spp.
<i>Dimeregramma nanum</i> (Gregory) Ralfs 1861	<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve 1901	<i>Tabularia gallionii</i> (Bory de Saint-Vincent) Bukhtiyarova 1995
<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1854	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs 1861	<i>Thalassionema cf. bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955
<i>Entomoneis cf. paludosa</i> (Smith) Reimer 1975	<i>Nitzschia sicula</i> (Castracane) Hustedt	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986
<i>Entomoneis</i> spp.	<i>Nitzschia</i> spp.	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902
<i>Fragilaria</i> spp.	<i>Nitzschia tryblionella</i> Hantzsch 1860	<i>Thalassiosira</i> spp.
<i>Fragilaria dolioli</i> (Wallich) Medlin & Sims 1993		
DINOFLAGELLATI		
<i>Actiniscus pentasterias</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1844	<i>Gyrodinium</i> spp.	<i>Oxytoxum strophalatum</i> Dodge & Saunders 1985
<i>Alexandrium cf. minutum</i> Halim 1960	<i>Heterocapsa minima</i> Pomroy 1989	<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller 1937
<i>Amphidinium cf. globosum</i> Schröder 1911	<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981	<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937
<i>Amphidinium cf. sphenoides</i> Wulff 1916	<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) Hansen 1995	<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911
<i>Amphidinium</i> spp.	<i>Histonella robusta</i> Rampi 1969	<i>Phalacroma</i> spp.
<i>Azadinium caudatum</i> var. <i>margalefii</i> Nézan & Chomérat 2012	<i>Karenia brevis</i> (Davis) Hansen & Moestrup 2000	<i>Pronoctiluca pelagica</i> Fabre-Domergue 1889
<i>Azadinium spinosum</i> Elbrächter & Tillmann 2009	<i>Karenia papilionacea</i> Haywood & Steidinger 2004	<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970
<i>Centrodinium pulchrum</i> Bohm 1933	<i>Karenia</i> spp.	<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg 1833
<i>Cochlodinium pulchellum</i> Lebour 1917	<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & Taylor 2003	<i>Prorocentrum rathymum</i> Loeblich, Sherley & Schmidt 1979

Tabella 53 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.		
<i>Cochlodinium</i> sp.	<i>Mesoporos adriaticus</i> (Schiller) Lillick	<i>Protopteridinium breve</i> Paulsen 1907
<i>Dicroerisma pylonereia</i> Taylor & Cattell 1969	<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	<i>Protopteridinium cf. globulus</i> (Stein) Balech 1974
Dinoflagellati tecati $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Micracanthodinium setiferum</i> (Lohmann) Deflandre 1937	<i>Protopteridinium steinii</i> (Jørgensen) Balech 1974
Dinoflagellati tecati $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Neoceratium declinatum</i> (Karsten) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protopteridinium tuba</i> (Schiller) Balech 1974
Gymnodiniaceae $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Neoceratium falciforme</i> (Jørgensen) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Pyrocystis lunula</i> (Schütt) Schütt 1896
Gymnodiniaceae $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Neoceratium pulchellum</i> (Schröder) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Pyrophacus horologicum</i> Stein 1883
<i>Gymnodinium multistriatum</i> Kofoid & Swezy 1921	<i>Neoceratium symmetricum</i> (Pavillard) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Scrippsiella spinifera</i> Honsell & Cabrini 1991
<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883	<i>Torodinium robustum</i> Kofoid & Swezy 1921
<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy 1921	<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883	<i>Warnowia</i> sp.
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI		
<i>Acanthoica quattrosina</i> Lohmann 1903	<i>Coronosphaera binodata</i> (Kamptner) Gaarder 1977	<i>Pontosphaera syracusana</i> Lohmann 1902
<i>Algirosphaera robusta</i> (Lohmann) Norris 1984	<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977	<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898
<i>Anacanthoica acanthos</i> (Schiller) Deflandre 1952	<i>Daktylethra pirus</i> (Kamptner) Norris 1985	<i>Sphaerocalypta quadridentata</i> (Schiller) Deflandre 1952
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan 1978	<i>Discosphaera tubifer</i> (Murray & Blackman) Ostenfeld 1900	<i>Syracosphaera cf. molischii</i> Schiller 1925
<i>Calciopappus caudatus</i> Gaarder & Ramsfjell 1954	<i>Emiliania huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler 1967	<i>Syracosphaera histrica</i> Kamptner 1941
<i>Calciosolenia brasiliensis</i> (Lohmann) Young 2003	<i>Florisphaera profunda</i> Okada & Honjo 1973	<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902
<i>Calciosolenia murrayi</i> Gran 1912	<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	<i>Umbilicosphaera sibogae</i> (Weber-van Bosse) Gaarder 1970
<i>Calyptosphaera oblonga</i> Lohmann 1902	<i>Helladosphaera cornifera</i> (Schiller) Kamptner 1937	<i>Zygospaera hellenica</i> Kamptner 1937
<i>Calyptosphaera sphaeroidea</i> Schiller 1913	<i>Ophiaster hydroideus</i> (Lohmann) Lohmann 1913	
Coccolitofori $\leq 10 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Pontosphaera</i> sp.	
CRYPTOPHYCEAE		
Cryptophyceae n.i.	<i>Plagioselmis prolunga</i> Butcher ex Novarino, Lucas & Morrall 1994	
CHRYSOPHYCEAE/DICTYOCOPHYCEAE		
Chrysophyceae spp. $< 10 \mu\text{m}$	<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	<i>Meringosphaera tenerima</i> Schiller 1925
<i>Dictyocha aculeata</i>	<i>Meringosphaera mediterranea</i> Lohmann 1902	<i>Ollicola vangoorii</i> (Conrad) Vørs 1992
PRASINOPHYCEAE		
<i>Halosphaera viridis</i> Schmitz 1878	<i>Pseudoscourfieldia marina</i> (Thronsdon) Manton 1975	<i>Tetraselmis</i> sp.
<i>Pachysphaera pelagica</i> Ostenfeld 1899	<i>Pyramimonas</i> spp.	
CHLOROPHYCEAE/EUGLENOPHYCEAE		
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs 1848	<i>Euglenoidea</i> n.i.	<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová 1969
<i>Chlorophyta</i> n.i.		
PRYMNESIOPHYCEAE NON COCCOLITOFORI		
<i>Phaeocystis</i> sp.	<i>Phaeocystisforma coloniale</i>	
ALTRO		
Flagellati indeterminati $< 10 \mu\text{m}$	<i>Leucocryptos marina</i> (Braarud) Butcher 1967	<i>Telonema</i> sp.
<i>Commation cryoporinum</i> Thomsen & Larsen 1993	<i>Paulinella ovalis</i> (Wulff) Johnson, Hargraves & Sieburth 1988	

## Analisi qualitativa del fitoplancton da retino

Per l'identificazione della comunità microfitorplanctonica lungo tutta la colonna d'acqua, sono stati raccolti con retino 5 campioni nelle stazioni I19 MG6, I19 MG7, I19 MG10, I19 MG12 e I19 MG13.

Dall'analisi qualitativa dei campioni sono stati individuati 169 taxa, di cui 146 identificati a livello di specie, 18 come genere e 5 attribuibili a categorie soprageneriche (**Tabella 54**).

In **Tabella 55** è fornito l'elenco completo dei taxa presenti nelle diverse stazioni di campionamento. Nell'insieme di tutte le stazioni, 78 taxa appartengono alle Diatomee, 64 a Dinoflagellati e 16 a Coccolitofori; sono stati, inoltre, individuati 3 taxa attribuibili a Dictyochophyceae, 4 Euglenoideae, 2 Chlorophyceae, 1 Prymnesiophyceae non Coccolitofore ed 1 alla categoria Altro.

La numerosità dei taxa presenti nelle diverse stazioni va da un minimo di 72 in I19 MG7 ad un massimo di 101 in I19 MG6.

Dall'osservazione non è emersa una netta differenza nella quantità di taxa individuati che, in tutte le stazioni, sono principalmente appartenenti alla classe delle Diatomee (con rispettivamente 59 taxa in I19 MG6, 38 in I19 MG7, 40 in I19 MG10, 41 in I19 MG12 e 30 in I19 MG13) ed in secondo luogo alla classe dei Dinoflagellati (con 26 taxa in I19 MG6, 20 in I19 MG7, 25 in I19 MG10, 24 in I19 MG12 e 33 in I19 MG13). Anche la classe dei Coccolitofori risulta piuttosto differenziata in tutte le stazioni (con 11 taxa in I19 MG6, 10 in I19 MG7, 12 in I19 MG10 ed in I19 MG13 e 13 taxa in I19 MG12); la frazione più piccola del popolamento è, invece, rappresentata dalle Dictyochophyceae, dalle Euglenoideae, dalle Chlorophyceae, dalle Prymnesiophyceae non coccolitofori e dalla categoria Altro, che presentano un numero esiguo di taxa in tutte le stazioni. Sono stati, inoltre, identificati ed aggiunti 5 nuovi taxa che non erano stati rilevati nei retini dei campionamenti dei precedenti anni: *Chaetoceros cf. densus* (Diatomee), *Protopteridinium cf. brevipes* (Dinoflagellati), *Pandorina* sp. ed *Ankistrodesmus falcatus* (Chlorophyta) e *Anabaena* sp. (Cyanobatteri). Ad un confronto della lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative (**Tabella 27**) con l'elenco dei taxa ottenuti dalle analisi qualitative (**Tabella 55**), vediamo la presenza di molte specie rare, non osservate nei campioni da bottiglia, principalmente appartenenti a Diatomee e Dinoflagellati: numerose specie del genere *Chaetoceros*, *Guinardia*, *Hemiaulus* e *Rhizosolenia* ed un cospicuo numero di Dinoflagellati, appartenenti ai generi *Dinophysis*, *Neoceratium* (= *Ceratium*) e *Protopteridinium*.



**Tabella 54** - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati (prelievo con retino).

Classe	Specie	Generi	Categorie superiori*
Diatomee	65	11	2
Dinoflagellati	58	4	2
Prymnesiophyceae coccolitofori	16		
Dictyochophyceae	3		
Euglenoideae	3		1
Chlorophyceae	1	1	
Prymnesiophyceae non Coccolitofori		1	
Altro		1	
<b>Totale</b>	<b>146</b>	<b>18</b>	<b>5</b>

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

**Tabella 55** - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni I19 MG6, I19 MG7, I19 MG10, I19 MG12 e I19 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13)

Specie	6	7	10	12	13	Specie	6	7	10	12	13
<b>DIATOMEE</b>											
<i>Amphiprora gigantea</i> var. <i>sulcata</i> (O'Meara) Cleve 1894	x			x		<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889	x	x			
<i>Amphora</i> cf. <i>laevis</i> Gregory 1857				x	x	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975		x			
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990	x	x	x	x	x	<i>Licmophora gracilis</i> (Ehrenberg) Grunow 1867		x			
<i>Asterolampra marylandica</i> Ehrenberg 1844	x					<i>Lioloma pacificum</i> (Cupp) Hasle 1996		x			
<i>Asteromphalus flabellatus</i> Ehrenberg 1844	x					<i>Navicula distans</i> (Smith) Ralfs 1861		x			x
<i>Bacillaria paxillifera</i> (Müller) Marsson 1901	x					<i>Navicula</i> spp.		x		x	x
<i>Bacteriastrium delicatulum</i> Cleve 1897	x	x				<i>Navicula transitans</i> var. <i>delicatula</i> Heimdal 1970		x	x	x	x
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey 1937				x		<i>Naviculaceae</i> spp.		x	x	x	
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864				x		<i>Neocalyptrella robusta</i> (Norman ex Ralfs) Hernández-Becerril & Meave del Castillo 1997			x		
<i>Chaetoceros brevis</i> Schütt 1895				x		<i>Nitzschia</i> (sez. <i>sigmatae</i> ) sp.		x	x	x	
<i>Chaetoceros</i> cf. <i>decepiens</i> Cleve 1873			x			<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve 1901		x	x	x	x
<i>Chaetoceros</i> cf. <i>densus</i> (Cleve) Cleve 1899	x					<i>Nitzschia</i> cf. <i>clausii</i> Hantzsch 1860		x			x
<i>Chaetoceros dadayi</i> Pavillard 1913	x					<i>Nitzschia</i> cf. <i>recta</i> Hantzsch ex Rabenhorst 1862		x			
<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve 1873	x					<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs 1861		x	x	x	
<i>Chaetoceros socialis</i> Lauder 1864			x		x	<i>Odontella mobiliensis</i> (Bailey) Grunow 1884		x			x
<i>Chaetoceros</i> spp.			x			<i>Plagiotropis</i> spp.		x	x	x	x
<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightwell 1856	x		x			<i>Pleurosigma</i> cf. <i>nicobaricum</i> Grunow 1880		x		x	x
<i>Coscinodiscus</i> cf. <i>perforatus</i> Ehrenberg 1844	x					<i>Pleurosigma delicatulum</i> Smith 1852		x			
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	x	x	x	x	x	<i>Pleurosigma majus</i> (Grunow) Cleve 1894		x	x		x
<i>Cylindrotheca fusiformis</i> Reimann & J.C.Lewin 1964					x	<i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs 1861		x	x	x	x
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle 1996			x		x	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986		x	x	x	
<i>Dactyliosolen phuketensis</i> (Sundström) Hasle 1996			x			<i>Psammodictyon panduriforme</i> (Gregory) Mann 1990		x	x		x
Diatomee centriche > 20 µm n.i.	x			x	x	<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002					x
Diatomee pennate > 20 µm n.i.	x	x	x	x	x	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928		x	x	x	x
<i>Dimeregramma</i> sp.				x	x	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993		x	x	x	x
<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1853	x	x	x	x	x	<i>Pseudo-nitzschia subfraudenta</i> (Hasle) Hasle 1993		x	x	x	x
<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1854	x	x	x	x	x	<i>Rhizosolenia decepiens</i> Sundström 1986		x			x
<i>Entomoneis</i> cf. <i>paludosa</i> (Smith) Reimer 1975	x	x	x	x	x	<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell 1858		x	x	x	
<i>Entomoneis</i> spp.	x	x	x	x	x	<i>Surirella fastuosa</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1843		x	x	x	x
<i>Fragilaria</i> cf. <i>vitrea</i> var. <i>minima</i> (Ralfs) Grunow in Van Heurck 1881					x	<i>Synedra</i> spp.				x	x
<i>Fragilaria</i> sp.	x	x	x		x	<i>Tabularia gailionii</i> (Bory de Saint-Vincent) Bukhtiyarova 1995		x		x	x
<i>Fragilariopsis doliolus</i> (Wallich) Medlin & P.A.Sims 1993	x	x			x	<i>Thalassionema bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955		x	x	x	x
<i>Fragilariopsis</i> sp.	x	x	x		x	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986		x	x	x	x
<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) Peragallo 1892	x				x	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902		x	x	x	x
<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996				x	x	<i>Thalassiosira angulata</i> (Gregory) Hasle 1978		x			
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow 1880	x			x	x	<i>Thalassiosira</i> cf. <i>delicatula</i> Ostensfeld 1908					x
<i>Haslea wawriakae</i> (Hustedt) Simonsen 1974				x	x	<i>Thalassiosira</i> spp.		x			x
<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	x	x	x	x	x	<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve & Grunow 1880					x
<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville 1865	x	x			x	<i>Tryblionella punctata</i> Smith 1853		x			
<b>DINOFLAGELLATI</b>											
<i>Alexandrium</i> cf. <i>minutum</i> Halim 1960				x	x	<i>Neoceratium pentagonum</i> (Gouret) Gómez, Moreira & López-García 2010		x			x
<i>Amphisolenia bidentata</i> Schröder 1900	x					<i>Neoceratium pulchellum</i> (Schröder) Gómez, Moreira & López-García 2010					x
<i>Azadinium caudatum</i> (Halldal) Nézan et Chomérat 2012				x	x	<i>Neoceratium symmetricum</i> (Pavillard) Gómez, Moreira & López-García 2010			x		x
<i>Ceratium azoricum</i> Cleve 1900	x			x		<i>Neoceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010					x
<i>Ceratium buceros</i> Zacharias 1906	x					<i>Neoceratium tripos</i> (O.F.Müller) Gómez, Moreira & López-García 2010		x			x
<i>Ceratium paradoxoides</i> Cleve 1900	x					<i>Neoceratium vultur</i> (Cleve) Gomez, Moreira & Lopez-Garcia 2010					x
<i>Corythodinium tessellatum</i> (Stein) Loeblich Jr. & Loeblich III 1966					x	<i>Ornithocercus quadratus</i> Schütt 1900		x			
Dinoflagellati tecati > 20 µm n.i.			x	x	x	<i>Oxytoxum constrictum</i> (Stein) Bütschli 1885					x
<i>Dinophysis acuta</i> Ehrenberg 1839				x		<i>Oxytoxum curvatum</i> (Kofoid) Kofoid 1911			x		
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent 1881					x	<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller		x		x	
<i>Dinophysis operculoides</i> (Schütt) Balech 1967	x					<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883		x	x	x	x

Tabella 55 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni I19 MG6, I19 MG7, I19 MG10, I19 MG12 e I19 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13)																			
<i>Dinophysis ovum</i> (Schütt) Abé	x									<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883	x	x							
<i>Dinophysis parva</i> Schiller 1928					x					<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller 1937			x						
<i>Dinophysis parvula</i> (Schütt) Balech 1967					x					<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937				x					x
<i>Dinophysis</i> spp.						x				<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911									x
<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh 1881					x					<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970	x	x	x	x	x				x
<i>Goniodoma polyedricum</i> (Pouchet) Jörgensen 1899						x	x			<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975	x	x	x	x					
<i>Gymnodiniaceae</i> > 20 µm n.i.	x	x	x	x	x					<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895					x	x			
<i>Gymnodinium</i> spp.	x	x	x							<i>Prorocentrum lima</i> (Ehrenberg) Stein 1878				x					
<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992						x				<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg 1833									x
<i>Gyrodinium</i> spp.							x			<i>Protoperidinium breve</i> Paulsen 1907									x
<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981								x		<i>Protoperidinium cf. brevipes</i> (Paulsen) Balech 1974			x						
<i>Histioneis longicollis</i> Kofoid 1907						x				<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech 1974			x						x
<i>Lingulodinium polyedrum</i> (Stein) Dodge 1989	x	x			x	x				<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech 1974			x					x	x
<i>Mesoporos adriaticus</i> (Schiller) Lillick	x	x	x	x	x					<i>Protoperidinium pallidum</i> (Ostenfeld) Balech 1973									x
<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	x	x	x	x	x					<i>Protoperidinium pellucidum</i> Bergh ex Loeblich Jr. & Loeblich III 1881	x								
<i>Neoceratium candelabrum</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x			x				<i>Protoperidinium quarnerense</i> (Schröder) Balech 1974									x
<i>Neoceratium declinatum</i> (Karsten) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x	x	x					<i>Protoperidinium</i> sp.									x
<i>Neoceratium extensum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010	x									<i>Protoperidinium steinii</i> (Jørgensen) Balech 1974					x				x
<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x	x	x					<i>Protoperidinium conicum</i> (Gran) Balech 1974									x
<i>Neoceratium karstenii</i> (Pavillard) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x								<i>Pyrocystis lunula</i> (Schütt) Schütt 1896					x				x
<i>Neoceratium longirostrum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010						x				<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich III 1965								x	
<b>PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI</b>																			
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan 1978	x	x	x	x	x					<i>Pontosphaera syracusana</i> Lohmann 1902			x	x				x	x
<i>Calciosolenia brasiliensis</i> (Lohmann) Young 2003	x	x	x	x	x					<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898			x	x	x	x	x	x	x
<i>Coronosphaera binodata</i> (Kamptner) Gaarder 1977						x				<i>Rhabdosphaera stylifera</i> Lohmann								x	x
<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977	x	x	x			x				<i>Scyphosphaera apsteinii</i> Lohmann 1902			x				x	x	x
<i>Daktylethra pirus</i> (Kamptner) R.E. Norris 1985	x					x				<i>Syracosphaera histrica</i> Kamptner 1941			x						x
<i>Discosphaera tubifer</i> (Murray & Blackman) Ostenfeld 1900						x	x	x	x	<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902			x	x	x	x	x	x	x
<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	x	x	x	x	x					<i>Umbilicosphaera sibogae</i> (Weber-van Bosse) Gaarder 1970			x	x	x	x	x	x	x
<i>Pontosphaera discopora</i> Lohmann 1902								x	x	<i>Zygospaera hellenica</i> Kamptner 1937									x
<b>CHRISOPHYCEAE/DICTYOPHYCEAE</b>																			
<i>Dictyocha epidon</i> subsp. <i>subaculeata</i> (Bukry) Desikachary & Prema 1996	x	x	x	x	x					<i>Oclactis octonaria</i> (Ehrenberg) Hovasse 1946			x						x
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	x	x	x	x	x														
<b>EUGLENOIDEAE</b>																			
<i>Eutreptiella eupharyngea</i>	x					x				<i>Eutreptiella marina</i> da Cunha 1914			x					x	x
<i>Eutreptiella gymnastica</i> Thronsen 1969						x				<i>Euglenoideae</i> n.i.								x	
<b>CHLOROPHYCEAE</b>																			
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs 1848						x				<i>Pandorina</i> sp.									x
<b>PRYMNESIOPHYCEAE NON COCCOLITOFORI</b>																			
<i>Phaeocystis</i> sp. (forma coloniale)						x	x			<i>Anabaena</i> sp.									x
<b>ALTRO</b>																			
<i>Anabaena</i> sp.						x													

#### 4.1.2.2 Zooplancton

##### Oloplancton

Durante la campagna invernale del 2019 (I19) si osserva la dominanza della sottoclasse Copepoda all'interno del comparto neritico oloplanctonico, analogamente a quanto osservato nelle precedenti campagne.

Rispetto alle campagne invernali I16, I17 e I18, si registra un calo di abbondanza, pur rimanendo inalterata biodiversità e la distribuzione verticale degli organismi lungo la colonna.

Il calo di abbondanza non è limitato alla componente a crostacei, ma interessa il popolamento zooplanctonico in generale.

Il calo conseguente di biomassa zooplanctonica (**Tabella 57**) è riconducibile esclusivamente alla naturale variabilità interannuale del comparto ecologico investigato.

La componente a Copepodi è prevalentemente concentrata nella porzione della colonna d'acqua compresa tra la superficie e - 50 m, così come registrato nelle precedenti campagne invernali (I17 e I18). L'abbondanza media dei campioni verticali compresi tra la superficie e - 50 m è di 880,71 ind. per m<sup>-3</sup>; con un massimo di 1013,81 ind/m<sup>3</sup> registrato nella stazione I19 MG10 ed un minimo di 746,06 ind/m<sup>3</sup> nella stazione I19 MG12. L'abbondanza media dei campioni verticali profondi, compresi tra 50 e 100 m di profondità è di 734,10 ind. per m<sup>-3</sup> con un massimo di 881,23 ind/m<sup>3</sup> registrato nella stazione I19 MG7 e un minimo di 431,52 ind/m<sup>3</sup> nella stazione I19 MG6. L'analisi della porzione più superficiale della colonna d'acqua restituisce un valore medio leggermente inferiore con 621,99 ind/m<sup>3</sup> (max = 822,91 ind./m<sup>3</sup> I19 MG12; min = 445,51 ind./m<sup>3</sup> I19 MG6). Siti circostanti il terminale e sito di controllo restituiscono la medesima distribuzione verticale e omogenea biodiversità, confermando la naturalità dei risultati ed escludendo ogni potenziale alterazione dell'area di studio.

I taxa di copepodi identificati sono 104 (**Tabella 56**) in rappresentanza di 26 famiglie.

La famiglia più rappresentata così come registrato in tutte le precedenti campagne invernali e ampiamente confermato dalla bibliografia scientifica, è quella dei Calanoidi Clausocalanidi, presente con 10 taxa, di cui 9 appartenenti al genere *Clausocalanus*. Come rilevato in I17 e I18 le specie dominanti sono principalmente: *Clausocalanus paululus* (superficiale: 157,01 ind./m<sup>3</sup>; 0 – 50 m: 117,50 ind./m<sup>3</sup>; 50 – 100 m: 87,34 ind./m<sup>3</sup>), *Clausocalanus mastigophorus* (superficiale: 13,78 ind./m<sup>3</sup>; 0 – 50 m: 10,40 ind./m<sup>3</sup>; 50 – 100 m: 6,76 ind./m<sup>3</sup>) e *Clausocalanus lividus* (superficiale: 14,21 ind./m<sup>3</sup>; 0 – 50 m: 10,40 ind./m<sup>3</sup>; 50 – 100 m: 14,04 ind./m<sup>3</sup>). *C. paululus*, specie più abbondante della campagna in esame, tende ad aumentare al decrescere della profondità.

*C. mastigophorus* e *C. lividus* sono comunque meno abbondanti rispetto ai precedenti periodi caratterizzati da omeotermia della colonna d'acqua. *Clausocalanus furcatus* ha abbondanze confrontabili con i congenerici (superficiale: 19,21 ind./m<sup>3</sup>; 0 – 50 m: 20,28 ind./m<sup>3</sup>; 50 – 100 m: 10,40 ind./m<sup>3</sup>).

Il Clausocalanide *Ctenocalanus vanus*, unico rappresentante nel Mar Mediterraneo del genere *Ctenocalanus*, è concentrato principalmente nei primi 50 m della colonna, esclusi i metri prossimi alla superficie (superficiale: 0,72 ind./m<sup>3</sup>; 0 – 50 m: 10,92 ind./m<sup>3</sup>; 50 – 100 m: 7,28 ind./m<sup>3</sup>). In linea con quanto osservato durante I18, la seconda famiglia maggiormente rappresentata nella comunità a Copepodi planctonici è quella dei Paracalanidae (12 taxa), poco abbondante solo nei campionamenti orizzontali superficiali (superficiale: 29,64 ind./m<sup>3</sup>; 0 – 50 m: 140,89 ind./m<sup>3</sup>; 50 – 100 m: 111,78 ind./m<sup>3</sup>). Le specie appartenenti al genere *Calocalanus* sono state campionate sempre con abbondanze contenute contrariamente ai *Paracalanus* maggiormente rappresentati: *Paracalanus nanus* e *P. parvus* si confermano come specie abbondanti. Per quanto concerne la componente neustonica la famiglia Pontellidae è rappresentata da 6 taxa e alcuni individui giovanili appartenenti al genere *Pontella*.

Fra le specie costantemente campionate lungo tutto l'anno, risulta abbondante il Temoridae *Temora stylifera*, specie che registra in Mediterraneo occidentale il picco di presenza in autunno, rimanendo comunque abbondante durante tutto il periodo freddo (superficiale: 37,39 ind./m<sup>3</sup>; 0 – 50 m: 44,71 ind./m<sup>3</sup>; 32,23 ind./m<sup>3</sup>). L'anomala abbondanza invernale del Centropagide *Centropages typicus*, specie prettamente primaverile nell'area di studio, osservata durante la stagione I18, non è stata confermata nella stagione in oggetto. Saltuariamente abbondante, soprattutto nei campioni superficiali, il Centropagide *Isias clavipes*.

Terza per abbondanza è la famiglia Oithonidae (superficiale: 27,85 ind./m<sup>3</sup>; 0 – 50 m: 122,70 ind./m<sup>3</sup>; 94,10 ind./m<sup>3</sup>), rappresentata complessivamente da 8 specie appartenenti al genere *Oithona*. Così come nelle precedenti stagioni invernali, tutte sono scarsamente rappresentate nei campioni superficiali, raggiungendo abbondanze considerevoli al di sotto dei primi metri della colonna d'acqua. *Oithona decipiens*, *O. plumifera* e *O. similis* sono le specie più abbondanti.

I Corycaidae (superficiale: 42,90 ind./m<sup>3</sup>; 0 – 50 m: 95,14 ind./m<sup>3</sup>; 51,99 ind./m<sup>3</sup>) e gli Oncaidae (superficiale: 35,96 ind./m<sup>3</sup>; 0 – 50 m: 53,55 ind./m<sup>3</sup>; 59,27 ind./m<sup>3</sup>) sono regolarmente rappresentanti a tutte le profondità investigate.

Si conferma la presenza invernale dell'Eucalanidae *Subeucalanus monachus*, anche se con pochi individui.

Raro il ritrovamento delle specie *Lubbockia squillimana* (nelle acque maltesi campionata anche a 3000 m di profondità), *Vettopia granulosa* e *Vettopia longifurca*, congeneriche prettamente pelagiche.

I copepodi Harpacticoida sono rappresentati dalle famiglie Ectinosomatidae, Pelydiidae, Miracidae e Euterpinidae, sempre con abbondanze molto contenute, eccezion fatta per *Euterpina acutifrons* (superficiale: 24,35 ind./m<sup>3</sup>; 0 – 50 m: 31,71 ind./m<sup>3</sup>; 10,72 ind./m<sup>3</sup>). Sono stati identificati 9 taxa appartenenti alla famiglia Sapphirinidae, rappresentata dai generi *Copilia*, *Sapphirina* e *Vettopia*.

