

OLT OFFSHORE LNG TOSCANA SpA

Piano di monitoraggio dell'ambiente marino

Il rapporto annuale

Autunno 2014 (A14), Inverno 2015 (I15), Primavera 2015 (P15), Estate 2015 (E15)



Volume II

Rev. 2	31.12.15	Emissione definitiva			
Rev. 1	23.12.15	Emissione per commenti committente			
Rev. 0	15.12.14	Emissione per commenti committente			
Rev	Data	Descrizione della revisione	Preparato da	Verificato da	Approvato da

OLT OFFSHORE LNG TOSCANA SpA

Piano di monitoraggio dell'ambiente marino

Il rapporto annuale

Autunno 2014 (A14), Inverno 2015 (I15), Primavera 2015 (P15), Estate 2015 (E15)



Volume II

Rev. 2	31.12.15	Emissione definitiva	AMDB	GBP	CP
Rev. 1	23.12.15	Emissione per commenti committente	AMDB	GBP	CP
Rev. 0	15.12.14	Emissione per commenti committente	AMDB	GBP	CP
Rev	Data	Descrizione della revisione	Preparato da	Verificato da	Approvato da

VOLUME I.....	13
1 INTRODUZIONE.....	13
1.1 Richiami ai contenuti principali del progetto	13
1.2 Obiettivi fase di esercizio	13
2 MATERIALI E METODI.....	13
2.1 Attività e tempistiche.....	13
2.2 Area di indagine	13
2.3 COLONNA D'ACQUA.....	13
2.3.1 Profili idrologici	13
2.3.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	13
2.3.3 Plancton.....	13
2.3.4 Saggi ecotossicologici	13
<i>Vibrio fischeri</i> (sistema Microtox®) - fase liquida	13
<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	13
<i>Dicentrarchus labrax</i>	13
<i>Paracentrotus lividus</i>	13
2.4 SEDIMENTI.....	13
2.4.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	13
<i>Analisi granulometriche</i>	13
<i>Analisi chimiche</i>	13
<i>Analisi microbiologiche</i>	13
2.4.2 Saggi ecotossicologici	13
<i>Paracentrotus lividus</i>	13
<i>Corophium orientale</i>	13
<i>Vibrio fischeri</i> (sistema Microtox®) - fase solida.....	13
2.5 BIOTA.....	13
2.5.1 Macrozoobenthos	13
2.5.2 Meiozoobenthos	13
2.5.3 Bioaccumulo	13
2.5.4 Biomarkers	13
2.5.5 Fauna ittica bentonectonica.....	13
2.5.6 Fauna ittica pelagica.....	13
2.5.7 Cetacei e tartarughe marine	13
2.6 INDAGINI GENERALI	13
2.6.1 Misura del rumore.....	13
2.6.2 Bioacustica	13
3 RISULTATI SURVEY AUTUNNO 2013	13
3.1 COLONNA D'ACQUA.....	13
3.1.1 Profili idrologici	13
3.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	13
3.1.3 Plancton.....	13
3.2 BIOTA.....	13
3.2.1 Macrozoobenthos	13
3.2.2 Cetacei e tartarughe marine	13
3.3 INDAGINI GENERALI	13
3.3.1 Misura del rumore.....	13
3.3.2 Bioacustica	13
4 RISULTATI SURVEY INVERNO 2014.....	14

4.1	COLONNA D'ACQUA.....	14
4.1.1	Profili idrologici	14
4.1.2	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	14
4.1.3	Plancton.....	14
4.1.4	Saggi eco tossicologici	14
	<i>Vibrio fischeri</i>	14
	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	14
	<i>Dicentrarchus labrax</i>	14
	<i>Paracentrotus lividus</i>	14
4.2	BIOTA.....	14
4.2.1	Macrozoobenthos	14
4.2.2	Meiozoobenthos	14
4.2.3	Fauna ittica bentonectonica.....	14
4.2.4	Cetacei e tartarughe marine	14
4.3	INDAGINI GENERALI	14
4.3.1	Misura del rumore.....	14
4.3.2	Bioacustica	14
	VOLUME II	15
	◆◆◆◆◆.....	15
5	RISULTATI SURVEY PRIMAVERA 2014	16
5.1	COLONNA D'ACQUA.....	16
5.1.1	Profili idrologici	16
5.1.2	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	18
	Nutrienti inorganici disciolti	18
	Solidi sospesi (Total Suspended Matter).....	20
	Sostanza Organica Disciolta Cromoforica (CDOM).....	21
	Clorofilla a e diversità pigmentaria.....	22
	Tensioattivi.....	25
	Idrocarburi totali	26
	Analisi microbiologiche	27
5.1.3	Plancton.....	27
	Analisi quantitativa e qualitativa del fitoplancton da bottiglia	27
	Analisi qualitativa del fitoplancton da retino.....	30
5.2	BIOTA.....	35
5.2.1	Macrozoobenthos	35
5.2.2	Bioaccumulo	38
	Metalli	38
	Idrocarburi totali	38
	IPA e composti organo stannici	38
	Cloroderivati.....	39
	Analisi microbiologiche	39
5.2.3	Biomarkers	40
5.2.4	Cetacei e tartarughe marine	41
5.3	INDAGINI GENERALI	42
5.3.1	Misura del rumore.....	42
5.3.2	Bioacustica	48
6	RISULTATI SURVEY ESTATE 2015	49
6.1	COLONNA D'ACQUA.....	49
6.1.1	Profili idrologici	49
	Misure di irradianza e irradianza spettrale.....	50
6.1.1	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	51
	Nutrienti inorganici disciolti	51
	Solidi sospesi (Total Suspended Matter).....	53
	Sostanza organica disciolta cromoforica (CDOM).....	54
	Tensioattivi.....	58

Cloroderivati.....	58
Idrocarburi totali.....	59
6.1.2 Saggi eco tossicologici su campioni di acqua	60
<i>Vibrio fischeri</i>	60
<i>Pheodactylum tricornutum</i>	60
<i>Dicentrarchus labrax</i>	61
<i>Paracentrotus lividus</i>	61
6.1.3 Plancton.....	63
6.2 SEDIMENTI.....	70
6.2.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	70
Analisi granulometrica	70
Metalli	70
Composti organici	71
Cloroderivati.....	71
Analisi microbiologiche	72
6.2.2 Saggi eco tossicologici su campioni di sedimento.....	72
<i>Paracentrotus lividus</i>	72
<i>Corophium orientale</i>	73
<i>Vibrio fischeri</i>	74
6.3 BIOTA.....	74
6.3.1 Macrozoobenthos	74
6.3.2 Meiobenthos	77
6.3.3 Bioaccumulo	84
Metalli	84
Idrocarburi totali.....	85
IPA e composti organo stannici	85
Cloroderivati.....	86
Analisi microbiologiche	86
6.3.4 Biomarkers	86
6.3.5 Fauna ittica bentonectonica.....	88
6.3.6 Fauna ittica pelagica.....	96
6.3.7 Cetacei e tartarughe marine	96
6.4 INDAGINI GENERALI	97
6.4.1 Misura del rumore.....	97
6.4.2 Bioacustica	103
7 CONFRONTO INTERSTAGIONALE E CON LA CAMPAGNA DI BIANCO.....	104
7.1 COLONNA D'ACQUA.....	104
7.1.1 Profili idrologici	104
Misure di irradianza e irradianza spettrale.....	105
7.1.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	105
Nutrienti inorganici disciolti	105
Solidi sospesi (Total Suspended Matter).....	106
Sostanza organica disciolta cromoforica (CDOM).....	109
Clorofilla a e diversità pigmentaria.....	110
Tensioattivi, cloroderivati e analisi microbiologiche.....	112
7.1.2 Saggi eco tossicologici su campioni di acqua	112
7.1.3 Plancton.....	112
7.2 SEDIMENTI.....	122
7.2.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	123
7.2.2 Saggi eco tossicologici su campioni di sedimento.....	123
7.3 BIOTA.....	123
7.3.1 Macrozoobenthos	123
7.3.2 Meiobenthos	125
7.3.3 Bioaccumulo	129
7.3.4 Biomarkers	129

7.3.5	Fauna ittica bentonectonica.....	131
7.3.6	Fauna ittica pelagica.....	136
7.3.7	Cetacei e tartarughe marine.....	136
7.4	INDAGINI GENERALI.....	136
7.4.1	Misura del rumore.....	136
8	CONCLUSIONI.....	139
9	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	142

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Temperatura (°C).	16
Figura 2 - Salinità (ppt).	16
Figura 3 - Diagramma T/S.	16
Figura 4 - Saturazione dell'ossigeno disciolto (%).	17
Figura 5 - Fluorescenza (Volts).	17
Figura 6 – Profili di pH.	17
Figura 7 - Potenziale di ossido-riduzione (ORP, mV).	17
Figura 8 – Torbidità (NTU).	17
Figura 9 - Profilo del rapporto fra l'irradianza quantica PAR (Photosynthetic Available Radiation) disponibile alle varie profondità con quella contemporanea in superficie, PAR (0 m), delle stazioni P15 MG7 e P15 MG10.	18
Figura 10 - Irradianza spettrale discendente superficiale e subacquea alle profondità indicate. E' inoltre riportata la irradianza spettrale ascendente a 5 m (5m up). Ogni spettro è stato normalizzato per il proprio massimo ($E_{max}(\lambda)$) riportato nella legenda insieme con la lunghezza dove si colloca (λ_{max}).	18
Figura 11 - Profili delle concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti: NO ₂ (nitriti), NO ₃ (nitrati), PO ₄ (fosfati), SiO ₂ (silicati).	19
Figura 12 - Profili delle concentrazioni dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM) nelle diverse stazioni.	20
Figura 13 - Profili degli assorbimenti della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM}(325)$) nelle diverse stazioni.	21
Figura 14 - Profili della concentrazione di clorofilla <i>a</i> tot, alle diverse stazioni.	22
Figura 15 – Istogrammi della composizione percentuale di ognuno dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove Pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chl <i>b</i> +DVA+Zea).	24
Figura 16 - Profili verticali delle densità fitoplanctoniche totali (cell L ⁻¹ 10 ³) nelle diverse stazioni.	28
Figura 17 – Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda nelle diverse stazioni.	28
Figura 18 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti. Altro=nemertini, sipunculidi.	36
Figura 19 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti. <i>L. gracilis</i> = <i>Levinsenia gracilis</i> .	36
Figura 20 - Risultati della cluster analysis (group average) a sinistra e piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, a destra. Le analisi sono state effettuate dopo aver trasformato i dati secondo la doppia radice quadrata. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.	37
Figura 21 - 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.	40
Figura 22 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.	40
Figura 23 - Analisi istologica delle branchie di mitilo. Il parametro rappresentato nel grafico è il punteggio medio (<i>score</i>) per ciascuna delle stazioni indagate. La scala va da 1 a 5; il punteggio 1 indica una condizione di integrità mentre il punteggio 5 indica una forte compromissione della struttura dei filamenti branchiali	41
Figura 24 – Rotte effettuate per il monitoraggio visivo condotto nella primavera 2015 (P 15).	42
Figura 25 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N100 a 55m di profondità. Lo spettro decade dolcemente con la frequenza indicando una situazione ambientale tranquilla, a parte un generale traffico marittimo di media intensità.	42
Figura 26 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E100 a 45m di profondità. Esiste un interessante picco a 90 Hz, non presente nelle altre misure, di difficile interpretazione, essendo così isolato.	42
Figura 27 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55m di profondità.	43
Figura 28 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W100 a 55m di profondità. Come in S100 (Figura 27) esiste un "bounce" intorno a 400 Hz piuttosto peculiare, che potrebbe essere dovuto ad attività del terminale.	43
Figura 29 – Ricostruzione AIS del traffico al momento della misura di Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.. L'unità Grecale Primo staziona sul punto di misura S1K con i motori accesi, mentre il rimorchiatore di appoggio Guardian transita a 2,96 NM alla velocità di 6,4 kn.	43
Figura 30 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N1K a 55m di profondità.	44
Figura 31 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E1K a 55m di profondità.	44
Figura 32 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S1K a 55m di profondità. Interessante che il picco a 400 Hz individuato in Figura 27 (in S100) si riscontra anche in questi dati, sulla stessa direttrice, a maggiore distanza.	44
Figura 33 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W1K a 55m di profondità. Il picco a 400 Hz è invece sparito (o quasi) sulla direttrice Ovest.	45
Figura 34 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E10K a 55m di profondità. Si riscontra la presenza di barche relativamente vicine a causa dei livelli e della forma dello spettro.	45
Figura 35 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S10K a 55m di profondità. È evidente il passaggio di una nave nelle vicinanze del punto di misura, visti gli elevati livelli di rumore, specialmente alle basse frequenze.	45
Figura 36 - Confronto delle funzioni PSD in terzi d'ottava, relative a dati raccolti sulla direttrice Sud a distanza 100, 1000 e 10000m dal Terminale e a profondità 55m.	46

Figura 37 - Confronto di tutti i profili di velocità del suono misurati durante la campagna sperimentale. Tutti i profili sono caratterizzati da un gradiente negativo. Il termocline principale si verifica tra i 5 e i 10m. Solo il profilo in S1K si differenzia dagli altri, ma a partire dai 25m di profondità.	46
Figura 38 - Simulazione dei percorsi dei raggi/beam lanciati da una sorgente a 5 m di profondità sulla direttrice Sud, assunto il profilo di velocità misurato in S100 (modello Bellhop). I valori a 100 e 1000m di distanza orizzontale dalla sorgente a profondità 55m sono evidenziati per poter permettere un confronto con i dati reali misurati (Figura 36).	47
Figura 39 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz, corrispondente al modello creato in Figura 38 (modello Bellhop).	47
Figura 40 - Simulazione dei percorsi dei raggi/beam lanciati da una sorgente a 5m di profondità, assunto il profilo di velocità misurato in W1K (modello Bellhop).	47
Figura 41 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz, corrispondente al modello creato in Figura 40 (modello Bellhop) sulla direttrice Ovest.	48
Figura 42 - Temperatura (°C).	49
Figura 43 - Salinità (ppt).	49
Figura 44 - Diagramma T/S.	49
Figura 45 - Saturazione dell'ossigeno disciolto (%).	50
Figura 46 - Fluorescenza (mg m ⁻³).	50
Figura 47 - pH.	50
Figura 48 - ORP (mV).	50
Figura 49 - Torbidità (NTU).	50
Figura 50 - Profilo del rapporto fra l'irradianza quantica PAR (Photosynthetic Available Radiation) disponibile alle varie profondità con quella contemporanea in superficie, PAR (0m), delle stazioni E15 MG7 e E15 MG10.	51
Figura 51 - Irradianza spettrale discendente superficiale e subacquea alle profondità indicate. E' inoltre riportata la irradianza spettrale ascendente a 5m (5m up). Ogni spettro è stato normalizzato per il proprio massimo (E _{max} (λ)) riportato nella legenda insieme con la lunghezza dove si colloca (λ _{max}).	51
Figura 52 - Profili delle concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti: NO ₂ (nitriti), NO ₃ (nitrati), PO ₄ (fosfati), SiO ₂ (silicati).	52
Figura 53 - Profili delle concentrazioni dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM) nelle diverse stazioni.	53
Figura 54 - Profili degli assorbimenti della CDOM a 325 nm (a _{CDOM(325)}) nelle diverse stazioni.	54
Figura 55 - Profili della concentrazione di clorofilla <i>a</i> tot, alle diverse stazioni.	55
Figura 56 – Istogrammi della composizione percentuale di ognuno dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove Pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chl <i>b</i> +DVA+Zea).	57
Figura 57 - Profili verticali delle densità fitoplanctoniche totali (cell L ⁻¹ 10 ³) nelle diverse stazioni	64
Figura 58 – Abondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda nelle diverse stazioni.	64
Figura 59 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti. Altro= nemertini, sipunculidi.	76
Figura 60 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti.	76
Figura 61 - Risultati della cluster analysis (group average) a sinistra e piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, a destra. Le analisi sono state effettuate dopo aver trasformato i dati secondo la radice quadrata. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.	76
Figura 62 - Stazione E15 MG1. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	77
Figura 63 - Stazione E15 MG2. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	78
Figura 64 - Stazione E15 MG4. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	79
Figura 65 - Stazione E15 MG6. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	79
Figura 66 - Stazione E15 MG7. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	79
Figura 67 - Stazione E15 MG8. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	80
Figura 68 - Stazione E15 MG9. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	80
Figura 69 - Stazione E15 MG10. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	81
Figura 70 - Stazione E15 MG11. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	81
Figura 71 - Stazione E15 MG12. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	82
Figura 72 - Stazione E15 MG13. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	82
Figura 73 - Stazione E15 MG14. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	83
Figura 74 - 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 (n-MDS), basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati.	84
Figura 75 - 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.	87
Figura 76 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.	87
Figura 77 - Analisi istologica delle branchie di mitilo. Il parametro rappresentato nel grafico è il punteggio medio (<i>score</i>) per ciascuna delle stazioni indagate. La scala va da 1 a 5; il punteggio 1 indica una condizione di integrità mentre il punteggio 5 indica una forte compromissione della struttura dei filamenti branchiali.	88