Costante, ma non abbondante appare *Distiocolus minor*, campionata per la prima volta nei mari italiani durante i monitoraggi intorno al 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
<b>Famiglia Acartiidae</b>				<i>Heterorhabdus papilliger</i>			*	<i>Corycaeus ovalis</i>	*	*	
<i>Acartia negligens</i>	*	*	*	<b>Famiglia Lucicutiidae</b>				<i>Corycaeus typicus</i>	*	*	*
<i>Acartia</i> sp	*	*	*	<i>Lucicutia clausi</i>			*	<i>Corycaeus</i> spp.	*	*	*
<b>Famiglia Aetidae</b>				<i>Lucicutia flavicornis</i>	*	*	*	<i>Farranula rostrata</i>	*	*	*
<i>Autideus giesbrechti</i>			*	<i>Lucicutia gausse</i>			*	<b>Famiglia Lubbockiidae</b>			
<i>Euchirella rostrata</i>	*	*	*	<b>Famiglia Mecynoceridae</b>				<i>Lubbockia squillimana</i>		*	
<b>Famiglia Augaptilidae</b>				<i>Mecynocera clausi</i>	*	*	*	<b>Famiglia Oithonidae</b>			
<i>Haloptilus longicornis</i>	*	*	*	<b>Famiglia Metridinidae</b>				<i>Oithona decipiens</i>	*	*	*
<b>Famiglia Calanidae</b>				<i>Pleuromamma abdominalis</i>	*	*	*	<i>Oithona longispina</i>	*	*	*
<i>Calanus helgolandicus</i>	*	*	*	<i>Pleuromamma gracilis</i>	*	*	*	<i>Oithona nana</i>	*	*	
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	*	*	*	<b>Famiglia Paracalanidae</b>				<i>Oithona plumifera</i>	*	*	*
<i>Nannocalanus minor</i>	*	*	*	<i>Calocalanus contractus</i>	*	*	*	<i>Oithona setigera</i>	*	*	*
<i>Neocalanus gracilis</i>	*	*	*	<i>Calocalanus longisetosus</i>		*	*	<i>Oithona similis</i>	*	*	*
<b>Famiglia Candaciidae</b>				<i>Calocalanus neptunus</i>		*	*	<i>Oithona tenuis</i>	*	*	*
<i>Candacia aethiopica</i>	*	*	*	<i>Calocalanus ovalis</i>	*	*	*	<i>Oithona</i> spp	*	*	*
<i>Candacia armata</i>		*	*	<i>Calocalanus pavo</i>	*	*	*	<b>Famiglia Oncaidae</b>			
<i>Candacia bispinosa</i>	*	*	*	<i>Calocalanus pavoninus</i>		*	*	<i>Oncaea curta</i>	*	*	*
<i>Candacia giesbrechti</i>	*	*	*	<i>Calocalanus plumulosus</i>	*	*	*	<i>Oncaea media</i>	*	*	*
<i>Candacia juv</i>	*	*	*	<i>Calocalanus styliremis</i>	*	*	*	<i>Oncaea mediterranea</i>	*	*	*
<i>Candacia simplex</i>	*	*	*	<i>Calocalanus</i> spp	*	*	*	<i>Oncaea scottodicarloi</i>	*	*	*
<b>Famiglia Centropagidae</b>				<i>Paracalanus nanus</i>	*	*	*	<i>Oncaea venusta</i>	*	*	*

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

<i>Centropages kroyeri</i>	*	*		<i>Paracalanus parvus</i>	*	*	*	<i>Oncaea</i> spp	*	*	*
<i>Centropages typicus</i>	*	*	*	<i>Paracalanus</i> spp	*	*	*	<i>Triconia spinifera</i>	*	*	*
<i>Centropages violaceus</i>	*	*		<b>Famiglia Pontellidae</b>				<b>Famiglia Sapphirinidae</b>			
<i>Isias clavipes</i>	*	*	*	<i>Anomalocera patersoni</i>	*			<i>Copilia mediterranea</i>	*	*	*
<b>Famiglia Clausocalanidae</b>				<i>Labidocera wollastoni</i>	*			<i>Sapphirina iris</i>	*	*	
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	*	*	*	<i>Pontella mediterranea</i>	*			<i>Sapphirina nigromaculata</i>	*	*	
<i>Clausocalanus furcatus</i>	*	*	*	<i>Pontella juv</i>	*			<i>Sapphirina ovatolanceolata</i>	*	*	
<i>Clausocalanus jobei</i>	*	*	*	<i>Pontellina plumata</i>	*	*		<i>Sapphirina sali</i>	*		
<i>Clausocalanus lividus</i>	*	*	*	<i>Pontellopsis regalis</i>	*			<i>Sapphirina vorax</i>			*
<i>Clausocalanus mastigophorus</i>	*	*	*	<i>Pontellopsis villosa</i>	*			<i>Sapphirina</i> spp	*	*	
<i>Clausocalanus parapergens</i>	*	*	*	<b>Famiglia Scolecitrichidae</b>				<i>Vetтория granulosa</i>	*		
<i>Clausocalanus paululus</i>	*	*	*	<i>Scolecitrichella dentata</i>	*	*	*	<i>Vetтория longifurca</i>			*
<i>Clausocalanus pergens</i>	*	*	*	<i>Scolecitrichella ovata</i>		*	*	<b>Famiglia Ectinosomatidae</b>			
<i>Clausocalanus</i> spp.	*	*	*	<i>Scolecitrix bradyi</i>		*	*	<i>Microsetella norvegica</i>		*	*
<i>Ctenocalanus vanus</i>	*	*	*	<b>Famiglia Temoridae</b>				<i>Microsetella rosea</i>		*	*
<b>Famiglia Eucalanidae</b>				<i>Temora stylifera</i>	*	*	*	<b>Famiglia Miracidae</b>			
<i>Eucalanus elongatus</i>		*	*	<b>Famiglia Corycaeidae</b>				<i>Distiocolus minor</i>	*	*	*
<i>Rhincalanus nasutus</i>	*	*	*	<i>Corycaeus brehmi</i>	*	*	*	<b>Famiglia Euterpinidae</b>			
<i>Subeucalanus monachus</i>	*	*	*	<i>Corycaeus clausi</i>	*	*	*	<i>Euterpina acutifrons</i>	*	*	*
<b>Famiglia Euchaetidae</b>				<i>Corycaeus flaccus</i>	*	*	*	<b>Famiglia Peltyidiidae</b>			
<i>Euchaeta acuta</i>	*	*	*	<i>Corycaeus furcifer</i>	*	*	*	<i>Goniopsyllus rostratus</i>	*	*	*
<i>Euchaeta marina</i>	*	*	*	<i>Corycaeus giesbrechti</i>	*	*	*				
<b>Famiglia Heterorhabdidae</b>				<i>Corycaeus limbatus</i>			*				

Nella tabella seguente (**Tabella 57**) sono indicati i volumi di sedimentazione (dopo 24 h), espressi in ml, della componente oloplanctonica raccolta nella campagna I19. 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 inferiori a quelli riscontrati nella maggior parte delle precedenti campagne di monitoraggio svolte nel periodo invernale (I14, I15, I17 e I18). Valori di biomassa simili sono stati osservati durante la stagione inverno 2016, dimostrando come tale riduzione sia riconducibile a una ciclica variabilità interannuale (naturalmente presente nel plancton) e non a un impatto di natura antropica sull'area monitorata. Il principale *driver* di accumulo di biomassa planctonica nel canale di Corsica è la *Northern Current*, la quale normalmente diviene più intensa nel periodo compreso tra Dicembre - Febbraio, determinando il picco invernale di biomassa planctonica. Anomalie climatiche e saltuaria diminuzione della sua intensità portano ad un minor accumulo di organismi planctonici all'interno del Canale di Corsica, come osservato in I16 e I19.

<b>Tabella 57</b> - 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)	I19 MG6	I19 MG7	I19 MG10	I19 MG12	I19 MG13
OR	56	54	78	83	62
50-0	8,5	8,0	12	6	8
100-50	5,5	5	7	7	7,5

### Meroplancton

Nella campagna invernale I19, (**Tabella 58**), sono stati identificati complessivamente 35 *taxa* meroplanctonici appartenenti a 7 *phyla* di invertebrati marini (Cnidaria, Mollusca, Annelida, Nemertea, Arthropoda, Echinodermata, Foronidea). Non si registrano specie nuove.

Anche per questo campionamento, in linea con quanto registrato in tutti i *survey* in tutte le stagioni, le larve di crostacei decapodi, assommando complessivamente 22 *taxa* (62,8%), risultando il gruppo largamente più rappresentato, seguito dagli echinodermi con 5 *taxa* (22,7%).

I decapodi, soprattutto i brachiuri, si concentrano prevalentemente in superficie; il 100% dei *taxa* delle larve raccolte è presente nei retinaggi orizzontali (3 *taxa* sono esclusivi di questo settore, ovvero presenti solo in superficie), mentre nessun *taxa* è esclusivo di campionamenti verticali profondi, sebbene soprattutto i caridei siano preferenzialmente distribuiti nei campioni verticali.

Anche la stagione invernale quindi consolida la tendenza e soprattutto conferma il dato di letteratura secondo il quale i crostacei decapodi tendono, durante le ore notturne, a concentrarsi nei primissimi metri di profondità al di sotto della superficie.

Come già emerso nel passato, la comunità costituita dalle larve di crostacei decapodi è eterogenea, ovvero non esiste una specie dominante a livello quantitativo.

Il genere *Liocarcinus*, come già accaduto in *survey* precedenti, è quello maggiormente rappresentato (max OR: 0,91 ind/m<sup>3</sup> nel campione I19 MG12, max 0-50: 2,55 ind/m<sup>3</sup> nel campione I19 MG6, max 50-fondo: 0,65 ind/m<sup>3</sup> nel campione I19 MG6).



Da evidenziare che, in merito al genere considerato, le analisi condotte sul sequenziamento del DNA hanno mostrato una corrispondenza attendibile (99%) con almeno tre specie appartenenti a questo genere: *Liocarcinus depurator*, *L. maculatus* e *L. vernalis*, altrimenti indistinguibili a livello morfologico. Queste analisi erano state condotte proprio nell'inverno del 2018 e di conseguenza il dato suggerisce, senza un'analisi *barcoding*, di considerare il dato quantitativo di *Liocarcinus* come il risultato di un complesso di tre specie differenti.

Tra gli anomuri prevale la presenza di due specie in particolare, l'*Anapagurus braeviaculeatus* e l'*A. laevis*. Anche in questo caso ci troviamo in presenza di specie largamente diffuse in questo settore del Mar Ligure. Le specie sono compatibili con il periodo di campionamento, sebbene risultino sempre presenti in tutte le stagioni con minime variazioni quantitative e talvolta con esplosioni demografiche che tendono a concentrarsi proprio nel periodo invernale.

Tra i caridei prevale il genere *Processa*. Anche in questo caso il dato conferma quanto rilevato in precedenti campagne invernali, trattandosi di un *taxon* ampiamente diffuso in questo settore biogeografico e in particolare con la specie *Processa edulis edulis* che mostra abbondanze maggiori nelle stazioni intermedie tra – 50 m e la superficie (max 0-50: 1,98 ind/m<sup>3</sup> nella stazione I19 MG13).

Tra le larve degli echinodermi la specie dominante in tutte le stazioni e a tutti i livelli è l'ofiuroido *Ophiotrix fragilis*, particolarmente abbondante nelle stazioni intermedie (max: in MG6 1,7 ind per m<sup>-3</sup>). Si tratta di una specie largamente presente in tutti i campionamenti fino ad oggi realizzati, talvolta in assoluto la specie più abbondante del campione meroplanctonico. Seguono *Brissopsis lyrifera* e il genere *Echinocardium*. Così come emerso per l'ofiuroido anche i due echinoidei hanno una preferenziale distribuzione nella fascia intermedia della colonna d'acqua registrando dati quantitativi maggiori nei retinaggi condotti tra 0 e 50 m di profondità.

Nel complesso, anche per la stagione I19 è possibile quindi affermare che, per quanto riguarda la componente meroplanctonica dello zooplancton, i risultati sono in linea con quanto emerso già nelle stagioni invernali precedenti, di conseguenza non risultano alterazioni nella composizione della comunità imputabili all'esercizio del rigassificatore FSRU Toscana.

**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
<b>CNIDARIA</b>				<i>Anapagurus braeviaculeatus</i>	*	*	*	<i>Philocheras bispinosus</i>	*		
Efira ind	*	*		<i>Anapagurus laevis</i>	*			<i>Pirimela denticulata</i>	*	*	
<b>MOLLUSCA</b>				<i>Ebalia nux</i>	*	*	*	<i>Plesionika</i> sp	*	*	
Gastropoda larvae ind	*	*	*	<i>Ebalia tumefacta</i>	*	*		<i>Processa edulis edulis</i>	*	*	*
Bivalvia larvae ind	*	*	*	<i>Ebalia</i> sp	*			<i>Processa</i> sp	*	*	*
<b>POLYCHAETA</b>				<i>Eusergestes arcticus</i>	*	*	*	<i>Sergia robusta</i>	*	*	*
<i>Owenia</i> sp	*	*		<i>Galathea</i> sp	*	*	*	<b>ECHINODERMATA</b>			
Polychaeta larvae ind	*	*	*	<i>Gennadas braevirostris</i>	*	*		<i>Brissopsis lyrifera</i>	*	*	*
Spionidae ind	*	*	*	<i>Goneplax rhomboides</i>	*	*	*	<i>Echinocardium</i> sp	*	*	*
Trocofora ind	*	*	*	<i>Liocarcinus</i> sp	*	*	*	<i>Ophiotrix fragilis</i>	*	*	*
<b>NEMERTEA</b>				<i>Lucifer typus</i>	*	*		<i>Ophiura</i> sp	*		
Pilidium larvae ind	*			<i>Lysmata seticaudata</i>	*	*	*	<i>Spatangus purpureus</i>	*	*	
<b>CRUSTACEA</b>				<i>Maja</i> sp	*	*	*	<b>FORONIDEA</b>			
<b>Decapoda</b>				<i>Pagurus</i> sp	*	*	*	<i>Actinotroca</i> larvae ind	*	*	
<i>Alpheus glaber</i>	*	*	*	<i>Parthenopoides massena</i>	*	*					

### Ittioplancton

Il *survey* dell'inverno 2019 (I19) condotto sulle fasi larvali della componente ittioplanctonica ha complessivamente registrato la presenza di 11 *taxa* (Tabella 59), in linea con quanto raccolto l'anno precedente nel medesimo periodo (13 *taxa* in totale per la stagione I18 e coerente anche con le stagioni invernali degli anni precedenti. Non sono state identificate nuove specie.

La distribuzione dei *taxa* è preferenzialmente superficiale; il 90,9% è stato raccolto attraverso i retinaggi orizzontali e il solo Gadidae *Trisopterus minutus* (merluzzetto) compare nella sola fascia intermedia. Nessuna larva ittioplanctonica è esclusiva degli ambienti più profondi, ma anche a livello quantitativo si concentrano tutte tra la superficie e la batimetrica di 50 m.

La specie dominante, come del resto in ogni stagione autunnale e invernale, è il Clupeidae *Sardina pilchardus*. La sardina viene raccolta sia sulla fascia superficiale, sia nell'intermedia, con concentrazioni variabili, ma in tutte le stazioni. In questo periodo infatti, quando le acque superficiali raggiungono la temperatura più bassa, per queste latitudini, è frequente assistere al boom demografico di questa specie dall'elevatissimo interesse commerciale.

Come già sottolineato nei precedenti *surveys* anche nella stagione I19 sono presenti larve appartenenti a pesci abissali come i mictofidi *Benthoema glaciale* e *Myctophum punctatum*, il gonostomatide *Cylothone braueri* e lo sternoptichide *Maurollicus muelleri* del quale sono state anche rinvenute le inconfondibili uova. Questa caratteristica, assai frequente per il sito oggetto del monitoraggio, è tipicamente associata alla prossimità della scarpata continentale dalla quale, per noti fenomeni di *upwelling* più frequenti durante l'omeotermia invernale della colonna d'acqua, si assiste alla risalita di uova e larve di specie abissali.

Nel complesso per quanto riguarda il contingente larvale ittioplanctonico della campagna I19 non si registrano significative differenze nella composizione della comunità ascrivibili 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
<b>BOTHIDAE</b>				<b>MYCTOPHIDAE</b>				<b>STERNOPTYCHIDAE</b>			
<i>Arnoglossus laterna</i>	*	*		<i>Benthoosema glaciale</i>	*	*	*	<i>Maurolicus muelleri</i>	*	*	*
<b>CLUPEIDAE</b>				<i>Myctophum punctatum</i>	*	*	*	<b>TRIGLIDAE</b>			
<i>Sardina pilchardus</i>	*	*	*	<b>SOLEIDAE</b>				<i>Lepidotrigla cavillone</i>	*		
<b>GADIDAE</b>				<i>Solea solea</i>	*			Larvae ind	*	*	*
<i>Trisopterus luscus</i>	*			<b>SPARIDAE</b>				Uova di <i>Maurolicus muelleri</i>	*		
<i>Trisopterus minutus</i>		*		Sparidae ind	*	*		Uova ind	*	*	*
<b>GONOSTOMATIDAE</b>											
<i>Cyclothone braueri</i>	*	*	*								



#### 4.1.3 Saggi ecotossicologici

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		36	8,23	5,92					
<b>I19 MG3</b>	0,5	38	8,14	6,14	<b>I19 MG9</b>	0,5	38	8,31	5,99
	12,5	38	8,04	5,54		12,5	38	8,21	5,88
	50	38	8,17	6,08		50	38	8,11	6,01
<b>I19 MG5</b>	0,5	38	8,21	6,25	<b>I19 MG10</b>	0,5	38	8,17	6,08
	12,5	38	8,15	6,16		12,5	38	8,16	6,09
	50	38	8,18	6,10		50	38	8,17	5,91
<b>I19 MG6</b>	0,5	38	8,12	5,02	<b>I19 MG12</b>	0,5	38	8,17	5,90
	12,5	38	8,18	5,97		12,5	38	8,17	5,92
	50	38	8,18	5,98		50	38	8,15	5,97
<b>I19 MG7</b>	0,5	38	8,13	5,94	<b>I19 MG13</b>	0,5	38	8,27	5,93
	12,5	38	8,12	5,06		12,5	38	8,19	5,89
	50	38	8,16	5,70		50	38	8,16	6,06

#### *Vibrio fischeri*

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

QA-QC - Il test è stato effettuato con il lotto batterico n. 18K4255A (scadenza 11/20) Il valore della EC50(15') = 11,53mg/l (LC= 9,60mg/l e UC=13,85mg/l) ottenuto con la sostanza di riferimento ZnSO<sub>4</sub> ·7H<sub>2</sub>O rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio. In nessun campione è stata rilevata tossicità.

Campione	Prof. (m)	EC20	EC50	max. effetto 15'	max. effetto 30'	Tossicità	Campione	Prof. (m)	EC20	EC50	max. effetto 15'	max. effetto 30'	Tossicità
<b>I19 MG3</b>	0,5	≥90	>90	-7,00	-11,50	Assente	<b>I19 MG9</b>	0,5	≥90	>90	-2,34	-5,93	Assente
	12,5	≥90	>90	-8,45	-19,93			12,5	≥90	>90	-10,98	-11,26	
	50	≥90	>90	-0,67	-3,50			50	≥90	>90	-3,56	-6,71	
<b>I19 MG5</b>	0,5	≥90	>90	-8,99	-12,54		<b>I19 MG10</b>	0,5	≥90	>90	-8,21	-8,84	
	12,5	≥90	>90	-20,93	-23,87			12,5	≥90	>90	-7,33	-9,00	
	50	≥90	>90	-14,23	-17,58			50	≥90	>90	-9,34	-10,41	
<b>I19 MG6</b>	0,5	≥90	>90	-4,53	-8,99		<b>I19 MG 12</b>	0,5	≥90	>90	-4,21	-5,94	
	12,5	≥90	>90	-14,80	-21,94			12,5	≥90	>90	-5,17	-7,30	
	50	≥90	>90	-4,30	-1,01			50	≥90	>90	-5,72	-2,91	
<b>I19 MG7</b>	0,5	≥90	>90	-0,00	8,08		<b>I19 MG 13</b>	0,5	≥90	>90	-1,27	-2,77	
	12,5	≥90	>90	-8,52	-1,21			12,5	≥90	>90	-5,07	-5,51	
	50	≥90	>90	-5,68	-4,14			50	≥90	>90	-13,10	-16,77	

#### *Pheodactylum 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 EC20/50 %. In tabella è anche riportata la media ± DS del numero di cellule del controllo negativo rappresentato da acqua di mare naturale.

QA-QC - Il test con il tossico di riferimento (bicromato di potassio) ha fornito il valore dell'EC50 = 3,80 mg/l (L.C. 95%: 2,58-4,28), 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.

I valori dell'EC20 hanno dimostrato l'assenza di tossicità cronica in tutti i campioni di acqua testati, tranne il campione I19 MG6 a 50 metri di profondità.

**Tabella 62** - Risultati del test con *Phaeodactylum tricornutum* condotti su campioni di acqua (incubazione 72 h) prelevati a diverse profondità (esprese in metri). EC<sub>20/50</sub> (L.C. 95%) espressa in %.

Campione	Prof.	EC <sub>20/50</sub> %	Media N. cell. ± DS x 10 <sup>5</sup> /ml		Tossicità	Campione	Prof.	EC <sub>20/50</sub> %	Media N. cell. ± DS x 10 <sup>5</sup> /ml		Tossicità
Controllo			2,62	± 0,07	Assente						
I19 MG3	0,5	>90/>100	2,47	± 0,21		I19 MG9	0,5	>90/>100	2,43	± 0,06	Assente
	12,5	>90/>100	2,60	± 0,26			12,5	>90/>100	2,43	± 0,15	
	50	>90/>100	2,47	± 0,12			50	>90/>100	2,53	± 0,06	
I19 MG5	0,5	>90/>100	2,50	± 0,17		I19 MG10	0,5	>90/>100	2,50	± 0,17	
	12,5	>90/>100	2,20	± 0,10			12,5	>90/>100	2,53	± 0,06	
	50	>90/>100	2,30	± 0,10			50	>90/>100	2,53	± 0,06	
I19 MG6	0,5	>90/>100	2,53	± 0,15		I19 MG12	0,5	>90/>100	2,77	± 0,06	
	12,5	>90/>100	2,50	± 0,00			12,5	>90/>100	2,37	± 0,06	
	50	>90/>100	2,97	± 0,06			50	47,1/>100	1,93	± 0,06	
I19 MG7	0,5	>90/>100	2,33	± 0,06		I19 MG13	0,5	>90/>100	2,47	± 0,31	
	12,5	>90/>100	3,07	± 0,06			12,5	>90/>100	2,10	± 0,10	
	50	>90/>100	2,40	± 0,20			50	>90/>100	2,67	± 0,21	

### 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. Solo i campioni I19MG3/50 e I19MG9/05 hanno mostrato % di mortalità lievemente superiori al 10% (media di n. 3 repliche); tuttavia, considerando che anche in alcuni controlli si è registrata lieve mortalità, l'effetto non può ragionevolmente essere attribuito alla matrice. Si può quindi concludere 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%: 1,64 mg/L-2,57 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	-	10	10	10	3,3	Assente									
I19 MG3	0,5	10	10	10	3,3		I19 MG9	0,5	10	10	10	6,7	Assente		
	12,5	10	10	10	3,3			12,5	10	10	10	0,0			
	50	10	10	10	6,7			50	10	10	10	3,3			
I19 MG5	0,5	10	10	10	0,0		I19 MG10	0,5	10	10	10	3,3			
	12,5	10	10	10	3,3			12,5	10	10	10	3,3			
	50	10	10	10	0,0			50	10	10	10	6,7			
I19 MG6	0,5	10	10	10	0,0		I19 MG12	0,5	10	10	10	3,3			
	12,5	10	10	10	0,0			12,5	10	10	10	6,7			
	50	10	10	10	3,3			50	10	10	10	3,3			
I19 MG7	0,5	10	10	10	3,3		I19 MG13	0,5	10	10	10	0,0			
	12,5	10	10	10	6,7			12,5	10	10	10	3,3			
	50	10	10	10	0,0			50	10	10	10	0,0			

### Paracentrotus lividus

QA-QC - Il test eseguito con la sostanza di riferimento ha fornito il valore dell'EC50 di 25,26 µg l<sup>-1</sup> di Cu (LC=23,68 e UC=26,94), che rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio. La percentuale media di embrioni allo stadio di pluteo (86 ± 0,58%) 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 (72 ore) con *P.lividus* e successiva stima della tossicità cronica (EC20/50) dei campioni della colonna d'acqua sono riportati nella tabella seguente.

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		86 $\pm$ 0,58	14	0			Assente
I19 MG 03/0,5	100	70 $\pm$ 1,53	30	19	$\geq$ 90	>100	Assente
	50	78 $\pm$ 2,08	22	9			
	25	83 $\pm$ 2,00	17	4			
I19 MG 03/12,5	100	75 $\pm$ 1,53	25	14	$\geq$ 90	>100	Assente
	50	79 $\pm$ 0,58	21	8			
	25	84 $\pm$ 1,53	16	2			
I19 MG 03/50	100	75 $\pm$ 1,00	25	13	$\geq$ 90	>100	Assente
	50	79 $\pm$ 1,53	21	9			
	25	85 $\pm$ 1,53	15	2			
I19 MG 05/0,5	100	70 $\pm$ 2,00	30	19	$\geq$ 90	>100	Assente
	50	78 $\pm$ 1,53	22	10			
	25	85 $\pm$ 1,15	15	2			
I19 MG 05/12,5	100	78 $\pm$ 1,53	22	10	$\geq$ 90	>100	Assente
	50	80 $\pm$ 1,53	20	7			
	25	85 $\pm$ 1,53	15	2			
I19 MG 05/50	100	74 $\pm$ 2,08	26	15	$\geq$ 90	>100	Assente
	50	77 $\pm$ 2,08	23	10			
	25	84 $\pm$ 1,00	16	3			
I19 MG 06/0,5	100	76 $\pm$ 0,58	24	12	$\geq$ 90	>100	Assente
	50	80 $\pm$ 1,00	20	7			
	25	84 $\pm$ 2,08	16	3			
I19 MG 06/12,5	100	73 $\pm$ 1,53	27	15	$\geq$ 90	>100	Assente
	50	79 $\pm$ 1,15	21	9			
	25	85 $\pm$ 1,15	15	2			
I19 MG 06/50	100	72 $\pm$ 1,53	28	17	$\geq$ 90	>100	Assente
	50	77 $\pm$ 1,53	23	10			
	25	84 $\pm$ 1,73	16	3			
I19 MG 07/0,5	100	54 $\pm$ 1,73	46	37	61,4	>100	Bassa
	50	74 $\pm$ 2,08	26	15			
	25	84 $\pm$ 2,08	16	3			
I19 MG 07/12,5	100	62 $\pm$ 2,00	38	28	71,4	>100	Bassa
	50	75 $\pm$ 1,53	25	14			
	25	84 $\pm$ 1,15	16	3			
I19 MG 07/50	100	58 $\pm$ 1,53	42	32	60,6	>100	Bassa
	50	71 $\pm$ 2,08	29	17			
	25	83 $\pm$ 2,00	17	4			
I19 MG 09/0,5	100	36 $\pm$ 2,00	64	58	57,9	90	Media
	50	75 $\pm$ 1,53	25	14			
	25	84 $\pm$ 1,53	16	2			
I19 MG 09/12,5	100	69 $\pm$ 1,15	31	20	$\geq$ 90	>100	Assente
	50	78 $\pm$ 1,53	22	10			
	25	84 $\pm$ 2,00	16	3			
I19 MG 09/50	100	30 $\pm$ 2,00	70	65	59,5	>100	Bassa
	50	76 $\pm$ 1,00	24	12			
	25	83 $\pm$ 1,73	17	4			
I19 MG10/0,5	100	67 $\pm$ 1,53	33	22	89,3	>100	Bassa
	50	76 $\pm$ 2,31	24	12			
	25	82 $\pm$ 1,53	18	5			
I19 MG10/12,5	100	74 $\pm$ 0,58	26	15	$\geq$ 90	>100	Assente
	50	79 $\pm$ 1,15	21	8			
	25	84 $\pm$ 1,53	16	2			
I19 MG 10/50	100	66 $\pm$ 0,58	34	24	84,4	>100	Bassa
	50	77 $\pm$ 2,08	23	10			

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
	25	84 $\pm$ 1,53	16	3			
I19 MG 12/0,5	100	71 $\pm$ 1,53	29	17	$\geq 90$	>100	Assente
	50	78 $\pm$ 2,31	22	10			
	25	84 $\pm$ 1,53	16	2			
I19 MG 12/12,5	100	71 $\pm$ 1,53	29	17	$\geq 90$	>100	Assente
	50	78 $\pm$ 2,00	22	10			
	25	84 $\pm$ 1,73	16	3			
I19 MG 12/50	100	75 $\pm$ 1,53	25	14	$\geq 90$	>100	Assente
	50	79 $\pm$ 1,15	21	8			
	25	84 $\pm$ 2,08	16	2			
I19 MG 13/0,5	100	70 $\pm$ 1,73	30	19	$\geq 90$	>100	Assente
	50	77 $\pm$ 1,53	23	11			
	25	83 $\pm$ 1,53	17	4			
I19 MG 13/12,5	100	73 $\pm$ 1,53	27	16	$\geq 90$	>100	Assente
	50	79 $\pm$ 0,58	21	9			
	25	85 $\pm$ 0,58	15	2			
I19 MG 13/50	100	74 $\pm$ 1,53	26	14	$\geq 90$	>100	Assente
	50	77 $\pm$ 1,53	23	10			
	25	84 $\pm$ 1,73	16	3			

Presenza di tossicità (bassa) presso l'FSRU è stata rilevata unicamente nella stazione I19 MG7.