Figura 78 - Reti da posta: composizione delle catture, espressa come percentuale, dei principali gruppi tassonomici campionati nell'area di trattamento e controllo.	89
Figura 79 - Rete a strascico: composizione delle catture, espressa come percentuale, dei principali gruppi tassonomici campionati nell'area di trattamento e controllo.	90
Figura 80 - Reti da posta: indici di abbondanza in numero e peso, stimati per i siti di trattamento (T) e controllo (C), delle specie indicatrici. Sono riportati i valori delle medie + la deviazione standard, per specie e per sito. In verde scuro num/1000m/24h, in verde chiaro kg/1000m/24h.	93
Figura 81 - Rete a strascico: indici di abbondanza in numero e peso, stimati per i siti di trattamento (T) e controllo (C), delle specie indicatrici. Sono riportati i valori delle medie + la deviazione standard, per specie e per sito. In marrone scuro num/km ² , in marrone chiaro kg/km ² .	93
Figura 82 - Rete da posta: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (<i>Scyllorhinus canicula</i>). Num. individui: 229 (trattamento), 33 (controllo).	94
Figura 83 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza della triglia di fango (<i>Mullus barbatus</i>). Num. individui 551 (trattamento), 159 (controllo).	94
Figura 84 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del nasello (<i>Merluccius merluccius</i>). Num. individui: 274 (trattamento), 92 (controllo).	95
Figura 85 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del merluzzetto (<i>Trisopterus minutus capelanus</i>). Num. individui: 50 (trattamento), 17 (controllo).	95
Figura 86 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (<i>Scyllorhinus canicula</i>). Num. individui: 205 (trattamento), 48 (controllo).	96
Figura 87 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gambero Bianco (<i>Parapenaeus longirostris</i>). Num individui: 590 (trattamento).	96
Figura 88 - Rotte effettuate per il monitoraggio visivo e bioacustico condotto nella estate 2015 (E15).	97
Figura 89 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N100 a 55m di profondità. Lo spettro presenta un massimo a bassissima frequenza (31 Hz circa), e rimane mediamente elevato per tutta la banda.	97
Figura 90 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E100 a 45m di profondità. L'andamento non è dissimile da Fig. 1. Le misure infatti sono prese a poca distanza temporale, oltre che spaziale.	97
Figura 91 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55m di profondità. In questo plot, anch'esso simile ai precedenti, si evidenzia un piccolo innalzamento di livello tra 6000 e 20000 Hz, centrato intorno a 15000 Hz.	98
Figura 92 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W100 a 55m di profondità. Come nelle figure precedenti, il picco è intorno a 30 Hz.	98
Figura 93 - Ricostruzione AIS del traffico al momento della misura E1K, è presente il rimorchiatore di appoggio Corrado Neri in manovra accanto al Terminale mentre il Guardian transita a 2,74 NM alla velocità di 4,9 Kn	98
Figura 94 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N1K a 55m di profondità. La forma della PSDf tra i 100 e i 2500 Hz indica la presenza di barche vicine.	99
Figura 95 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E1K a 55m di profondità. Anche in questo caso ci troviamo in presenza di traffico marittimo come evidenziato dalla traccia AIS in Figura 93.	99
Figura 96 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S1K a 55m di profondità. Interessante il livello piuttosto alto ad alta frequenza, per tutta la banda.	99
Figura 97 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W1K a 55m di profondità.	100
Figura 98 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E10K a 43m di profondità. Il massimo è a bassissima frequenza.	100
Figura 99 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S10K a 55m di profondità. Il livello è piuttosto basso alle alte frequenze.	100
Figura 100 - (a) Confronto delle funzioni PSD in terzi d'ottava, relative a dati raccolti sulla direttrice Sud a distanza 100, 1000 e 10000m dal Terminale e a profondità 55m. (b) Confronto delle funzioni PSD in terzi d'ottava, relative a dati raccolti sulla direttrice Sud a distanza 100, 1000 e 10000m dal Terminale e a profondità 55m.	101
Figura 101 - Confronto sullo stesso grafico di tutti i profili di velocità del suono misurati durante la campagna sperimentale.	102
Figura 102 - Simulazione dei percorsi dei raggi/beam lanciati da una sorgente a 5m di profondità sulla direttrice Sud, assunto il profilo di velocità misurato in S100 (modello Bellhop). I valori a 100 e 1000m di distanza orizzontale dalla sorgente a profondità 55m sono evidenziati per poter permettere un confronto con i dati reali misurati.	102
Figura 103 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz, corrispondente al modello creato in	102
Figura 104 - Variazione della profondità (m) della zona eufotica (Z_{eu}) delle stazioni MG7 e MG10 nelle campagne effettuate.	105
Figura 105 - Variazioni delle concentrazioni medie per campagna (+ dev. st. N=32) dei nutrienti inorganici disciolti; a) nitriti+nitrati; b) ortofosfati; c) silicati.	106
Figura 106 - Confronti tra le concentrazioni medie per campagna dei nutrienti inorganici disciolti delle 4 stazioni (MG6, MG7, MG12, MG13) più vicine al terminale (100m) e le concentrazioni medie per campagna della stazione a 1000m (MG10). a) c) e) media tra 0 e 12,5 m; b) d) f) media tra 50 e 70m.	107
Figura 107 - Variazioni delle concentrazioni medie per campagna (+ dev. st. N=32) dei solidi sospesi (TSM).	108
Figura 108 - Confronti tra le concentrazioni medie per campagna dei solidi sospesi (TSM) delle 4 stazioni (MG6, MG7, MG12, MG13) più vicine al terminale (100m) e della stazione a 1000m (MG10). a) media tra 0 e 12,5m; b) media tra 50 e 70m.	108
Figura 109 - Variazioni delle concentrazioni medie per campagna (+ dev. st. N=32) della sostanza organica particellata (POM).	108
Figura 110 - Confronti tra le concentrazioni medie per campagna della sostanza organica particellata (POM) delle 4 stazioni (MG6, MG7, MG12, MG13) più vicine al terminale (100m) e della stazione a 1000 m (MG10). a) media tra 0 e 12,5 m; b) media tra 50 e 70 m.	109
Figura 111 - Variazioni delle concentrazioni medie per campagna (+ dev. st. N=32) della sostanza organica disciolta cromoforica (CDOM).	109
Figura 112 - Confronti tra le concentrazioni medie per campagna della sostanza organica disciolta cromoforica (CDOM) delle 4 stazioni (MG6, MG7, MG12, MG13) più vicine al terminale (100m) e della stazione a 1000 m (MG10). a) media tra 0 e 12,5 m; b) media tra 50 e 70 m.	109
Figura 113 - Variazioni delle concentrazioni medie per campagna (+ dev. st. N=32) della clorofilla <i>a</i> .	110
Figura 114 - Confronti tra le concentrazioni medie per campagna della clorofilla <i>a</i> delle 4 stazioni (MG6, MG7, MG12, MG13) più vicine al terminale (100m) e della stazione a 1000 m (MG10); a) media tra 0 e 12,5 m; b) media tra 50 e 70 m.	110
Figura 115 - Istogrammi della composizione percentuale (media per profondità per campagna) di ognuno dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove Pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chlb+DVA+Zea).	111
Figura 116 - Variazioni delle densità cellulari medie per campagna (+ dev. st. N=20) della clorofilla <i>a</i> .	113
Figura 117 - Variazione stagionale delle densità cellulari medie totali per campagna e dei diversi gruppi fitoplanctonici	113
Figura 118 - Abbondanza relativa (media per profondità per campagna) delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda nelle diverse campagne.	114
Figura 119 - Classificazione gerarchica dei 180 campioni in base alle densità fitoplanctoniche dei primi 87 taxa. I campioni sono rappresentati da sigle e colori corrispondenti a: campagna (B-rosso, A13-marrone, I14-blu, P14-verde chiaro, E14-viola, A14-verde medio, I15-azzurro, P15-verde scuro, E15-fucsia), numero stazione (6=MG6, 7=MG7, 10=MG10, 12=MG12, 13=MG13) e profondità (0, 12,5, 50, 70 m)	115

Figura 120 - Variazione stagionale delle densità cellulari totali medie delle stazioni a 100m dal terminale (MG6, MG7, MG12, MG13) e a 2000m (MG10) nei due anni di campionamento; a) media tra 0 e 12,5m; b) media tra 50 e 70m.	115
Figura 121 – Copepodi: confronto taxa (n) totali Anno I e Anno II.	117
Figura 122 – confronto taxa (n) Il Anno e distribuzione verticale.	117
Figura 123 - Abbondanza ind/m ³ delle principali famiglie di Copepodi in ciascun survey.	117
Figura 124 – Andamento stagionale ind/m ³ delle specie dominanti I Anno e Il Anno.	118
Figura 125 – <i>Cluster analysis</i> dei dati di abbondanza, calcolati lungo tutta la colonna, della comunità a Copepodi investigata durante gli 8 surveys relativi al I e Il anno di monitoraggio.	118
Figura 126 - Biomassa oloplanctonica (ml): confronto stagionale tra i due anni di indagine.	119
Figura 127 - Biomassa oloplanctonica (ml): confronto tra i livelli relativamente al secondo anno di indagine.	119
Figura 128 – Numero totale (n) di taxa meroplanctonici nel I e Il anno in ciascuna stagione.	119
Figura 129 - Il anno: distribuzione dei taxa meroplanctonici in ciascuno dei livelli investigati.	119
Figura 130 - Principali taxa meroplanctonici e loro numero (n).	120
Figura 131 - Numero (n) dei principali <i>taxa</i> meroplanctonici nelle stagioni del I e del Il anno.	120
Figura 132 - Distribuzione delle larve di Decapodi in ciascuno dei livelli batimetrici investigati.	120
Figura 133 - Distribuzione delle larve di Decapodi nel I e Il anno.	120
Figura 134 - Risultati della <i>Cluster analysis</i> relativa al meroplankton nelle stagioni del I e del Il anno.	121
Figura 135 - Numero (n) di <i>taxa</i> ittioplanctonici nel I e Il anno.	121
Figura 136 - Distribuzione dei <i>taxa</i> in ciascuno dei livelli batimetrici investigati nel Il anno.	121
Figura 137 - Numero (n) di <i>taxa</i> ittioplanctonici nel I e Il anno.	122
Figura 138 - Distribuzione delle specie ittioplanctoniche più abbondanti nell'arco di due anni di monitoraggio.	122
Figura 139 – Risultati della <i>Cluster analysis</i> relativa all'ittioplancton nelle stagioni del I e del Il anno.	122
Figura 140 – Andamento dell'abbondanza totale e del numero di specie totali nell'arco dell'intero periodo di studio.	123
Figura 141 – Andamento dell'abbondanza totale (N) e del numero di specie (S) dei principali taxa nella campagna di Bianco (B) e nelle successive campagne di monitoraggio condotte nella "fase di esercizio".	124
Figura 142 - Piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS. Le analisi sono state effettuate con i dati di presenza/assenza considerando la campagna di Bianco (B) e i il primo (sx) ed il secondo (dx) anno di monitoraggio della "fase di esercizio". La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.	124
Figura 143 - Piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS. Le analisi sono state effettuate senza alcuna trasformazione dei dati considerando le campagne estive: Bianco, E14, E15. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.	125
Figura 144 – Dissimilarità media calcolata tra gruppi di stazioni FSRU (MG6, MG7, MG12, MG13), Intermedi (MG4, MG1, MG8, MG4), Controlli (MG1, MG2, MG9, MG10) confrontando il Bianco vs E14 e Bianco vs E15.	125
Figura 145 – Numero di specie e abbondanza totale calcolate tra gruppi di stazioni FSRU (MG6, MG7, MG12, MG13), Intermedi (MG4, MG1, MG8, MG4), Controlli (MG1, MG2, MG9, MG10) confrontando il Bianco vs E14 e Bianco vs E15.	125
Figura 146 - Confronto dati Esercizio I15 e E15. 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 (n-MDS), basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati.	127
Figura 147 – Confronto dati Bianco e fasi di esercizio (E14, E15). 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 (n-MDS), basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati.	129
Figura 148 - Valutazione del tempo di ritenzione del Rosso Neutro (NRRT) nei lisosomi di mitilo; valori più bassi sono indicativi di danno cellulare. Gli asterischi indicano riduzioni significative rispetto ai mitili di controllo.	129
Figura 149 - Valutazione del grado di frammentazione del DNA (Comet assay) nelle cellule branchiali di mitilo; valori più alti sono indicativi di un livello di danno più elevato.	130
Figura 150 - Valutazione del grado di integrità del tessuto branchiale (analisi istologica) di mitilo; valori più alti dello score sono indicativi di un maggior grado di danno tissutale. Gli asterischi indicano aumenti significativi rispetto ai mitili di controllo.	130
Figura 151 – Indici strutturali relativi ai popolamenti ittici catturati con reti a strascico.	131
Figura 152 - Dendrogramma delle stazioni effettuate con reti a strascico. Le analisi sono state effettuate considerando le due campagne di Bianco (B e BP), le due campagne del 2014 (I14 ed E14) e le due campagne del 2015 (I15 ed E15) del periodo di monitoraggio "fase di esercizio".	132
Figura 153 – Ordinamento n-MDS delle stazioni effettuate con reti a strascico. Le analisi sono state effettuate considerando le due campagne di Bianco (B e BP), le due campagne del 2014 (I14 ed E14) e le due campagne del 2015 (I15 ed E15) del periodo di monitoraggio "fase di esercizio".	132
Figura 154 – Dendrogramma delle stazioni effettuate con reti a strascico. Le analisi sono state effettuate considerando le due campagne di Bianco, B e BP, e le due campagne estive, E14 ed E15.	132
Figura 155 – Ordinamento n-MDS delle stazioni effettuate con reti a strascico. Le analisi sono state effettuate considerando le due campagne di Bianco, B e BP, e le due campagne estive, E14 ed E15.	133
Figura 156 – Indici strutturali relativi ai popolamenti ittici catturati con reti da posta.	134
Figura 157 – Dendrogramma delle stazioni effettuate con reti da posta. Le analisi sono state effettuate considerando le due campagne di Bianco (B e BP), le due campagne del 2014 (I14 ed E14) e le due campagne del 2015 (I15 ed E15) del periodo di monitoraggio "fase di esercizio".	134
Figura 158 – Ordinamento n-MDS delle stazioni effettuate con reti da posta. Le analisi sono state effettuate considerando le due campagne di Bianco (B e BP), le due campagne del 2014 (I14 ed E14) e le due campagne del 2015 (I15 ed E15) del periodo di monitoraggio "fase di esercizio".	135
Figura 159 – Dendrogramma delle stazioni effettuate con reti da posta. Le analisi sono state effettuate considerando le due campagne di Bianco, B e BP, e le due campagne estive, E14 ed E15.	135
Figura 160 – Ordinamento MDS delle stazioni effettuate con reti da posta. Le analisi sono state effettuate considerando le due campagne di Bianco, B e BP, e le due campagne estive, E14 ed E15.	135
Figura 161 - Presenza di cetacei antecedenti del terminale	136
Figura 162 - Avvistamenti nella campagna di Bianco B12.	136

Figura 163 - Avvistamenti dopo 4 campagne A14-I15-P15-E15.	136
Figura 164 - Confronto dei dati delle ultime 4 campagne (2014-2015) con i dati di "Bianco" B12 nella stazione E100 a 55m di profondità.	137
Figura 165 - Confronto dei dati delle ultime 4 campagne (2014-2015) con i dati di "Bianco" nella stazione E1K a 55m di profondità.	137

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti (μM).	19
Tabella 2 - Concentrazione dei solidi sospesi (TSM) nelle diverse stazioni rilevate.	20
Tabella 3 - Assorbimento della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm.	21
Tabella 4 - Clorofilla <i>a</i> totale (somma della clorofilla <i>a</i> , della Divinil Clorofilla <i>a</i> e della Alloclorofilla <i>a</i> , se presenti).	22
Tabella 5 - Concentrazioni (mg m^{-3}) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici (per le sigle vedere i metodi e/o la lista degli acronimi).	23
Tabella 6 - 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.	25
Tabella 7 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.	25
Tabella 8 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico. I dati sono espressi in microgrammi/litro. Le profondità di prelievo (0,5; 12,5; 50; 70) sono espresse in metri.	26
Tabella 9 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di acqua superficiale. I dati sono espressi in ufc/100 ml.	27
Tabella 10 - Densità fitoplanctonica totale e delle classi o gruppi identificati ($\text{cell L}^{-1} 10^3$).	27
Tabella 11 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati.	29
Tabella 12 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.	29
Tabella 13 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati durante il campionamento P15.	30
Tabella 14 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni P15 MG6, P15 MG7, P15 MG10, P15 MG12 e P15 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13)	30
Tabella 15 - 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> .	32
Tabella 16 - 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.	33
Tabella 17 - 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.	34
Tabella 18 - 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> .	34
Tabella 19 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nella primavera 2015 (P15).	35
Tabella 20 - Indici strutturali ($\pm\text{DS}$) relativi al popolamento macrobentonico. Numero di taxa (S), Numero di individui (N), Diversità specifica di Shanno-Weaver (H'), Ricchezza specifica di Margalef (d), Equitabilità di Pielou (J).	37
Tabella 21 - Concentrazione dei metalli nei mitili. I dati, relativi alla campagna P15, sono espressi in mg/kg s.s.	38
Tabella 22 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P15, sono espressi in mg/kg.	38
Tabella 23 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P15, sono espressi in mg/kg.	38
Tabella 24 - Concentrazione dei cloroderivati rilevati nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P15, sono espressi in $\mu\text{g/kg}$.	39
Tabella 25 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P15, sono espressi in ufc/g.	39
Tabella 26 - 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.	41
Tabella 27 - Concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti (μM).	52
Tabella 28 - Concentrazione dei solidi sospesi (TSM) nelle diverse stazioni rilevate.	53
Tabella 29 - Assorbimento della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm	54
Tabella 30 - Clorofilla <i>a</i> totale (somma della clorofilla <i>a</i> , della Divinil Clorofilla <i>a</i> e della Alloclorofilla <i>a</i> , se presenti).	55
Tabella 31 - Concentrazioni (mg m^{-3}) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici (per le sigle vedere i metodi).	56
Tabella 32 - Risultati della ricerca dei tensioattivi anionici e non ionici in acqua di mare lungo il profilo batimetrico. I dati sono espressi in mg/l. Le profondità di prelievo (0,5; 12,5; 50; 70) sono espresse in metri.	58
Tabella 33 - Risultati della ricerca dei cloroderivati in acqua di mare lungo il profilo batimetrico investigato in E15. I dati sono espressi in $\mu\text{g/l}$. Le profondità di prelievo (0,5; 12,5; 50; 70) sono espresse in metri.	58
Tabella 34 - Risultati della ricerca di idrocarburi totali in acqua di mare lungo il profilo batimetrico. I dati sono espressi in microgrammi/litro. Le profondità di prelievo (0,5; 12,5; 50; 70) sono espresse in metri.	59
Tabella 35 - Risultati delle analisi microbiologiche condotte nelle acque superficiali durante la stagione estiva. I dati sono espressi in ufc/100ml.	59
Tabella 36 - Parametri registrati nell'acqua dei campioni testati con <i>V. fischeri</i> , <i>P. lividus</i> , <i>P. tricorutum</i> e <i>D. labrax</i> . Salinità (‰); Ossigeno disciolto (mg/l).	60
Tabella 37 - Risultati del test con il <i>V. fischeri</i> condotti su campioni di acqua (incubazione 5', 15', 30') prelevati a diverse profondità (esprese in metri). Tutti i campioni sono risultati non tossici. $\text{EC}_{20/50}$, max. effetto 5', effetto 15', max. effetto 30', espressi in %.	60
Tabella 38 - Risultati del test con <i>Phaeodactylum tricorutum</i> condotti su campioni di acqua (incubazione 72 h) prelevati a diverse profondità (esprese in metri). $\text{EC}_{20/50}$ (L.C. 95%) espressa in %.	61
Tabella 39 - 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 8.10-8.29, salinità ‰ range 38-40, temperatura $20,5 \pm 1^\circ\text{C}$.	61
Tabella 40 - Risultati del test di embriotossicità (72ore) con <i>P.lividus</i> e successiva stima della tossicità cronica.	62

Tabella 41 - Densità fitoplanctonica totale e delle classi o gruppi identificati (cell L ⁻¹ 10 ⁻³).	63
Tabella 42 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati.	65
Tabella 43 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.	65
Tabella 44 - Densità fitoplanctonica totale e delle classi o gruppi identificati (cell L ⁻¹ 10 ⁻³).	66
Tabella 45 – 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> .	67
Tabella 46 - 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.	68
Tabella 47 – 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.	69
Tabella 48 – 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> .	69
Tabella 49 – Ripartizione delle principali classi granulometriche e relativa classificazione dei sedimenti. I dati sono espressi in percentuale.	70
Tabella 50 – Concentrazione dei metalli. I dati sono espressi in mg/kg, tranne Al e Fe espressi in %. Sono riportati anche Livello Chimico di Base (LCB) e Livello Chimico Limite (LCL) e Standard di Qualità (SQ). In neretto sono indicati i valori maggiori di SQ, in verde quelli maggiori di LCB, in rosso quelli maggiori di LCL.	71
Tabella 51 – Concentrazione dei contaminanti organici nei sedimenti campionati nell'estate 2015. Standard di Qualità (SQ D.M. 260/2010) Livello Chimico di Base (LCB) e Livello Chimico Limite (LCL) tratti dal Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini (Apat, Icram, MATTM, 2006). In neretto i valori >SQ, in verde >LCB, in rosso >LCL.	71
Tabella 52 – Concentrazione dei composto cloro derivati nei sedimenti campionati nell'estate 2015.	72
Tabella 53 – Risultati delle analisi microbiologiche condotte nei sedimenti durante la stagione estiva 2015. I dati sono espressi in MPN/g.	72
Tabella 54 - Parametri registrati negli elutriati.	73
Tabella 55 - Risultati del saggio biologico di embriotossicità (72 ore) e successiva stima della tossicità cronica.	73
Tabella 56 - Parametri (chimico-fisici) dell'acqua sovrastante i sedimenti testati registrati all'inizio e al termine del test di tossicità con il <i>C. orientale</i> .	73
Tabella 57 - Percentuali di mortalità degli organismi di <i>C. orientale</i> osservate nei sedimenti testati e successiva stima della tossicità cronica.	74
Tabella 58 - Risultati del test con il <i>V. fischeri</i> su sedimento tal quale. R ² (%)=coeff. di determinazione; TU=unità tossiche; STI - sediment toxicity index. Pelite (calcolata solo sulle frazioni sabbiosa e pelica) espressa in %.	74
Tabella 59 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nella campagna estiva del 2014.	74
Tabella 60 - Indici strutturali (±DS) relativi al popolamento macrobentonico. Numero di taxa (S), Numero di individui (N), Ricchezza specifica di Margalef (d), Diversità specifica di Shannon-Weaver (H'), Equitabilità di Pielou (J).	77
Tabella 61 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni E15 MG1, E15 MG2, E15 MG4, E15 MG6, E15 MG7, E15 MG8. Densità media (±DS) (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.	78
Tabella 62 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni E15 MG9, E15 MG10, E15 MG11, E15 MG12, E15 MG13, E15 MG14. Densità media (±DS) (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.	81
Tabella 63 - 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).	83
Tabella 64 - Struttura della comunità meiobentonica dell'area interessata dal posizionamento del terminale rigassificatore, incluse le stazioni di controllo. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo rinvenuto. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.	84
Tabella 65 - Concentrazione dei metalli nei mitili. I dati, relativi alla campagna E15, sono espressi in mg/kg s.s. Lr = Limite di rilevabilità.	84
Tabella 66 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E15, sono espressi in mg/kg.	85
Tabella 67 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E15, sono espressi in mg/kg.	85
Tabella 68 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E15, sono espressi in µg/kg.	86
Tabella 69 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E15, sono espressi in ufc/g.	86
Tabella 70 - 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.	87
Tabella 71 - Lista delle specie catturate con la rete a strascico e le reti da posta. T: siti di trattamento; C: siti di controllo	88
Tabella 72 - Reti da posta: indici di densità e abbondanza (± DS), espressi in num/1000m/24h e kg/1000m/24h, stimati per le specie catturate nei siti di trattamento e di controllo.	90
Tabella 73 - Rete a strascico: indici di densità e abbondanza (± DS), espressi in num/km ² e kg/km ² , stimati per le specie catturate nei siti di trattamento e di controllo.	91
Tabella 74 - Medie, deviazioni standard, massimo e minimo per campagna (N=32) delle concentrazioni (µM) dei nutrienti inorganici disciolti: DIN (nitriti+nitrati), PO ₄ (ortofosfati), SiO ₂ (silicati).	105
Tabella 75 - Medie, deviazioni standard, massimo e minimo per campagna (N=32) delle concentrazioni di clorofilla a (Chl <i>a</i>), solidi sospesi (TSM), particolato organico (POM), sostanza organica disciolta cromoforica (CDOM).	107
Tabella 76 - Densità cellulari totali medie per campagna (media, dev. st., massimo, minimo, N=20) e composizione tassonomica relativa media	112
Tabella 77 - Numero di taxa appartenenti ai diversi gruppi fitoplanctonici per ciascun campionamento	115
Tabella 78 - Numero di taxa individuati in ogni stazione per ciascun campionamento	116
Tabella 79 - Frequenza (f) dei diversi taxa nelle stagioni di campionamento	116
Tabella 80 - Numero dei taxa microplanctonici totali identificati con campionamento da bottiglia, da retino e identificati con entrambi i metodi (=comuni).	116