Tra le rimanenti stazioni tossicità è stata rilevata in I19 MG9, I19 MG10 nei livelli 0,5 e 50m. I19 MG 09 livello 0,5 è l'unico caso in cui la tossicità risulta media.

## 4.2 BIOTA

### 4.2.1 Macrozoobenthos

Lo studio ha portato alla raccolta e determinazione di 4703 individui appartenenti a 160 specie (Tabella 65) comprendenti policheti, molluschi, crostacei, sipunculidi, echinodermi, nemertini.

La matrice specie per stazioni verrà fornita in formato Excel (Allegato 4) in accordo alla prescrizione 5 delle Determine 2990 DVA R.D.R0000100.04-04-2017 e 337 DVA R.D.R0000277.28-09-2017.

Tabella 65 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nell'Inverno 2019 (I19).		
<b>Annelida</b>		
<i>Abyssoninoe hibernica</i> (McIntosh, 1903)	<i>Glycinde nordmanni</i> (Malmgren, 1866)	<i>Paraprionospio pinnata</i> (Ehlers, 1901)
<i>Ampharete acutifrons</i> (Grube, 1860)	<i>Harmothoe antilopes</i> Mc Intosh, 1876	<i>Pectinaria auricoma</i> (O. F. Müller, 1776)
<i>Amphicteis gunneri</i> (M. Sars, 1835)	<i>Harmothoe</i> sp	<i>Pectinaria koreni</i> (Malmgren, 1866)
<i>Ancistrosyllis groenlandica</i> Mc Intosh, 1879	<i>Heterospio sinica</i> Wu & Chen, 1966	<i>Pherusa</i> sp
<i>Aphelochaeta marioni</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Hyalinoecia tubicola</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Phyllodoce lamelligera</i> (Linnaeus, 1791)
<i>Aponuphis bilineata</i> (Baird, 1870)	<i>Kefersteinia cirrata</i> (Keferstein, 1862)	<i>Phyllodoce lineata</i> (Claparède, 1870)
<i>Aponuphis brementi</i> (Fauvel, 1916)	<i>Laonice cirrata</i> (M. Sars, 1851)	<i>Phyllodoce mucosa</i> Örsted, 1843
<i>Aricidea (Acmira) assimilis</i> Tebble, 1959	<i>Levinsenia demiri</i> Çinar, Dagli & Acik, 2011	<i>Phyllodoce</i> sp
<i>Aricidea (Strelzovia) claudiae</i> Laubier, 1967	<i>Levinsenia gracilis</i> (Tauber, 1879)	<i>Phylo foetida</i> (Claparède, 1870)
<i>Branchiomma</i> sp	<i>Lumbrineris</i> sp	<i>Pista cristata</i> (O. F. Müller, 1776)
<i>Chaetozone caputesocis</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Lysidice ninetta</i> Audouin & Milne-Edwards, 1833	<i>Poecilochaetus fauchaldi</i> Pilato & Cantone, 1976
<i>Chaetozone setosa</i> Malmgren, 1867	<i>Lysidice unicornis</i> (Grube, 1840)	<i>Polycirrus</i> sp Grube, 1850
<i>Chloeia venusta</i> Quatrefages, 1865	<i>Maldane glebiflex</i> Grube, 1860	<i>Polygordius</i> sp
<i>Chone</i> sp	<i>Marphysa bellii</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)	<i>Praxillella gracilis</i> (M. Sars, 1861)
<i>Cirrophorus branchiatus</i> Ehlers, 1908	<i>Melinna palmata</i> Grube, 1860	<i>Prionospio ehlersi</i> Fauvel, 1928
<i>Diplocirrus glaucus</i> Haase, 1915	<i>Minuspio cirrifera</i> Wiren, 1883	<i>Prionospio</i> sp Malmgren, 1867
<i>Dorvillea rudolphii</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Monticellina dorsobranchialis</i> (Kirkegaard, 1959)	<i>Scalibregma inflatum</i> Rathke, 1843
<i>Drilonereis filum</i> (Claparède, 1868)	<i>Myriochele oculata</i> Zachs, 1923	<i>Scolelepis foliosa</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)
<i>Eteone</i> sp	<i>Nephtys hystericis</i> Mc Intosh, 1900	<i>Scoletoma fragilis</i> (O.F. Müller, 1776)
<i>Euchone</i> sp	<i>Ninoe armoricana</i> Glémarec, 1968	<i>Spio multioculata</i> (Rioja, 1918)

<i>Euclymene lombricoides</i> (Quatrefages, 1866)	<i>Notomastus aberans</i> Day, 1963	<i>Spiochaetopterus costarum</i> (Claparède, 1868)
<i>Euclymene oerstedii</i> (Claparède, 1863)	<i>Notomastus latericeus profundus</i> Eisig, 1887	<i>Spiophanes kroyeri</i> Grube, 1860
<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Ophelina acuminata</i> Örsted, 1843	<i>Sternaspis scutata</i> (Renier, 1807)
<i>Exogone verugera</i> (Claparède, 1868)	<i>Ophiodromus flexuosus</i> (Delle Chiaje, 1825)	<i>Syllis alternata</i> Moore, 1908
<i>Gallardoneris iberica</i> Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012	<i>Panthalis oerstedii</i> Kinberg, 1855	<i>Syllis parapari</i> San Martín & López, 2000
<i>Glycera alba</i> Verrill, 1900	<i>Paradiopatra calliopae</i> Arvanitidis & Koukouras, 1997	<i>Terebellides stroemi</i> M. Sars, 1835
<i>Glycera tessellata</i> Grube, 1863	<i>Paralacydonia paradoxa</i> Fauvel, 1913	<i>Vermiliopsis infundibulum</i> (Philippi, 1844)
<b>Artropodi</b>		
<i>Akanthophoreus gracilis</i> (Krøyer, 1842)	<i>Eurydice spinigera</i> Hansen, 1890	<i>Medicorophium rotundirostre</i> (Stephensen, 1915)
<i>Alpheus glaber</i> (Olivi, 1792)	<i>Gammaropsis maculata</i> (Johnston, 1827)	<i>Metaphoxus simplex</i> Bate, 1857
<i>Ampelisca tenuicornis</i> Liljeborg, 1855	<i>Gnathia oxyuraea</i> (Liljeborg, 1855)	<i>Monoculodes carinatus</i> (Bate, 1857)
<i>Anapagurus</i> sp	<i>Goneplax rhomboides</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Paraphoxus oculatus</i> (G.O. Sars, 1879)
<i>Anthura gracilis</i> (Montagu, 1808)	<i>Haploops nirae</i> Kaim Malka, 1976	<i>Pardalisella boeckii</i> (Malm, 1870)
<i>Araphura brevismanus</i> (Liljeborg, 1864)	<i>Harpinia crenulata</i> (Boeck, 1871)	<i>Periculodes l. longimanus</i> (Bate & Westwood, 1868)
<i>Bathyporeia phaiophthalma</i> Bellan-Santini, 1973	<i>Harpinia dellavallei</i> Chevreux, 1910	<i>Photis longicaudata</i> (Bate & Westwood, 1862)
<i>Callianassa subterranea</i> (Montagu, 1898)	<i>Hippomedon bidentatus</i> Chevreux, 1903	<i>Phtisica marina</i> Slabber, 1769
<i>Carangoliopsis 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 canaliculata</i> Leach, 1815
<i>Collettea cylindrata</i> (Sars, 1882)	<i>Leucon</i> sp 2	<i>Pseudotanaïs</i> sp
<i>Desmosoma</i> sp	<i>Leucothoe lilljeborgi</i> Boeck, 1861	<i>Tuberapseudes echinatus</i> (G.O. Sars, 1882)
<i>Ebalia cranchii</i> Leach, 1817	<i>Maera grossimana</i> (Montagu, 1808)	<i>Upogebia delataura</i> (Leach, 1815)
<i>Eudorella nana</i> Sars, 1879		
<b>Echinodermi</b>		
<i>Amphiura chiajei</i> Forbes, 1843	<i>Neocucumis marioni</i> (Marenzeller, 1878)	<i>Ophiothrix quinque maculata</i> Müller-Troschel, 1842
<i>Amphiura filiformis</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Ophiopsila annulosa</i> (M. Sars, 1859)	<i>Ophiura albida</i> Forbes, 1839
<i>Labidoplax digitata</i> (Montagu, 1815)		
<b>Molluschi</b>		
<i>Abra alba</i> (W. Wood, 1802)	<i>Hyalia vitrea</i> (Montagu, 1803)	<i>Parvicardium minimum</i> (Philippi, 1836)
<i>Abra prismatica</i> (Montagu, 1808)	<i>Kurtiella bidentata</i> (Montagu, 1803)	<i>Pitar rudis</i> (Poli, 1795)
<i>Antalis inaequicostata</i> (Dautzenberg, 1891)	<i>Mendicula ferruginosa</i> (Forbes, 1844)	<i>Pteria hirundo</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Antalis vulgaris</i> (da Costa, 1778)	<i>Modiolula phaseolina</i> (Philippi, 1844)	<i>Saccella commutata</i> (Philippi, 1844)
<i>Bathyarca pectunculoides</i> (Scacchi, 1834)	<i>Myrtea spinifera</i> Contraine, 1835	<i>Thyasira alleni</i> Carozza, 1981
<i>Clathrella clathrata</i> (Philippi, 1844)	<i>Neopycnodonte cochlear</i> (Poli, 1795)	<i>Thyasira biplicata</i> (Philippi, 1836)
<i>Ennucula aegeensis</i> (Forbes, 1844)	<i>Nucula nitidosa</i> Winckworth, 1930	<i>Thyasira granulosa</i> (Monterosato, 1874)
<i>Eulima glabra</i> (Da Costa, 1778)	<i>Nucula sulcata</i> (Bronn, 1831)	<i>Timoclea ovata</i> (Pennant, 1777)
<i>Falcidens gutturosus</i> (Kowalevsky, 1901)	<i>Pandora pinna</i> (Montagu, 1803)	<i>Turritella communis</i> Risso, 1826
<b>Echinodermi</b>		
<i>Aspidosiphon muelleri muelleri</i> Diesing, 1851	<i>Onchnesoma s. steenstrupii</i> Koren & Danilssen, 1875	<i>Phascolion strombus strombus</i> (Montagu, 1804)
<i>Golfingia vulgaris vulgaris</i> (Blainville, 1827)		
<b>Nemertini</b>		

Gli anellidi policheti risultano essere il gruppo dominante che con 3933 individui rappresentano oltre l'80% dell'abbondanza totale. Gli artropodi crostacei, secondi in ordine di abbondanza, non arrivano al 10% di contributo. I molluschi costituiscono, solo il 4% dell'abbondanza totale, mentre sipunculidi (104 individui) e echinodermi (34 individui) il 3% in totale (**Figura 46**).

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 la metà delle specie rinvenute (51%). Un quarto del panorama faunistico è fornito dagli artropodi (unicamente rappresentati dai crostacei) seguiti dai molluschi che rappresentano il 17% delle specie totali. Gli echinodermi forniscono appena il 4% di specie al panorama faunistico, seguiti dai sipunculidi che forniscono solo il 2%.

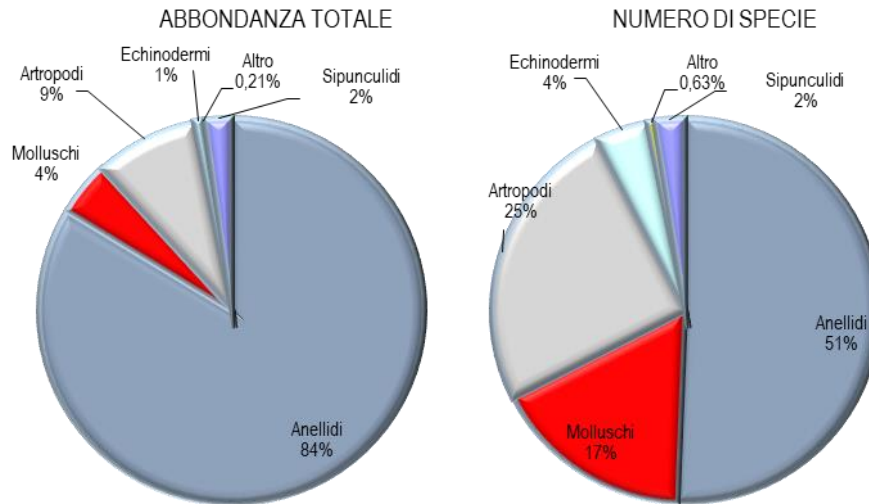


Figura 46 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti. Altro = Nemertini.

Ai policheti appartengono le specie rinvenute col maggior numero di individui, tra le quali *Levinsenia demiri* (1479) e *Paradiopatra calliopae* (758 individui) che costituiscono, rispettivamente il 31,4% e il 16,1% dell'abbondanza totale (Figura 47).

Ad esse seguono *Aphelochaeta marioni* e *Ampharete acutifrons* che rappresentano, complessivamente, il 7,8% dell'abbondanza totale. Queste quattro specie rappresentano da sole quasi il 55,5% 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 147 specie (ossia 91,9% del totale) contribuiscono per meno dell'1% all'abbondanza totale. Inoltre il 21% circa delle specie è presente con un solo individuo.

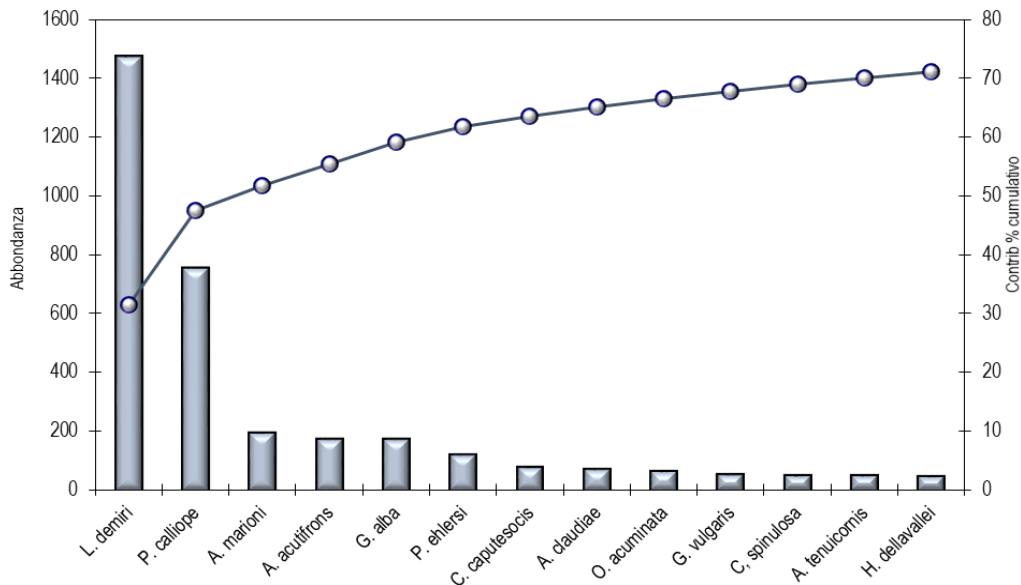


Figura 47 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti.

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 in un range elevato compreso tra 43,14 (I19 MG7) e 75,72 % (I19 MG14).

Nelle stazioni I19 MG2, I19 MG7, I19 MG9, I19 MG12 e I19 MG13 la similarità è bassa al di sotto del 50%. La similarità sale poco sopra al 50% in I19 MG1, I19 MG7, I19 MG8, I19 MG10, I19 MG11. I valori di similarità più elevati sono stati osservati per I19 MG4 (63,01%) e I19 MG14 (75,72%).

Dalla medesima analisi, inoltre, si evince che *Levinsenia demiri* e *Paradiopatra calliopae* sono le specie che maggiormente contribuiscono alla similarità tra repliche tanto che nella maggior parte delle stazioni, apportano un contributo complessivo maggiore del 60% con percentuale massima pari a 73,1% (I19 MG14).



Nel piano di ordinamento (**Figura 48**) 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.

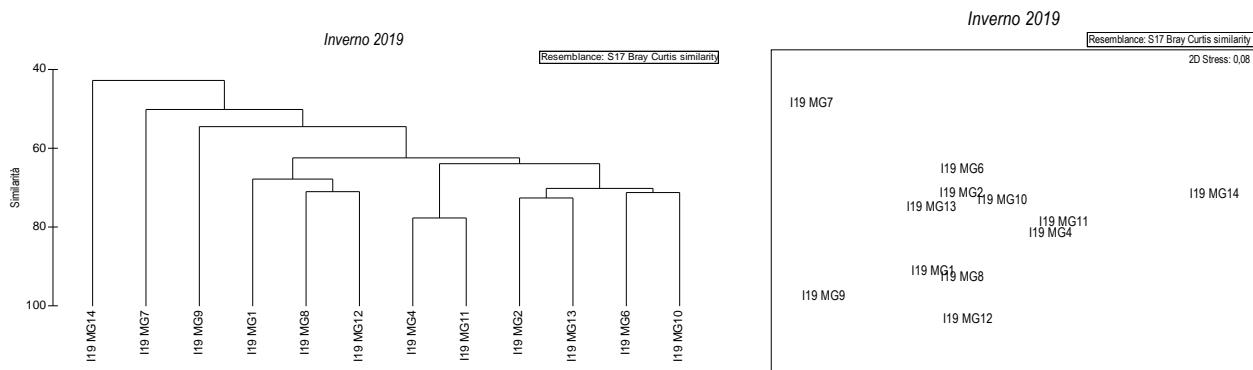
Dalla Simper analysis si evince che i valori di (dis)similarità tra stazioni sono abbastanza variabili oscillando tra 45,35% (I19 MG11 vs I19 MG4) fino a oltre il 70% (I19 MG9 vs I19 MG14; I19 MG7 vs I19 MG14), senza mostrare relazione con la localizzazione delle stazioni.

Nel piano di ordinamento (**Figura 48**) le stazioni I19 MG7 e I19 MG9 sono localizzate nella parte sinistra del plot e sono contrapposte a I19 MG14 stazione in cui *P. calliope* e *L. demiri* mostrano i maggiori valori di abbondanza.

Nella parte centrale del plot si localizzano tutte le altre stazioni senza alcuna relazione con la loro posizione geografica.

Questi due policheti, tuttavia, non mostrano pattern correlabili alla presenza del Terminale, essi rispecchiano piuttosto una intrinseca variabilità spaziale dell'area di indagine.

Tale variabilità si riscontra anche dall'analisi del biodetrito talvolta dominato da fibra vegetale, talvolta da sabbia o biodetrito conchifero.



**Figura 48** - Risultati della cluster analysis (group average) a sinistra, piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, a destra. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.

Anche dal punto di vista strutturale (**Tabella 66**) i parametri indagati risultano variabili da stazione a stazione, in particolare, come atteso, l'abbondanza totale varia in relazione al comportamento delle specie dominanti e pertanto risulta massima in I19 MG14 e minima in I19 MG9. Anche in I19 MG7 si registra uno dei valori più bassi.

Il numero di specie non segue il pattern delle abbondanze e mostra valori più elevati presso il Terminale in I19 MG12 e I19 MG13 che risultano del tutto paragonabili alla stazione I19 MG14.

La diversità varia tra 4,40 (I19 MG13) e 3,06 (I19 MG14) con valori superiori alla media in tutte le stazioni prossime all'FSRU dove si registra anche il picco di questo parametro. Valori confrontabili sono stati osservati nelle stazioni I19 MG2 e I19 MG10.

Presso il Terminale si registra anche il picco di Ricchezza di Margalef, e nel complesso, tutte le stazioni esibiscono i valori più elevati di questo survey.

Infine la stazione I19 MG7 è anche quella con il più elevato valore di equitabilità, seguita dalla stazione I19 MG13.

L'andamento dei parametri non rispecchia la localizzazione delle stazioni e non risulta chiaramente correlabile alla presenza del rigassificatore, anche se presso quest'ultimo i popolamenti tendono ad essere maggiormente strutturati con picchi di abbondanza e numero di specie.

**Tabella 66** – Indici strutturali ( $\pm$ DS) relativi al popolamento macrobentonico. Numero di taxa (S), Numero di individui (N), Diversità specifica di Shannon-Weaver ( $H'$ ), Ricchezza specifica di Margalef (d), Equitabilità di Pielou (J).

Stazioni	S		N		$H'(\log_2)$		d		J	
<b>I19 MG1</b>	24,50	$\pm$ 3,51	74,25	$\pm$ 13,15	3,59	$\pm$ 0,40	5,47	$\pm$ 0,81	0,78	$\pm$ 0,08
<b>I19 MG2</b>	30,00	$\pm$ 5,60	83,00	$\pm$ 23,45	4,13	$\pm$ 0,43	6,60	$\pm$ 1,08	0,84	$\pm$ 0,07
<b>I19 MG4</b>	27,50	$\pm$ 4,43	117,00	$\pm$ 52,22	3,48	$\pm$ 0,25	5,58	$\pm$ 0,76	0,73	$\pm$ 0,04
<b>I19 MG6</b>	28,00	$\pm$ 4,24	85,00	$\pm$ 27,14	3,87	$\pm$ 0,30	6,11	$\pm$ 0,55	0,81	$\pm$ 0,05
<b>I19 MG7</b>	29,50	$\pm$ 11,70	58,50	$\pm$ 22,53	4,38	$\pm$ 0,67	6,94	$\pm$ 2,23	0,91	$\pm$ 0,03
<b>I19 MG8</b>	26,00	$\pm$ 8,98	76,75	$\pm$ 21,14	3,65	$\pm$ 0,66	5,73	$\pm$ 1,83	0,79	$\pm$ 0,08
<b>I19 MG9</b>	16,25	$\pm$ 4,43	44,25	$\pm$ 20,66	3,18	$\pm$ 0,52	4,09	$\pm$ 0,87	0,80	$\pm$ 0,11
<b>I19 MG10</b>	31,75	$\pm$ 11,87	99,00	$\pm$ 50,04	3,93	$\pm$ 0,65	6,71	$\pm$ 2,12	0,80	$\pm$ 0,06
<b>I19 MG11</b>	33,50	$\pm$ 7,42	123,25	$\pm$ 52,54	3,78	$\pm$ 0,58	6,82	$\pm$ 1,19	0,75	$\pm$ 0,11

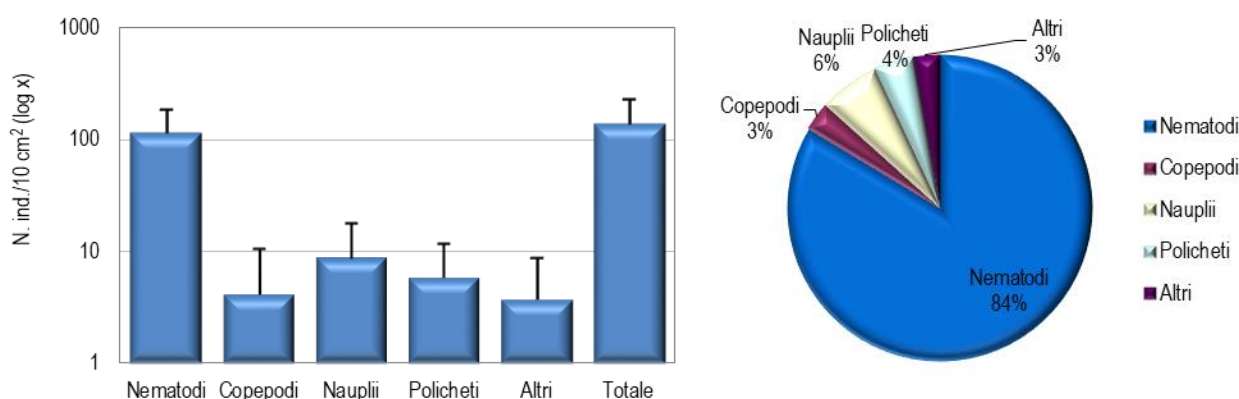
**Tabella 66** – Indici strutturali ( $\pm$ DS) relativi al popolamento macrobentonico. Numero di taxa (S), Numero di individui (N), Diversità specifica di Shannon-Weaver ( $H'$ ), Ricchezza specifica di Margalef (d), Equitabilità di Pielou (J).

	35,75 $\pm$ 16,21	90,25 $\pm$ 35,98	4,08 $\pm$ 0,90	7,63 $\pm$ 3,07	0,81 $\pm$ 0,07
<b>I19 MG12</b>					
<b>I19 MG13</b>	35,25 $\pm$ 8,69	89,25 $\pm$ 26,20	4,40 $\pm$ 0,59	7,68 $\pm$ 1,88	0,86 $\pm$ 0,07
<b>I19 MG14</b>	35,50 $\pm$ 3,87	235,25 $\pm$ 60,62	3,06 $\pm$ 0,21	6,35 $\pm$ 0,77	0,60 $\pm$ 0,04

#### 4.2.2 Meiobenthos

##### Dati delle singole stazioni

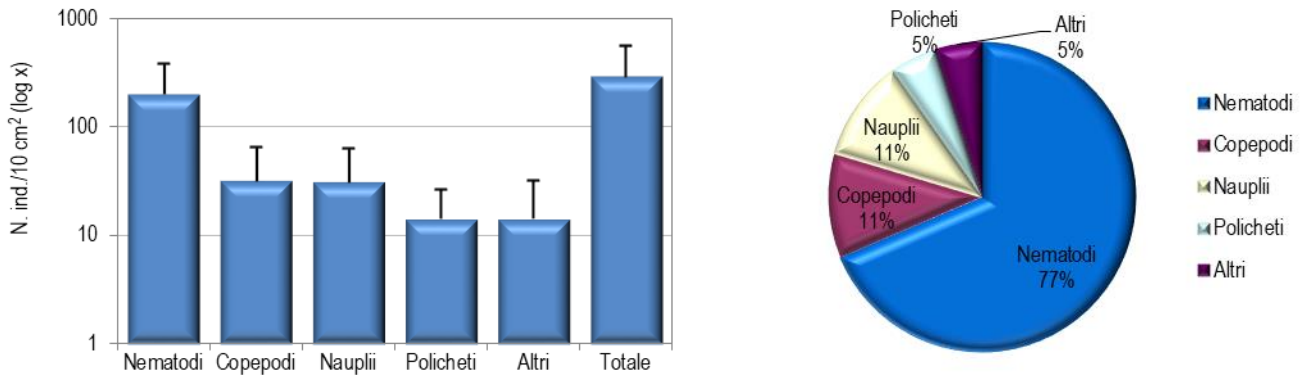
La stazione I19 MG1 è caratterizzata da un sedimento sabbioso con detrito grossolano e vegetale. La biocenosi meiobentonica è costituita da dieci gruppi tassonomici, per un popolamento complessivo di  $138,6 \pm 90,8$  ind./10 cm<sup>2</sup>. I Nematodi sono il taxon dominante ( $115,8 \pm 69,1$  ind./10 cm<sup>2</sup>), rappresentando l'83,6% della meiofauna totale. Seguono i Nauplii ( $8,8 \pm 9,2$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 6,4%), i Policheti ( $5,9 \pm 5,9$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 4,3%) e i Copepodi ( $4,2 \pm 6,4$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 3,0%). I taxa numericamente meno significativi, raggruppati nella categoria "Altri", raggiungono il 2,7% del totale ( $3,8 \pm 4,8$  ind./10 cm<sup>2</sup>); nessuno di questi supera l'1% del popolamento complessivo (**Tabella 67**; **Figura 49**). I valori degli indici di diversità di Shannon-Wiener e di equitabilità di Pielou risultano inferiori ai rispettivi valori medi riscontrati nell'area, mentre ricchezza di Margalef è superiore alla media (**Tabella 69**).


**Figura 49** - Stazione I19 MG1. Densità media  $\pm$  deviazione standard (ind./10 cm<sup>2</sup>) 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 I19 MG1, I19 MG2, I19 MG4, I19 MG6, I19 MG7, I19 MG8. Densità media ( $\pm$ DS) (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.

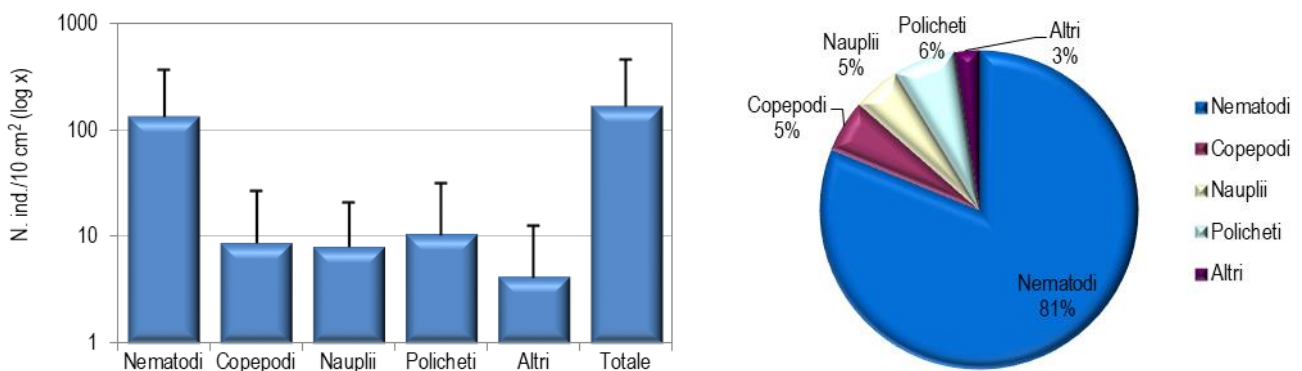
	I19 MG1		I19 MG2		I19 MG4		I19 MG6		I19 MG7		I19 MG8	
	Media $\pm$ DS	%	Media $\pm$ DS	%	Media $\pm$ DS	%	Media $\pm$ DS	%	Media $\pm$ DS	%	Media $\pm$ DS	%
Nematodi	115,8 $\pm$ 69,1	83,6	200,9 $\pm$ 181,9	68,6	136,0 $\pm$ 231,8	81,2	83,0 $\pm$ 87,3	87,5	274,2 $\pm$ 198,8	82,1	151,6 $\pm$ 89,6	73,9
Copepodi	4,2 $\pm$ 6,4	3,0	32,0 $\pm$ 33,0	10,9	8,8 $\pm$ 17,7	5,3	1,7 $\pm$ 3,4	1,8	24,0 $\pm$ 25,3	7,2	16,8 $\pm$ 13,5	8,2
Nauplii	8,8 $\pm$ 9,2	6,4	31,2 $\pm$ 32,6	10,6	8,0 $\pm$ 12,7	4,8	1,3 $\pm$ 1,6	1,3	10,9 $\pm$ 10,9	3,3	16,0 $\pm$ 13,2	7,8
Policheti	5,9 $\pm$ 5,9	4,3	14,3 $\pm$ 12,3	4,9	10,5 $\pm$ 21,1	6,3	6,7 $\pm$ 6,0	7,1	13,9 $\pm$ 6,9	4,2	17,7 $\pm$ 10,3	8,6
Chinorinchi	0,4 $\pm$ 0,8	0,3	2,1 $\pm$ 4,2	0,7	2,1 $\pm$ 4,2	1,3	-	-	2,9 $\pm$ 4,0	0,9	0,4 $\pm$ 0,8	0,2
Turbellari	-	-	0,4 $\pm$ 0,8	0,1	0,4 $\pm$ 0,8	0,3	-	-	0,4 $\pm$ 0,8	0,1	-	-
Ostracodi	0,8 $\pm$ 1,7	0,6	8,4 $\pm$ 9,8	2,9	1,3 $\pm$ 2,5	0,8	0,8 $\pm$ 1,0	0,9	3,8 $\pm$ 3,7	1,1	1,7 $\pm$ 2,4	0,8
Anfipodi	-	-	0,4 $\pm$ 0,8	0,1	-	-	-	-	-	-	0,4 $\pm$ 0,8	0,2
Briozoi	-	-	-	-	0,4 $\pm$ 0,8	0,3	-	-	-	-	-	-
Isopodi	0,8 $\pm$ 1,0	0,6	0,4 $\pm$ 0,8	0,1	-	-	0,8 $\pm$ 1,0	0,9	0,4 $\pm$ 0,8	0,1	-	-
Priapulidi	-	-	0,4 $\pm$ 0,8	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
Bivalvi	0,8 $\pm$ 1,7	0,6	0,8 $\pm$ 1,7	0,3	-	-	-	-	1,7 $\pm$ 3,4	0,5	-	-
Caudofoveati	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8 $\pm$ 1,0	0,3	0,4 $\pm$ 0,8	0,2
Nemertini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acari	0,4 $\pm$ 0,8	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Loriciferi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tanaidacei	-	-	0,4 $\pm$ 0,8	0,1	-	-	-	-	0,8 $\pm$ 1,7	0,3	-	-
Ofiuroidi	-	-	0,4 $\pm$ 0,8	0,1	-	-	0,4 $\pm$ 0,8	0,4	-	-	-	-
Idrozo	-	-	0,4 $\pm$ 0,8	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
Sipunculidi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ciliati	0,4 $\pm$ 0,8	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Altri ( $\Sigma$ Chino-Cili)	3,8 $\pm$ 4,8	2,7	14,3 $\pm$ 17,3	4,9	4,2 $\pm$ 8,4	2,5	2,1 $\pm$ 2,1	2,2	10,9 $\pm$ 10,1	3,3	2,9 $\pm$ 3,5	1,4
Meiofauna totale	138,6 $\pm$ 90,8	-	292,7 $\pm$ 268,0	-	167,6 $\pm$ 291,6	-	94,8 $\pm$ 92,3	-	334,0 $\pm$ 240,1	-	205,1 $\pm$ 117,4	-

La stazione I19 MG2 presenta un sedimento di tipo sabbioso con detrito grossolano di origine vegetale. La comunità meiobentonica è caratterizzata da ben quattordici taxa principali, per una densità complessiva di  $292,7 \pm 268,0$  ind./10 cm<sup>2</sup>. Il taxon dominante è quello dei Nematodi, che, seppur relativamente meno abbondanti che altrove, costituiscono il 68,6% del popolamento meiobentonico, con una densità di  $200,9 \pm 181,9$  ind./10 cm<sup>2</sup>. Seguono i Copepodi ( $32,0 \pm 33,0$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 10,9%), i Nauplii ( $31,2 \pm 32,6$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 10,6%) e, infine, i Policheti ( $14,3 \pm 12,3$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 4,9%). I dieci taxa meno abbondanti rappresentano il 4,9% della biocenosi e tra questi solo gli Ostracodi superano l'1% del popolamento complessivo. Si segnala la presenza in questa stazione di larve di Priapulidi (**Tabella 67; Figura 50**). I valori degli indici di diversità di Shannon-Wiener e di ricchezza di Margalef risultano superiori ai rispettivi valori medi riscontrati nell'area, mentre l'equitabilità di Pielou è pari ad essa (**Tabella 69**).



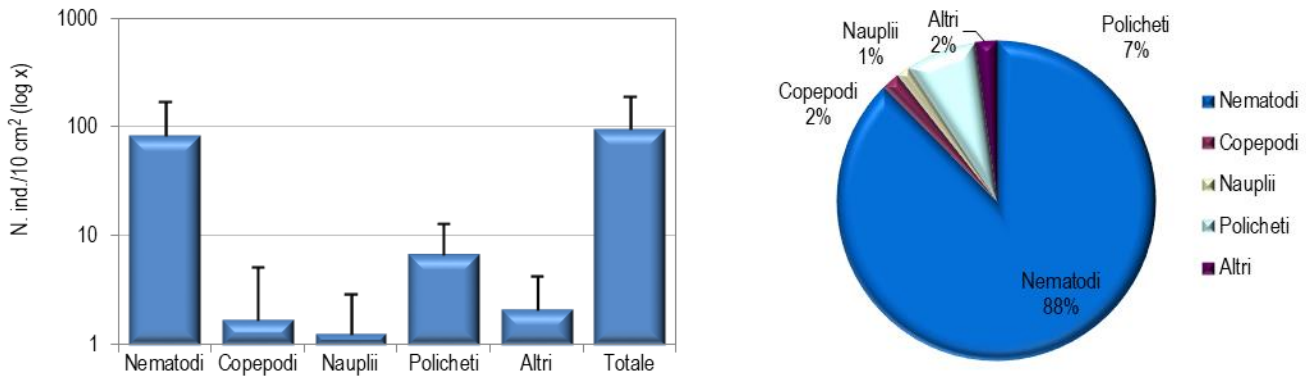
**Figura 50** - Stazione I19 MG2. Densità media  $\pm$  deviazione standard (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione I19 MG4 è costituito da sabbia fine mista a detrito e vegetale. Lo studio faunistico ha portato al rinvenimento di otto gruppi meiobentonici, per una densità media complessiva di  $167,6 \pm 291,6$  ind./10 cm<sup>2</sup> (**Tabella 67**). Dominano i Nematodi, con una densità di  $136,0 \pm 231,8$  ind./10 cm<sup>2</sup>, pari all'81,2 % del popolamento. Seguono i Policheti ( $10,5 \pm 21,1$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 6,3%), i Copepodi ( $8,8 \pm 17,7$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 5,3%) e i Nauplii ( $8,0 \pm 12,7$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 4,8%). I restanti quattro taxa rappresentano il 2,5 % del popolamento ("Altri";  $4,2 \pm 8,4$  ind./10 cm<sup>2</sup>); tra questi solo i Chinorinchi superano l'1% del totale (**Tabella 67; Figura 51**). I valori degli indici di diversità di Shannon-Wiener e di equitabilità di Pielou risultano pari ai rispettivi valori medi riscontrati nell'area, mentre la ricchezza di Margalef è inferiore al valore medio (**Tabella 69**).



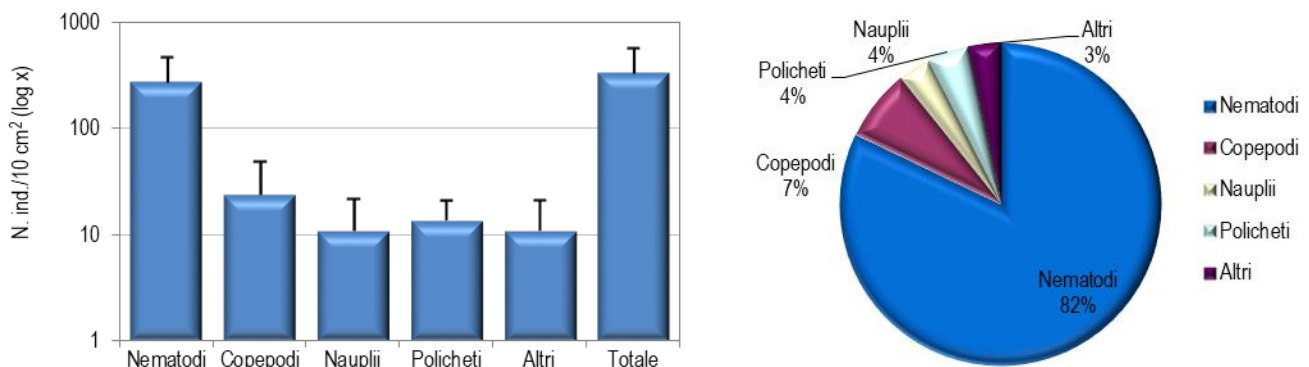
**Figura 51** - Stazione I19 MG4. Densità media  $\pm$  deviazione standard (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Nel sedimento della stazione I19 MG6, caratterizzato da sabbia fine con silt e detrito vegetale, sono stati rinvenuti i rappresentanti di sette gruppi tassonomici, per una densità complessiva di  $94,8 \pm 92,3$  ind./10 cm<sup>2</sup> (**Tabella 67**). I Nematodi sono il taxon dominante, raggiungendo la densità di  $83,0 \pm 87,3$  ind./10 cm<sup>2</sup>, corrispondente all'87,5% del popolamento complessivo; seguono i Policheti ( $6,7 \pm 6,04$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 7,1%), i taxa meno abbondanti ("Altri";  $2,1 \pm 2,1$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 2,2%), i Copepodi ( $1,7 \pm 3,4$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 1,8%) e infine i Nauplii ( $1,3 \pm 1,6$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 1,3%). Nessuno dei tre taxa raggruppati nella categoria "Altri" supera l'1% della biocenosi (**Tabella 67; Figura 52**). I valori degli indici ecologici risultano inferiori ai vari medi rilevati nell'area, rimarcando la relativa povertà faunistica riscontrata in questa stazione (**Tabella 69**).



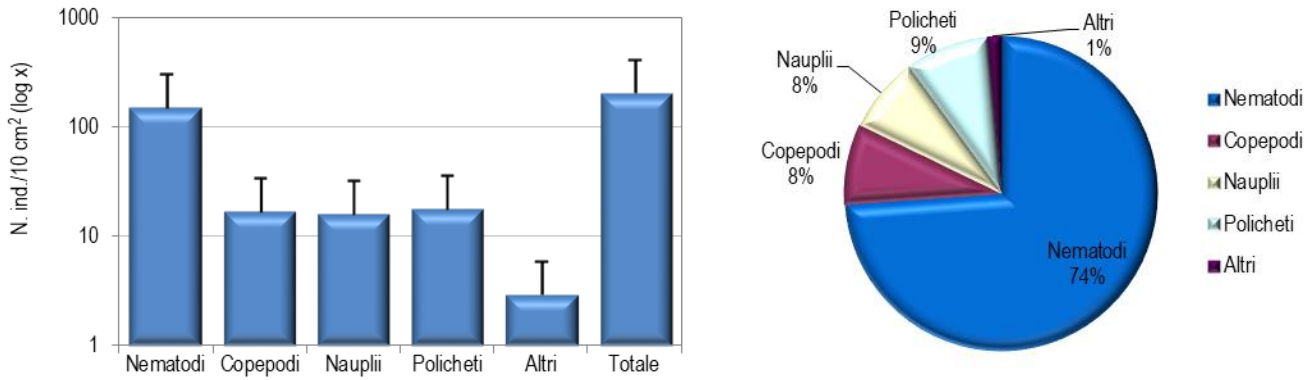
**Figura 52** - Stazione I19 MG6. Densità media  $\pm$  deviazione standard (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione I19 MG7 presenta un sedimento costituito da sabbia fine con detrito grossolano di origine vegetale. La biocenosi meiobentonica è caratterizzata da undici major taxa, con una densità media totale di 334,0  $\pm$  240,1 ind./10 cm<sup>2</sup>. Dominano i Nematodi, con una densità che si attesta sul valore di 274,2  $\pm$  198,8 ind./10 cm<sup>2</sup> (82,1% del popolamento complessivo). Seguono i Copepodi (24,0  $\pm$  25,3 ind./10 cm<sup>2</sup>; 7,2%), i Policheti (13,9  $\pm$  6,9 ind./10 cm<sup>2</sup>; 4,2%) e, infine, i Nauplii (10,9  $\pm$  10,9 ind./10 cm<sup>2</sup>; 3,3%). I restanti sette taxa rappresentano il 3,3% della meiofauna totale. Di questi solo gli Ostracodi superano l'1% della biocenosi totale (**Tabella 67**; **Figura 53**). In questa stazione, il valore dell'indice di ricchezza di Margalef risulta superiore al valore medio riscontrato nell'area, quello dell'indice di diversità di Shannon-Wiener è pari ad esso, mentre il valore dell'indice di equitabilità di Pielou è inferiore (**Tabella 69**).



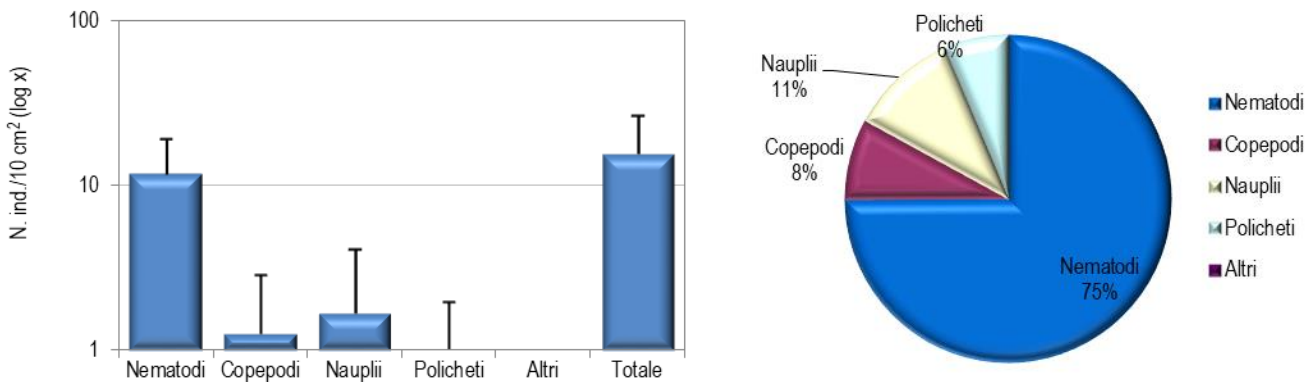
**Figura 53** - Stazione I19 MG7. Densità media  $\pm$  deviazione standard (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione I19 MG8 è caratterizzata da sabbia fine con silt e detrito vegetale. La comunità meiobentonica è costituita da otto gruppi tassonomici, la cui densità complessiva è pari a 205,1  $\pm$  117,4 ind./10 cm<sup>2</sup> (**Tabella 67**, **Tabella 69**). I Nematodi sono il gruppo dominante, con un apporto percentuale pari al 73,9% (densità: 151,6  $\pm$  89,6 ind./10 cm<sup>2</sup>). Seguono i Policheti (17,7  $\pm$  10,3 ind./10 cm<sup>2</sup>; 8,6%), i Copepodi (16,8  $\pm$  13,5 ind./10 cm<sup>2</sup>; 8,2%) e, infine, i Nauplii (16,0  $\pm$  13,2 ind./10 cm<sup>2</sup>; 7,8%). I restanti quattro taxa costituiscono l'1,4% della biocenosi ("Altri": 2,9  $\pm$  3,5 ind./10 cm<sup>2</sup>); nessuno di questi supera la soglia dell'1% del popolamento complessivo (**Figura 54**). L'indice di ricchezza di Margalef risulta inferiore al valore medio calcolato per l'area, il valore dell'indice di diversità di Shannon-Wiener è superiore al valore medio registrato nell'area, mentre quello dell'equitabilità di Pielou risulta pari ad esso (**Tabella 69**).



**Figura 54** - Stazione I19 MG8. Densità media  $\pm$  deviazione standard (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione I19 MG9 presenta un sedimento di tipo siltoso. La meiofauna è caratterizzata da soli quattro gruppi tassonomici, per una densità media complessiva pari a  $15,6 \pm 11,0$  ind./10 cm<sup>2</sup>, la più bassa registrata nell'area (Tabella 68, Tabella 69). I Nematodi sono il taxon dominante ( $11,8 \pm 7,1$  ind./10 cm<sup>2</sup>) costituendo il 75,6% della meiofauna totale. Seguono i Nauplii ( $1,7 \pm 2,4$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 10,8%), i Copepodi ( $1,3 \pm 1,6$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 8,1%) e i Policheti ( $0,8 \pm 1,0$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 5,4%). Assenti in questa stazione i taxa normalmente raggruppati nella categoria "Altri" (Tabella 68; Figura 55). L'indice di ricchezza di Margalef risulta inferiore al valore medio calcolato per l'area, il valore dell'indice di diversità di Shannon-Wiener è pari alla media registrata nell'area, mentre quello dell'equitabilità di Pielou risulta superiore ad essa (Tabella 69).



**Figura 55** - Stazione I19 MG9. Densità media  $\pm$  deviazione standard (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

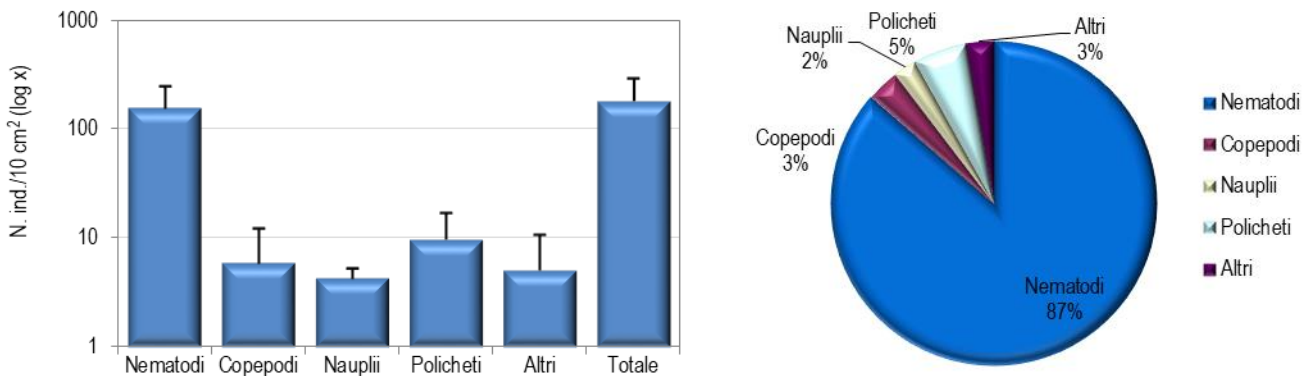
**Tabella 68** - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni I19 MG9, I19 MG10, I19 MG11, I19 MG12, I19 MG13, I19 MG14. Densità media ( $\pm$ DS) (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.

	I19 MG9		I19 MG10		I19 MG11		I19 MG12		I19 MG13		I19 MG14	
	Media $\pm$ DS	%	Media $\pm$ DS	%	Media $\pm$ DS	%	Media $\pm$ DS	%	Media $\pm$ DS	%	Media $\pm$ DS	%
Nematodi	11,8 $\pm$ 7,1	75,6	157,9 $\pm$ 89,0	86,4	192,9 $\pm$ 126,5	74,6	342,4 $\pm$ 228,0	75,3	117,5 $\pm$ 201,4	75,6	50,1 $\pm$ 51,5	90,8
Copepodi	1,3 $\pm$ 1,6	8,1	5,9 $\pm$ 6,2	3,2	21,1 $\pm$ 29,3	8,1	49,3 $\pm$ 33,6	10,8	12,2 $\pm$ 23,3	7,9	0,8 $\pm$ 1,0	1,5
Nauplii	1,7 $\pm$ 2,4	10,8	4,2 $\pm$ 1,0	2,3	12,6 $\pm$ 16,8	4,9	22,3 $\pm$ 24,5	4,9	7,2 $\pm$ 11,0	4,6	0,8 $\pm$ 1,7	1,5
Policheti	0,8 $\pm$ 1,0	5,4	9,7 $\pm$ 7,2	5,3	24,4 $\pm$ 16,1	9,4	29,9 $\pm$ 21,6	6,6	14,3 $\pm$ 23,2	9,2	2,9 $\pm$ 2,9	5,3
Chinorinchi	-	-	0,4 $\pm$ 0,8	0,2	0,4 $\pm$ 0,8	0,2	2,5 $\pm$ 2,9	0,6	-	-	0,4 $\pm$ 0,8	0,8
Turbellari	-	-	0,4 $\pm$ 0,8	0,2	0,4 $\pm$ 0,8	0,2	-	-	-	-	-	-
Ostracodi	-	-	-	-	2,5 $\pm$ 5,1	1,0	4,6 $\pm$ 3,7	1,0	1,7 $\pm$ 3,4	1,1	-	-
Anfipodi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Briozoi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Isopodi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Priapulidi	-	-	-	-	0,8 $\pm$ 1,7	0,3	-	-	0,4 $\pm$ 0,8	0,3	-	-
Bivalvi	-	-	1,3 $\pm$ 1,6	0,7	-	-	2,1 $\pm$ 3,2	0,5	0,8 $\pm$ 1,0	0,5	-	-
Caudofoveati	-	-	0,4 $\pm$ 0,8	0,2	1,3 $\pm$ 2,5	0,5	-	-	0,4 $\pm$ 0,8	0,3	-	-
Nemertini	-	-	0,4 $\pm$ 0,8	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-

**Tabella 68** - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni I19 MG9, I19 MG10, I19 MG11, I19 MG12, I19 MG13, I19 MG14. Densità media ( $\pm$ DS) (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.

Acari	-	0,4 $\pm$ 0,8	0,2	0,8 $\pm$ 1,0	0,3	-	-	-	-	-	-
Loriciferi	-	0,4 $\pm$ 0,8	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
Tanaidacei	-	-	-	0,4 $\pm$ 0,8	0,2	1,3 $\pm$ 0,8	0,3	0,4 $\pm$ 0,8	0,3	-	-
Ofiroidi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Idrozoi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sipunculidi	-	-	-	-	-	-	-	0,4 $\pm$ 0,8	0,3	-	-
Ciliati	-	1,3 $\pm$ 1,6	0,7	0,8 $\pm$ 1,7	0,3	-	-	-	-	-	-
Altri ( $\Sigma$ Chino-Cili)	-	5,1 $\pm$ 5,7	2,8	7,6 $\pm$ 11,1	2,9	10,5 $\pm$ 8,3	2,3	4,2 $\pm$ 6,2	2,7	0,4 $\pm$ 0,8	0,8
Meiofauna totale	15,6 $\pm$ 11,0	-	182,8 $\pm$ 107,0	-	258,6 $\pm$ 199,0	-	454,4 $\pm$ 306,9	-	155,4 $\pm$ 264,9	-	55,2 $\pm$ 56,3

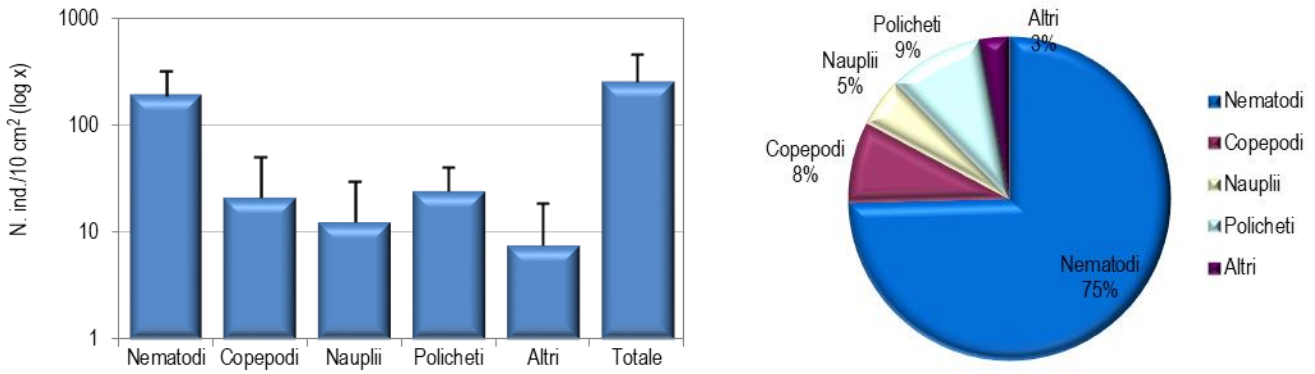
La stazione I19 MG10 presenta un sedimento sabbioso misto a silt e a detrito vegetale. L'analisi faunistica ha consentito di rinvenire dodici taxa meiobentonici, con una densità media totale pari a  $182,8 \pm 107,0$  ind./10 cm<sup>2</sup> (**Tabella 68**, **Tabella 69**). Dominano i Nematodi, con una densità media di  $157,9 \pm 89,0$  ind./10 cm<sup>2</sup>, pari all'86,4% della biocenosi complessiva. Seguono i Policheti ( $9,7 \pm 7,2$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 5,3%), i Copepodi ( $5,9 \pm 6,2$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 3,2%) e i Nauplii ( $4,2 \pm 1,0$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 2,3%) (**Tabella 68**; **Figura 56**). I restanti otto taxa costituiscono il 2,8% del popolamento ("Altri";  $5,1 \pm 5,7$  ind./10 cm<sup>2</sup>). Nessuno di questi supera l'1% del totale. Si segnala la presenza del raro taxon dei Loriciferi in questa stazione (**Tabella 68**). I valori degli indici di diversità di Shannon-Wiener e di equitabilità di Pielou sono inferiori ai valori medi registrati per l'area, mentre quello di ricchezza di Margalef risulta superiore al valore medio dell'area (**Tabella 69**).