Tabella 81 - Confronto dati campagne Esercizio I15 e E15. Struttura della comunità meiobentonica dell'area interessata dal posizionamento del terminale rigassificatore, incluse le stazioni di controllo. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo rinvenuto. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.	126
Tabella 82 - Confronto dati tra le campagne Bianco e fasi di esercizio (E14, E15). Struttura della comunità meiobentonica dell'area interessata dalla presenza del terminale, incluse le stazioni di controllo. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo rinvenuto. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.	128
Tabella 83 - Numero totale di specie catturate per campagna. Reti a strascico.	131
Tabella 84 - Numero totale di specie catturate per campagna. Reti da posta.	133

LISTA DEGLI ACRONIMI

A13, A14	Campagne effettuate nell'Autunno 2013 e 2014
Allo	Alloxantina
B	Bianco effettuato nell'estate 2012
BP	Secondo Bianco effettuato unicamente per lo studio della fauna ittica (settembre, 2013)
But-Fuco	Butanoiloxifucosantina
CDOM	Chromophoric Dissolved Organic Matter o sostanza organica disciolta cromoforica
Chl b	Clorofilla b + Divinilclorofilla b
DIN	Azoto Inorganico Disciolto (nitriti + nitrati)
DO %	Percentuale di Ossigeno Disciolto
DVA	Divinilclorofilla a
E14, E15	Campagne effettuate nell'estate 2014, 2015
Fuco	Fucosantina
Hex-Fuco	Hesanoiloxifucosantina
I14, I15,	Campagne effettuate nell'Inverno 2014, 2015
LAS	Sostanze otticamente attive
ORP	Potenziale di Ossido Riduzione
P14, P15	Campagne effettuate nella Primavera 2014, 2015
PAR	Photosynthetic Available Radiation
Perid	Peridinina
POM	Particulate organic matter o frazione organica del particolato
Prasino	Prasinoxantina
PSDf	Power Spectral Density function
TSM	Total suspended matter o solidi sospesi
Zea	Zeaxantina
Z _{eu}	Zona eufotica

VOLUME I

- 1 INTRODUZIONE
 - 1.1 Richiami ai contenuti principali del progetto
 - 1.2 Obiettivi fase di esercizio
 - 2 MATERIALI E METODI
 - 2.1 Attività e tempistiche
 - 2.2 Area di indagine
 - 2.3 COLONNA D'ACQUA
 - 2.3.1 Profili idrologici
 - 2.3.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche
 - 2.3.3 Plancton
 - 2.3.3.1 Fitoplancton
 - 2.3.3.2 Zooplancton
 - 2.3.4 Saggi ecotossicologici
 - Vibrio fischeri* (sistema Microtox®) - fase liquida
 - Phaeodactylum tricorutum*
 - Dicentrarchus labrax*
 - Paracentrotus lividus*
 - 2.4 SEDIMENTI
 - 2.4.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche
 - Analisi granulometriche*
 - Analisi chimiche*
 - Analisi microbiologiche*
 - 2.4.2 Saggi ecotossicologici
 - Paracentrotus lividus*
 - Corophium orientale*
 - Vibrio fischeri* (sistema Microtox®) - fase solida
 - 2.5 BIOTA
 - 2.5.1 Macrozoobenthos
 - 2.5.2 Meiozoobenthos
 - 2.5.3 Bioaccumulo
 - Analisi chimiche*
 - Analisi microbiologiche*
 - 2.5.4 Biomarkers
 - 2.5.5 Fauna ittica bentonectonica
 - 2.5.6 Fauna ittica pelagica
 - 2.5.7 Cetacei e tartarughe marine
 - 2.6 INDAGINI GENERALI
 - 2.6.1 Misura del rumore
 - 2.6.2 Bioacustica
- 3 RISULTATI SURVEY AUTUNNO 2014
 - 3.1 COLONNA D'ACQUA
 - 3.1.1 Profili idrologici
 - 3.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche
 - 3.1.3 Plancton
 - 3.1.3.1 Fitoplancton
 - 3.1.3.2 Zooplancton
 - 3.2 BIOTA
 - 3.2.1 Macrozoobenthos
 - 3.2.2 Cetacei e tartarughe marine
 - 3.3 INDAGINI GENERALI
 - 3.3.1 Misura del rumore
 - 3.3.2 Bioacustica

4 RISULTATI SURVEY INVERNO 2015

4.1 COLONNA D'ACQUA

- 4.1.1 Profili idrologici
- 4.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche
- 4.1.3 Plancton
 - 4.1.3.1 Fitoplancton
 - 4.1.3.2 Zooplancton
- 4.1.4 Saggi eco tossicologici

Vibrio fischeri

Phaeodactylum tricornutum

Dicentrarchus labrax

Paracentrotus lividus

4.2 BIOTA

- 4.2.1 Macrozoobenthos
- 4.2.2 Meiozoobenthos
- 4.2.3 Fauna ittica bentonectonica
- 4.2.4 Cetacei e tartarughe marine

4.3 INDAGINI GENERALI

- 4.3.1 Misura del rumore
- 4.3.2 Bioacustica

VOLUME II



5 RISULTATI SURVEY PRIMAVERA 2015

5.1 COLONNA D'ACQUA

5.1.1 Profili idrologici

La temperatura (Figura 1) varia in un range compreso tra 14,25 e 24,10°C in linea con le temperature tipiche del periodo tardo primaverile e della zona di indagine; è evidente sia la presenza di uno strato superficiale di 10 metri circa rimescolato e con valori omogenei, sia di un termoclino marcato alla profondità di 10 metri con una netta diminuzione della temperatura di 2°C.

A partire dai 15 metri circa, la temperatura tende a diminuire costantemente senza però raggiungere un'omogeneità di valori (situazione fisica che è tipica del periodo estivo).

La salinità (Figura 2) mostra l'andamento classico di questo parametro nel periodo considerato: si osservano valori abbastanza omogenei nei primi 10 metri ed un successivo aumento degli stessi all'aumentare della profondità. I valori variano nel range compreso tra 36,86 e 38,18 ppt.

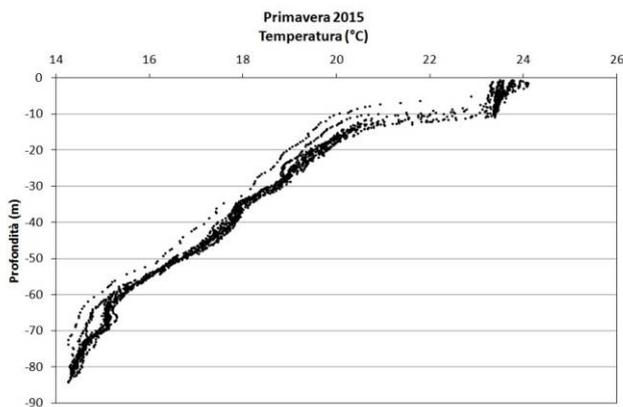


Figura 1 - Temperatura (°C).

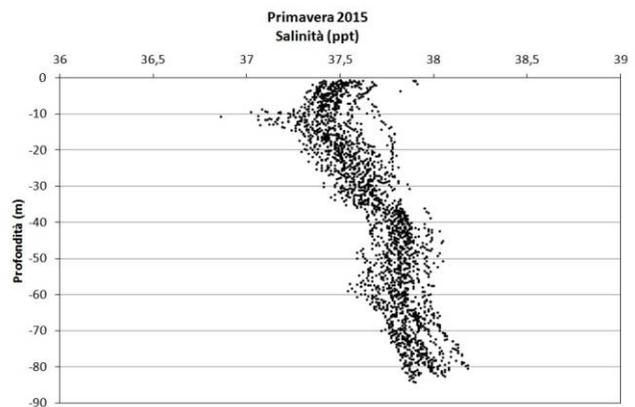


Figura 2 - Salinità (ppt).

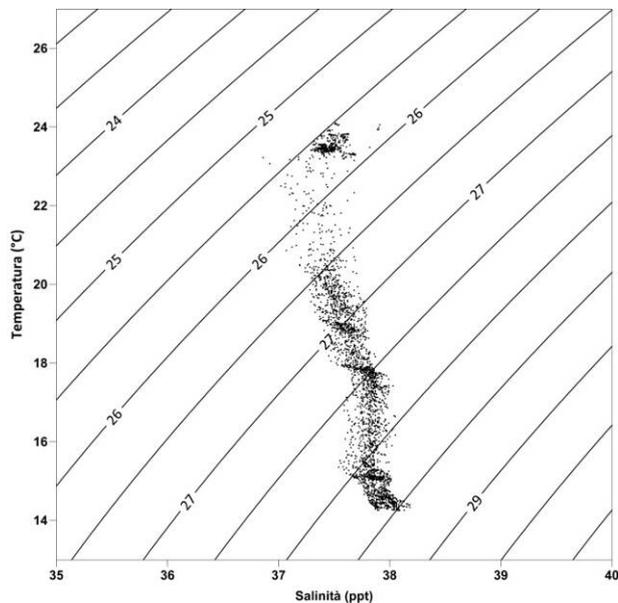


Figura 3 - Diagramma T/S.

Il diagramma T/S (Temperatura/Salinità) (Figura 3) mostra che le variazioni nelle masse d'acqua nell'intorno del rigassificatore avvengono soprattutto a causa della temperatura ($\Delta T \approx 10^\circ\text{C}$), fatto in buon accordo con il riscaldamento superficiale a cui sono soggette le masse d'acqua; nel grafico è evidente il termoclino compreso tra 24 e 20°C.

Come anticipato, questo comportamento è tipico delle masse d'acqua fortemente influenzate dal periodo di campionamento.

La percentuale di saturazione dell'ossigeno disciolto, DO%, (Figura 4) presenta valori nel range 91-161%; le masse d'acqua presentano valori costanti lungo tutto il profilo. Le stazioni P15 MG1, P15 MG2 e P15 MG3 si discostano dalle altre stazioni di campionamento con valori leggermente inferiori.

La fluorescenza (Figura 5) varia tra 0,000 e 0,029 Volts. L'andamento del profilo evidenzia anche in questo caso la presenza del termoclino che funziona da barriera fisica separando le masse d'acqua superficiali da quelle sottostanti: lo strato superficiale ha valori pressoché omogenei, mentre il restante profilo sottostante mostra il classico andamento della fluorescenza che tende ad aumentare in prossimità del fondo.

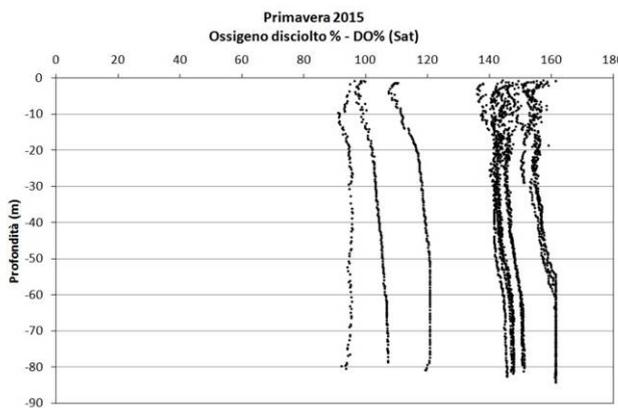


Figura 4 - Saturazione dell'ossigeno disciolto (%).

I valori di pH (Figura 6) sono compresi tra 6,80 e 7,99. Dato che i valori tipici dell'acqua di mare variano tra 7,7-8,4, solo le stazioni P15 MG3, P15 MG4 ed P15 MG5 hanno valori compresi in tale intervallo. Nelle altre stazioni i valori superficiali sono maggiori di 7,9. Essi tendono a diminuire nei primi 20 metri attestandosi poi intorno ai valori 7,5-7,7 ossia simili a quelli "normali". L'andamento anomalo osservato in P15 MG9 non è attribuibile alla presenza dell'FSRU. I valori del potenziale redox, ORP, (Figura 7) variano in un range limitato tra 33 e 124 mV; l'andamento dei profili dell'ORP è regolare (e opposto all'andamento dei profili del pH). Valori più bassi sono stati registrati in P15 MG3, P15 MG4 e P15 MG5. La torbidità (Figura 8) mostra valori molto bassi, tutti compresi tra 0 ed 1 NTU ad indicare che le masse d'acqua intorno all'FSRU contengono materiale in sospensione in quantità molto limitata.

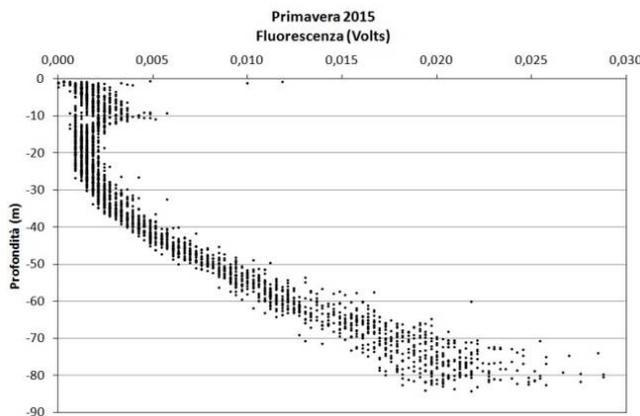


Figura 5 - Fluorescenza (Volts).

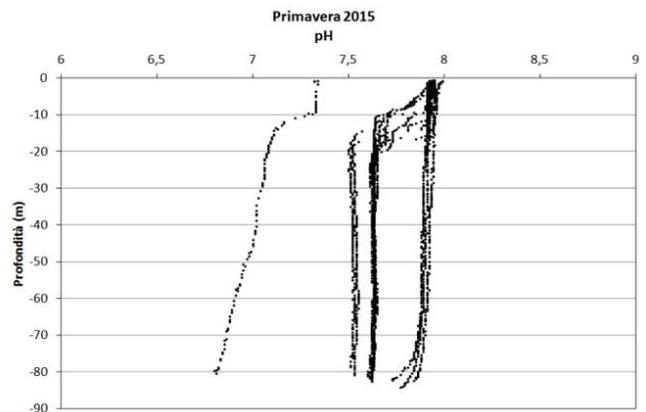


Figura 6 – Profili di pH.

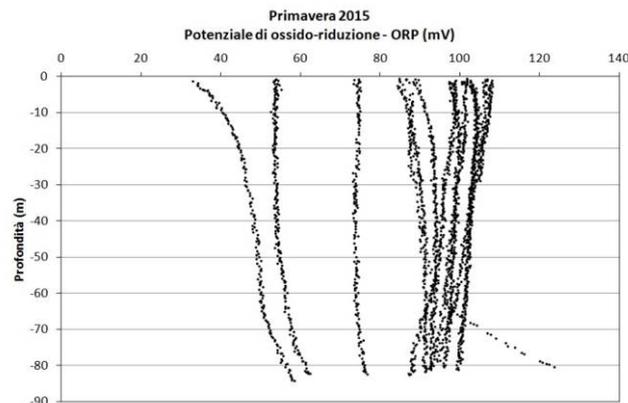


Figura 7 - Potenziale di ossido-riduzione (ORP, mV).

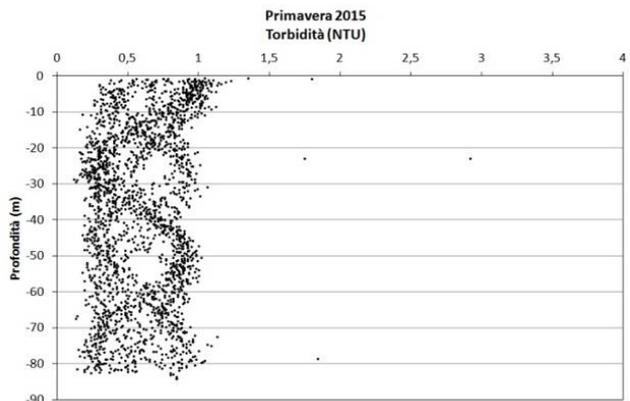


Figura 8 – Torbidità (NTU).

Misure di irradianza e irradianza spettrale

In Figura 9 sono mostrati i profili di irradianza PAR (Photosynthetic Available Radiation) sottomarina normalizzati rispetto a quella contemporanea superficiale alle stazioni P15 MG7 e P15 MG10. La profondità della zona eufotica (z_{eu}) varia tra le diverse stazioni da un minimo di 72,5m alla P15 MG12 ad un massimo di 78m alla stazione P15 MG9. Alla stazione P15 MG7 la z_{eu} è 77m mentre alla P15 MG10 arriva a 77,5m.

In Figura 10 sono riportati gli spettri della irradianza discendente tra 400 e 700nm in superficie e alle varie profondità insieme con quelli della irradianza ascendente a 5m tutti normalizzati per i loro massimi, alle stazioni P15 MG7 e P15 MG10. Dal confronto tra gli spettri si evince che la radiazione più penetrante (λ_{max}), che raggiunge le profondità maggiori, si attesta tra 477-478nm alla stazione P15 MG7 e tra 468-480nm alla stazione P15 MG10.

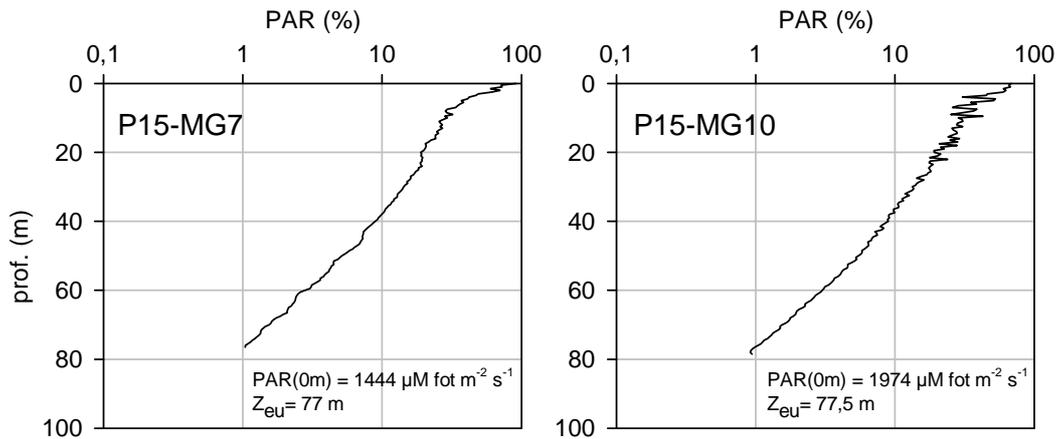


Figura 9 - Profilo del rapporto fra l'irradianza quantica PAR (Photosynthetic Available Radiation) disponibile alle varie profondità con quella contemporanea in superficie, PAR (0 m), delle stazioni P15 MG7 e P15 MG10.