**Figura 56** - Stazione I19 MG10. Densità media  $\pm$  deviazione standard (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

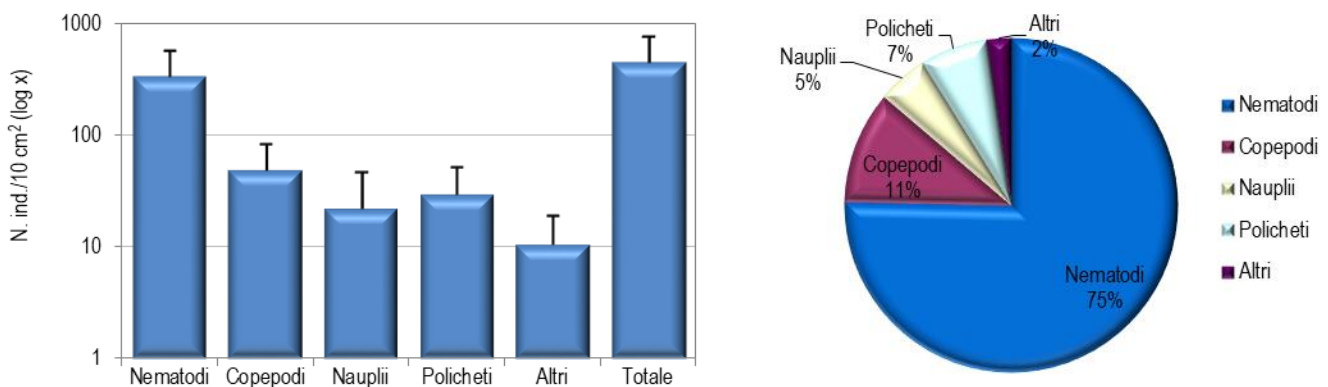
Il sedimento della stazione I19 MG11 è caratterizzato da sabbia fine con silt e detrito vegetale. Nei campioni analizzati sono stati rinvenuti i rappresentanti di dodici gruppi meiobentonici, per una densità media complessiva pari a  $258,6 \pm 199,0$  ind./10 cm<sup>2</sup>. Analogamente ad altri siti, i Nematodi sono il gruppo dominante (densità media:  $92,9 \pm 126,5$  ind./10 cm<sup>2</sup>), costituendo il 74,6% del popolamento complessivo (**Tabella 68**). Seguono i Policheti ( $24,4 \pm 16,1$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 9,4%), i Copepodi ( $21,1 \pm 29,3$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 8,1%) e i Nauplii ( $12,6 \pm 16,8$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 4,9%). I restanti otto taxa costituiscono il 2,9% della biocenosi; tra questi solo gli Ostracodi raggiungono l'1,0% del popolamento. Si segnala la presenza in questa stazione di larve di Priapulidi (**Tabella 68**; **Figura 57**). I valori degli indici di ricchezza di Margalef e di diversità di Shannon-Wiener sono superiori ai valori medi riscontrata nell'area, mentre quello di equitabilità di Pielou è pari alla media registrata (**Tabella 69**).





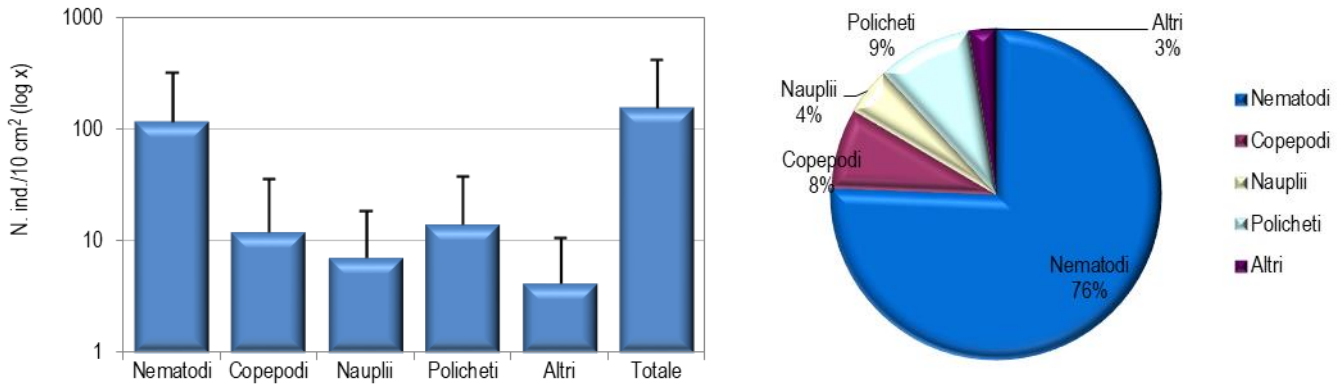
**Figura 57** - Stazione I19 MG11. Densità media  $\pm$  deviazione standard (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione I19 MG12 è costituito prevalentemente da sabbia media con detrito vegetale. L'analisi faunistica ha portato al rinvenimento di otto taxa meiobentonici, con abbondanza media totale di ben 454,4 $\pm$ 306,9 ind./10 cm<sup>2</sup>, la più alta registrata nell'area. I Nematodi sono ancora una volta il taxon dominante, con una densità pari a 342,4  $\pm$  228,0 ind./10 cm<sup>2</sup> (75,3% del popolamento complessivo). I Copepodi sono il gruppo subdominante (49,3  $\pm$  33,6 ind./10 cm<sup>2</sup>; 10,8%), seguiti dai Policheti (29,9  $\pm$  21,6 ind./10 cm<sup>2</sup>; 6,6%) e dai Nauplii (22,3  $\pm$  24,5 ind./10 cm<sup>2</sup>; 4,9%). I restanti quattro taxa costituiscono il 2,3% della biocenosi ("Altri": 10,5  $\pm$  8,3 ind./10 cm<sup>2</sup>); tra questi solo gli Ostracodi raggiungono l'1% del totale (**Tabella 68**; **Figura 58**). Il valore dell'indice di ricchezza di Margalef è inferiore alla media riscontrata nell'area, la diversità di Shannon-Wiener risulta superiore alla media, mentre l'equitabilità di Pielou è pari ad essa (**Tabella 69**).



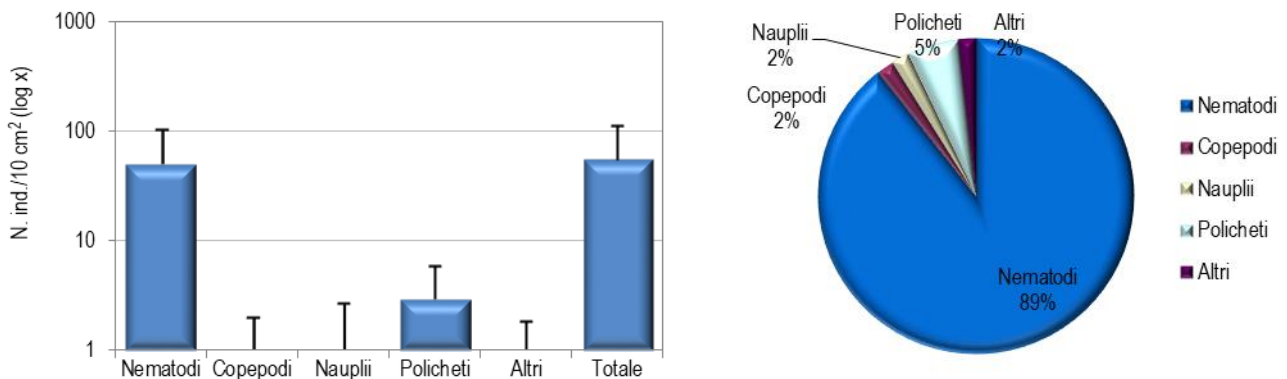
**Figura 58** - Stazione I19 MG12. Densità media  $\pm$  deviazione standard (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione I19 MG13 è caratterizzato da sabbia fine con silt e detrito vegetale. La comunità meiobentonica è costituita da dieci taxa principali, per una densità complessiva pari a 155,4  $\pm$  264,9 ind./10 cm<sup>2</sup> (**Tabella 68**). Dominano i Nematodi, che raggiungono il 75,6% del popolamento totale (117,5  $\pm$  201,4 ind./10 cm<sup>2</sup>). Seguono i Policheti (14,3  $\pm$  23,2 ind./10 cm<sup>2</sup>; 9,2%), i Copepodi (12,2  $\pm$  23,3 ind./10 cm<sup>2</sup>; 7,9%) e, infine, i Nauplii (7,2  $\pm$  11,0 ind./10 cm<sup>2</sup>; 4,6%). I restanti sei taxa, raggruppati nella categoria "Altri", rappresentano il 2,7% della biocenosi (4,2  $\pm$  6,2 ind./10 cm<sup>2</sup>). Tra questi solo gli Ostracodi l'1,0% del totale. Si segnala la presenza di larve di Priapulidi in questa stazione (**Tabella 68**; **Figura 59**). I valori degli indici di ricchezza di Margalef e di diversità di Shannon-Wiener sono superiori ai valori medi registrati nell'area, mentre il valore dell'equitabilità di Pielou è pari al valore medio dell'area (**Tabella 69**).



**Figura 59** - Stazione I19 MG13. Densità media  $\pm$  deviazione standard (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione I19 MG14 è caratterizzata da sabbia fine mista a silt e detrito vegetale. Nei campioni sono stati rinvenuti solo cinque taxa meiobentonici, con una densità media complessiva pari a  $55,2 \pm 56,3$  ind./10 cm<sup>2</sup> (**Tabella 68**). I Nematodi risultano nettamente dominanti, raggiungendo il 90,8% della biocenosi ( $50,1 \pm 51,5$  ind./10 cm<sup>2</sup>). Seguono i Policheti ( $2,9 \pm 2,9$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 5,3%), i Nauplii ( $0,8 \pm 1,7$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 1,5%) e i Copepodi ( $0,8 \pm 1,0$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 1,5%). Il restante taxon, i Chinorinchi, costituisce lo 0,8% del popolamento ( $0,4 \pm 0,8$  ind./10 cm<sup>2</sup>) (**Tabella 68**; **Figura 60**). I valori degli indici ecologici risultano inferiori ai valori medi calcolati per l'intera area, rimarcando la povertà faunistica di questo sito (**Tabella 69**).



**Figura 60** - Stazione I19 MG14. Densità media  $\pm$  deviazione standard (ind./10 cm<sup>2</sup>) 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 ventuno gruppi tassonomici. Nematodi, Copepodi, Nauplii e Policheti sono risultati presenti in tutti i siti. Dei rimanenti taxa, Chinorinchi e Ostracodi risultano abbastanza frequenti, mancando solo in alcune stazioni, al contrario di Ciliati, Idrozoi, Briozoi, Nemertini, Sipunculidi, Priapulidi, Loriciferi, Acari e Ofiuroidi, rinvenuti solamente in uno-tre siti e in numeri spesso molto bassi.

La densità media totale della meiofauna nell'area investigata è pari a  $196,2 \pm 209,5$  ind./10 cm<sup>2</sup>. I Nematodi sono risultati il taxon dominante, con una densità media di  $152,8 \pm 157,7$  ind./10 cm<sup>2</sup>, corrispondente al 77,9% della biocenosi complessiva. Seguono i Copepodi ( $14,8 \pm 22,7$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 7,6%), i Policheti ( $12,6 \pm 14,3$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 6,4%) e i Nauplii ( $10,4 \pm 15,7$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 5,3%). I diciassette taxa meno abbondanti, raggruppati nella categoria "Altri", costituiscono il 2,8% della comunità ( $5,5 \pm 8,3$  ind./10 cm<sup>2</sup>); tra questi solo gli Ostracodi superano l'1% dell'intero popolamento (**Tabella 70**).

L'analisi della varianza (ANOVA) condotta per verificare la significatività delle eventuali differenze nei valori medi delle abbondanze riscontrate nelle 12 stazioni non ha evidenziato differenze statisticamente significative.

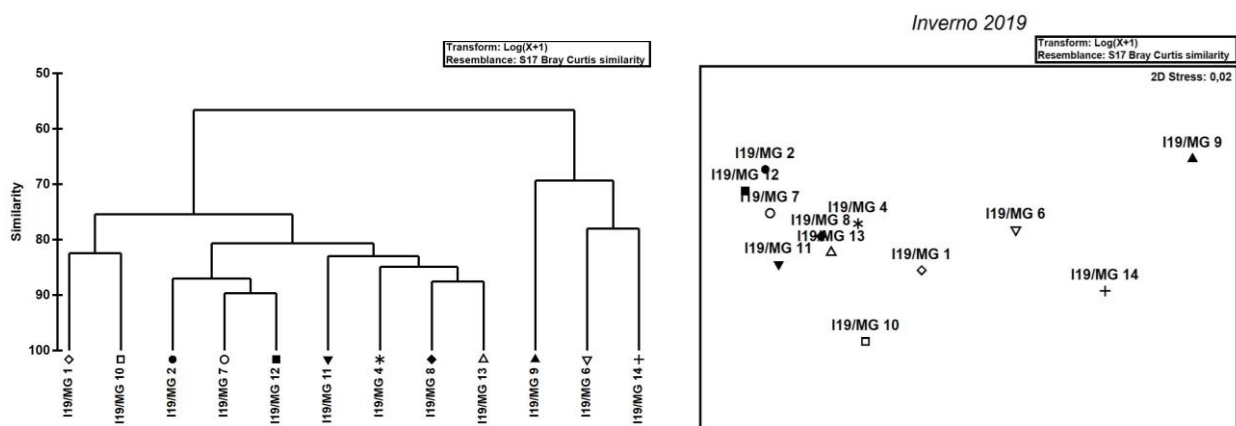
**Tabella 69** - Indici strutturali relativi al popolamento meiobentonico calcolati sui valori medi di abbondanza. Numero di taxa (S), Numero medio di individui (N),

Ricchezza di Margalef (d), Diversità di Shannon-Wiener (H'), Equitabilità di Pielou (J).					
	S	N	d	H'	J
I19 MG1	10	138,6	1,8	0,7	0,3
I19 MG2	14	292,7	2,3	1,1	0,4
I19 MG4	8	167,6	1,4	0,8	0,4
I19 MG6	7	94,8	1,3	0,5	0,3
I19 MG7	11	334,0	1,7	0,8	0,3
I19 MG8	8	205,1	1,3	0,9	0,4
I19 MG9	4	15,6	1,1	0,8	0,6
I19 MG10	12	182,8	2,1	0,6	0,3
I19 MG11	12	258,6	2,0	1,0	0,4
I19 MG12	8	454,4	1,1	0,9	0,4
I19 MG13	10	155,4	1,8	0,9	0,4
I19 MG14	5	55,2	1,0	0,4	0,3
Media	9	196,2	1,6	0,8	0,4

In **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 14 taxa il primo, e da 15 a 454 ind./10 cm<sup>2</sup> il secondo. La stazione I19 MG9 ospita il numero più basso di taxa e il minimo valore di densità, mentre I19 MG2 presenta il più elevato numero di taxa e I19 MG12 il più alto valore di densità. Oltre a questi, anche gli indici di ricchezza di Margalef (d), diversità di Shannon-Wiener (H') ed equitabilità di Pielou (J) variano nei siti indagati. La ricchezza di Margalef (d) varia dal valore minimo di 1,0 della stazione I19 MG14 al massimo rilevato in I19 MG2 (d = 2,3; **Tabella 69**). La diversità di Shannon-Wiener (H') è risultata massima in I19 MG2 (1,1) e minima nel sito I19 MG14 (0,4). Infine, l'indice di equitabilità di Pielou (J) è variato da un valore minimo di 0,3 in ben cinque siti (I19 MG1, I19 MG6, I19 MG7, I19 MG10, I19 MG14) a un massimo di 0,6 in I19 MG9 (**Tabella 69**). Tenuto conto della distanza reciproca tra questi siti e della loro distanza relativa rispetto al rigassificatore, non emergono relazioni evidenti tra le differenze osservate e la loro collocazione geografica anche rispetto alla posizione del terminale.

Le analisi multivariate hanno evidenziato una similarità faunistica medio bassa tra i siti investigati. 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 56% (**Figura 61**). In corrispondenza di tale valore, tre siti, I19 MG6, I19 MG9 e I19 MG14, raggruppati tra loro a un livello di similarità di circa 70%, risultano separati dagli altri nove. La diversità tassonomica e particolarmente le densità registrate in queste tre stazioni risultano più basse rispetto a quelle rilevate altrove. Tra i rimanenti nove siti, due, I19 MG1 e I19 MG10 - caratterizzati da densità relativamente basse, specialmente per quanto riguarda Copepodi e Policheti, normalmente tra i taxa più numerosi - vengono separati dagli altri sette ad un livello di similarità dell'83% circa. I restanti sette siti presentano un livello di similarità prossimo all'82% e sono quasi equamente suddivisi in due sottocluster. Non sembra emergere alcuna chiara relazione tra raggruppamento e posizione geografica delle stazioni rispetto al terminale rigassificatore.

Quanto appena indicato viene riflesso anche nel piano di ordinamento bidimensionale ottenuto dall'analisi nMDS, riportato in **Figura 61**. Anche in questo caso, la disposizione dei punti-stazione nel piano prescinde dalla loro collocazione geografica. Il grafico nMDS separa le stazioni caratterizzate da basse diversità e densità dei taxa rinvenuti (I19 MG6, I19 MG9 e I19 MG14) dalle altre. In via subordinata, è possibile notare nuovamente la separazione di I19 MG1 e I19 MG10 dalle restanti sette stazioni.



**Figura 61** – 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.

**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<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo rinvenuto. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.

Taxon	Media $\pm$ DS	%	Taxon	Media $\pm$ DS	%
Nematodi	152,8 $\pm$ 157,7	77,9	Bivalvi	0,6 $\pm$ 1,6	0,3
Copepodi	14,8 $\pm$ 22,7	7,6	Caudofoveati	0,3 $\pm$ 0,9	0,1
Nauplii	10,4 $\pm$ 15,7	5,3	Nemertini	0,1 $\pm$ 0,2	<0,1
Policheti	12,6 $\pm$ 14,3	6,4	Acari	0,1 $\pm$ 0,5	0,1
Chinorinchi	1,0 $\pm$ 2,3	0,5	Loriciferi	0,1 $\pm$ 0,2	<0,1
Turbellari	0,2 $\pm$ 0,5	0,1	Tanaidacei	0,3 $\pm$ 0,7	0,1
Ostracodi	2,1 $\pm$ 4,1	1,1	Ofiuroidi	0,1 $\pm$ 0,3	<0,1
Anfipodi	0,1 $\pm$ 0,3	<0,1	Idrozoi	0,1 $\pm$ 0,2	<0,1
Briozoi	0,1 $\pm$ 0,2	<0,1	Sipunculidi	0,1 $\pm$ 0,2	<0,1
Isopodi	0,2 $\pm$ 0,6	0,1	Ciliati	0,2 $\pm$ 0,7	0,1
Priapulidi	0,1 $\pm$ 0,6	0,1	Altri ( $\Sigma$ Chino-Cili)	5,5 $\pm$ 8,3	2,8
Meiofauna totale	196,2 $\pm$ 209,5	-			

#### 4.2.3 Bioaccumulo

##### Metalli

I risultati della ricerca dei metalli in *Mytilus galloprovincialis* sono riportati nella **Tabella 71**. Le concentrazioni del maggior parte dei metalli rilevati nei mitili lungo il Terminale sono inferiori o confrontabili con il Tempo 0.

**Tabella 71** - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna I19 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 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	
	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.
Arsenico	14,22	2,84	16,92	3,38	15,67	3,13	17,60	3,52	16,73	3,35	18,61	3,72
Bario	5,47	1,09	2,05	0,41	2,58	0,52	2,38	0,48	2,07	0,41	2,21	0,44
Cadmio	0,465	0,09	0,689	0,14	0,715	0,14	0,542	0,11	0,542	0,11	0,512	0,10
Cromo totale	4,20	0,84	2,02	0,40	3,75	0,75	2,91	0,58	2,23	0,45	3,36	0,67
Ferro	8,55	1,71	5,19	1,04	5,22	1,04	5,19	1,04	5,58	1,12	6,00	1,20
Manganese	740,81	148,16	47,26	9,45	215,63	43,13	131,44	26,29	88,51	17,70	105,47	21,09
Mercurio	33,00	6,60	< 12,5		13,56	2,71	< 12,5		< 12,5		< 12,5	
Nichel	0,139	0,03	0,148	0,03	0,158	0,03	0,146	0,03	0,146	0,03	0,147	0,03
Piombo	2,60	0,52	1,20	0,24	2,28	0,46	1,85	0,37	1,33	0,27	1,85	0,37
Rame	6,96	1,39	5,38	1,08	6,07	1,21	4,63	0,93	5,59	1,12	6,16	1,23
Vanadio	3,94	0,79	1,69	0,34	2,24	0,45	2,03	0,41	1,75	0,35	1,46	0,29
Zinco	282,13	56,43	263,61	52,72	287,99	57,60	238,46	47,69	350,85	70,17	353,75	70,75

##### Idrocarburi totali

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

Gli idrocarburi C<10 sono risultati inferiori al limite di rilevabilità del metodo.

Gli idrocarburi C10-C40 sono presenti nei mitili trapiantati con concentrazioni basse e confrontabili o leggermente superiori (Stazione B) tra i mitili trapiantati e la stazione di bianco.

**Tabella 72** - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. Dati relativi alla campagna I19.

	Tempo zero	Stazione A	Stazione B	Stazione C	Stazione D	Stazione E
		Pos. 1	Pos. 2	Pos. 3	Pos. 4	(Bianco Gorgona)
Idrocarburi C<10 (mg/kg)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Idrocarburi C10-C40 (mg/kg)	18,16	19,37	28,28	22,22	12,64	12,60

##### IPA ed composti organo stannici

Dalla **Tabella 73** si osserva una sostanziale assenza di contaminazione da IPA e composti organostannici.

**Tabella 73** - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei mitili. I dati relativi alla campagna I19 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)
Acenafte	0,004	0,001	0,001	0,001	< 0,001	0,001
Acenafte	0,002	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Antracene	0,003	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Benzo (a) antracene	0,013	0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (a) pirene	0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (b) fluorantene	0,016	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001
Benzo (g,h,i) perilene	0,002	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (k) fluorantene	0,018	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001
Crisene	0,025	0,002	0,001	0,001	0,001	< 0,001
Dibenzo (a,h) antracene	0,002	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Fenantrene	0,016	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001
Fluorantene	0,079	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001
Fluorene	0,009	0,005	0,003	0,003	0,002	0,001
Indeno (1,2,3 - c,d) pirene	0,004	0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Naftalene	0,006	0,004	0,003	0,002	0,001	0,001
Pirene	0,009	< 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**. Questi composti risultano al di sotto del limite di quantificazione.

**Tabella 74** - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati relativi alla campagna I19 sono espressi in µg/kg. Per il calcolo delle medie, nel caso di valori al di sotto del limite di quantificazione, è stato usata una concentrazione pari alla metà di quest'ultimo.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
<b>Acidi Aloacetici</b>						
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
<b>Fenoli</b>						
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
<b>V.O.C.</b>						
1,1,1-Tricloro Etano	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
1,1,2-Tricloro Etano	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Bromo Dichloro Metano	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Bromoformio	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Carbonio Tetracloruro	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cloroformio	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Dibromo Cloro Metano	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Tetracloro Etilene	< 0,15	< 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 I19 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

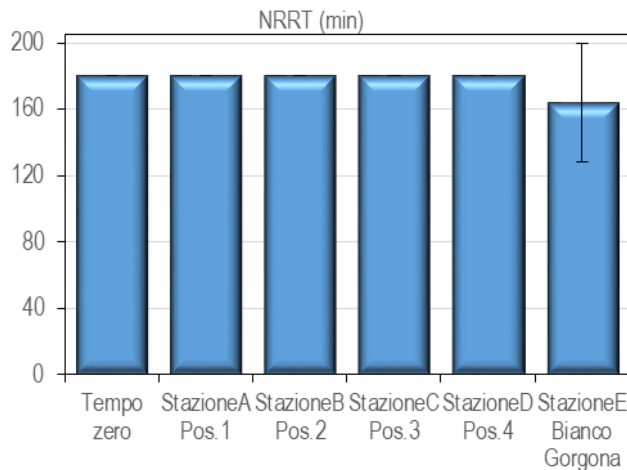
Streptococchi fecali (enterococchi)	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Coliformi totali	<10	<10	<10	<10	<10	<10

#### 4.2.4 Biomarkers

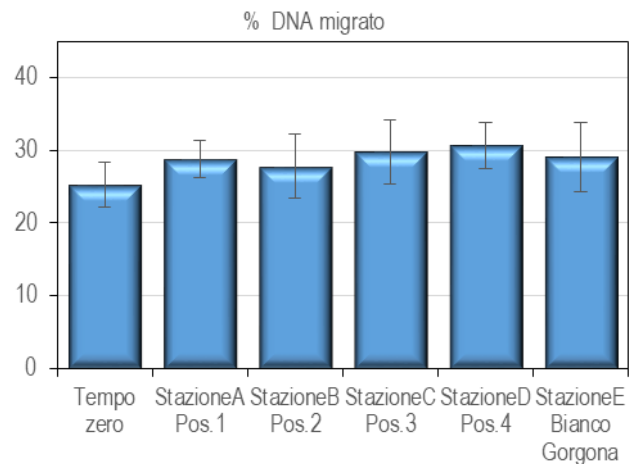
Dall'analisi del Neutral Red Retention Time è emersa una elevata integrità morfo-funzionale dei lisosomi in tutti i campioni indagati e non sono emerse differenze significative tra i mitili di controllo (Stazione E – Gorgona) e quelli posizionati lungo le 4 stazioni di monitoraggio del Terminale FSRU (Figura 62).

#### Comet Assay

Anche l'integrità del DNA si è dimostrata di buon livello e non sono emerse differenze significative tra i mitili di controllo (stazione E, Gorgona) e quelli collocati presso il Terminale FSRU (Figura 63).



**Figura 62** - 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 63** - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.

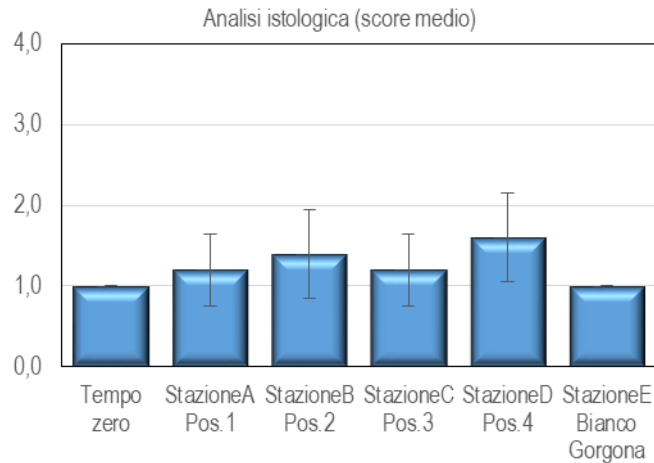
#### Analisi istologia del tessuto branchiale

L'analisi istologica del tessuto branchiale e il confronto statistico dei risultati ha mostrato nella stazione D (Pos 4) del terminale FSRU un livello di integrità significativamente minore rispetto quello dei mitili di controllo (Figura 64).

**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.

Replica	I	II	III	IV	V
Mitili tempo zero	1	1	1	1	1
I19 Stazione A (Pos. 1)	1	2	1	1	1
I19 Stazione B (Pos. 2)	1	2	1	2	1
I19 Stazione C (Pos. 3)	1	2	1	1	1
I19 Stazione D (Pos. 4)	1	2	2	2	1
I19 Stazione E (Bianco Gorgona)	1	1	1	1	1





**Figura 64** - 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, dai risultati analitici ottenuti sui campioni forniti, relativi alla campagna invernale 2019 (I-19), emerge che una sola stazione del Terminale FSRU (D- Pos. 4) si è discostata significativamente dai valori dei controlli per uno solo dei tre biomarker indagati; inoltre, le alterazioni osservate nei singoli individui sono risultate di grado moderato. Si può dedurre una sostanziale assenza di impatto del Terminale FSRU nel periodo di riferimento.

#### 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 di controllo (SC per la rete a strascico; PC per le reti da posta) nel corso della campagna Inverno 2019 (di seguito I19).

In totale sono state catturate 83 specie.

Nel corso del campionamento effettuato con la rete a strascico sono state catturate 38 specie di Osteitti, 2 di Condroitti, 2 di Crostacei Decapodi e 9 di Molluschi Cefalopodi.

Nel campionamento condotto con le reti da posta sono state catturate in totale di 13 specie di Osteitti, 2 di Condroitti e 1 di Molluschi Cefalopodi.

**Tabella 77** - Lista delle specie catturate con la rete a strascico e le reti da posta. Strascico: I19 S1-S4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; I19 SC = stazione di controllo. Reti da posta: I19 P1-P4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; I19 PC = stazione di controllo.

Osteitti	Strascico		Reti da posta		Molluschi Cefalopodi	Strascico		Reti da posta	
	I19 S1-S4	I19 SC	I19 P1-P4	I19 PC		I19 S1-S4	I19 SC	I19 P1-P4	I19 PC
<i>Argentina sphyraena</i> Linnaeus, 1758	*				<i>Eledone cirrhosa</i> (Lamarck, 1798)	*	*		
<i>Arnoglossus laterna</i> (Walbaum, 1792)	*	*			<i>Eledone moschata</i> (Lamarck, 1799)	*			
<i>Aspitrigla cuculus</i> (Linnaeus, 1758)	*		*		<i>Illex coindetii</i> (Vérany, 1839)	*	*		
<i>Blennius ocellaris</i> Linnaeus, 1758	*	*			<i>Loligo (Alloteuthis) sp.</i>	*	*		
<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Loligo vulgaris</i> Lamarck, 1798	*	*		
<i>Callionymus maculatus</i> Rafinesque,	*				<i>Octopus vulgaris</i> Cuvier, 1797	*			
<i>Capros aper</i> (Linnaeus, 1758)	*				<i>Rossia macrosoma</i> (Delle Chiaje, 1830)	*			
<i>Chelidonichthys lucerna</i> (Linnaeus,	*	*	*		<i>Sepia obrignyana</i> Férussac, 1826	*	*		
<i>Citharus linguatula</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*		<i>Sepia officinalis</i> Linnaeus, 1758		*		*
<i>Conger conger</i> (Linnaeus, 1758)	*				<i>Sepietta oweniana</i> (d'Orbigny, 1841)	*			
<i>Engraulis encrasicolus</i> (Linnaeus,		*			<b>Altro</b>				
<i>Eutrigla gurnardus</i> (Linnaeus, 1758)	*				<i>Alcyonium palmatum</i> Pallas, 1766	*	*	*	*
<i>Glossanodon leioglossus</i>	*				<i>Antedon mediterranea</i> Lamarck, 1816	*	*		
<i>Gobius niger</i> Linnaeus, 1758		*			<i>Aporrhais pespelecani</i> (Linnaeus, 1758)	*			
<i>Helicolenus d. dactylopterus</i>	*				<i>Aporrhais serresianus</i> (Michaud, 1828)	*			
<i>Lepidorhombus boschii</i> (Risso, 1810)	*	*	*	*	<i>Ascidia mentula</i> O.F. Müller, 1776		*	*	
<i>Lepidotrigla cavillone</i> (Lacépède, 1801)	*	*	*		<i>Ascidacea</i> indet.	*			
<i>Lophius budegassa</i> Spinola, 1807	*	*	*	*	<i>Astropecten aranciacus</i> (Linnaeus,	*	*		
<i>Lophius piscatorius</i> Linnaeus 1758			*		<i>Astropecten i. pentacanthus</i> (Delle	*	*		
<i>Macroramphosus scolopax</i> (Linnaeus,	*				<i>Bolinus brandaris</i> (Linnaeus, 1758)	*			
<i>Merluccius merluccius</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*		<i>Calliactis parasitica</i> (Couch, 1838)	*			

**Tabella 77** - Lista delle specie catturate con la rete a strascico e le reti da posta. Strascico: I19 S1-S4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; I19 SC = stazione di controllo. Reti da posta: I19 P1-P4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; I19 PC = stazione di controllo.

<i>Mullus barbatus</i> Linnaeus, 1758	*	*	*		<i>Calliostoma granulatum</i> (Von Born,	*	*		
<i>Pagellus acarne</i> (Risso, 1826)	*				<i>Cidaris cidaris</i> (Linnaeus, 1758)	*		*	
<i>Pagellus bogaraveo</i> (Brünnich, 1768)	*				<i>Cymatium corrugatum</i> (Lamarck, 1816)		*		
<i>Pagellus erythrinus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Echinaster sepositus</i> (Retzius, 1783)	*			
<i>Phycis blennoides</i> (Brünnich, 1768)	*		*	*	<i>Funiculina quadrangularis</i> (Pallas,	*	*	*	
<i>Scophthalmus rhombus</i> (Linnaeus,	*			*	<i>Fusinus rostratus</i> (Olivi, 1792)	*			
<i>Scorpaena elongata</i> Cadenat, 1943	*				<i>Galeodea echinofora</i> (Linnaeus, 1758)	*			
<i>Scorpaena scrofa</i> Linnaeus, 1758	*				<i>Holoturoidea</i> indet.	*			
<i>Serranus cabrilla</i> (Linnaeus, 1758)	*		*		<i>Holoturia tubulosa</i> Gmelin, 1788		*		
<i>Serranus hepatus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Inacus comunissimus</i> Rizza, 1839	*			
<i>Solea vulgaris</i> Quensel, 1806	*				<i>Lepas anatifera</i> Linnaeus, 1767	*			
<i>Spicara flexuosa</i> Rafinesque, 1810	*				<i>Leptometra phalangium</i> (J. Müller,	*	*		
<i>Spicara smaris</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Luidia ciliaris</i> (Philippi, 1837)	*			
<i>Trachinus draco</i> Linnaeus, 1758	*				<i>Nudibranchia</i> indet.	*	*		
<i>Trachurus m. mediterraneus</i>	*				<i>Ophiura texturata</i> Lamarck, 1816	*	*		
<i>Trachurus trachurus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Ophiuroidea</i> indet.	*			
<i>Trisopterus minutus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Ostrea</i> sp.	*			
<i>Uranoscopus scaber</i> Linnaeus, 1758	*		*		<i>Pagurus excavatus</i> (Herbst, 1791)	*			
<i>Zeus faber</i> Linnaeus, 1758	*				<i>Pelagia noctiluca</i> (Forsskål, 1775)	*			
<b>Condroitti</b>					<i>Pennatula rubra</i> (Ellis, 1764)	*	*		
<i>Raja clavata</i> Linnaeus, 1758	*		*	*	<i>Polychaeta</i> indet.	*	*		
<i>Scylliorhinus canicula</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*	*	<i>Porifera</i> indet.	*	*		
<b>Crostacei Decapodi</b>					<i>Psammechinus microtuberculatus</i>		*		
<i>Goneplax rhomboides</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Sphaerechinus granularis</i> (Lamarck,	*			
<i>Macropodia</i> sp.	*				<i>Stichopus regalis</i> (Cuvier, 1817)	*	*	*	
<i>Parapenaeus longirostris</i> (H. Lucas,	*	*			<i>Tethyaster subinermis</i> (Philippi, 1837)	*			
					<i>Trachythone tergestina</i> (M. Sars,	*			

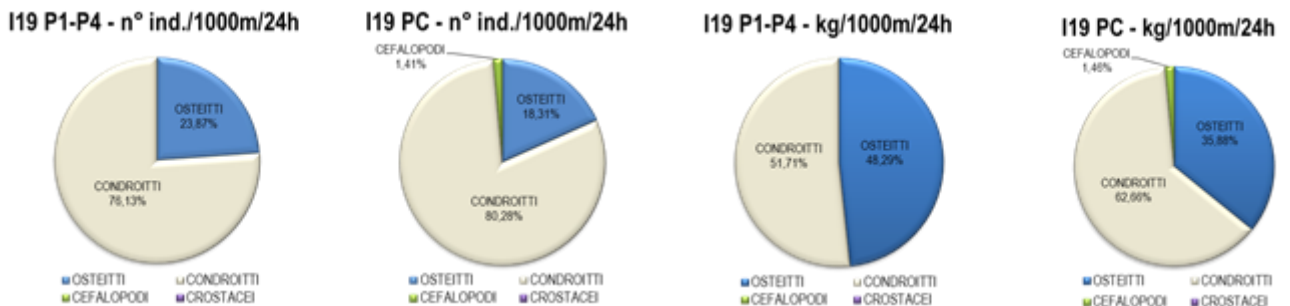
### Indici di densità e biomassa per gruppi tassonomici

In **Figura 66** è riportata la composizione in percentuale delle catture dei principali gruppi tassonomici campionati con la rete a strascico. Il gruppo degli Osteitti è risultato il più abbondante, sia nelle stazioni I19 S1-S4, con un contributo in densità dell'86% ed in biomassa del 63%, che nella stazione I19 SC (indice di densità pari all'87%, indice di biomassa pari al 76%).

I Condroitti mostrano, per quanto riguarda l'indice di densità, un contributo pari al 4% per le stazioni I19 S1-S4 e al 5% per la stazione I19 SC. Analizzando l'indice di biomassa questo gruppo rappresenta il 29% nelle stazioni in prossimità del terminale ed il 17% nella stazione di controllo.

Il gruppo dei Molluschi Cefalopodi costituisce il 4% della densità sia nelle stazioni I19 S1-S4 che nella stazione I19 SC. Il contributo percentuale dell'indice di biomassa per questo gruppo è pari al 6% sia per stazioni in prossimità del terminale (I19 S1-S4) che per la stazione di controllo (I19 SC).

L'indice di densità dei Crostacei Decapodi è pari al 6% nelle stazioni I19 S1-S4 e al 4% nella stazione I19 SC. Per quanto riguarda l'indice di biomassa medio le percentuali risultano molto basse sia nelle stazioni in prossimità del terminale (1,4%) sia nella stazione di controllo (0,9%).

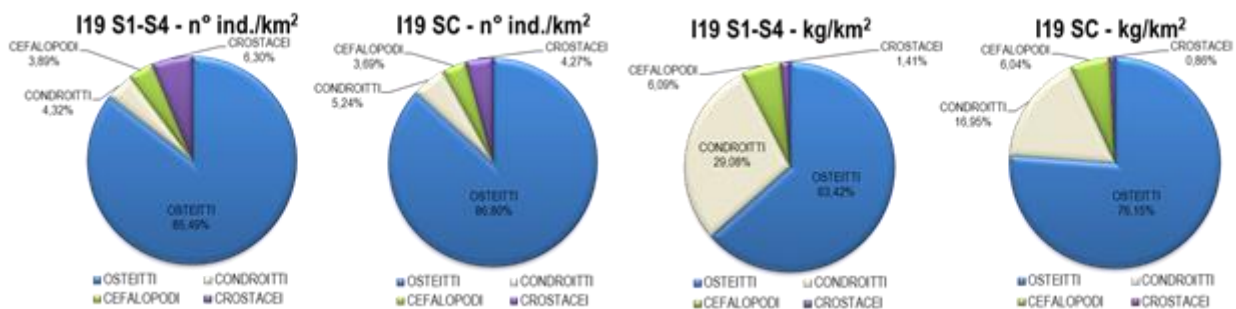

**Figura 65** - Reti da posta: composizione percentuale delle catture, espressa come n. individui/1000m/24h e kg/1000m/24h, dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni I19 P1-P4 e I19 PC.

Nella **Figura 66** è riportata la composizione in percentuale delle catture dei principali gruppi tassonomici campionati con la rete a strascico. Il gruppo degli Osteitti è risultato il più abbondante, sia nelle stazioni I19 S1-S4, con un contributo in densità dell'86% ed in biomassa del 63%, che nella stazione I19 SC (indice di densità pari all'87%, indice di biomassa pari al 76%).

I Condroitti mostrano, per quanto riguarda l'indice di densità, un contributo pari al 4% per le stazioni I19 S1-S4 e al 5% per la stazione I19 SC. Analizzando l'indice di biomassa questo gruppo rappresenta il 29% nelle stazioni in prossimità del terminale ed il 17% nella stazione di controllo.

Il gruppo dei Molluschi Cefalopodi costituisce il 4% della densità sia nelle stazioni I19 S1-S4 che nella stazione I19 SC. Il contributo percentuale dell'indice di biomassa per questo gruppo è pari al 6% sia per stazioni in prossimità del terminale (I19 S1-S4) che per la stazione di controllo (I19 SC).

L'indice di densità dei Crostacei Decapodi è pari al 6% nelle stazioni I19 S1-S4 e al 4% nella stazione I19 SC. Per quanto riguarda l'indice di biomassa medio le percentuali risultano molto basse sia nelle stazioni in prossimità del terminale (1,4%) che nella stazione di controllo (0,9%).



**Figura 66** - Rete a strascico: composizione percentuale delle catture, espressa come n. individui/km<sup>2</sup> e kg/km<sup>2</sup>, dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni I19 S1-S4 e I19 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 (di seguito n° ind./1000m/24h) e di biomassa in kg/1000m/24h per le specie catturate con le reti da posta. Il gattuccio, *Scyliorhinus canicula*, è risultata la specie più abbondante in assoluto, con valori in densità di 120 ind./1000m/24h nel gruppo di stazioni poste in prossimità del terminale (I19 P1-P4) e di 91 ind./1000m/24h nella stazione di controllo (I19 PC). L'indice di biomassa di questa specie è pari a 22,4 kg/1000m/24h per il gruppo di stazioni I19 P1-P4 e a 14,9 kg/1000m/24h per la stazione I19 PC. Nel gruppo degli Osteitti, la specie con gli indici più elevati è la rana pescatrice, *Lophius budegassa*, con indici di densità e biomassa pari a 10 ind./1000m/24h e 6,9 kg/1000m/24h nel gruppo di stazioni I19 P1-P4 e di 6 ind./1000m/24h e 10,4 kg/1000m/24h nella stazione I19 PC.

In questo gruppo è anche da segnalare la linguatola, *Citharus linguatula*, catturata esclusivamente nelle stazioni in prossimità del terminale (I19 P1-P4), con indici di densità e biomassa che si attestano su 9 ind./1000m/24h e 0,4 kg/1000m/24h rispettivamente ed il rombo quattrocchi, *Lepidorhombus boschii*, con indici di densità di 6 ind./1000m/24h nel gruppo di stazioni I19 P1-P4 e 12 ind./1000m/24h nella stazione I19 PC, mentre gli indici di biomassa sono pari a 0,61 kg/1000m/24h e 1,1 kg/1000m/24h nel gruppo di stazioni in prossimità del terminale e nella stazione di controllo rispettivamente. Nel gruppo indicato come "Altro" la specie più abbondante è l'echinoderma *Cidaris cidaris* con un indice di densità di 8 ind./1000m/24h ed un indice di biomassa di 0,3 kg/1000m/24h catturato esclusivamente nel gruppo di stazioni I19 P1-P4.

**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 I19 P1-P4 e nella stazione di controllo I19 PC. \* = DS < 0,05.

	I19 P1-P4		I19 PC	
	n° ind./1000m/24h	kg/1000m/24h	n° ind./1000m/24h	kg/1000m/24h
<b>OSTEITTI</b>				
<i>Aspitrigla cuculus</i>	3,8 $\pm$ 13,0	0,24 $\pm$ 0,8		
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	0,4 $\pm$ 1,5	0,03 $\pm$ 0,1		
<i>Citharus linguatula</i>	8,7 $\pm$ 24,7	0,40 $\pm$ 1,1		
<i>Lepidorhombus boschii</i>	5,7 $\pm$ 11,9	0,61 $\pm$ 1,4	11,6	1,08
<i>Lepidotrigla cavillone</i>	0,8 $\pm$ 2,6	0,01*		
<i>Lophius budegassa</i>	10,3 $\pm$ 23,0	6,89 $\pm$ 11,6	6,6	10,41
<i>Lophius piscatorius</i>	3,8 $\pm$ 13,0	25,12 $\pm$ 87,0		

**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 I19 P1-P4 e nella stazione di controllo I19 PC. \* = DS<0,05.

	I19 P1-P4		I19 PC	
	n° ind./1000m/24h	kg/1000m/24h	n° ind./1000m/24h	kg/1000m/24h
<i>Merluccius merluccius</i>	0,8 $\pm$ 1,6	0,27 $\pm$ 0,8		
<i>Mullus barbatus</i>	0,4 $\pm$ 1,4	0,04 $\pm$ 0,1		
<i>Phycis blennoides</i>	0,4 $\pm$ 1,3	0,02 $\pm$ 0,1	1,7	0,12
<i>Scophthalmus rhombus</i>			1,7	1,04
<i>Serranus cabrilla</i>	3,8 $\pm$ 13,0	0,39 $\pm$ 1,3		
<i>Uranoscopus scaber</i>	0,4 $\pm$ 1,5	0,06 $\pm$ 0,2		
<b>CONDROITTI</b>				
<i>Raja clavata</i>	5,0 $\pm$ 11,8	14,14 $\pm$ 34,4	3,3	7,18
<i>Scylliorhinus canicula</i>	119,8 $\pm$ 212,2	22,37 $\pm$ 37,7	91,1	14,90
<b>MOLLUSCHI CEFALOPODI</b>				
<i>Sepia officinalis</i>			1,7	0,51
<b>ALTRO</b>				
<i>Alcyonium palmatum</i>	3,8 $\pm$ 13,0	0,02 $\pm$ 0,1	1,7	0,02
<i>Ascidia mentula</i>	3,8 $\pm$ 13,0	0,09 $\pm$ 0,3		
<i>Cidaris cidaris</i>	7,9 $\pm$ 25,6	0,27 $\pm$ 0,9		
<i>Funiculina quadrangularis</i>	0,8 $\pm$ 1,5	0,01*		
<i>Sticopus regalis</i>	4,1 $\pm$ 12,6	1,54 $\pm$ 4,7		

**Reti a strascico - Indici di densità e biomassa per specie**

Nella **Tabella 79** sono riportati gli indici di densità in n° individui/km<sup>2</sup> (di seguito n° ind./km<sup>2</sup>) e di biomassa in kg/km<sup>2</sup> per le specie catturate con la rete a strascico. Tra gli Osteitti campionati nelle stazioni in prossimità del terminale (I19 S1-S4) la specie più abbondante è la triglia di fango, *Mullus barbatus*, con un indice di densità di 7564 ind./km<sup>2</sup> ed un indice in biomassa di 193,4 kg/km<sup>2</sup>. Sempre tra gli Osteitti, altre specie che mostrano indici elevati sono il caviglione, *Lepidotrigla cavillone*, con un indice di densità pari a 1549 ind./km<sup>2</sup> e un indice in biomassa di 18,7 kg/km<sup>2</sup>, il sacchetto, *Serranus hepatus*, con indici di densità e biomassa di 616 ind./km<sup>2</sup> e 8 kg/km<sup>2</sup> rispettivamente, il sugarello maggiore, *Trachurus mediterraneus*, (444 ind./km<sup>2</sup> e 8,5 kg/km<sup>2</sup>), il pesce trombetta, *Macroramphosus scolopax*, (383 ind./km<sup>2</sup> e 2,9 kg/km<sup>2</sup>) ed il nasello, *Merluccius merluccius*, con un indice di densità di 338 ind./km<sup>2</sup> ed un indice di biomassa di 24,2 kg/km<sup>2</sup>. Nel gruppo dei Condroitti il gattuccio, *S. canicula*, è risultata la specie più abbondante con indici di densità pari a 626 ind./km<sup>2</sup> e di biomassa pari a 106,4 kg/km<sup>2</sup>. Il gruppo dei Crostacei Decapodi è rappresentato da solamente due specie la più abbondante delle quali è il gambero bianco, *Parapenaeus longirostris*, con indici di densità e biomassa pari a 878 ind./km<sup>2</sup> e 7,7 kg/km<sup>2</sup> rispettivamente. Tra i Molluschi Cefalopodi la specie con gli indici di densità e biomassa più elevati è il totano, *Illex coindetii*, con valori di 187 ind./km<sup>2</sup> e 6,3 kg/km<sup>2</sup> rispettivamente, seguito dal moscardino, *Eledone cirrhosa*, con un indice di densità di 172 ind./km<sup>2</sup> e un indice di biomassa di 16,3 kg/km<sup>2</sup> e dalla seppia pizzuta, *Sepia orbygnana* (116 ind./km<sup>2</sup> e 3,5 kg/km<sup>2</sup>). Nel gruppo indicato come "Altro" la specie più abbondante è l'echinoderma *Astropecten irregularis pentacanthus* con un indice di densità pari a 5510 ind./km<sup>2</sup> e un indice di biomassa pari a 11,5 kg/km<sup>2</sup>, seguita da un altro echinoderma, *Ophiura texturata*, con indici di densità e biomassa pari a 1050 ind./km<sup>2</sup> e 4,6 kg/km<sup>2</sup> rispettivamente.

Anche nella stazione di controllo I19 SC, nel gruppo degli Osteitti, la specie più abbondante è la triglia di fango, *M. barbatus*, con un indice di densità di 5086 ind./km<sup>2</sup> e un indice in biomassa di 127,1 kg/km<sup>2</sup>. Tra gli Osteitti altre specie particolarmente abbondanti sono il sugarello, *Trachurus trachurus*, con indici di densità e biomassa pari a 1574 ind./km<sup>2</sup> e 16,8 kg/km<sup>2</sup> rispettivamente, il caviglione, *L. cavillone*, con una densità di 525 ind./km<sup>2</sup> e una biomassa di 6 kg/km<sup>2</sup>, la boga, *Boops boops*, (424 ind./km<sup>2</sup> e 27,3 kg/km<sup>2</sup>) ed il nasello, *M. merluccius*, con indici di densità e biomassa pari a 404 ind./km<sup>2</sup> e 33,1 kg/km<sup>2</sup> rispettivamente. Nella stazione I19 SC il gruppo dei Condroitti è rappresentato esclusivamente dal gattuccio, *S. canicula*, con un indice di densità di 545 ind./km<sup>2</sup> e un indice di biomassa di 78 kg/km<sup>2</sup>.

Anche nella stazione di controllo I19 SC il gruppo dei Crostacei Decapodi è rappresentato da sole due specie. La specie più abbondante è ancora il gambero bianco, *P. longirostris* con un indice in densità di 404 ind./km<sup>2</sup> e un indice in biomassa di 3,4 kg/km<sup>2</sup>. Nel gruppo dei Molluschi Cefalopodi campionati nella stazione di controllo la specie più abbondante è il moscardino, *E. cirrhosa*, con indici di densità e biomassa pari 121 ind./km<sup>2</sup> e di 12,5 kg/km<sup>2</sup>, seguito dal totano *I. coindetii* (81 ind./km<sup>2</sup> e 5,1 kg/km<sup>2</sup>) e dalla seppia pizzuta, *S. orbygnana* (40 ind./km<sup>2</sup> e 1,6 kg/km<sup>2</sup>). Nel gruppo indicato come "Altro" le specie più abbondanti sono gli echinodermi *A. irregularis pentacanthus*, con un indice di densità di 4239 ind./km<sup>2</sup> e un indice di biomassa di 3,6 kg/km<sup>2</sup> e *O. texturata* (404 ind./km<sup>2</sup> e 1,2 kg/km<sup>2</sup>) e *Sticopus regalis* (262 ind./km<sup>2</sup> e 77,5 kg/km<sup>2</sup>).

**Tabella 79** - Rete a strascico: indici di densità e biomassa ( $\pm$  DS), espressi in n° individui/km<sup>2</sup> e kg/km<sup>2</sup>, stimati per le specie catturate nelle stazioni I19 S1-S4 e nella stazione di controllo I19 SC. \* = DS<0,05.

	I19 S1-S4		I19 SC	
	n° ind./km <sup>2</sup>	kg/km <sup>2</sup>	n° ind./km <sup>2</sup>	kg/km <sup>2</sup>
<b>OSTEITTI</b>				
<i>Argentina sphyraena</i>	30,3±45,1	0,37±0,7		
<i>Arnoglossus laterna</i>	10,1±35,0	0,03±0,1	20,2	0,06
<i>Aspitrigla cuculus</i>	30,3±60,6	0,53±1,1		
<i>Blennius ocellaris</i>	15,1±52,4	0,52±1,8	40,4	1,41
<i>Boops boops</i>	222,0±275,3	12,8±16,5	423,9	27,29
<i>Callyonimus maculatus</i>	90,8±291,8	0,46±0,9		
<i>Capros aper</i>	50,5±104,9	0,26±0,6		
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	10,1±20,2	1,19±2,4	20,2	1,61
<i>Citharus linguatula</i>	25,2±33,5	1,23±1,7	60,6	1,80
<i>Conger conger</i>	5,0±17,5	0,14±0,5		
<i>Engraulis encrasicolus</i>			20,2	0,10
<i>Eutrigla gurnardus</i>	20,2±69,9	0,54±1,9		
<i>Glossanodon leioglossus</i>	257,3±891,5	0,94±3,3		
<i>Gobius niger</i>			20,2	0,57
<i>Helicolenus dactylopterus dactylopterus</i>	10,1±35,0	0,88±3,0		
<i>Lepidorhombus boscii</i>	196,8±96,3	10,01±9,0	20,2	0,52
<i>Lepidotrigla cavillone</i>	1549,1±2952,1	18,66±31,4	524,8	6,01
<i>Lophius budegassa</i>	55,5±104,4	11,13±23,4	141,3	99,91
<i>Macroramphosus scolopax</i>	383,5±1009,6	2,88±6,9		
<i>Merluccius merluccius</i>	338,1±143,8	24,18±5,1	403,7	33,10
<i>Mullus barbatus</i>	7563,9±5627,0	193,36±81,0	5086,3	127,12
<i>Pagellus acarne</i>	5,0±17,5	0,14±0,5		
<i>Pagellus bogaraveo</i>	5,0±17,5	0,19±0,7		
<i>Pagellus erythrinus</i>	287,6±467,6	13,14±21,9	262,4	15,78
<i>Phycis blennoides</i>	20,2±40,4	1,38±2,8		
<i>Scophthalmus rhombus</i>	5,0±17,5	3,83±13,3		
<i>Scorpaena elongata</i>	5,0±17,5	0,90±3,1		
<i>Scorpaena scrofa</i>	5,0±17,5	1,29±4,5		
<i>Serranus cabrilla</i>	45,4±72,1	1,73±2,4		
<i>Serranus hepatus</i>	615,6±836,3	7,99±10,8	181,7	2,36
<i>Solea vulgaris</i>	5,0±17,5	1,51±5,2		
<i>Spicara flexuosa</i>	10,1±35,0	0,51±1,8		
<i>Spicara smaris</i>	30,3±104,9	0,87±3,0	40,4	1,05
<i>Trachinus draco</i>	10,1±35,0	0,84±2,9		
<i>Trachurus mediterraneus</i>	444,0±1097,4	8,53±11,1		
<i>Trachurus trachurus</i>	282,6±783,3	6,28±17,2	1574,3	16,81
<i>Trisopterus capelanus</i>	176,6±152,0	4,24±2,1	181,7	5,71
<i>Zeus faber</i>	55,5±96,3	12,50±35,8		
<b>CONDROITTI</b>				
<i>Raja clavata</i>	25,2±44,0	54,25±98,7		
<i>Scyliorhinus canicula</i>	625,7±483,6	106,41±84,7	545,0	75,95
<b>CROSTACEI DECAPODI</b>				
<i>Goneplax rhomboides</i>			40,4	0,12
<i>Macropodia</i> sp.	50,5±104,9	0,05±0,1		
<i>Parapenaeus longirostris</i>	878,0±2166,6	7,68±19,0	403,7	3,73
<b>MOLLUSCHI CEFALOPODI</b>				
<i>Eledone cirrhosa</i>	171,6±232,8	16,33±24,4	121,1	12,53
<i>Eledone moschata</i>	5,0±17,5	2,04±7,1		
<i>Illex coindetii</i>	186,7±185,8	6,30±7,2	80,7	5,07



**Tabella 79 - Rete a strascico: indici di densità e biomassa ( $\pm$  DS), espressi in n° individui/km<sup>2</sup> e kg/km<sup>2</sup>, stimati per le specie catturate nelle stazioni I19 S1-S4 e nella stazione di controllo I19 SC. \* = DS<0,05.**