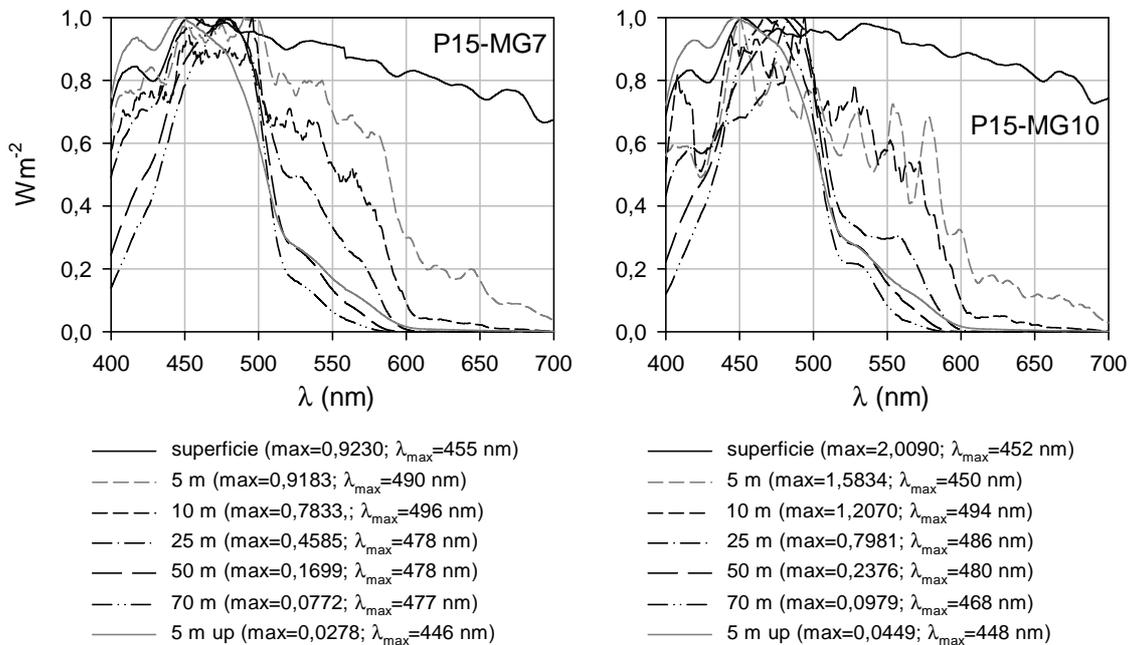


Figura 10 - Irradianza spettrale discendente superficiale e subacquea alle profondità indicate. E' inoltre riportata la irradianza spettrale ascendente a 5 m (5 m up). Ogni spettro è stato normalizzato per il proprio massimo ($E_{max}(\lambda)$) riportato nella legenda insieme con la lunghezza dove si colloca (λ_{max}).

5.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

Nutrienti inorganici disciolti

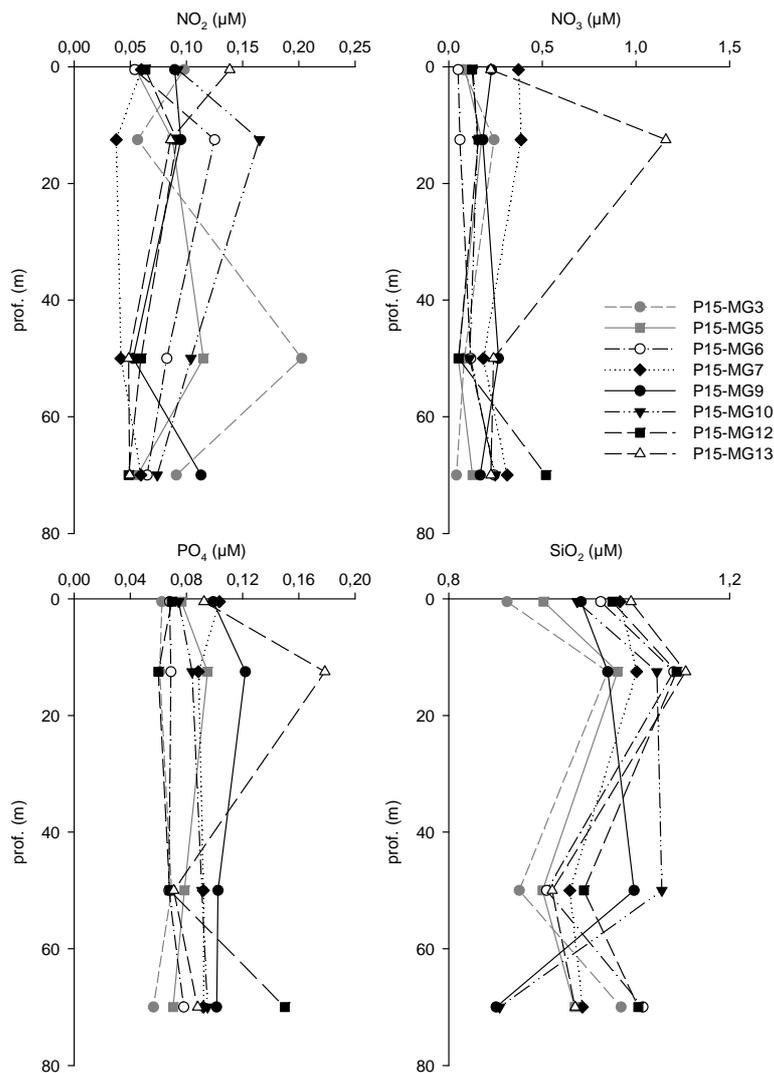
In Tabella 1 sono riportate le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), silicati (SiO_2), rilevate nelle 8 stazioni. Come atteso, le concentrazioni osservate sono in generale inferiori a quelle del precedente campionamento invernale.

Nitriti e fosfati variano entrambi intorno ad una media di circa $0,08 \mu\text{M}$, con una distribuzione lungo la colonna d'acqua (Figura 11) relativamente uniforme, tranne qualche differenza nella collocazione di valori più alti: $0,23 \mu\text{M}$ per i nitriti in P15 MG3 a 5m; $0,179 \mu\text{M}$ per i fosfati in P15 MG13 a 12,5m. L'intervallo di variazione dei nitrati è compreso tra $0,04$ e $0,5 \mu\text{M}$ e i profili di tutte le stazioni, uniformi lungo la colonna d'acqua, si sovrappongono all'interno di questo intervallo, con una eccezione in P15 MG13 dove si rileva un massimo di $1,159 \mu\text{M}$ a 12,5m.

I silicati variano tra $0,87$ e $1,14 \mu\text{M}$, con una concentrazione media di $1,010 \mu\text{M}$, un andamento simile lungo la colonna per P15 MG3, P15 MG5, P15 MG6, P15 MG7, P15 MG12, P15 MG13, e una distribuzione diversa per P15 MG9 e P15 MG10.

Le differenze rilevate non sembrano tali da considerarsi significative.

Tabella 1 - Concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti (μM).											
Stazione	Prof. m	SiO_2 μM	PO_4 μM	NO_2 μM	NO_3 μM	Stazione	Prof. m	SiO_2 μM	PO_4 μM	NO_2 μM	NO_3 μM
P15 MG3	0,5	0,883	0,063	0,098	0,079	P15 MG9	0,5	0,989	0,099	0,090	0,229
	12,5	1,027	0,061	0,057	0,242		12,5	1,027	0,122	0,095	0,182
	50	0,901	0,070	0,203	0,084		50	1,064	0,103	0,053	0,266
	70	1,046	0,057	0,091	0,042		70	0,868	0,102	0,113	0,169
P15 MG5	0,5	0,935	0,077	0,055	0,089	P15 MG10	0,5	0,983	0,075	0,093	0,130
	12,5	1,041	0,095	0,088	0,176		12,5	1,097	0,084	0,165	0,154
	50	0,934	0,079	0,115	0,052		50	1,104	0,091	0,104	0,112
	70	0,980	0,071	0,057	0,127		70	0,873	0,095	0,074	0,249
P15 MG6	0,5	1,017	0,068	0,054	0,051	P15 MG12	0,5	1,033	0,070	0,064	0,125
	12,5	1,121	0,069	0,125	0,060		12,5	1,125	0,060	0,092	0,159
	50	0,940	0,068	0,083	0,118		50	0,993	0,068	0,060	0,053
	70	1,077	0,078	0,065	0,244		70	1,070	0,150	0,049	0,519
P15 MG7	0,5	1,044	0,104	0,060	0,373	P15 MG13	0,5	1,060	0,093	0,139	0,225
	12,5	1,068	0,089	0,038	0,386		12,5	1,138	0,179	0,086	1,159
	50	0,973	0,092	0,042	0,185		50	0,948	0,071	0,049	0,239
	70	0,991	0,092	0,060	0,313		70	0,980	0,088	0,050	0,225


 Figura 11 - Profili delle concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti: NO_2 (nitriti), NO_3 (nitrati), PO_4 (fosfati), SiO_2 (silicati).

Solidi sospesi (Total Suspended Matter)

Le concentrazioni di TSM in tutte le stazioni sono riportate in Tabella 2. Il valore medio generale è 1,047 mg L⁻¹, il minimo è 0,725 mg L⁻¹ alla stazione P15 MG9 a 12,5m ed il massimo è 3,561 mg L⁻¹ alla stazione P15 MG10 a 50m.

I profili batimetrici delle concentrazioni di TSM (Figura 12) mostrano valori molto simili in tutte le stazioni ed un andamento comune relativamente omogeneo a tutte le profondità. Unica eccezione è la stazione P15 MG10 che mostra il massimo sopra citato a 50m.

La frazione di POM (frazione organica) rispetto al TSM è in media del 29,09 %, variando tra il 9,17 % (P15 MG5 12,5 m) ed il 52,79% (P15 MG13 0.5m). I profili batimetrici (Figura 12) presentano andamenti leggermente diversi tra le stazioni per la collocazione dei relativi massimi e minimi. Le concentrazioni maggiori si hanno alla stazione P15 MG13, a parte il massimo assoluto rilevato in P15 MG10 50m, corrispondente al massimo evidenziato tra le concentrazioni di TSM (Figura 12).

Tabella 2 - Concentrazione dei solidi sospesi (TSM) nelle diverse stazioni rilevate.				
Prof. m	Stazione	TSM mg L ⁻¹	Stazione	TSM mg L ⁻¹
0,5	P15 MG3	1,0860	P15 MG9	0,9187
12,5		0,8403		0,7753
50		0,9247		0,9450
70		0,9890		0,8113
0,5	P15 MG5	0,8987	P15 MG10	1,2137
12,5		0,7250		1,3207
50		0,8793		3,5607
70		0,9253		1,1823
0,5	P15 MG6	0,9403	P15 MG12	0,8983
12,5		0,8100		0,9443
50		0,9577		1,0407
70		0,9300		0,9403
0,5	P15 MG7	1,0063	P15 MG13	0,9093
12,5		0,9513		0,9587
50		1,0097		1,1537
70		1,0157		1,0373

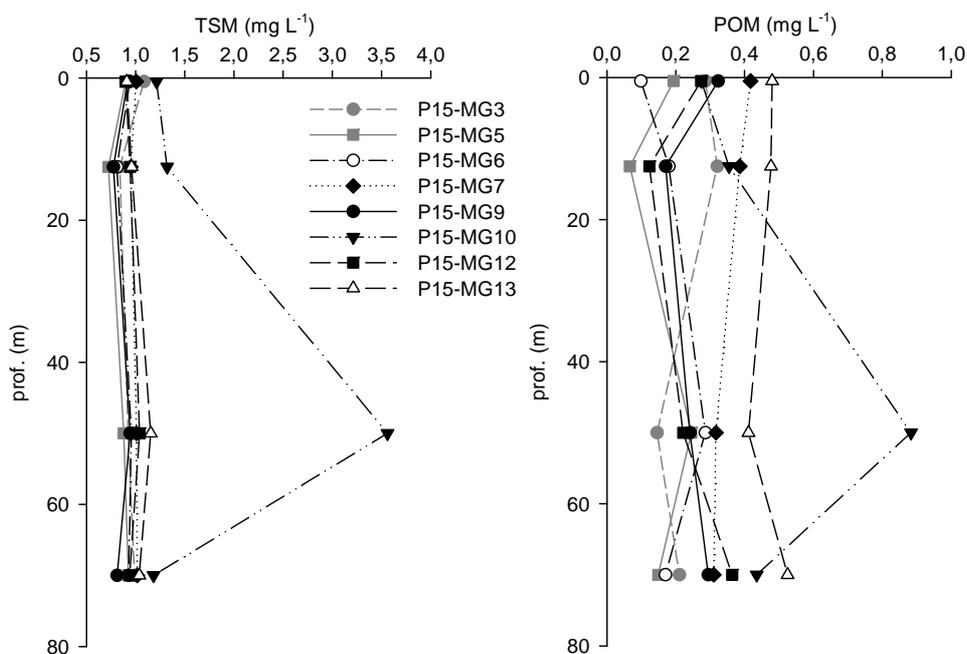
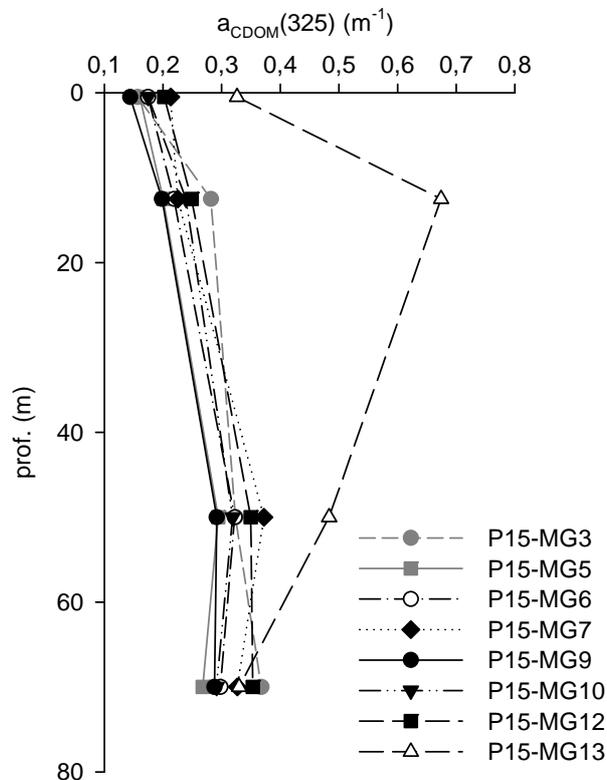


Figura 12 - Profili delle concentrazioni dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM) nelle diverse stazioni.

Sostanza Organica Disciolta Cromoforica (CDOM)

Gli assorbimenti della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM(325)}$) sono in media $0,285 \text{ m}^{-1}$ e variano da un minimo di $0,144 \text{ m}^{-1}$ alla stazione P15 MG9 a 0,5m, ad un massimo di $0,674 \text{ m}^{-1}$ alla stazione P15 MG13 a 12,5m (Tabella 3). I profili batimetrici di $a_{CDOM(325)}$ hanno valori minimi in superficie che tendono ad aumentare con la profondità arrivando al loro massimo tra 50 e 70m (Figura 13). Solo la stazione P15 MG13 presenta valori circa doppi, con un massimo a 12,5m.

Tabella 3 - Assorbimento della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm.				
Prof. m.	Stazione	$a_{CDOM(325)} \text{ m}^{-1}$	Stazione	$a_{CDOM(325)} \text{ m}^{-1}$
0,5	P15 MG3	0,1571	P15 MG9	0,1439
12,5		0,2817		0,1984
50		0,3235		0,2916
70		0,3679		0,2877
0,5	P15 MG5	0,1607	P15 MG10	0,1750
12,5		0,2003		0,2395
50		0,2942		0,3189
70		0,2678		0,2912
0,5	P15 MG6	0,1746	P15 MG12	0,2021
12,5		0,2189		0,2489
50		0,3225		0,3496
70		0,2977		0,3534
0,5	P15 MG7	0,2131	P15 MG13	0,3262
12,5		0,2253		0,6743
50		0,3723		0,4833
70		0,3269		0,3298


 Figura 13 - Profili degli assorbimenti della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM(325)}$) nelle diverse stazioni.

Clorofilla a e diversità pigmentaria

La clorofilla *a* presenta una concentrazione media di 0,143 mg m⁻³ e varia da un minimo di 0,018 mg m⁻³ alla stazione P15 MG13 (0,5m) a un massimo di 0,352 mg m⁻³ alla stazione P15 MG6 (70m) (Tabella 4), tutti valori non elevati. I profili batimetrici (Figura 14) mostrano, ad eccezione di P15 MG13 e P15 MG7, un primo massimo superficiale, un minimo a 12,5m e un secondo aumento, di maggiore entità, a 70m. La stazione P15 MG13 presenta le concentrazioni più basse lungo tutto il profilo.

Tabella 4 - Clorofilla <i>a</i> totale (somma della clorofilla <i>a</i> , della Divinil Clorofilla <i>a</i> e della Alloclorofilla <i>a</i> , se presenti).				
Prof. m	Stazione	chl <i>a</i> tot mg m ⁻³	Stazione	chl <i>a</i> tot mg m ⁻³
0,5	P15 MG3	0,1098	P15 MG9	0,1228
12,5		0,0650		0,0832
50		0,1238		0,1485
70		0,2904		0,2378
0,5	P15 MG5	0,1420	P15 MG10	0,1162
12,5		0,0784		0,0727
50		0,1426		0,1463
70		0,2972		0,2465
0,5	P15 MG6	0,1225	P15 MG12	0,1340
12,5		0,0861		0,0625
50		0,1537		0,1323
70		0,3518		0,2484
0,5	P15 MG7	0,0308	P15 MG13	0,0175
12,5		0,0266		0,0410
50		0,1522		0,0994
70		0,3268		0,1644

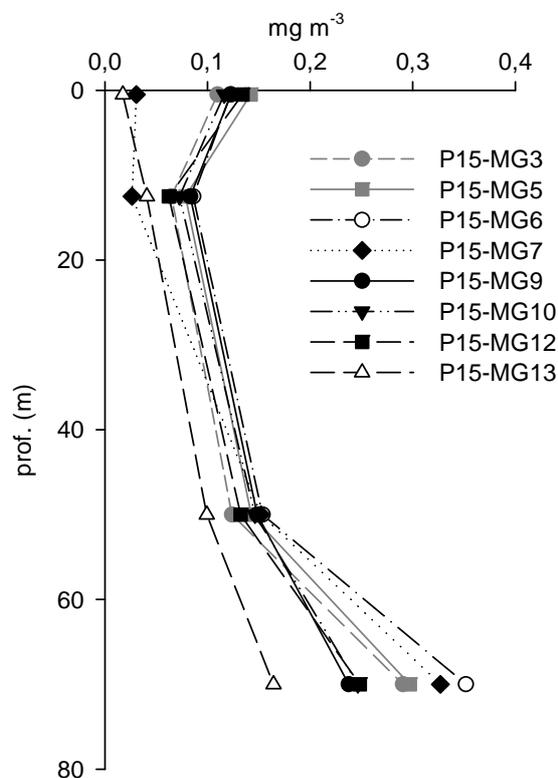


Figura 14 - Profili della concentrazione di clorofilla *a* tot, alle diverse stazioni.

Tabella 5 - Concentrazioni (mg m^{-3}) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici (per le sigle vedere i metodi e/o la lista degli acronimi).