	I19 S1-S4		I19 SC	
	n° ind./km <sup>2</sup>	kg/km <sup>2</sup>	n° ind./km <sup>2</sup>	kg/km <sup>2</sup>
<i>Loligo (Alloteuthis) spp</i>	65,6 $\pm$ 125,6	0,47 $\pm$ 1,3	100,9	0,89
<i>Loligo vulgaris</i>	15,1 $\pm$ 52,4	1,73 $\pm$ 6,0	20,2	2,93
<i>Octopus vulgaris</i>	10,1 $\pm$ 20,2	3,07 $\pm$ 7,9		
<i>Rossia macrosoma</i>	5,0 $\pm$ 17,5	0,12 $\pm$ 0,4		
<i>Sepia orbygnana</i>	116,1 $\pm$ 66,2	3,52 $\pm$ 1,9	40,4	1,61
<i>Sepia officinalis</i>			20,2	4,04
<i>Sepietta oweniana</i>	10,1 $\pm$ 20,2	0,07 $\pm$ 0,1		
<b>ALTRO</b>				
<i>Alcyonium palmatum</i>	186,7 $\pm$ 403,0	4,28 $\pm$ 12,7	121,1	2,58
<i>Antedon mediterranea</i>	348,2 $\pm$ 857,0	0,25 $\pm$ 0,4	100,9	0,12
<i>Aporrhais pespelecani</i>	847,7 $\pm$ 2936,6	0,69 $\pm$ 2,4		
<i>Aporrhais serresianus</i>	85,8 $\pm$ 297,2	0,34 $\pm$ 1,2		
<i>Ascidia mentula</i>			141,3	1,88
<i>Ascidia spp.</i>	85,8 $\pm$ 172,2	1,28 $\pm$ 2,6		
<i>Astropecten aranciacus</i>	5,0 $\pm$ 17,5	0,11 $\pm$ 0,4	20,2	1,78
<i>Astropecten irregularis pentacanthus</i>	5510,2 $\pm$ 12418,5	11,49 $\pm$ 35,3	4238,6	3,55
<i>Bolinus brandaris</i>	656,0 $\pm$ 2272,4	10,50 $\pm$ 36,4		
<i>Calliactis parasitica</i>	10,1 $\pm$ 35,0	0,03 $\pm$ 0,1		
<i>Calliostoma granulatum</i>	10,1 $\pm$ 35,0	0,03 $\pm$ 0,1	20,2	0,04
<i>Cidaris cidaris</i>	5,0 $\pm$ 17,5	0,17 $\pm$ 0,6		
<i>Cymatium corrugatum</i>			20,2	0,48
<i>Echinaster sepositus</i>	5,0 $\pm$ 17,5	0,06 $\pm$ 0,2		
<i>Funiculina quadrangularis</i>	302,8 $\pm$ 616,2	1,19 $\pm$ 2,3	60,6	0,30
<i>Fusinus rostratus</i>	5,0 $\pm$ 17,5	0,03 $\pm$ 0,1		
<i>Galeodea echinofora</i>	10,1 $\pm$ 20,2	0,12 $\pm$ 0,2		
<i>Holoturoidea indet.</i>	5,0 $\pm$ 17,5	0,11 $\pm$ 0,4		
<i>Holoturia tubulosa</i>			20,2	2,42
<i>Inacus comunissimus</i>	10,1 $\pm$ 35,0	0,02 $\pm$ 0,1		
<i>Lepas anatifera</i>	5,0 $\pm$ 17,5	0,05 $\pm$ 0,2		
<i>Leptometra phalangium</i>		565,01 $\pm$ 1130,1	201,8	0,30
<i>Luidia ciliaris</i>	20,2 $\pm$ 40,4	6,06 $\pm$ 13,4		
<i>Nudibranchia indet.</i>	287,6 $\pm$ 522,0	3,05 $\pm$ 4,4	60,6	1,11
<i>Ophiura texturata</i>	1049,6 $\pm$ 2108,6	4,62 $\pm$ 9,7	403,7	1,21
<i>Ophiuroidea indet.</i>	262,4 $\pm$ 908,9	0,79 $\pm$ 2,7		
<i>Ostrea sp.</i>	141,3 $\pm$ 444,0	1,59 $\pm$ 5,4		
<i>Pagurus excavatus</i>	5,0 $\pm$ 17,5	0,02 $\pm$ 0,1		
<i>Pelagia noctiluca</i>	70,6 $\pm$ 244,7	0,37 $\pm$ 1,3		
<i>Pennatula rubra</i>	25,5 $\pm$ 52,4	0,13 $\pm$ 0,3	80,7	0,36
<i>Polychaeta indet.</i>	30,3 $\pm$ 83,2	0,08 $\pm$ 0,12	60,6	0,40
<i>Poriphera indet.</i>	201,8 $\pm$ 281,1	51,45 $\pm$ 154,6		17,70
<i>Psammechinus microtuberculatus</i>			20,2	0,04
<i>Sphaerechinus granularis</i>	20,2 $\pm$ 69,9	6,06 $\pm$ 21,0		
<i>Stichopus regalis</i>	393,6 $\pm$ 646,2	155,33 $\pm$ 280,5	262,4	77,53
<i>Tethyaster subinermis</i>	5,0 $\pm$ 17,5	0,54 $\pm$ 1,9		
<i>Trachythone tergestina</i>	10,1 $\pm$ 20,2	0,01*		

**Indici di densità e biomassa delle specie più rappresentative**

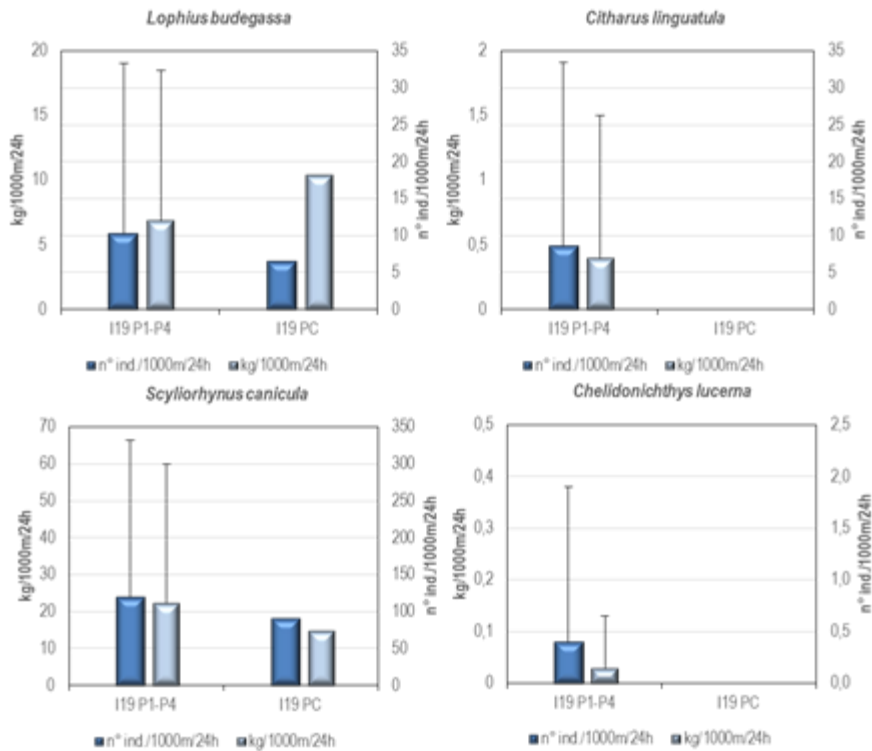
Nella fase di bianco, sia per le reti da posta che per la rete a strascico, sono state scelte alcune specie più rappresentative delle catture totali, da analizzare dal punto di vista degli indici di densità e biomassa e delle distribuzioni di taglia frequenza durante tutti i campionamenti successivi.



### Reti da posta

Nella **Figura 67** 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 (I19 P1-P4: stazioni in prossimità del terminale; I19 PC: stazione di controllo).

L'indice di densità della rana pescatrice, *L. budegassa*, risulta essere più elevato nel gruppo di stazioni I19 P1-P4 rispetto a quanto osservato nella stazione I19 PC, mentre la situazione opposta si osserva per l'indice di abbondanza. Il gattuccio, *S. canicula*, mostra indici più elevati nelle stazioni poste in prossimità del terminale. La linguattola, *C. linguatula*, e la gallinella, *Chelidonichthys lucerna*, sono state catturate esclusivamente nelle stazioni in prossimità del terminale (I19 P1-P4) mostrando indici molto bassi.

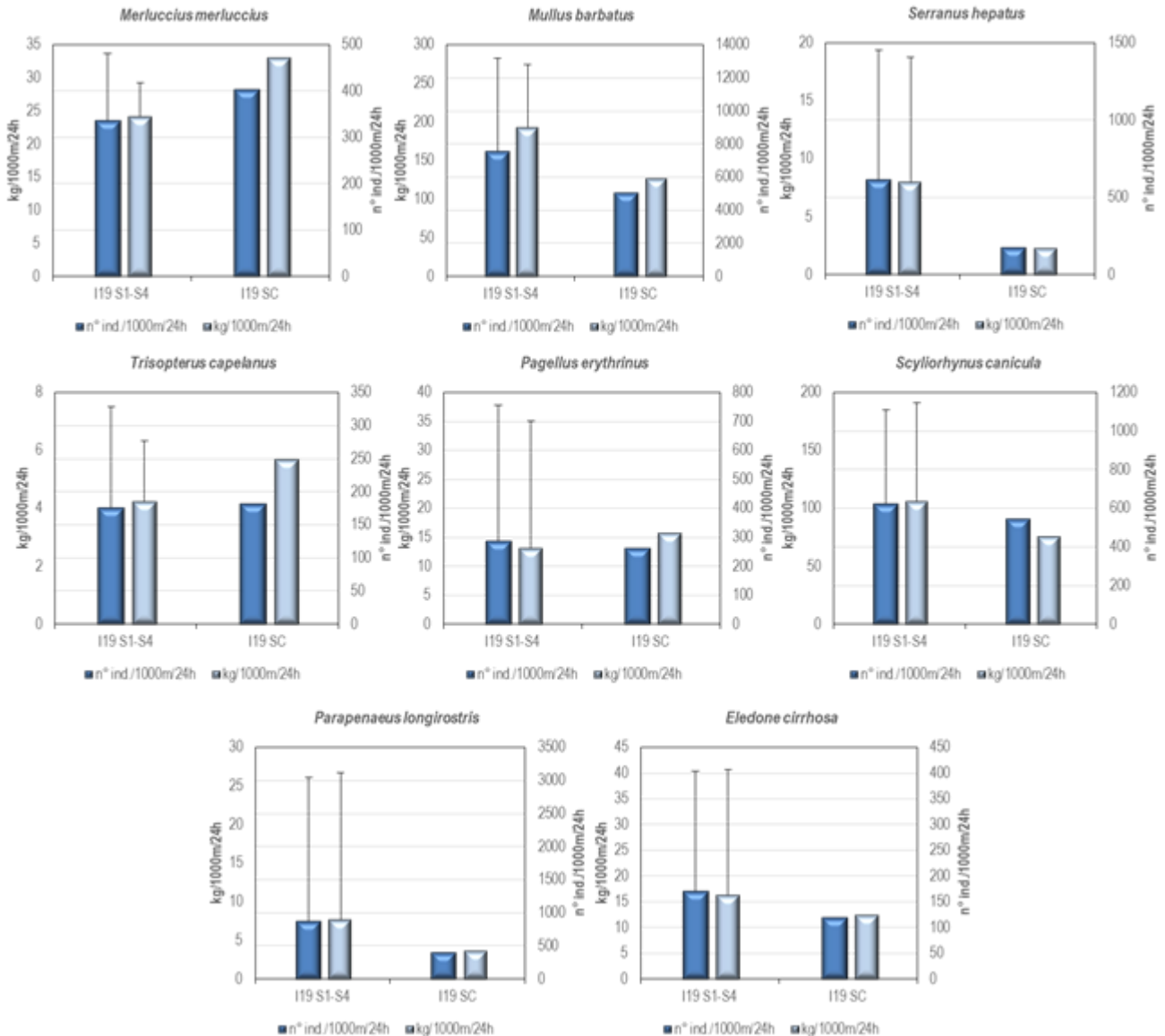


**Figura 67** - Reti da posta: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni I19 P1-P4 e per la stazione I19 PC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In blu n. individui/1000m²/24h, in azzurro kg/1000m²/24h.

### Rete a strascico

Nella **Figura 68** sono riportati gli indici di densità e biomassa per alcune specie catturate con la rete a strascico. I grafici mostrano i valori medi e la deviazione standard degli indici, sia per specie, sia per sito (I19 S1-S4: stazioni in prossimità del terminale; I19 SC: stazione di controllo).

Nel caso della triglia di fango, *M. barbatus*, del sacchetto, *S. hepatus*, del gattuccio, *S. canicula* e del gambero bianco, *P. longirostris*, gli indici di densità e biomassa risultano più elevati nelle stazioni poste in prossimità del terminale (I19 S1-S4), mentre il nasello, *M. merluccius*, ed il merluzzetto, *Trisopterus capelanus*, mostrano indici leggermente superiori nella stazione di controllo (I19 SC). Non si osservano sostanziali differenze tra gli indici stimati per le due diverse aree campionate per il pagello fragolino, *Pagellus erythrinus*, e per il moscardino, *E. cirrhosa*.

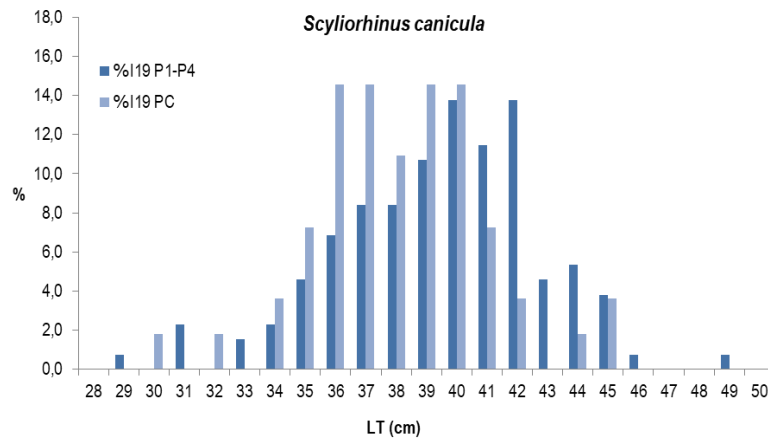


**Figura 68** – Rete a strascico: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni I19 S1-S4 e per la stazione I19 SC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In blu n. individui/km<sup>2</sup>, in azzurro chiaro kg/km<sup>2</sup>.

### Distribuzioni taglia-frequenza per specie

#### Reti da posta

Nella **Figura 69** è illustrata la distribuzione di taglia-frequenza del gattuccio *S. canicula* catturato con le reti da posta. Nel gruppo di stazioni I19 P1-P4 sono stati campionati 131 individui aventi taglia compresa tra 29 e 49 cm LT. Nella stazione I19 PC sono stati campionati 55 animali con taglia tra i 30 e 45 cm LT. Nella distribuzione taglia-frequenza degli individui campionati nelle stazioni in prossimità del terminale (I19 P1-P4) è possibile osservare una moda a 40 cm LT, mentre non è possibile identificarne una nel caso della distribuzione taglia-frequenza degli organismi catturati nella stazione di controllo (I19 PC), anche se è possibile osservare come la maggioranza degli individui sia concentrata nell'intervallo 9-14 cm LT.

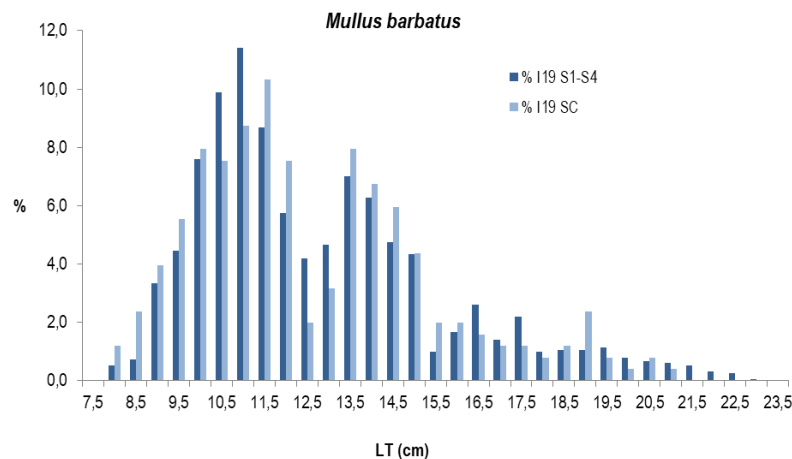


**Figura 69** - Rete da posta: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (*Scyliorhinus canicula*). Num. individui: 92 (I19 P1-P4).

Non vengono fornite le distribuzioni taglia-frequenza delle altre specie indicatrici scelte per le reti da posta a causa dello scarso numero di individui campionati. La linguattola *C. linguatula* è stata campionata esclusivamente nel gruppo di stazioni I19 P1-P4; sono stati catturati 5 esemplari di taglia compresa tra 17,5 e 21 cm LT. Anche la gallinella, *C. lucerna*, rappresentata da un solo esemplare di 20,5 cm LT, è stata campionata solo nelle stazioni in prossimità del terminale. Sono stati invece catturati 13 esemplari di rana pescatrice, *L. budegassa*: 9 esemplari campionati nelle stazioni in prossimità del terminale (I19 P1-P4) con taglia compresa tra 17 e 55 cm LT, e 4 esemplari con taglia compresa tra 20 e 62 cm LT campionati nella stazione di controllo (I19 PC).

#### Rete a strascico

La triglia di fango *M. barbatus* è la specie con la maggiore cattura nel gruppo degli Osteitti. Nel gruppo di stazioni I19 S1-S4 sono stati campionati 1499 esemplari con taglia compresa tra 8 e 23 cm LT, mentre nella stazione I19 SC gli individui catturati sono stati 252, aventi taglia tra 8 e 21 cm LT (**Figura 70**). La distribuzione taglia-frequenza degli individui catturati nelle stazioni in prossimità del terminale mostra due mode, una a 11 e l'altra a 13,5 cm LT. Anche la distribuzione taglia-frequenza degli individui catturati nella stazione di controllo mostra due mode, a 11,5 e 13,5 cm LT. Le maggiori percentuali di individui per entrambe le distribuzioni sono comprese tra 10 e 14 cm LT.



**Figura 70** - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza della triglia di fango (*Mullus barbatus*). N° individui: 1499 (I19 S1-S4), 252 (I19 SC).

Per il sacchetto, *S. hepatus*, il nasello, *M. merluccius* ed il pagello fragolino, *P. erythrinus*, vengono mostrate solamente le distribuzioni taglia-frequenza degli individui catturati nel gruppo di stazioni in prossimità del terminale (I19 S1-S4) dato che nella stazione I19 SC il numero di animali campionati per queste specie è stato molto basso.

La distribuzione taglia-frequenza del sacchetto, *S. hepatus*, costituita da 122 animali con taglia compresa tra 6,5 e 11 cm LT, mostra una moda a 8,5 cm LT (**Figura 71**). In totale, nella stazione I19 SC, sono stati campionati 9 esemplari di questa specie aventi taglia compresa tra 6,5 e 10 cm LT.

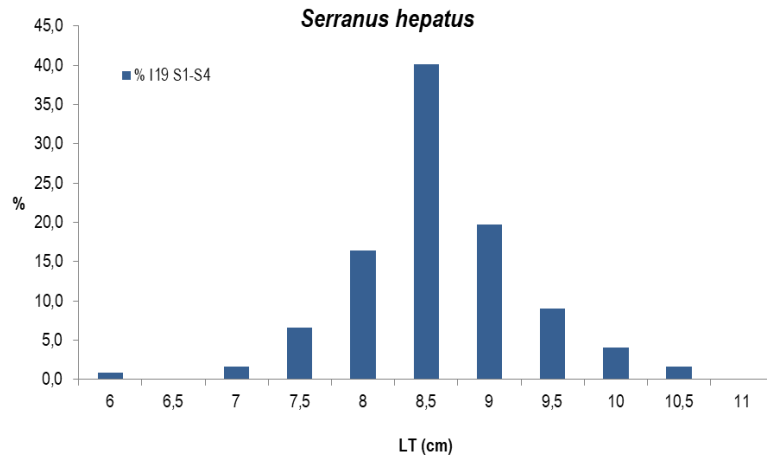


Figura 71 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del sacchetto (*Serranus hepatus*). N° individui: 122 (I19 S1-S4).

Passando al nasello, *M. merluccius*, nelle stazioni in prossimità del terminale sono stati campionati 68 esemplari con taglia compresa tra 10 e 36 cm LT (Figura 72). La distribuzione taglia-frequenza mostra una moda a 21 cm LT. Nella stazione I19 SC sono stati campionati 20 animali con taglia compresa tra 15 e 29 cm LT.

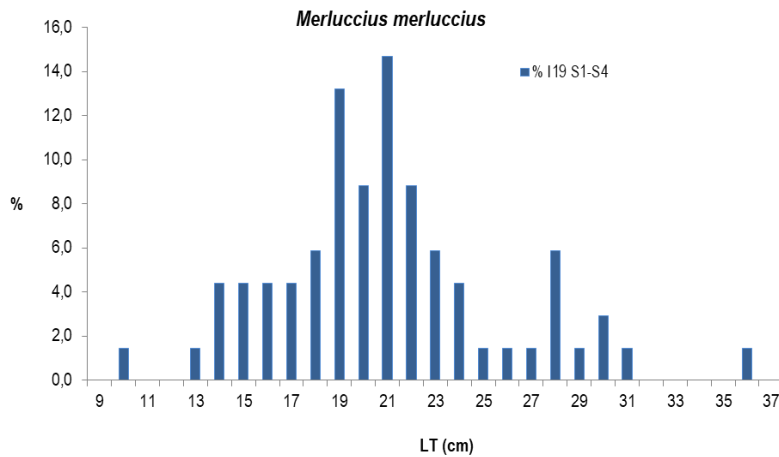


Figura 72 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del nasello (*Merluccius merluccius*). N° individui: 68 (I19 S1-S4).

Nel caso del pagello fragolino, *P. erythrinus*, nel gruppo di stazioni I19 S1-S4 sono stati campionati 57 esemplari con un intervallo di taglia tra 9 e 22,5 cm LT. La distribuzione taglia-frequenza mostra due mode evidenti, una a 11 cm LT e una a 16,5 cm LT (Figura 73). Nella stazione I19 SC sono stati campionati solo 13 esemplari con taglia compresa tra 15 e 20,5 cm LT.

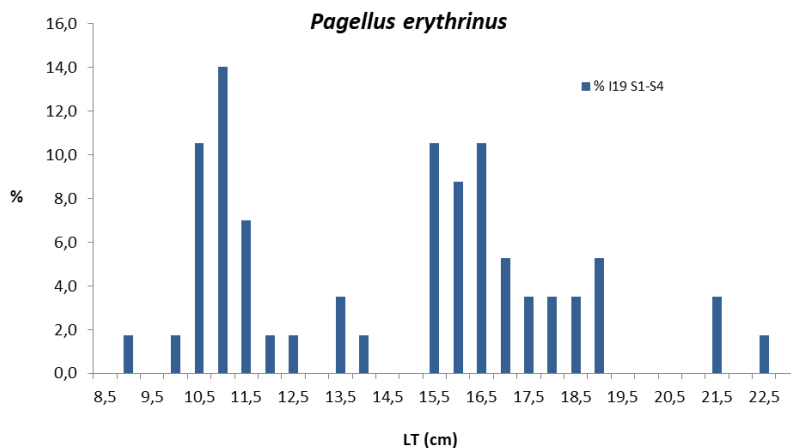
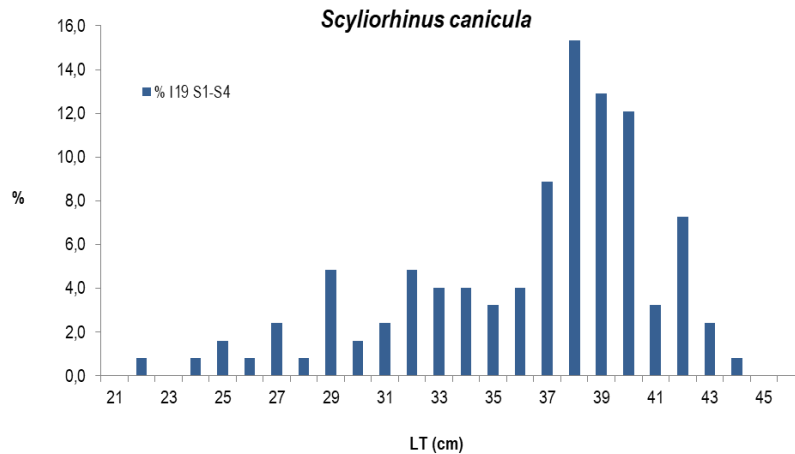


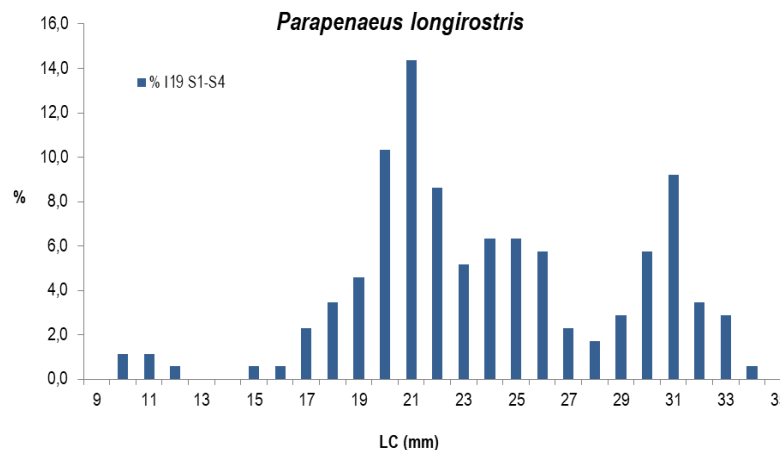
Figura 73 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del pagello fragolino (*Pagellus erythrinus*). N° individui: 57 (I19 S1-S4).

Per il merluzzetto, *T. capelanus*, visto il basso numero di esemplari campionati, non vengono fornite le distribuzioni taglia-frequenza. Di questa specie sono stati catturati in totale 44 individui, 35 nel gruppo di stazioni I19 S1-S4, con taglia compresa tra 9 e 20 cm LT, e 9 nella stazione I19 SC, con taglia compresa tra 11,5 e 20,5 cm LT. Per quanto riguarda il gattuccio, *S. canicula*, viene fornita la sola distribuzione taglia-frequenza degli esemplari catturati nelle stazioni in prossimità del terminale (I19 S1-S4) in quanto nella stazione I19 SC sono stati catturati solo 27 esemplari (taglia tra 24 e 48 cm LT). Nelle stazioni in prossimità del terminale sono stati campionati 124 esemplari aventi taglia compresa tra 22 e 44 cm LT. La distribuzione di taglia degli esemplari mostra una moda a 38 cm LT. Le maggiori percentuali di individui sono concentrate nell'intervallo di taglia 37-42 cm LT (**Figura 74**).



**Figura 74** - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (*Scyliorhinus canicula*). N° individui: 124 (I19 S1-S4).

Passando al gambero bianco, *P. longirostris*, viene mostrata solamente la distribuzione taglia-frequenza degli animali campionati nelle stazioni in prossimità del terminale (I19 S1-S4). In questo gruppo di stazioni sono stati catturati 174 individui con taglia compresa tra 10 e 34 mm LC (**Figura 75**). La distribuzione di taglia-frequenza mostra 2 mode, la prima a 21 mm LC, la seconda a 31 mm LC. Nella stazione di controllo I19 SC sono stati catturati solamente 20 animali aventi taglia compresa tra 10 e 33 mm LC.



**Figura 75** - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gambero bianco (*Parapenaeus longirostris*). N° individui: 174 (I19 S1-S4).

Passando al moscardino, *E. cirrhosa*, in totale sono stati campionati 40 esemplari: 34 nelle stazioni I19 S1-S4, con taglia compresa tra 5,5 e 9 cm LM, e 6 esemplari nella stazione I19 SC con un intervallo di taglia tra 6 e 8,5 cm LM.

#### 4.2.6 Cetacei e tartarughe marine

Per questa indagine sono state percorse 263,2 nm per un totale di 50,1h di navigazione. Nella **Figura 76** sono riportate le rotte percorse per il monitoraggio visivo condotto a partire da inverno 2019 (I19).

Sono stati effettuati 2 avvistamenti. 1° avvistamento in posizione 43 41 28.039 N Lat e 010 03 51.960 E long in totale 6 delfini appartenenti alla specie *Tursiops truncatus* a 4,4 nm in posizione NE dal terminale; il 2° avvistamento in posizione 43 40 25.043 N Lat e 010 03 36.753 E Long a 3,6 nm sempre in posizione NE dal terminale in totale 9 delfini; si tratta dello stesso gruppo avvistato inizialmente dietro un peschereccio che successivamente poi lo ha lasciato, femmine con giovani che nel 2° avvistamento sono aumentati di numero. Il gruppo era in spostamento lento verso sud.

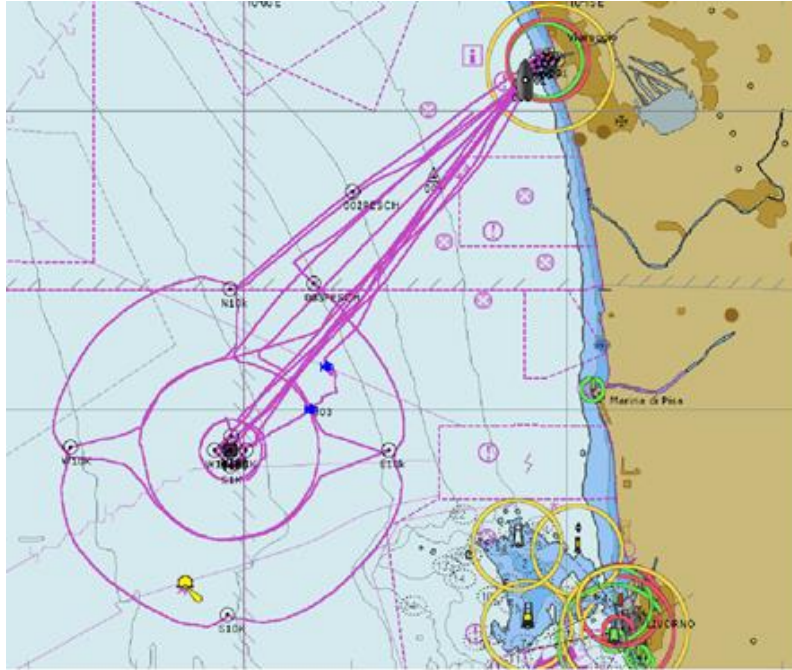


Figura 76 - Rotte effettuate per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico condotto in inverno 2019.