Stazione	Prof.m	Fuco	Perid	Hex-Fuco	But-Fuco	Prasino	Allo	Zea	DVA	Chl b
P15 MG3	0,5	0,0099	0,0064	0,0516	0,0155	0,0010	0,0000	0,0076	0,0000	0,0093
	12,5	0,0042	0,0063	0,0213	0,0063	0,0000	0,0002	0,0091	0,0017	0,0098
	50	0,0069	0,0055	0,0446	0,0152	0,0006	0,0003	0,0251	0,0109	0,0086
	70	0,0086	0,0051	0,1323	0,0373	0,0029	0,0013	0,0325	0,0215	0,0278
P15 MG5	0,5	0,0104	0,0048	0,0591	0,0122	0,0008	0,0001	0,0100	0,0046	0,0260
	12,5	0,0047	0,0060	0,0283	0,0083	0,0004	0,0000	0,0107	0,0072	0,0133
	50	0,0081	0,0054	0,0536	0,0179	0,0004	0,0004	0,0328	0,0123	0,0286
	70	0,0078	0,0057	0,1129	0,0413	0,0027	0,0008	0,0436	0,0352	0,0556
P15 MG6	0,5	0,0100	0,0062	0,0576	0,0151	0,0006	0,0000	0,0064	0,0063	0,0136
	12,5	0,0046	0,0063	0,0351	0,0097	0,0005	0,0004	0,0083	0,0044	0,0098
	50	0,0082	0,0047	0,0570	0,0194	0,0007	0,0003	0,0298	0,0171	0,0299
	70	0,0094	0,0055	0,1408	0,0510	0,0022	0,0023	0,0496	0,0461	0,0611
P15 MG7	0,5	0,0016	0,0063	0,0104	0,0046	0,0000	0,0000	0,0085	0,0038	0,0157
	12,5	0,0004	0,0053	0,0068	0,0023	0,0002	0,0000	0,0080	0,0011	0,0131
	50	0,0078	0,0054	0,0609	0,0208	0,0016	0,0007	0,0338	0,0135	0,0286
	70	0,0091	0,0062	0,1554	0,0480	0,0021	0,0023	0,0459	0,0343	0,0516
P15 MG9	0,5	0,0099	0,0056	0,0532	0,0145	0,0011	0,0003	0,0059	0,0000	0,0213
	12,5	0,0045	0,0055	0,0334	0,0101	0,0005	0,0000	0,0067	0,0068	0,0143
	50	0,0058	0,0050	0,0595	0,0162	0,0012	0,0000	0,0265	0,0144	0,0303
	70	0,0093	0,0062	0,1213	0,0301	0,0013	0,0014	0,0245	0,0091	0,0375
P15 MG10	0,5	0,0101	0,0063	0,0498	0,0142	0,0008	0,0000	0,0063	0,0045	0,0079
	12,5	0,0051	0,0061	0,0278	0,0082	0,0000	0,0000	0,0084	0,0049	0,0196
	50	0,0063	0,0056	0,0598	0,0179	0,0011	0,0003	0,0229	0,0093	0,0205
	70	0,0080	0,0045	0,1297	0,0330	0,0024	0,0015	0,0237	0,0122	0,0369
P15 MG12	0,5	0,0120	0,0051	0,0547	0,0212	0,0005	0,0000	0,0068	0,0008	0,0085
	12,5	0,0038	0,0065	0,0272	0,0107	0,0002	0,0002	0,0102	0,0043	0,0205
	50	0,0094	0,0045	0,0449	0,0194	0,0010	0,0000	0,0275	0,0065	0,0175
	70	0,0078	0,0055	0,0889	0,0319	0,0016	0,0014	0,0500	0,0408	0,0282
P15 MG13	0,5	0,0006	0,0058	0,0078	0,0016	0,0004	0,0003	0,0071	0,0013	0,0105
	12,5	0,0020	0,0059	0,0140	0,0057	0,0000	0,0000	0,0071	0,0032	0,0104
	50	0,0056	0,0055	0,0329	0,0121	0,0005	0,0003	0,0280	0,0068	0,0092
	70	0,0083	0,0059	0,0617	0,0206	0,0007	0,0005	0,0398	0,0195	0,0261

Le concentrazioni dei nove pigmenti diagnostici principali (proporzionali alla biomassa dei gruppi tassonomici dei quali costituiscono i markers) sono riportate in Tabella 5.

Il pigmento a maggiore concentrazione media è la Hex-Fuco (media 0,0592, max 0,1554 mg m^{-3}), seguono la Chl *b* (media 0,0226, max 0,0611 mg m^{-3}), la Zea (media 0,0207, max 0,050 mg m^{-3}), la But-Fuco (media 0,0185, max 0,0510 mg m^{-3}), la DVA (media 0,0114, max 0,0461 mg m^{-3}), la Fuco (media 0,0069, max 0,0120 mg m^{-3}), la Perid (media 0,0056, max 0,0065 mg m^{-3}), la Prasino (media 0,0009, max 0,0029 mg m^{-3}) e la Allo (media 0,0005, max 0,0023 mg m^{-3}). Si tratta di valori prevalentemente bassi, con molti casi di assenza di alcuni dei pigmenti (Tabella 5) ed un massimo di 0,1554 mg m^{-3} di Hex-Fuco (P15 MG7 70m).

I rapporti dei singoli pigmenti rispetto alla somma totale dei diagnostici fornisce una stima della composizione tassonomica delle comunità fitoplanctoniche (Figura 15). In media i maggiori contributi sono quindi dati da Hex-Fuco (38,5%), Chl *b* (16,7 %) e Zea (14,2 %), denotando popolamenti prevalentemente composti da Prymnesiophyceae, Chlorophyta e Cyanobatteri. But-Fuco (marker di Dictyochophyceae, Chrysophyceae, Prymnesiophyceae non Coccolitofori) fornisce i contributi minori con circa il 12 %, Fuco (marker delle Diatomee) e Perid (marker dei Dinoflagellati), intorno al 5 %, e infine Prasino (2 %) e Allo (0,3 %). Le comunità fitoplanctoniche risultano quindi non abbondanti ma notevolmente diversificate nelle frazioni micro- e nano-planctoniche, con una notevole frazione attribuibile alla frazione picoplanctonica (in media 21 %) data dalla somma di Zea (marker delle forme assimilabili al genere *Synechococcus*) e DVA (marker del genere *Prochlorococcus*), particolarmente a profondità più elevate (Figura 15) dove probabilmente contribuiscono maggiormente ai massimi di clorofilla *a* (Figura 14).

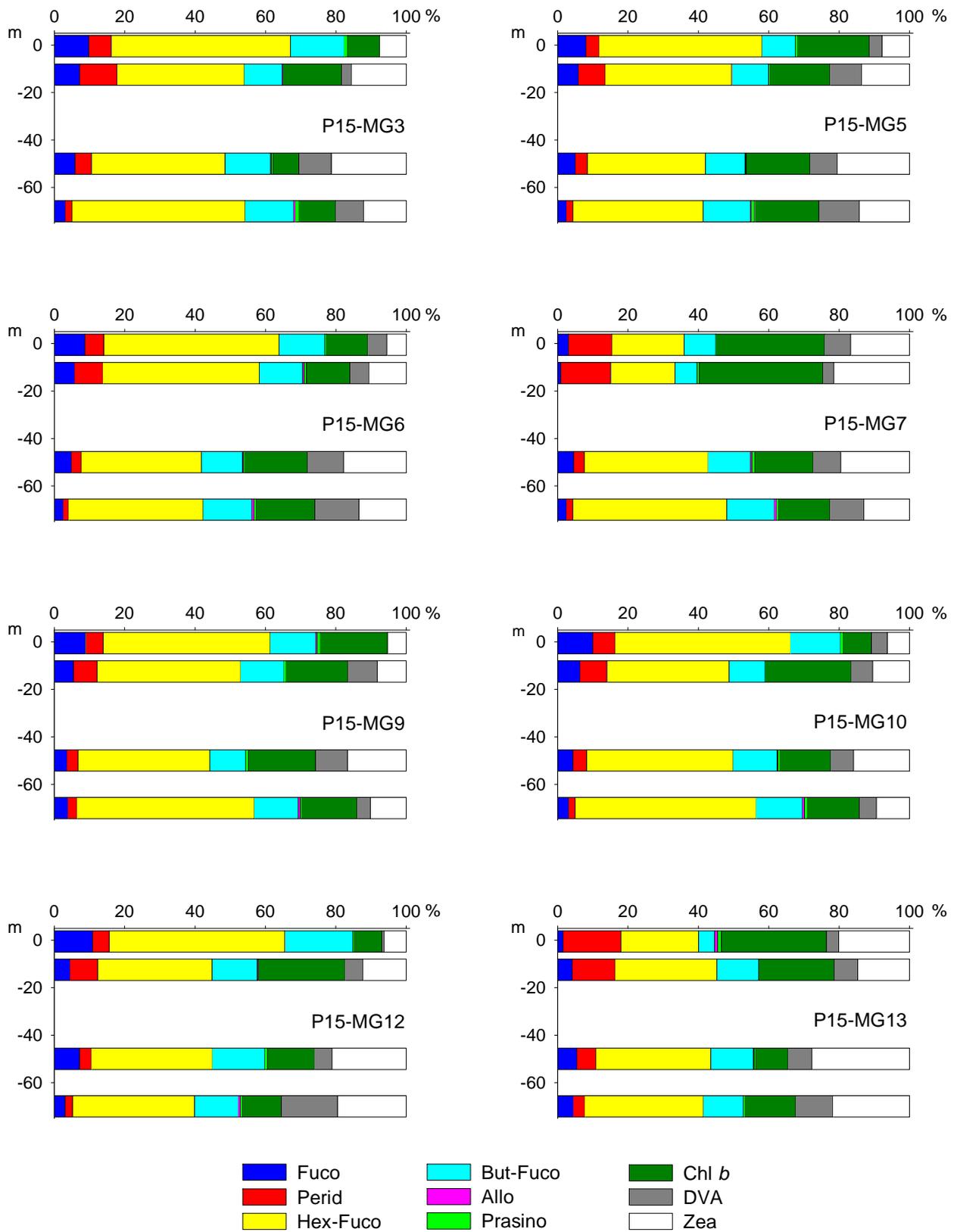


Figura 15 – Istogrammi della composizione percentuale di ognuno dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove Pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chl b+DVA+Zea).

Tensioattivi

Le concentrazioni dei tensioattivi non ionici (Tabella 6) risultano al di sotto del limite di quantificazione della metodica. Al contrario sono presenti i tensioattivi anionici i cui valori più elevati sono stati riscontrati nella stazione P15 MG6 nei livelli più superficiali.

Tabella 6 - 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.

	P15 MG3				P15 MG5				P15 MG6				P15 MG7			
Profondità	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
tensioattivi anionici	0,08	0,085	0,04	0,04	0,1	0,1	0,095	0,1	0,17	0,14	0,12	0,08	0,08	0,06	0,07	0,07
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
	P15 MG9				P15 MG10				P15 MG12				P15 MG13			
Profondità	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
tensioattivi anionici	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,038	0,04	0,07	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,03	0,03	0,09	0,09	0,09
tensioattivi non ionici	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03

Cloroderivati

I risultati della ricerca dei cloroderivati sono riportati nella Tabella 7. Presente unicamente il bromoformio in P15 MG1 (12,5m) e in P15 MG13 (0,5m), in concentrazioni del tutto trascurabili.

Tabella 7 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.

	P15 MG3				P15 MG5				P15 MG6				P15 MG7			
Profondità (m)	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
Acidi aloacetici (µg/l)																
Dalapon	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Dibromoacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Tribromoacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Monobromoacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Bromodichloroacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Bromocloroacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Dichloroacetico	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Acido Tricloroacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Monocloroacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Clorodibromoacetico	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Aloacetoniitrili (µg/l)																
Dibromoacetoniitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Dicloroacetoniitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Tricloroacetoniitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cloropicrina	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Alometani e VOC (µg/l)																
Cloroformio	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Carbonio Tetracloruro	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tricloro Etilene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dicloro Bromo Metano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tetracloro Etilene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dibromo Cloro Metano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Bromoformio	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,2-Dibromo Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,1-Tricloro Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,2-Tricloro Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Alofenoli (µg/l)																
2,4-Diclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2

Tabella 7 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.

Profondità (m)	P15 MG9				P15 MG10				P15 MG12				P15 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
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
Acidi aloacetici (µg/l)																
Dalapon	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Dibromoacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Tribromoacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Monobromoacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Bromodichloroacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Bromocloroacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Dichloroacetico	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Acido Tricloroacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Monocloroacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Clorodibromoacetico	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Aloacetoni nitrili (µg/l)																
Dibromoacetoni nitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Dichloroacetoni nitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Tricloroacetoni nitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cloropicrina	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Alometani e VOC (µg/l)																
Cloroformio	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Carbonio Tetracloruro	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tricloro Etilene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<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	0,03	<0,01	<0,01	<0,01
1,2-Dibromo Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,1-Tricloro Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,2-Tricloro Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Alofenoli (µg/l)																
2,4-Diclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
2,4,6-Triclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Pentaclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2

Idrocarburi totali

Nella Tabella 8 sono riportati i risultati ottenuti dalla ricerca degli idrocarburi totali. Questi contaminanti sono stati rilevati in quasi tutte le stazioni tranne P15 MG3. Inoltre in P15 MG6 sono stati quantificati unicamente nel campione superficiale (0,5m).

Tabella 8 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico. I dati sono espressi in microgrammi/litro. Le profondità di prelievo (0,5; 12,5; 50; 70) sono espresse in metri.

P15 MG3				P15 MG5				P15 MG6				P15 MG7			
0,5	12,5	50,0	70,0	0,5	12,5	50,0	70,0	0,5	12,5	50,0	70,0	0,5	12,5	50,0	70,0
<10	<10	<10	<10	15	28	<10	19	30	10	<10	<10	26	11	32	<10
P15 MG9				P15 MG10				P15 MG13				P15 MG12			
0,5	12,5	50,0	70,0	0,5	12,5	50,0	70,0	0,5	12,5	50,0	70,0	0,5	12,5	50,0	70,0
22	33	145	37	55	36	<10	38	18	33	64	10	25	40	<10	13

Analisi microbiologiche

Dall'analisi microbiologica (Tabella 9) emerge l'assenza di contaminazione fecale.

Tabella 9 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di acqua superficiale. I dati sono espressi in ufc/100 ml.								
	P15 MG3	P15 MG5	P15 MG6	P15 MG7	P15 MG9	P15 MG10	P15 MG12	P15 MG13
Coliformi fecali	-	-	-	-	-	-	-	-
Streptococchi fecali (enterococchi)	-	-	-	-	-	-	-	-
Coliformi totali	1-3	1-3	1-3	-	-	-	1-3	-

5.1.3 Plancton
5.1.3.1 Fitoplancton
Analisi quantitativa e qualitativa del fitoplancton da bottiglia

Le comunità fitoplanctoniche mostrano densità cellulari (Tabella 10) comprese tra circa $68 \cdot 10^3$ cell L⁻¹ (P15 MG12, 0,5 m) e $8 \cdot 10^3$ cell L⁻¹ (P15 MG13, 0,5m), valori non elevati che confermano le scarse concentrazioni di clorofilla *a*.

I profili verticali (Figura 16) mostrano massimi superficiali e minimi a 12,5m in quasi tutte le stazioni tranne P15 MG7 e P15 MG13 che presentano minimi superficiali e massimi a 50m. Quasi tutte le classi componenti i popolamenti (Tabella 10) presentano quindi densità molto scarse. In particolar modo le diatomee (fino a $5,4 \cdot 10^3$ cell L⁻¹) che contribuiscono mediamente per il 4% (Figura 17) ed i coccolitofori (fino a $1,62 \cdot 10^3$ cell L⁻¹) che contribuiscono in media per il 10,9% del popolamento (Figura 17).

Un contributo medio maggiore è dato dai dinoflagellati, con circa il 35 %, ma è soprattutto il raggruppamento "Altro plancton" che presenta le densità maggiori (in media circa $21,2 \cdot 10^3$ cell L⁻¹) (Tabella 10) e rappresenta in media il 56,5% del popolamento primaverile.

Tabella 10 - Densità fitoplanctonica totale e delle classi o gruppi identificati (cell L ⁻¹ 10 ³).						
Stazione	prof. (m)	Diatomee	Dinoflagellati	Coccolitofori	Altro	Totale
P15 MG6	0,5	4,68	13,15	0,59	39,38	57,80
	12,5	1,33	12,21	0,32	18,37	32,23
	50	0,68	13,22	0,86	22,61	37,37
	70	0,93	9,70	1,42	32,37	44,41
P15 MG7	0,5	1,32	5,99	0,24	4,73	12,29
	12,5	0,56	10,69	0,06	6,67	17,97
	50	0,26	17,71	0,39	18,82	37,18
	70	1,74	8,58	0,47	11,40	22,20
P15 MG10	0,5	5,28	13,03	0,70	33,76	52,76
	12,5	1,84	15,45	0,38	20,28	37,95
	50	0,19	16,86	0,31	24,65	42,00
	70	0,32	9,34	0,70	33,69	44,05
P15 MG12	0,5	5,48	16,11	0,82	45,32	67,72
	12,5	1,05	13,72	1,18	26,46	42,40
	50	0,85	12,41	1,31	30,32	44,89
	70	0,19	9,41	1,59	30,70	41,89
P15 MG13	0,5	0,91	3,53	0,91	3,01	8,36
	12,5	0,72	5,87	1,62	6,59	14,80
	50	0,56	9,76	0,86	10,44	21,62
	70	0,87	5,50	0,47	4,96	11,80

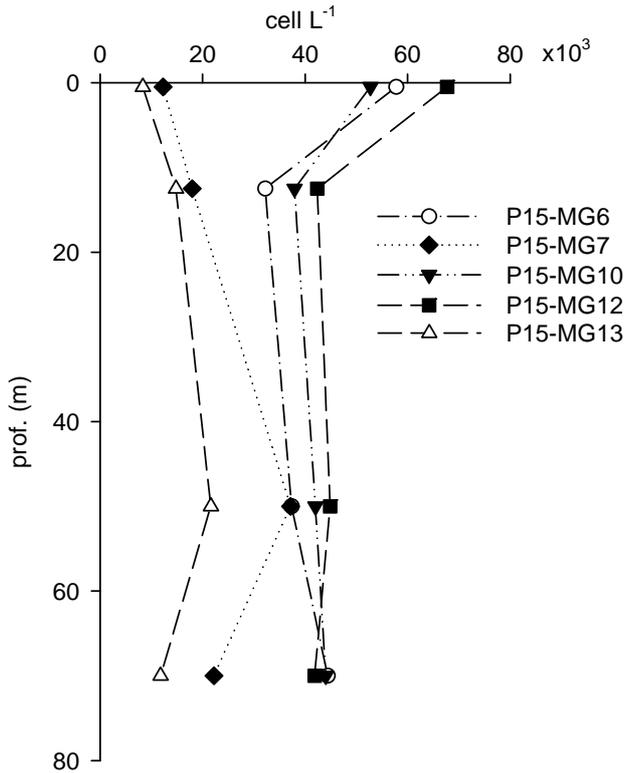


Figura 16 - Profili verticali delle densità fitoplanctoniche totali (cell L⁻¹ 10³) nelle diverse stazioni.

E' da considerare che questo raggruppamento include soprattutto flagellati nanoplanctonici di difficile identificazione specifica e appartenenti a diverse classi tassonomiche (Dictyochophyceae, Chrysophyceae, Prymnesiophyceae, Chlorophyta e Cryptophyceae), come evidenziato dalla diversità pigmentaria (Figura 15). In Tabella 11 è mostrata la distribuzione all'interno delle diverse classi di appartenenza dei 106 taxa (più la categoria dei "flagellati non identificati") individuati durante le analisi. I taxa sono distribuiti principalmente tra diatomee e dinoflagellati. Le comunità fitoplanctoniche sono composte da un grande numero di taxa presenti saltuariamente (83 presenti in meno del 50% dei campioni) con densità cellulari scarse ed altri taxa con densità più elevate e presenza quasi costante (24 taxa presenti in più del 50% dei campioni). L'indice di diversità di Shannon varia tra 2,89 e 4,07 bit cell⁻¹ mentre l'equitabilità varia tra 0,62 e 0,87 in virtù del fatto che ci sono poche forme abbondanti seguite da un notevole numero di taxa con scarse densità cellulari. Molti nanoflagellati di diversa collocazione tassonomica (*Phaeocystis* sp., *Leucocryptos marina*, *Telonema* sp.) sono i taxa dominanti in quasi tutti i campioni, seguiti soprattutto da dinoflagellati quali *Gymnodiniaceae* spp., *Heterocapsa minima*, *Heterocapsa rotundata*, *Amphidinium globosum* e *Oxytoxum variabile*. Per le altre classi le specie più rappresentate sono *Pyramimonas* sp. ed *Halosphaera viridis* (Prasinophyceae), *Emiliania huxleyi* (Coccolitofori), *Plagioselmis prolunga* (Cryptophyceae) e *Pseudonitzschia galaxiae* (diatomee). Non si evidenziano comunque anomalie.