### 4.3 INDAGINI GENERALI

#### 4.3.1 Misura del rumore

In questo paragrafo sono riportati i risultati delle misure di rumore acustico subacqueo effettuate nei punti più vicini (a 100 metri di distanza dal Terminale) alla profondità di 55 metri, con rappresentazione della funzione di densità spettrale di potenza (PSDf – linea blu) basata sul calcolo della FFT e analisi in terzi d'ottava sovrapposta (linea rossa). Sono inoltre riportati i risultati a 1.000 e 10.000 metri per la direttrice Nord (quella di maggior interesse per la presente campagna). Le figure seguenti (da **Figura 77** a **Figura 82**) riportano i livelli PSDf misurati a 100m rispettivamente alle stazioni Nord, Est, Sud e Ovest. In tutti i casi, i livelli sono attorno agli 90-110 dB re 1uPa<sup>2</sup>/Hz per frequenze sotto ai 300 Hz e scendono fino ai 40-60 dB re 1uPa<sup>2</sup>/Hz alle alte frequenze. 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.

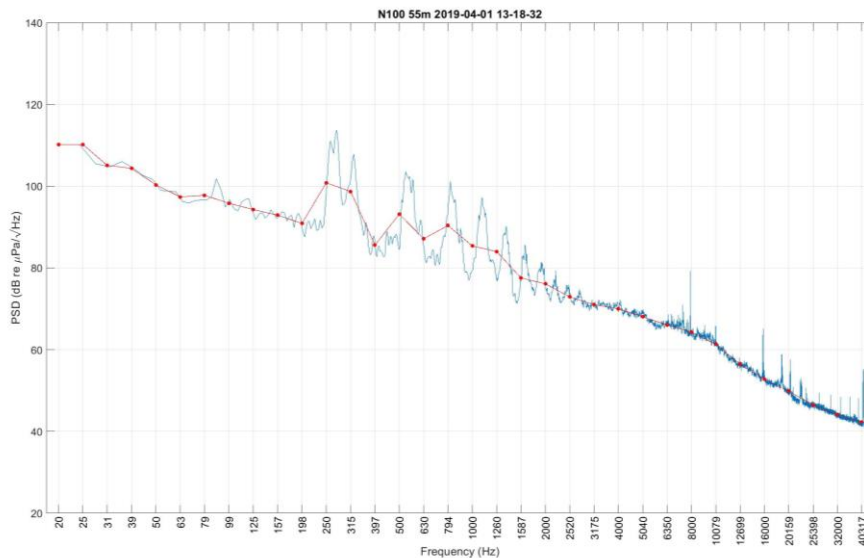


Figura 77 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N100 a 55 m di profondità.



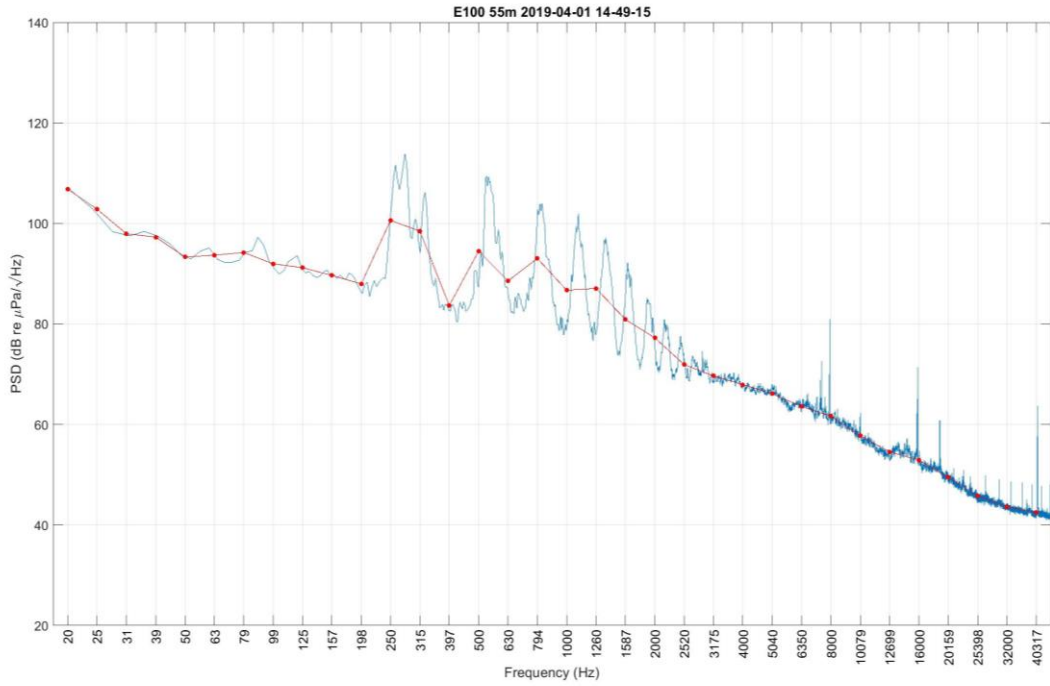


Figura 78 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E100 a 55 m di profondità.

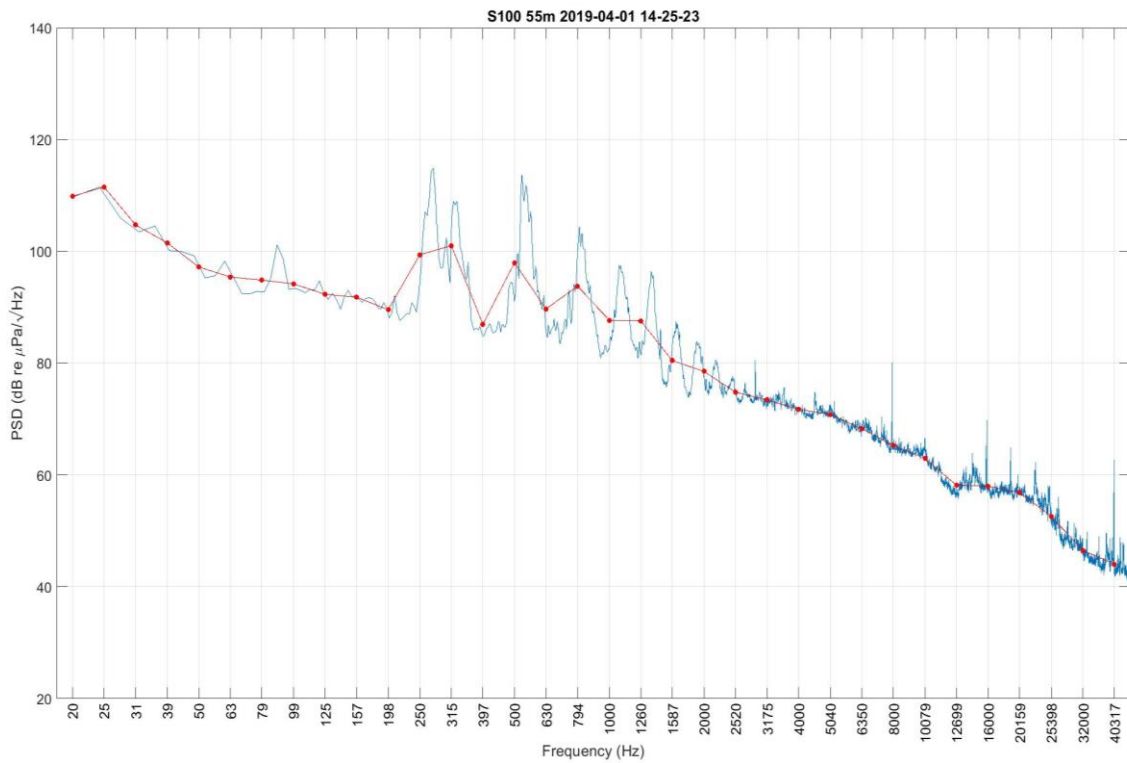


Figura 79- PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55 m di profondità. In tutte le curve a 100m sono presenti le stesse tonali a bassa frequenza.

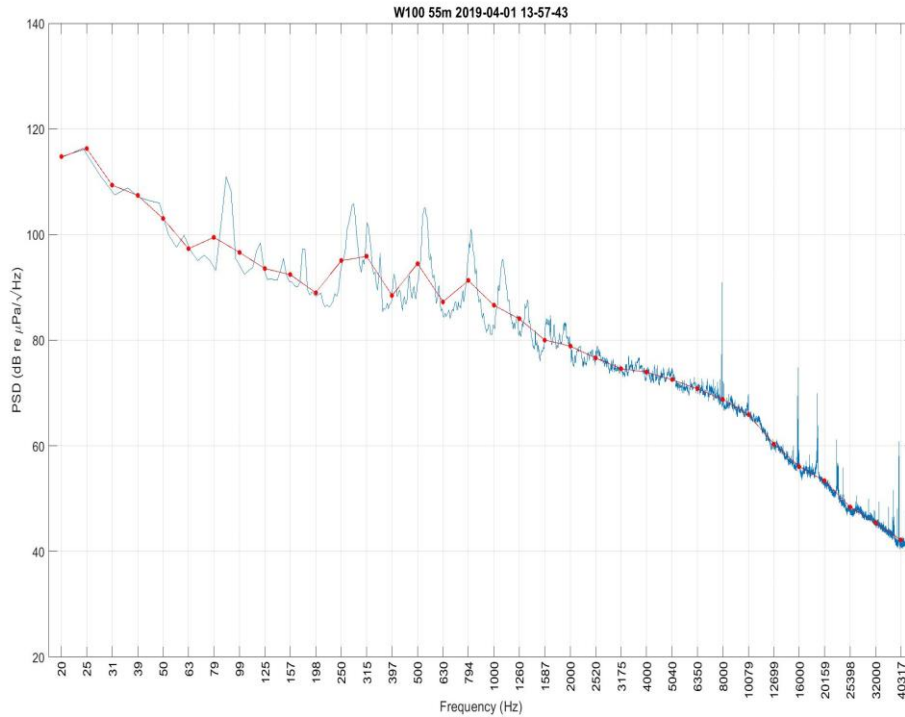


Figura 80 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W100 a 55 m di profondità.

Nella Figura 28 è rappresentato il confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a 100m per le quattro stazioni di riferimento. I valori sono molto simili tra i 200 e 2000 Hz. La stazione Ovest presenta livelli più alti a frequenze < ~63 Hz e tra i 2000 e i 16000 Hz.

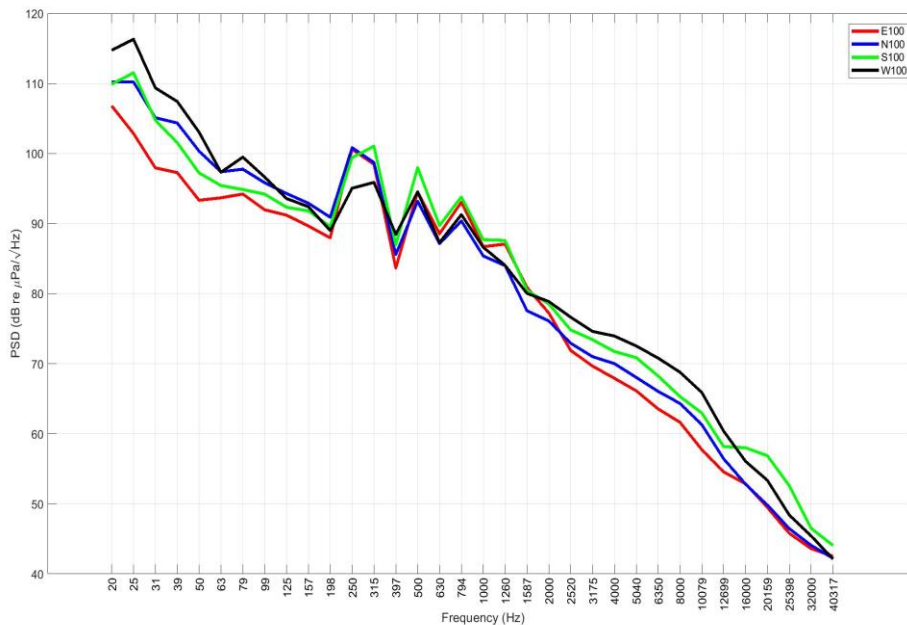
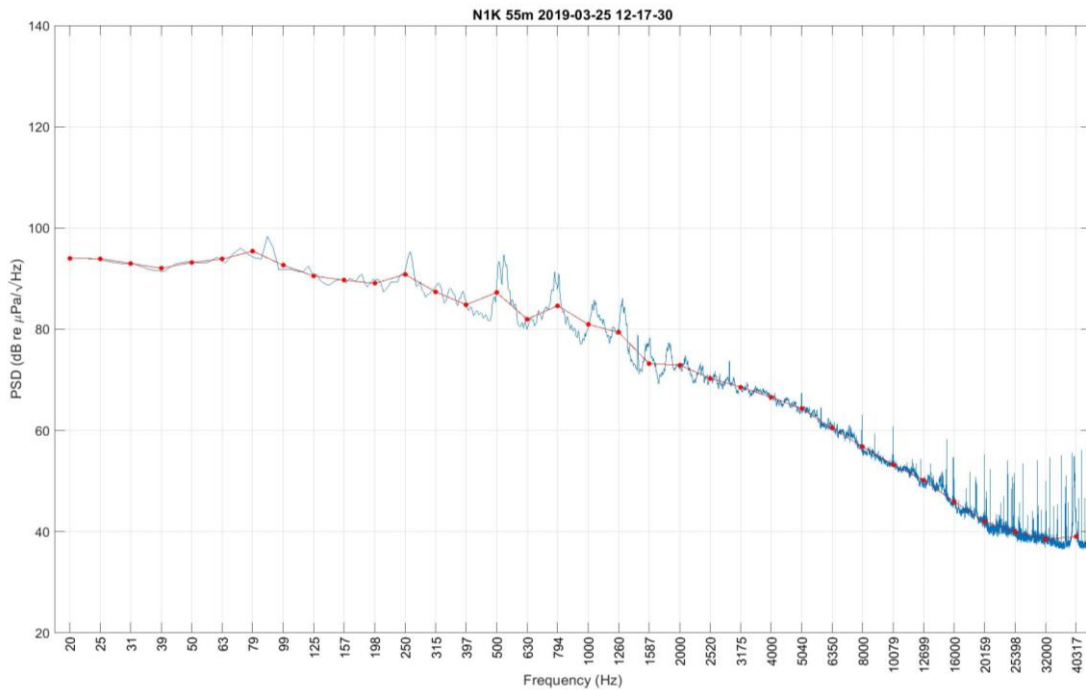


Figura 81 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a distanza di 100 m a 55m di profondità.

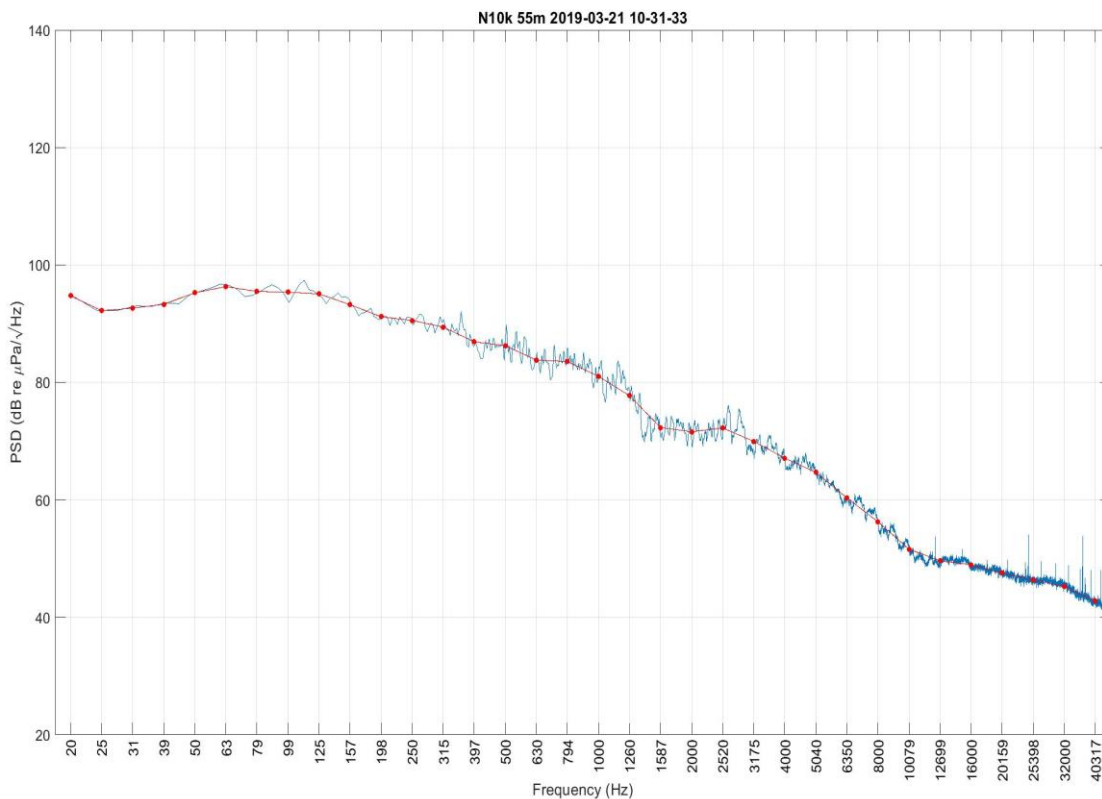
Le seguenti figure (Figura 82, Figura 83) si riportano i livelli PSDf misurati alle stazioni Nord alla distanza rispettivamente di 1.000 e 10.000 metri dal Terminale. Nella Figura 82 i livelli sono attorno ai circa 90 dB re 1uPa<sup>2</sup>/Hz a frequenze basse (20 - 200 Hz) e scendono fino ai 40-60 dB re 1uPa<sup>2</sup>/Hz alle alte frequenze. Anche qui si evidenziano righe spettrali che rappresentano interferenze elettromagnetiche

derivanti da strumentazioni dell'imbarcazione di supporto. Esse non sono significative per l'analisi acustica.

Nella **Figura 83** i livelli sono attorno ai 90-98 dB re 1 $\mu$ Pa<sup>2</sup>/Hz a frequenze basse (20 - 200 Hz) e scendono fino ai 40-60 dB re 1 $\mu$ Pa<sup>2</sup>/Hz alle alte frequenze. Anche qui si evidenziano righe spettrali che rappresentano interferenze elettromagnetiche derivanti da strumentazioni dell'imbarcazione di supporto. Esse non sono significative per l'analisi acustica.

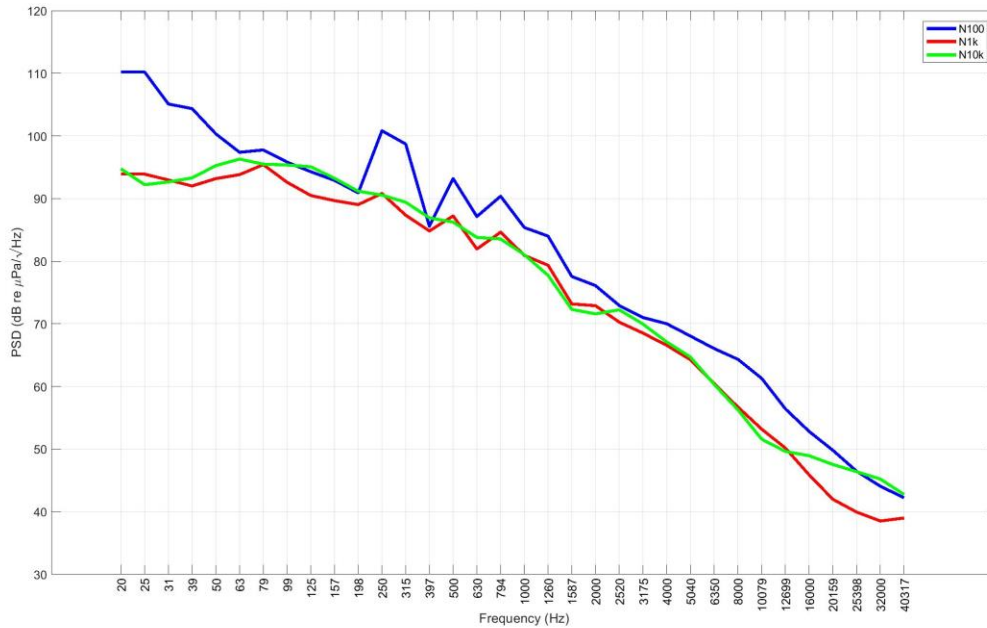


**Figura 82** - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N1K a 55m di profondità.



**Figura 83** - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N10K a 45m di profondità.

Nella **Figura 84** sono riportati i confronti dei valori PDSf in terzi d'ottava lungo la direzione Nord. I livelli tra i ~20 e i ~63 Hz sono più alti a 100 m e decrescono in funzione della distanza. La stazione N100 risulta più rumorosa tra i 200 e i 25000 Hz.



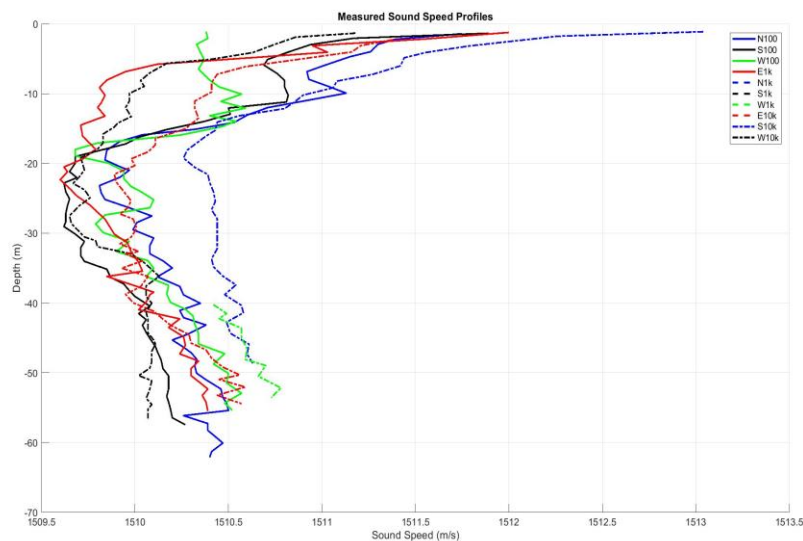
**Figura 84** - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a 55m di profondità lungo la direzione Nord.

### Verifica simulazione

Tutte le ipotesi e assunzioni proposte nei lavori precedenti rimangono valide, perciò i parametri geometrici, geofisici e relativi alla sorgente rimangono inalterati. Poiché anche nelle attuali misure e dal confronto con le campagne precedenti risulta che la banda in cui si rileva una maggiore variabilità è centrata intorno a 10 - 12 kHz, prenderemo a riferimento la frequenza di 12 kHz 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 comunemente rappresentativa di tutto l'insieme di frequenze interessate dalla correlazione con la distanza.

### Parametri oceanografici

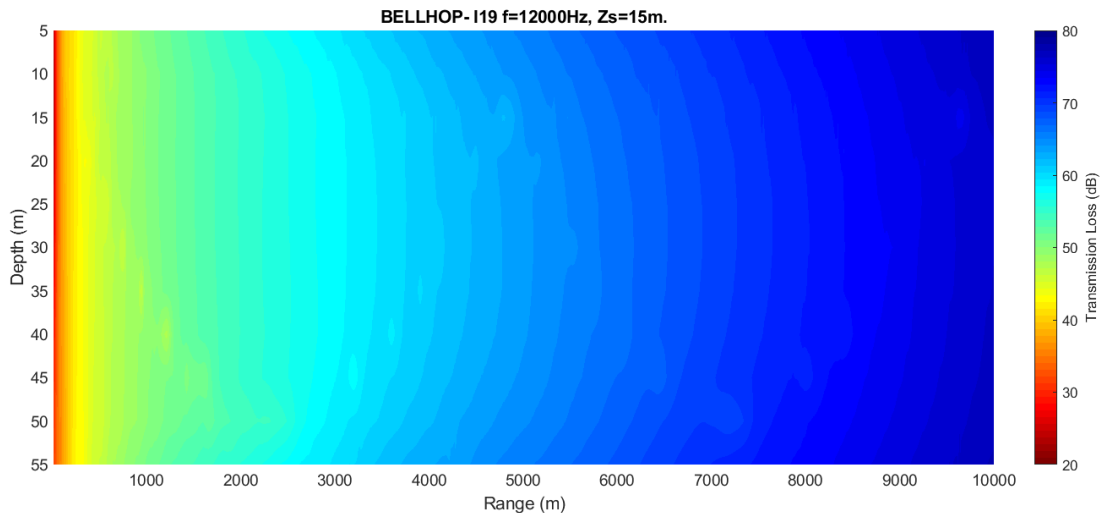
I profili misurati durante questa campagna (**Figura 85**) sono tutti molto simili nella forma. Si nota la presenza di un termoclino (la cui profondità varia da stazione a stazione).



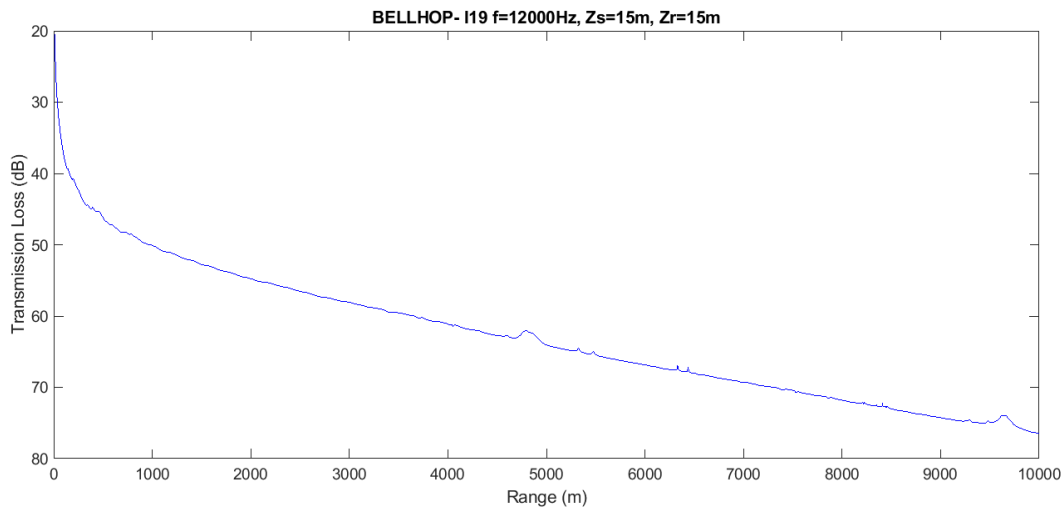
**Figura 85** - Profili di velocità del suono misurati con CTD a differenti stazioni durante la campagna I19.

### 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 12 kHz di frequenza emesso da una sorgente isotropica sul piano orizzontale e con irradiazione  $\pm 80^\circ$  su piano verticale posta a 15m di profondità (**Figura 86**). I risultati ottenuti a frequenza 12 kHz possono essere considerati validi per tutta la banda di interesse 7-20 kHz con piccole variazioni.



**Figura 86** - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz in direzione Nord.



**Figura 87** - Trasmission Loss prevista dal modello in funzione della distanza alla profondità di 15 metri.

Oltre i 5000m di distanza l'attenuazione del suono modellata è di circa 60 dB.

La caduta di livello del rumore predetta dal modello tra le stazioni N100 e N1K a 15 metri di profondità è di circa 13 dB (**Figura 87**). Nel confronto con i livelli misurati fra le stazioni N100 e N1K abbiamo una differenza di circa 10 dB (alla frequenza di 12 kHz). C'è un'ottima rispondenza del modello ai dati sperimentali considerando che le misure nelle due stazioni non sono contemporanee. La caduta di livello predetta dal modello a 100 metri dalla sorgente, a 15 metri di profondità per una frequenza di 12kHz, è di circa 40 dB.

#### 4.3.2 Bioacustica

Durante la campagna Inverno 2019 non sono state effettuate registrazioni.

**VOLUME II**

- 5 **RISULTATI SURVEY PRIMAVERA 2019**
  - 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 2019**
  - 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 bentonectionica
    - 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 bentonectionica
    - 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**