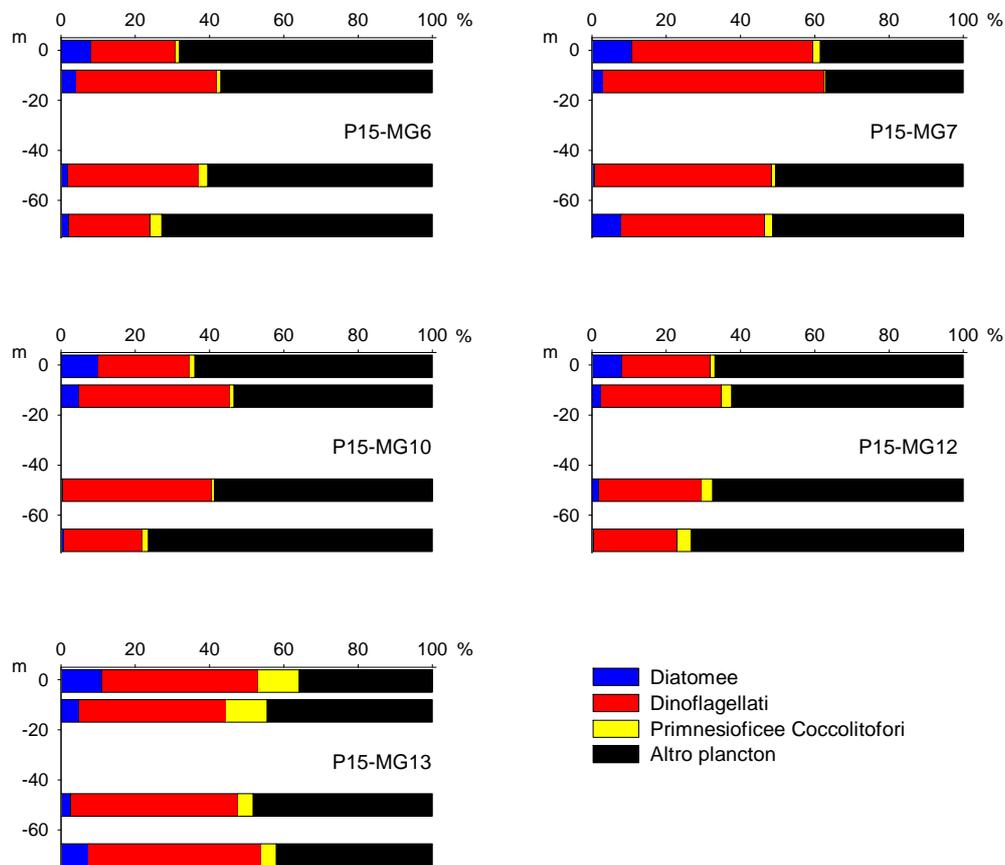


Figura 17 – Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda nelle diverse stazioni.

Tabella 11 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati.			
Classe	Specie	Generi	Categorie superiori*
Diatomee	25	7	4
Dinoflagellati	37	2	4
Prymnesiophyceae coccolitofori	7	1	1
Cryptophyceae	1		1
Chrysophyceae/Dictyochophyceae	4		
Euglenoidea/Chlorophyta			2
Prasinophyceae	3	2	
Prymnesiophyceae non coccolitofori		1	
Altro	3	1	
Totale	80	14	12

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

Tabella 12 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.

DIATOMEAE		
<i>Achnanthes brevipes</i> Agardh 1824	Diatomee centriche > 20 µm n.i.	<i>Nitzschia sicula</i> (Castracane) Hustedt
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864	Diatomee pennate ≤ 20 µm n.i.	<i>Nitzschia</i> spp.
<i>Chaetoceros</i> cf. <i>eibenii</i> Grunow 1882	Diatomee pennate > 20 µm n.i.	<i>Paralia</i> sp.
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889	<i>Entomoneis</i> spp.	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986
<i>Chaetoceros dadayi</i> Pavillard 1913	<i>Fragilariopsis doliolus</i> (Wallich) Medlin & Sims 1993	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873	<i>Fragilariopsis</i> spp.	<i>Pseudo-nitzschia galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1863	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975	<i>Thalassionema</i> cf. <i>bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955
<i>Coscinodiscus granii</i> Gough 1905	<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran 1915	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	<i>Navicula</i> spp.	<i>Thalassionema nitzschooides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902
<i>Dactylosolen fragillissimus</i> (Bergon) Hasle 1996	<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve 1901	<i>Thalassiosira pseudonana</i> Hasle & Heimdal 1970
Diatomee centriche ≤ 20 µm n.i.	<i>Nitzschia bilobata</i> Smith 1853	<i>Thalassiosira</i> spp.
DINOFLAGELLATI		
<i>Amphidinium</i> cf. <i>globosum</i> Schröder 1911	<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) Hansen 1995	<i>Phalacrocoma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911
<i>Amphidinium</i> cf. <i>sphenoides</i> Wulff 1916	<i>Karenia papilionacea</i> Haywood & Steidinger 2004	<i>Pronoctiluca acuta</i> (Lohmann) Schiller 1933
<i>Corythodinium compressum</i> (Kofoid) Taylor 1976	<i>Karenia</i> spp.	<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970
Dinoflagellati tectati ≤ 20 µm n.i.	<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & Taylor 2003	<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975
Dinoflagellati tectati > 20 µm n.i.	<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895
<i>Dinophysis ovum</i> (Schütt) Abé	<i>Micracanthodinium setiferum</i> (Lohmann) Deflandre 1937	<i>Prorocentrum lima</i> (Ehrenberg) Stein 1878
<i>Diplopsalis</i> group sp.	<i>Neoceratium horridum</i> (Gran) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg 1833
<i>Goniodoma polyedricum</i> (Pouchet) Jörgensen 1899	<i>Ornithocercus magnificus</i> Stein 1883	<i>Prorocentrum triestinum</i> Schiller 1918
<i>Gonyaulax minima</i> Matzenauer	<i>Oxytoxum caudatum</i> Schiller 1937	<i>Protoperidinium breve</i> Paulsen 1907
Gymnodiniaceae ≤ 20 µm n.i.	<i>Oxytoxum coronatum</i> Schiller 1937	<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech 1974
Gymnodiniaceae > 20 µm n.i.	<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller	<i>Protoperidinium tuba</i> (Schiller) Balech 1974
<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883	<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich III 1965
<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy 1921	<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883	<i>Torodinium robustum</i> Kofoid & Swezy 1921
<i>Heterocapsa minima</i> Pomroy 1989	<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller 1937	
<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981	<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937	
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI		
<i>Acanthoica</i> sp.	Coccolitofori ≤ 10 µm n.i.	<i>Helladosphaera cornifera</i> (Schiller) Kamptner 1937
<i>Algirosphaera robusta</i> (Lohmann) Norris 1984	<i>Emiliania huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler 1967	<i>Rhabdosphaera clavifera</i> Murray & Blackman 1898
<i>Calyptosphaera sphaeroidea</i> Schiller 1913	<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902
CRYPTOPHYCEAE		
Cryptophyceae n.i.	<i>Plagioselmis prolunga</i> Butcher ex Novarino, Lucas & Morrill 1994	
CHRYSOPHYCEAE/DICTYOCHOPHYCEAE		
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	<i>Meringosphaera mediterranea</i> Lohmann 1902	<i>Ollicola vangoorii</i> (Conrad) Vørs 1992
<i>Dictyocha speculum</i> Ehrenberg 1839		
CHLOROPHYTA		
<i>Chlorophyta</i> n.i.	<i>Euglenoidea</i> n.i.	
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.	
PRYMNESIOPHYCEAE NON COCCOLITOFORI		
<i>Phaeocystis</i> sp.		
ALTRO		
Flagellati indeterminati < 10 µm	<i>Leucocryptos marina</i> (Braarud) Butcher 1967	<i>Telonema</i> sp.
<i>Commatum cryporinum</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 P15 MG6, P15 MG7, P15 MG10, P15 MG12 e P15 MG13.

Classe	Specie	Generi	Categorie superiori*
Diatomee	34	8	2
Dinoflagellati	65	6	2
Prymnesiophyceae coccolitofori	16	1	
Dictyochophyceae	2		
Chrysophyceae	1		
Euglenoideae	1	1	
Prasinophyceae	1		
Prymnesiophyceae non coccolitofori		1	
Totale	120	17	4

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

Sono stati individuati 141 taxa, di cui 120 identificati a livello di specie, 17 taxa a livello di genere e 4 categorie soprageneriche (Tabella 13). Considerando il numero di taxa per ogni classe nell'insieme di tutte le stazioni, 44 appartengono alle diatomee, 73 alle dinoficee, 17 ai coccolitofori, mentre per la componente "altro plancton" sono stati identificati 2 taxa appartenenti alle Dictyochophyceae, 1 alle Chrysophyceae, 2 alle Euglenoideae, 1 alle Prasinophyceae e 2 taxa appartenenti alla classe Prymnesiophyceae non coccolitofori (Tabella 13). Il numero dei taxa individuati in ogni stazione va da 72 nella stazione P14 MG7 a 88 in P14 MG6. La lista delle specie è riportata in Tabella 14).

Specie	6	7	10	12	13	Specie	6	7	10	12	13
DIATOMEE											
<i>Asteromphalus flabellatus</i> Ehrenberg 1844			x			<i>Grammatophora</i> spp.			x		x
<i>Bacteriastrium comosum</i> Pavillard					x	<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996			x	x	x
<i>Bacteriastrium furcatum</i> Shadbolt 1854		x	x			<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882			x	x	x
<i>Chaetoceros anastomosans</i> Grunow 1882		x				<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889			x	x	x
<i>Chaetoceros brevis</i> Schütt 1895			x			<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975		x	x	x	x
<i>Chaetoceros constrictus</i> Gran 1897		x				<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran 1915			x	x	x
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889		x	x	x		<i>Licmophora gracilis</i> (Ehrenberg) Grunow 1867			x	x	x
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve 1889					x	<i>Lioloma pacificum</i> (Cupp) Hasle 1996			x	x	x
<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve 1873		x	x	x		<i>Nitzschia sicula</i> (Castracane) Hustedt		x	x	x	x
<i>Chaetoceros lacinosus</i> Schütt 1895					x	<i>Nitzschia</i> spp.				x	x
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1863		x	x	x		<i>Plagiotropis</i> sp.					x
<i>Chaetoceros neogracile</i> Van Landingham 1968		x	x	x		<i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs 1861					x
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856		x	x			<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986		x	x	x	x
<i>Chaetoceros</i> spp.		x	x	x		<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993		x		x	x
<i>Coscinodiscus</i> spp.					x	<i>Rhizosolenia</i> sp.					x
<i>Cyclophora tenuis</i> Castracane 1878					x	<i>Rhizosolenia styliformis</i> Brightwell 1858			x		
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964		x	x	x	x	<i>Striatella unipunctata</i> (Lyngbye) Agardh 1832					x
<i>Dactyliosolen blavyanus</i> (Peragallo) Hasle 1975		x	x			<i>Surirella brightwellii</i> Smith 1853			x		
Diatomee centriche n.i.		x				<i>Tabularia gailonii</i> (Bory de Saint-Vincent) Bukhtiyarova 1995					x
Diatomee pennate n.i.		x	x			<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986		x	x	x	x
<i>Diploneis</i> spp.		x		x		<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902		x	x	x	x
<i>Grammatophora oceanica</i> Ehrenberg 1840			x			<i>Thalassiosira</i> spp.					x
DINOFLAGELLATI											
<i>Alexandrium</i> spp.		x	x	x	x	<i>Neoceratium massiliense</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010			x		
<i>Amphidinium</i> cf. <i>sphenoides</i> Wulff 1916		x	x	x	x	<i>Neoceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010			x		
<i>Azadinium caudatum</i> (Halldal) Nézan et Chomérat		x	x		x	<i>Ornithocercus magnificus</i> Stein 1883		x		x	
<i>Ceratium inflatum</i> (Kofoid) Jørgensen 1911					x	<i>Ornithocercus quadratus</i> Schütt 1900		x			
<i>Ceratocorys armata</i> (Schütt) Kofoid 1910			x			<i>Oxytoxum adriaticum</i> Schiller 1937			x		
<i>Ceratocorys horrida</i> Stein 1883		x	x	x	x	<i>Oxytoxum caudatum</i> Schiller 1937		x	x	x	x
<i>Cochlodinium</i> cf. <i>pupa</i> Lebour 1925					x	<i>Oxytoxum constrictum</i> (Stein) Bütschli 1885				x	x
<i>Corythodinium tessellatum</i> (Stein) Loeblich Jr. & Loeblich III 1966		x				<i>Oxytoxum diploconus</i> Stein					x
<i>Dicroerisma psilonereia</i> Taylor & Cattell 1969					x	<i>Oxytoxum laticeps</i> Schiller 1937		x	x	x	x
Dinoflagellati tecati n.i.		x	x	x	x	<i>Oxytoxum longiceps</i> Schiller			x	x	
<i>Dinophysis amandula</i> (Balech) Sournia 1973			x			<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller					x
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent 1881					x	<i>Oxytoxum mitra</i> Stein 1883				x	
<i>Dinophysis fortii</i> Pavillard 1923				x		<i>Oxytoxum punctulatum</i> Rampi		x		x	
<i>Dinophysis mitra</i> (Schütt) Abé 1967					x	<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883		x	x	x	x
<i>Dinophysis parva</i> Schiller 1928		x	x		x	<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller 1937		x	x	x	x

Tabella 14 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni P15 MG6, P15 MG7, P15 MG10, P15 MG12 e P15 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13)

Specie	6	7	10	12	13	Specie	6	7	10	12	13
<i>Dinophysis</i> sp.	x					<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937	x		x	x	x
<i>Dinophysis tripos</i> Gourret 1883		x				<i>Phalacroma favus</i> Kofoid & Michener 1911					x
<i>Diplopsalis</i> spp.	x	x	x	x	x	<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911		x	x		x
<i>Goniodoma polyedricum</i> (Pouchet) Jörgensen 1899	x	x			x	<i>Podolampas spinifer</i> Okamura 1912			x		
<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein 1883	x	x	x	x	x	<i>Pronoctiluca pelagica</i> Fabre-Domergue 1889	x	x	x	x	x
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing 1866	x	x	x	x	x	<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975	x	x	x	x	x
Gymnodiniaceae n.i.	x	x	x	x	x	<i>Prorocentrum dentatum</i> Stein 1883	x			x	
<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	x	x	x	x	x	<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895	x	x	x	x	x
<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy 1921	x	x	x	x	x	<i>Prorocentrum lima</i> (Ehrenberg) Stein 1878	x	x	x	x	x
<i>Heterocapsa</i> spp.	x	x	x	x	x	<i>Protoceratium reticulatum</i> (Claparède & Lachmann) Butschli 1885					x
<i>Karenia papilionacea</i> Haywood & Steidinger 2004	x				x	<i>Protoperidinium breve</i> Paulsen 1907	x	x		x	x
<i>Karenia</i> sp.		x				<i>Protoperidinium globulus</i> (Stein) Balech 1974					x
<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & Taylor 2003	x	x		x	x	<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech 1974	x	x	x		x
<i>Lingulodinium polyedrum</i> (Stein) Dodge 1989			x			<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech 1974	x	x	x	x	x
<i>Mesoporus adriaticus</i> (Schiller) Lillick	x	x	x	x	x	<i>Protoperidinium ovatum</i> Pouchet 1883					x
<i>Mesoporus perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	x	x	x	x	x	<i>Protoperidinium pellucidum</i> Bergh ex Loeblich Jr. & Loeblich III 1881				x	
<i>Micracanthodinium setiferum</i> (Lohmann) Deflandre 1937	x	x		x	x	<i>Protoperidinium steinii</i> (Jørgensen) Balech 1974	x	x	x	x	x
<i>Micracanthodinium</i> sp.		x				<i>Protoperidinium tuba</i> (Schiller) Balech 1974	x		x	x	x
<i>Nematodinium torpedo</i> Kofoid & Swezy 1921	x	x				<i>Pyrocystis lunula</i> (Schütt) Schütt 1896	x	x			x
<i>Neoceratium declinatum</i> (Karsten) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x			<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich III 1965	x		x		
<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x	x	x	<i>Torodinium robustum</i> Kofoid & Swezy 1921	x				
<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010		x		x	x						
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI											
<i>Acanthoica quattrosipina</i> Lohmann 1903					x	<i>Ophiaster hydroideus</i> (Lohmann) Lohmann 1913					x
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan 1978		x	x	x	x	<i>Periphyllaphora mirabilis</i> (Schiller) Kamptner 1937	x	x	x	x	x
<i>Calciosolenia brasiliensis</i> (Lohmann) Young 2003	x	x		x	x	<i>Pontosphaera</i> sp.	x		x		
<i>Calyptrosphaera oblonga</i> Lohmann 1902	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		<i>Scyphosphaera apsteinii</i> Lohmann 1902	x			x	x
<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977		x				<i>Sphaerocalyptra quadridentata</i> (Schiller) Deflandre 1952	x	x	x	x	x
<i>Cyrtosphaera aculeata</i> (Kamptner) Kleijne 1992	x		x			<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902	x	x	x	x	x
<i>Daktylethra pirus</i> (Kamptner) Norris 1985	x	x	x	x	x	<i>Zigosphaera hellenica</i> Kamptner 1937					x
<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	x	x	x	x	x						
DICTYOCOPHYCEAE											
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	x	x	x	x	x	<i>Dictyocha speculum</i> Ehrenberg 1839		x	x	x	x
CHRYSOPHYCEAE											
<i>Meringosphaera mediterranea</i> Lohmann 1902	x	x	x		x						
EUGLENOIDEAE											
<i>Euglena acusformis</i> Schiller 1925					x	<i>Eutreptiella</i> sp.			x	x	x
PRASINOPHYCEAE											
<i>Halosphaera viridis</i> Schmitz 1878 (forma coloniale)	x	x		x	x						
PRYMNESIOPHYCEAE NON COCCOLITOFORI											
<i>Phaeocystis</i> sp. (forma coloniale)	x	x		x	x						

5.1.3.2 Zooplancton

Oloplancton

I dati ottenuti dall'analisi della comunità oloplanctonica relativi alla campagna P15, confermano la dominanza della frazione a Copepodi planctonici, analogamente alle campagne precedenti. Per la prima volta dall'inizio delle attività di monitoraggio, in prossimità del rigassificatore, nei primi metri della colonna d'acqua, è stata rinvenuta, tramite retinaggio superficiale, una massiccia quantità di stadi giovanili e adulti di *Pelagia noctiluca* (Scyphozoa), medusa oloplanctonica molto comune in Mar Mediterraneo. A causa di tale esplosione demografica, i retini da olo e meroplancton sono spesso risultati intasati con conseguente alterazione dei dati di biomassa. Il campionamento è stato ripetuto fino all'ottenimento di campioni rappresentativi.

Nelle stazioni comprese tra la batimetrica di 50m e il fondo (circa 100m di profondità) sono stati rilevati i maggiori valori di abbondanza, con 763 ind/m³ (max: 1252 ind/m³ MG13; min: 394 ind/m³ MG6). Le pescate superficiali orizzontali registrano in media 575 ind/m³ (max: 944 ind/m³ P15 MG13; min: 253 ind/m³ P15 MG12), mentre quelle intermedie, condotte tra la superficie e la batimetrica di 50m, evidenziano dati medi inferiori pari a 457 ind/m³ (max: 753 ind/m³ P15 MG6; min: 309 ind/m³ P15 MG6). La cospicua presenza di crostacei copepodi nella porzione più profonda della colonna può essere ricondotta alla sopraccitata abbondanza di *P. noctiluca* nello strato prossimo alla superficie, in grado di predare attivamente un ingente numero di copepodi e altri piccoli organismi planctonici.

Sono stati identificati 87 taxa di copepodi (Tabella 15) appartenenti a 21 famiglie. La biodiversità riscontrata nei tre differenti comparti della colonna d'acqua risulta essere omogenea (68 specie superficiali; 67 specie tra la superficie e 50m; 66 specie tra 50 m di profondità ed il fondale).

Tra i copepodi dell'ordine Calanoida la famiglia Paracalanidae, con 9 taxa, risulta la più diversificata. Tra quelli appartenenti all'ordine Cyclopoida il maggior numero di specie è stato rilevato nelle famiglie Corycaeidae, Oithonidae e Sapphirinidae, con 8 taxa ciascuno.

I Calanoida Clausocalanidae (8 specie), sono la famiglia dominante. Complessivamente hanno una concentrazione inversamente proporzionale alla profondità, raggiungendo valori massimi nelle pescate orizzontali con 331 ind/m³ (max: 565 ind/m³ P15 MG13; min: 133 ind/m³ P15 MG12), il 57,6% dell'intera comunità a copepodi. Spostandosi verso la porzione più profonda della colonna rappresentano rispettivamente il 48,6% (0 – 50m) e il 31,9 % (50 – 100m) della comunità. Confermando i dati presenti in bibliografia, le specie appartenenti alla famiglia Clausocalanidae più abbondanti nella stagione primaverile, sono *Clausocalanus arcuicornis* e *Clausocalanus pergens*, entrambe con distribuzione bimodale (con picchi di presenza nella porzione più superficiale e in quella più profonda della colonna d'acqua). Anche il congenerico *C. furcatus* registra picchi di abbondanza notevoli, ma esclusivamente entro i primi 50m di profondità.

Tra le specie dominanti del campione primaverile si segnala il Centropagide *Centropages typicus*, con distribuzione direttamente proporzionale alla profondità, complessivamente rappresentando l'8,5%, l'11,9% e 16,4% rispettivamente del campione orizzontale, 0-50m e 50m-fondo. Si tratta di una specie eurialina, descritta in letteratura come abbondante in ambienti costieri, dove rappresenta una delle specie numericamente più abbondante nei mari italiani. Tra le altre specie da segnalare in termini quantitativi si annovera *Calocalanus styliremis* nella porzione superficiale *Oithona similis* e *Oithona decipiens* nella porzione più profonda. Le specie appartenenti alla famiglia Oithonidae raggiungono infatti, tra i 50m di profondità e il fondale, concentrazioni di oltre 270 ind/m³, con valori medi superiori ai Clausocalanidae. Qualitativamente è importante segnalare, se pur con abbondanze sempre molto contenute, la costante presenza superficiale di 2 specie dimensionalmente ragguardevoli: *Candacia aethiopica*, copepode predatore carnivoro e, per la prima volta dall'inizio delle attività di campionamento, *Pontella atlantica*, specie appartenente all'iponeuston, descritta in letteratura come predatore di numerose specie di copepodi erbivori.

Tabella 15 - Oloplancton. O.le=orizzontale, 50-0=campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50=campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione *in toto*.

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
Famiglia Acartiidae				<i>Pleuromamma piseki</i>			*	<i>Oithona</i> spp.	*	*	*
<i>Acartia longiremis</i>	*	*	*	<i>Pleuromamma robusta</i>		*		Famiglia Oncaeidae			
<i>Acartia negligens</i>	*	*	*	Famiglia Paracalanidae				<i>Oncaea curta</i>	*	*	*
<i>Acartia</i> sp.	*	*	*	<i>Calocalanus contractus</i>	*	*	*	<i>Oncaea media</i>	*	*	
Famiglia Calanidae				<i>Calocalanus longisetosus</i>	*	*	*	<i>Oncaea mediterranea</i>	*	*	*
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>		*	*	<i>Calocalanus neptunus</i>	*	*	*	<i>Oncaea scottodicaloi</i>	*	*	*
<i>Nannocalanus minor</i>	*	*	*	<i>Calocalanus pavo</i>		*	*	<i>Oncaea venusta</i>	*	*	*
<i>Neocalanus gracilis</i>	*	*	*	<i>Calocalanus plumulosus</i>	*	*	*	<i>Oncaea</i> spp.	*	*	*
Famiglia Candaciidae				<i>Calocalanus styliremis</i>	*	*	*	Famiglia Sapphirinidae			
<i>Candacia aethiopica</i>	*	*	*	<i>Calocalanus</i> spp.	*	*	*	<i>Sapphirina angusta</i>		*	
<i>Candacia armata</i>	*	*	*	<i>Paracalanus nanus</i>	*			<i>Sapphirina auronites</i>	*		
<i>Candacia giesbrechti</i>	*	*	*	<i>Paracalanus parvus</i>	*	*	*	<i>Sapphirina bicuspidata</i>	*		
<i>Candacia</i> sp. juv.	*	*	*	<i>Paracalanus</i> spp.	*	*	*	<i>Sapphirina iris</i>	*	*	
<i>Paracandacia simplex</i>	*	*	*	Famiglia Pontellidae				<i>Sapphirina nigromaculata</i>	*		
Famiglia Centropagidae				<i>Pontella atlantica</i>	*			<i>Sapphirina ovatolanceolata</i>	*		
<i>Centropages typicus</i>	*	*	*	<i>Pontella mediterranea</i>	*			<i>Sapphirina sali</i>	*	*	
<i>Centropages violaceus</i>	*	*		<i>Pontella</i> juv.	*			<i>Sapphirina</i> sp.	*	*	
<i>Isias clavipes</i>	*			<i>Pontellina plumata</i>	*			Famiglia Clytemnestridae			
Famiglia Clausocalanidae				<i>Pontellopsis villosa</i>	*			<i>Clytemnestra rostrata</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	*	*	*	Famiglia Scolecithricidae				<i>Clytemnestra scutellata</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus furcatus</i>	*	*	*	<i>Scolecithricella dentata</i>			*	Famiglia Ectinosomatidae			
<i>Clausocalanus jobei</i>	*	*	*	<i>Scolecithrix danae</i>			*	<i>Microsetella norvegica</i>			**
<i>Clausocalanus lividus</i>	*	*	*	Famiglia Temoridae				<i>Microsetella rosea</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus mastigophorus</i>	*	*	*	<i>Temora stylifera</i>	*	*	*	Famiglia Miracidae			
<i>Clausocalanus paululus</i>	*	*	*	Famiglia Corycaeidae				<i>Distiocolus minor</i>			*
<i>Clausocalanus parapergens</i>		*	*	<i>Corycaeus brehmi</i>	*	*	*	<i>Macrosetella gracilis</i>	*	*	
<i>Clausocalanus pergens</i>	*	*	*	<i>Corycaeus flaccus</i>	*	*	*				
<i>Clausocalanus</i> spp.	*	*	*	<i>Corycaeus giesbrechti</i>	*	*	*				
Famiglia Eucalanidae				<i>Corycaeus limbatus</i>	*	*	*				
<i>Eucalanus elongatus</i>			*	<i>Corycaeus ovalis</i>	*	*	*				
<i>Rhincalanus nasutus</i>	*	*	*	<i>Corycaeus typicus</i>	*	*	*				
Famiglia Euchaetidae				<i>Corycaeus</i> spp.	*	*	*				
<i>Euchaeta acuta</i>			*	<i>Farranula rostrata</i>	*	*	*				
<i>Euchaeta marina</i>			*	Famiglia Oithonidae							
Famiglia Lucicutiidae				<i>Oithona decipiens</i>		*	*				
<i>Lucicutia flavicornis</i>	*	*	*	<i>Oithona longispina</i>		*	*				
Famiglia Mecynoceridae				<i>Oithona nana</i>	*	*	*				
<i>Mecynocera clausi</i>			*	<i>Oithona plumifera</i>		*	*				
Famiglia Metridinidae				<i>Oithona setigera</i>		*	*				
<i>Pleuromamma abdominalis</i>		*	*	<i>Oithona similis</i>	*	*	*				
<i>Pleuromamma gracilis</i>	*	*	*	<i>Oithona tenuis</i>	*	*	*				

Fra i copepodi Harpacticoida raggiungono concentrazioni minime, ma costanti, esclusivamente *Clytemnestra scutellata* e *Clytemnestra rostrata*; rari invece gli Ectinosomatidae *Microsetella norvegica* e *M. rosea* e i Miracidae *Distiocolus minor* e *Macrosetella gracilis*.

Da sottolineare, infine, la notevole diversificazione della famiglia Sapphirinidae nelle pescate orizzontali, rappresentata, fra le altre da *Sapphirina auronitens* e *S. bicuspidata*. Per tali specie vengono riportate in letteratura migrazioni verticali giornaliere inverse nella zona superiore epipelagica.

Nella Tabella 16 sono indicati i volumi di sedimentazione (dopo 24 h), espressi in ml, della componente oloplanctonica.

I volumi di sedimentato più alti nelle pescate orizzontali possono essere ricondotti al differente volume di acqua filtrato dai retini, costantemente maggiore nelle pescate orizzontali.

Le stazioni P15 MG10 e P15 MG13, rispettivamente con 110 e 120 ml di sedimento, registrano valori superficiali nettamente superiori, non direttamente correlabili ai relativi dati di abbondanza ottenuti nel corso delle analisi quali-quantitative della componente oloplanctonica.

Tale divergenza di risultati nelle stazioni sopraccitate è riconducibile a 2 principali fattori di disturbo: presenza di cospicua matrice fitoplanctonica ed elevatissimo numero di efire, probabilmente identificabili come stadi giovanili di *Pelagia noctiluca*.

Nelle stazioni P15 MG10, P15 MG12 e P15 MG13, è apprezzabile un quantitativo di biomassa maggiore nelle pescate tra 50m ed il fondale rispetto alla porzione più superficiale della colonna, compresa tra 0 e 50m. Andamento inverso è stato osservato nelle stazioni P15 MG6 e P15 MG7. Complessivamente i risultati ottenuti dalle pescate verticali evidenziano una distribuzione omogenea del comparto oloplanctonico nelle diverse stazioni oggetto di monitoraggio.

Tabella 16 - 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)	P15 MG6	P15 MG7	P15 MG10	P15 MG12	P15 MG13
OR	23,0	55,0	110,0	20	120,0
50-0	7,0	4,5	3,5	3,5	3
100-50	2,5	3,0	5,5	5	8,0

Meroplancton

Così come segnalato per il campione oloplanctonico a copepodi, anche tutta la campagna di raccolta meroplanctonica è stata fortemente influenzata dalla presenza massiccia della medusa *Pelagia noctiluca*. La specie era presente nei retinaggi orizzontali, in numero tale da costringere gli operatori a ripetere il campione e talvolta a sospendere le operazioni di campionamento. Esemplari adulti di *P. noctiluca* ed efire, presumibilmente appartenenti alla stessa specie, risultano essere gli organismi più abbondanti del campione primaverile.

Ne consegue che anche il campione meroplanctonico possa essere in qualche modo influenzato, qualitativamente e quantitativamente dall'esplosione demografica della specie. L'ipotesi più accreditata per giustificare l'incremento nel numero di esemplari è attribuibile alla temperatura. E' noto che i picchi riproduttivi per molte specie di Cnidari sono associati a un aumento medio della temperatura superficiale. I campionamenti sono stati condotti nei primi giorni di giugno 2015 a seguito di un mese di maggio caratterizzato da forte irraggiamento, completamente differente se confrontato con lo stesso periodo dell'anno precedente.

Nella campagna P15 (Tabella 17) sono stati determinati complessivamente 55 *taxa*.

Il 63,6% (35 *taxa*) è rappresentato da Crostacei Decapodi, qualitativamente dominanti il campione meroplanctonico; seguono le larve di Echinodermi con 12 *taxa* (21,8%).

I 35 *taxa* di Crostacei Decapodi, dal punto di vista strettamente qualitativo, sono distribuiti in maniera eterogenea nelle tre fasce della colonna d'acqua. I retinaggi orizzontali hanno raccolto 31 *taxa* (57,1%), tra i quali 20 presenti solo nella fascia superficiale del campione totale. Solo due specie sono state campionate esclusivamente nelle stazioni profonde: *Anapagurus laevis* e *Philocheras monachantus*. 10 *taxa* invece sono stati determinati solo a seguito dell'osservazione del campione *in toto* in quanto assenti nei sub campioni analizzati.

La stazione P15 MG12 ha raccolto il maggior numero di *taxa* (29), P15 MG7 il minor numero (15), il sito di controllo P15 MG10 ne conta 24. L'eterogeneità nella distribuzione di Crostacei Decapodi nei retinaggi orizzontali è, come già rilevato, attribuibile in larga misura alla presenza di *P. noctiluca*. I dati relativi alla biomassa indicano che, nel caso di massiccia presenza di meduse, il sedimento complessivo sia minore rispetto agli stessi campionamenti orizzontali nei quali il numero di esemplari adulti di *P. noctiluca* è inferiore.

Sebbene tra i Crostacei Decapodi non sia possibile individuare una specie dominante nell'intero campione, si segnala tuttavia la presenza dei Grapsidae come famiglia quantitativamente dominante, con le specie *Pachygrapsus marmoratus* e *Planes minutus*. Nella stazione P15 MG7 sono stati raccolti, nei retinaggi orizzontali, numerosi esemplari di *Pachygrapsus marmoratus*, (0,47 individui m⁻³), Grapsidae largamente diffuso nel mesolitorale e nelle acque costiere mediterranee, e *Planes minutus* tipico invece di acque pelagiche.

La presenza delle fasi larvali di una specie tipica di acque neritiche, a circa 13 miglia nautiche dalla costa, sottolinea ancora una volta come la diffusione larvale sia fondamentale per la speciazione degli organismi meroplanctonici.

Tra le fasi larvali di altri Crostacei numerosi esemplari di metanaupli riconducibili a Cirripedi sono stati raccolti nelle pescate orizzontali in tutte le stazioni attorno alla nave (ad eccezione del controllo P15 MG10) con il picco di abbondanza nella stazione P15 MG12 (4,12 individui m⁻³).

Altro gruppo meroplanctonico abbondante nel campione primaverile è rappresentato dagli Echinodermi che complessivamente raccolgono 12 *taxa* comprese Bipinnaria, fase larvale precoce degli Asteroidei e Auricularia, fase larvale precoce degli Oloturoidei.

Le larve degli Echinodermi tendono a concentrare la presenza nel campione distribuendosi prevalentemente nei retinaggi verticali compresi tra cinquanta metri e la superficie. Assenti nel campione orizzontale, alcuni esemplari sono stati anche raccolti nei retinaggi

condotti tra il fondo (-100m) e la batimetrica di -50m. Quantitativamente i rappresentanti appartenenti, al genere *Ophiura* (Ophiuroidea) risultano più abbondanti; in particolare nel sito P15 MG7 si concentrano 2,36 ind. m⁻³ nella stazione intermedia e 1,35 ind. m⁻³ in quella profonda, dato confermato per questo settore di investigazione anche nell'P15 MG10. Anche nella stazione P15 MG12 il genere *Ophiura* risulta più abbondante nel settore profondo (2,17 ind. m⁻³).

Tabella 17 – Meroplankton. O.le=orizzontale, 50-0 = campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50 = campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione *in toto*. La lista include specie determinate a fresco.

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
CNIDARIA				<i>Deosergestes corniculum</i>	*			<i>Plesionika</i> sp.		*	*
Efire ind.	*	*	*	<i>Eballia cranchii</i>	*			<i>Processa</i> sp.	*	**	*
MOLLUSCA				<i>Eballia tuberosa</i>	*			<i>Sergia robusta</i>	**		
Gastropoda larvae ind.	*	*	*	<i>Eballia tumefacta</i>	*			<i>Upogebia</i> sp.	**		
Bivalvia larvae ind.	*	*	*	<i>Eriphia verrucosa</i>	*	**		<i>Xantho granulicarpus</i>	*		
POLYCHAETA				<i>Herbstia condyliata</i>	*			Zoea larvae ind.	*		
<i>Harmotoe</i> sp.		*	**	<i>Illia nucleus</i>	*			Stomatopoda			
Polynoidae ind.		*		<i>Liocarcinus</i> sp.	*			<i>Squilla</i> sp.	*		
Syllidae ind.	*	**		<i>Lysmata seticaudata</i>	*	**	**	ECHINODERMATA			
CRUSTACEA				<i>Maja</i> sp.	*			<i>Amphiura</i> sp.		*	*
Cirripedia				<i>Monodaeus couchii</i>	*			<i>Arbacia lixula</i>	*		
Metanauplio ind.	*	*		<i>Pachigrapsus marmoratus</i>	*	**		<i>Brissopsis lyrifera</i>	*	*	*
Decapoda				<i>Palaemon xiphias</i>	**			<i>Echinocardium cordatum</i>	*	*	
<i>Alpheus glaber</i>	*	*	*	<i>Palaemon serratus</i>		**	*	<i>Echinocardium</i> sp.	**		
<i>Anapagurus laevis</i>			**	<i>Palaemon</i> sp.	**			<i>Echinus</i> sp.	*		
<i>Athanas nitescens</i>	*		**	<i>Parasergestes vigilax</i>	*			<i>Ophiactis balli</i>	*		
<i>Bathynectes longipes</i>	**			<i>Parthenopoides massena</i>	**			<i>Ophiotrix fragilis</i>	*		
<i>Callinectes sapidus</i>	*	*		<i>Philocheras monochantus</i>			**	<i>Ophiura</i> sp.	*	*	
<i>Calcinus tubularis</i>	*			<i>Pirimela denticulata</i>	*	**		<i>Sphaerechinus granularis</i>	*		
<i>Calappa granulata</i>	**			<i>Pisa</i> sp.	**			Auricularia larvae ind.	*		
<i>Clibanarius erythropus</i>	*			<i>Planes minutus</i>	*	**	**	Bipinnaria larvae ind.	*		

Ittioplancton

Il campione costituito dalle fasi larvali dell'ittiofauna ha raccolto nella campagna P15 complessivamente 17 *taxa*, (Tabella 18) dei quali 15 presenti nelle peschate orizzontali. Tre *taxa* inseriti nella lista specie sono stati osservati solo nel campione *in toto*.

Il dato più importante è rappresentato dalla cospicua presenza di un contingente di uova di *Engraulis encrasicolus* (acciuga) concentrato soprattutto nel settore superficiale con abbondanza massima registrata nella stazione P15 MG6 (14,79 unità m⁻³).

Il periodo di campionamento è compatibile con il periodo riproduttivo della specie per il settore occidentale del Mar Mediterraneo (maggio-settembre). Le uova pelagiche si mantengono costantemente al di sopra del termocline e, pertanto, si concentrano tutte nei primi metri di profondità.

Presenti in tutte le stazioni superficiali anche le fasi larvali del Gonostomatiidae *Cyclothone braueri* (boccatonda). Si tratta di un pesce di profondità (fino a 2000m) le cui fasi larvali non sono infrequenti anche a batimetriche inferiori a 200m di profondità.

Presenti i Carangidae tra i quali alcuni esemplari di *Trachurus mediterraneus* (sugarello) per lo più associati alla cattura della specie *Pelagia noctiluca* tra i tentacoli della quale i giovanissimi esemplari in fase ormai post larva trovano spesso riparo.

Infine nel campione totale è stato rinvenuto anche un esemplare di Syngnathidae, *Syngnathus phlegon* (pesce ago pelagico), unico rappresentante di questa famiglia a prediligere acque pelagiche. Di forma allungata e sottile si nutre di organismi planctonici e larve di pesce. La sua cattura è puramente accidentale con le reti da plancton.

Tabella 18 – 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
CARANGIDAE				<i>Gonostoma denudatum</i>	*	**		SPARIDAE			
<i>Trachurus mediterraneus</i>	*			MULLIDAE				Sparidae juv. ind.	*	**	
<i>Trachurus trachurus</i>	**			<i>Mullus barbatus</i>	*		**	<i>Diplodus</i> sp.	*		
CEPOLIDAE				SCOMBRIDAE				<i>Pagrus pagrus</i>	*		
<i>Cepola macrophthalmia</i>	*			<i>Sarda sarda</i>				SYNGNATHIDAE			
ENGRAULIDAE				SERRANIDAE				<i>Syngnathus phlegon</i>	**		
<i>Engraulis encrasicolus</i>	*	*		Serranidae ind.	**		**	Larvae ind.	*	*	*
GADIDAE				<i>Serranus cabrilla</i>	**			Uova <i>Engraulis encrasicolus</i>	*	*	*
<i>Phycis blennoides</i>	**			<i>Serranus hepatus</i>	*			Uova <i>Maurollicus muelleri</i>	*	*	**
GONOSTOMATIDAE				<i>Serranus</i> sp.	*			Uova ind.	*	*	*
<i>Cyclothone braueri</i>		*	**								

5.2 BIOTA

5.2.1 Macrozoobenthos

Lo studio condotto nella primavera 2015 ha portato alla raccolta e determinazione di 5601 individui appartenenti a 170 specie (Tabella 19) comprendenti policheti, molluschi, crostacei, sipunculidi, echinodermi e nemertini.

Tabella 19 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nella primavera 2015 (P15).

Crostacei		
<i>Alpheus glaber</i> (Olivi, 1792)	<i>Halice abyssi</i> Boeck, 1871	<i>Maera grossimana</i> (Montagu, 1808)
<i>Ampelisca</i> cfr. <i>pseudospinimana</i> Bellan-Santini & Kaim Malka, 1977	<i>Halice walkeri</i> (Ledoyer, 1973)	<i>Medicorophium rotundirostre</i> (Stephensen, 1915)
<i>Ampelisca</i> sp.	<i>Haploops dellavallei</i> Chevreux, 1900	<i>Metaphoxus simplex</i> (Bate, 1857)
<i>Anapagurus petilli</i> Dechanoc & Forest 1962	<i>Haploops nirae</i> Kaim Malka, 1976	<i>Monodaeus couchii</i> (Couch, 1851)
<i>Anapagurus</i> sp.	<i>Harpinia antennaria</i> Meinert, 1890	<i>Nebalia strausi</i> Risso, 1826
<i>Anthura gracilis</i> (Montagu, 1808)	<i>Harpinia crenulata</i> (Boeck, 1871)	<i>Nymphon gracile</i> Leach, 1814
<i>Campylaspis macrophthalma</i> Sars, 1879	<i>Harpinia dellavallei</i> Chevreux, 1910	<i>Perioculodes longimanus longimanus</i> (Bate & Westwood, 1868)
<i>Carangoliopsis spinulosa</i> Ledoyer, 1970	<i>Hippomedon bidentatus</i> Chevreux, 1903	<i>Phthisica marina</i> Slabber, 1769
<i>Desmosoma</i> sp.	<i>Hippomedon massiliensis</i> Bellan-Santini, 1965	<i>Processa canaliculata</i> Leach, 1315
<i>Ebalia cranchii</i> Leach, 1817	<i>Iphimedia minuta</i> G.O. Sars, 1882	<i>Processa</i> sp.
<i>Eudorella nana</i> Sars, 1879	<i>Leptocheirus mariae</i> Karaman, 1973	<i>Rhachotropis</i> sp.
<i>Eurydice spinigera</i> Hansen, 1890	<i>Leptocheilia savignyi</i> (Kroyer, 1842)	<i>Solenocera membranacea</i> (Risso, 1816)
<i>Eurynome aspera</i> (Pennant, 1777)	<i>Leucon longirostris</i> Sars, 1871	<i>Stenothoe</i> sp.
<i>Gammaropsis maculata</i> (Johnston, 1828)	<i>Leucon</i> sp. 2	<i>Tuberapseudes echinatus</i> (G.O. Sars, 1882)
<i>Gnathia oxyuraea</i> (Lilljeborg, 1855)	<i>Leucothoe obova</i> G. Karaman, 1971	<i>Urothoe corsica</i> Bellan-Santini, 1965
<i>Goneplax rhomboides</i> (Pennant, 1777)	Lysianassidae sp.	<i>Urothoe elegans</i> Bate, 1857
		<i>Westwoodilla rectirostris</i> (Delle Valle, 1892)
Echinodermi		
<i>Amphipholis squamata</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Labidoplax digitata</i> (Montagu, 1815)	Ophiuroidea juv. ind.
<i>Amphiuira chiajei</i> Forbes, 1843	<i>Neococumis marioni</i> (Marenzeller, 1878)	<i>Trachythione elongata</i> (Düben & Koren, 1846)
<i>Amphiuira filliformis</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Ophiacantha setosa</i> (Retzius, 1805)	<i>Trachythione tergestina</i> (M. Sars, 1857)
Molluschi		
<i>Abra alba</i> (W. Wood, 1802)	<i>Euspira guillemini</i> (Payraudeau, 1826)	<i>Parvicardium minimum</i> (Philippi, 1836)
<i>Abra nitida</i> (O.F. Müller, 1776)	<i>Falcidrens gutturosus</i> (Kowalevsky, 1901)	<i>Philine aperta</i> (Linnaeus, 1767)
<i>Antalis inaequicostata</i> (Dautzenberg, 1891)	<i>Hyala vitrea</i> (Montagu, 1803)	<i>Poromya granulata</i> (Nyst & Westendorp, 1839)
<i>Arca tetragona</i> Poli, 1795	<i>Mendicula ferruginosa</i> (Forbes, 1844)	<i>Saccella commutata</i> (Philippi, 1844)
<i>Azorinus chamasolen</i> (da Costa, 1778)	<i>Musculus subpictus</i> (Cantraine, 1835)	<i>Thracia corbuloides</i> Blainville, 1827
<i>Bathycarca pectunculoides</i> (Scacchi, 1834)	<i>Myrtea spinifera</i> juv. (Montagu, 1803)	<i>Thyasira alleni</i> Carrozza, 1981
<i>Cuspidaria cuspidata</i> (Olivi, 1792)	<i>Nucula nitidosa</i> Winckworth, 1930	<i>Thyasira biplicata</i> (Philippi, 1836)
<i>Cuspidaria rostrata</i> (Spengler, 1793)	<i>Nucula sulcata</i> Bronn, 1831	<i>Thyasira granulosa</i> (Monterosato, 1874)
<i>Ennucula aegeensis</i> (Forbes, 1844)	<i>Nuculana pella</i> (Linnaeus, 1767)	<i>Timoclea ovata</i> (Pennant, 1777)
Policheti		
<i>Amage adspersa</i> (Grube, 1863)	<i>Glycinde nordmanni</i> (Malmgren, 1866)	<i>Phyllodoce</i> sp.
<i>Ampharete acutifrons</i> (Grube, 1860)	<i>Harmothoe spinifera</i> (Ehlers, 1864)	<i>Pilargis verrucosa</i> Saint-Joseph, 1899
<i>Amphictes gunneri</i> (M. Sars, 1835)	<i>Harmothoe</i> sp.	<i>Pista cristata</i> (O.F. Müller, 1776)
<i>Ancistrosyllis groenlandica</i> Mc Intosh, 1879	<i>Heterospio mediterranea</i> Laubier, Picard & Ramos, 1972	<i>Poecilochaetus fauchaldi</i> Pilato & Cantone, 1976
<i>Aphelochaeta marioni</i> (de Saint Joseph, 1894)	<i>Hyalinocelia tubicola</i> (O.F. Müller, 1776)	<i>Poecilochaetus serpens</i> Allen, 1904
<i>Apomatus similis</i> Philippi, 1844	<i>Kefersteinia cirrata</i> (Keferstein, 1862)	<i>Polycirrus</i> sp.
<i>Aricidea fragilis mediterranea</i> Laubier & Ramos, 1974	<i>Laelmonice hystrix</i> (Savigny in Lamarck, 1818)	<i>Praxillella gracilis</i> (M. Sars, 1861)
<i>Aricidea</i> sp.	<i>Laonice cirrata</i> L. Sars, 1851	<i>Prionospio ehlersi</i> Fauvel, 1928
<i>Branchiomma bombyx</i> (Dalyell, 1853)	<i>Levinsenia gracilis</i> (Tauber, 1879)	<i>Prionospio</i> sp.
<i>Branchiomma</i> sp.	<i>Levinsenia oculata</i> (Hartman, 1957)	<i>Prionospio steenstrupi</i> Malmgren, 1867
<i>Chaetozone caputesocis</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Lumbrineris gracilis</i> (Ehlers, 1868)	Sabellidae ind.
<i>Chirimia biceps</i> (M. Sars, 1861)	<i>Maldane glebiflex</i> Grube, 1860	<i>Scalibregma inflatum</i> Rathke, 1843
<i>Chloea venusta</i> Quatrefages, 1865	<i>Maldane sarsi</i> Malmgren, 1865	<i>Scolecopsis foliosa</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1883)
<i>Chone</i> sp.	<i>Marphysa belli</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)	<i>Scolecopsis</i> sp.
<i>Chrysopetalum debile</i> (Grube, 1855)	<i>Melinna palmata</i> Grube, 1870	<i>Scoletoma emandibulata mabiti</i> (Ramos, 1976)
<i>Diplocirrus glaucus</i> (Malmgren, 1867)	<i>Myriochele oculata</i> Spencer, 1975	<i>Scoletoma fragilis</i> (O.F. Müller, 1776)
<i>Dorvillea rudolphi</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Nematoneis unicornis</i> (Schmarda, 1861)	<i>Scoletoma impariensis</i> (Claparède, 1868)
<i>Drilonereis filum</i> (Claparède, 1868)	<i>Nephtys hombergi</i> Savigny, 1818	<i>Scoloplos armiger</i> (Müller, 1776)
<i>Eleone</i> sp.	<i>Nephtys hystrix</i> Mc Intosh, 1900	<i>Sphaerodorum flavum</i> Örsted, 1845
<i>Euchone</i> sp.	<i>Nephtys incisa</i> Malmgren, 1865	<i>Spio decoratus</i> Bobretzky, 1870
<i>Euclymene lumbricoides</i> (Quatrefages, 1865)	Nereididae nd.	<i>Spiochaetopterus costarum</i> (Claparède, 1868)
<i>Eumida sanguinea</i> (Örsted, 1843)	<i>Notomastus aberans</i> Day, 1963	<i>Spiophanes bombyx</i> (Claparède, 1870)
<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Panthalis oerstedii</i> Kinberg, 1855	<i>Sternaspis scutata</i> (Renier 1807)
<i>Exogone verugera</i> (Claparède, 1868)	<i>Paradiopatra calliopae</i> Arvanitidis & Koukouras, 1997	<i>Syllis garciai</i> (Campoy, 1982)
<i>Glycera alba</i> (O.F. Müller, 1776)	<i>Paralacydonia paradoxa</i> Fauvel, 1913	<i>Syllis</i> sp.
<i>Glycera rouxii</i> Quatrefages, 1865	<i>Paraprionospio pinnata</i> (Ehlers, 1901)	<i>Tachytrypae jeffreysii</i> McIntosh, 1878
<i>Glycera tessellata</i> Grube, 1863	<i>Pectinaria koreni</i> (Malmgren, 1866)	<i>Terebellides stroemi</i> M. Sars, 1835
Sipunculidi		
<i>Golfingia elongata</i> (Keferstein, 1863)	<i>Golfingia vulgaris</i> (Blainville, 1827)	<i>Onchnesoma steenstrupi steenstrupii</i> Koren & Danielssen, 1875
Nemertea		

I policheti risultano essere il gruppo dominante che con 4721 individui rappresenta oltre l'80% dell'abbondanza totale. I crostacei, secondi unicamente ai policheti, rappresentano solo il 9% dell'abbondanza totale (489 individui). Seguono, nell'ordine, molluschi e echinodermi, i primi con 5%, i secondi con appena l'1% di contributo all'abbondanza totale (Figura 18).

Più equilibrata risulta essere la ripartizione delle specie tra i vari gruppi, sebbene anche da questo punto di vista i policheti si confermano il taxon dominante fornendo da soli quasi la metà delle specie rinvenute (48%). Poco più di un quarto del panorama faunistico è fornito dai

crostacei (29%) seguiti dai molluschi che rappresentano il 16% delle specie totali. Gli echinodermi forniscono appena il 5% di specie al panorama faunistico.

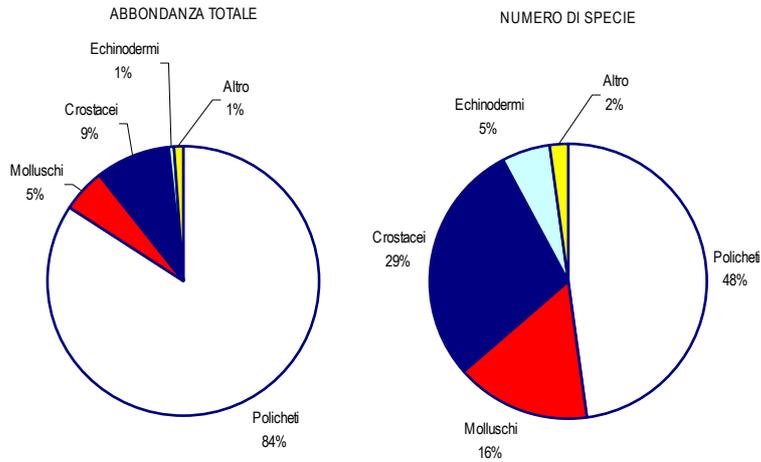


Figura 18 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti. Altro=nemertini, sipunculidi.

Ai policheti appartengono le specie rinvenute col maggior numero di individui, tra le quali *Paradiopatra calliopae* e *Levinsenia gracilis* che costituiscono ciascuna oltre il 20% dell'abbondanza totale (Figura 19). Ad essa segue *Ampharete acutifrons*, che rappresenta meno del 6% dell'abbondanza totale.

Il contributo delle altre specie cala sensibilmente tanto che *Chaetozone caputesocis*, la quarta in ordine di importanza, costituisce meno del 4% dell'abbondanza totale. Queste quattro specie rappresentano da sole il 56,5% dell'abbondanza totale. Tale 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 156 specie (ossia 91,76% del totale) contribuiscono per meno dell'1% all'abbondanza totale. Inoltre il 18% circa delle specie è presente con un solo individuo.

La suddetta distribuzione delle abbondanze si riflette in una elevata variabilità a piccola scala come si evince dai bassi valori di similarità tra repliche, valori che variano mediamente tra 40% e 50%. Il valore minimo è stato riscontrato in P15 MG2 (42,3%), quello massimo in P15 MG10 (63%) unico caso in cui la percentuale supera il 60%.

Dalla medesima analisi si evince che *L. gracilis* e *P. calliopae* sono le specie con il maggior contributo alla similarità tra repliche. Tale contributo complessivo è comunque piuttosto basso oscillando tra il 17% ed il 33% circa.

Solo nel caso della stazione P15 MG2 *L. gracilis* ha scarsa importanza nel definire l'identità della stazione. In questo caso, pur rimanendo dominante il ruolo di *P. calliope*, il polichete *Prionospio steenstrupi* assume un ruolo non osservato nelle altre stazioni apportando un contributo del 9%.

L. gracilis e *P. calliope* essendo diffuse hanno scarsa rilevanza nel determinare le differenze tra stazioni. Complessivamente ogni specie apporta un contributo minimo nel determinare tali differenze. Mediamente sono necessarie 20-30 specie per spiegare il 50% di dissimilarità tra due stazioni.

La presenza di un elevato numero di specie rare ossia presenti con bassi valori di abbondanza è comporta una elevata dissimilarità tra stazioni sempre intorno ad almeno il 50%.

Dall'analisi dei dati di abbondanza (Figura 20) trasformati secondo la doppia radice quadrata si evince che le stazioni esibiscono tra loro valori di similarità complessivamente bassi che oscillano intorno al 60-65%. Nel piano di ordinamento ottenuto tramite non-Metric Multidimensional Scaling (n-MDS) le stazioni risultano disperse senza formare cluster riconducibili alla loro reale distribuzione spaziale.

L'analisi macroscopica dei campioni conferma che l'area di indagine ospita sedimenti diversi tra loro con tipologia di biodetrito variabile da stazione a stazione. Talvolta, esso, è costituito in prevalenza da detrito vegetale di origine terrigena affiancato da una modesta percentuale

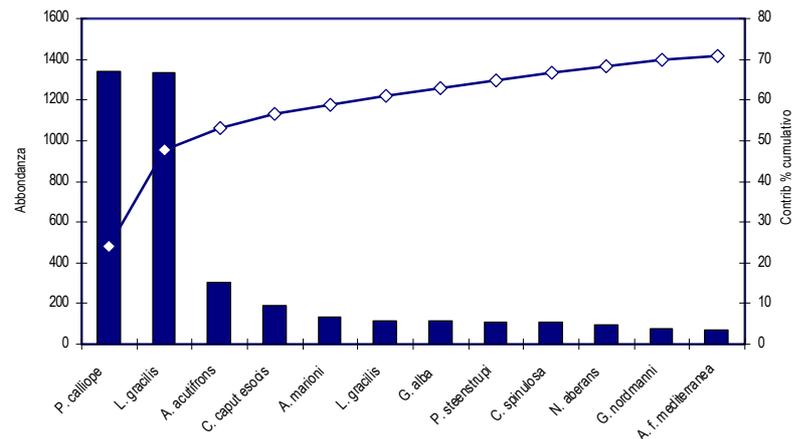


Figura 19 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti. *L. gracilis* = *Levinsenia gracilis*.

di biodetrito conchifero. In altri casi, invece, il sedimento è dominato da sabbia grossolana e ghiaia con una percentuale modesta di residuo vegetale.

In alcuni casi sono state rilevate anche differenze tra repliche come ad esempio nella stazione P15 MG4. In questo caso la replica I é costituita per il 20% da fibra vegetale, 10% da sabbia, 50% da briozoi e 20% da biodetrito conchifero. Nella replica III, invece, domina il biodetrito conchifero (70%) affiancato da modeste percentuali di fibra vegetale (20%) e sabbia (10%).

Nelle repliche II e IV la fibra vegetale costituisce quasi l'intero campione (90%). La restante parte di esso è costituita da sabbia, ghiaia e biodetrito conchifero (quest'ultimo solo nella replica IV).

Anche nel caso della stazione P15 MG8 sono state osservate differenze tra repliche: le repliche I e III sono costituite per il 20% da fibra vegetale e dal 40%, ciascuno, da sabbia e biodetrito conchifero. Nella replica II si osserva l'aumento della fibra vegetale (40%), il calo del biodetrito conchifero (15%) e della sabbia (35%) e la comparsa di una piccola percentuale di ghiaia (10%). Nella replica IV la sabbia (40%) è la componente con la percentuale maggiore; il resto del campione è ripartito tra biodetrito conchifero e sabbia.

Differenze apprezzabili sono state osservate anche nel caso della stazione P15 MG12: solo nella replica I le fibre vegetali costituiscono il 30% del campione, anche se la componente dominante è la sabbia (40%). La restante parte del campione è costituita da biodetrito conchifero (20%).

Le repliche II e III sono dominate dal biodetrito conchifero (50%), ma contengono anche una cospicua percentuale di sabbia (40%). In queste due repliche la fibra vegetale rappresenta solo il 10% del campione.

Nella IV replica sabbia e biodetrito conchifero esibiscono la medesima percentuale (45%) e sono affiancati da ghiaia e fibra vegetale che rappresentano ciascuna il 5% del campione.

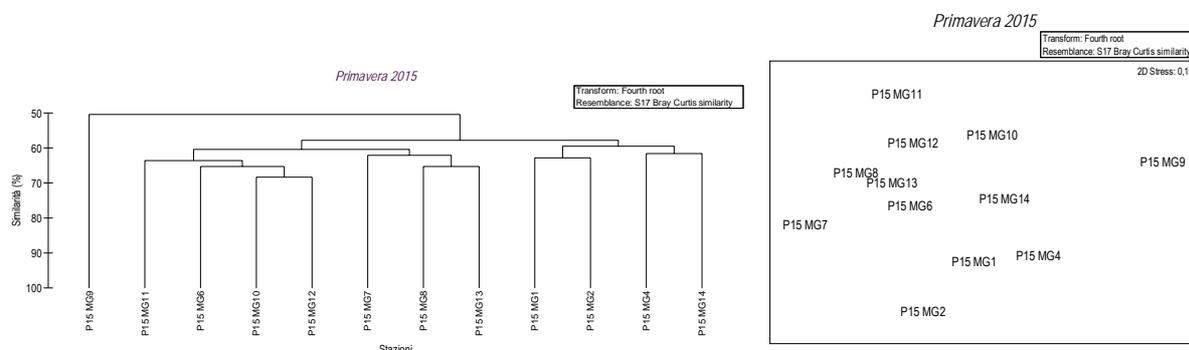


Figura 20 - Risultati della cluster analysis (group average) a sinistra e piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, a destra. Le analisi sono state effettuate dopo aver trasformato i dati secondo la doppia radice quadrata. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.

Questa eterogeneità dei sedimenti e del detrito ad essi associato spiega la variabilità osservata nel popolamento bentonico.

Nella Tabella 20 sono riportati i valori degli indici strutturali. Il più elevato numero di specie è stato ritrovato nella stazione P15 MG12 situata in prossimità del rigassificatore, mentre il più basso è stato osservato in P15 MG7, il minimo in P15 MG9 ossia nella stazione con la maggior percentuale di biodetrito conchifero composto prevalentemente da briozoi.

Analogamente, anche per quanto riguarda i valori di abbondanza, quest'ultima stazione risulta la più povera con soli 66,5±24,1 individui; quella più ricca è risultata la P15 MG10 (157,75±26,49).

Sample	S		N		H'(log ₂)		d		J	
P15 MG1	34,25	± 6,95	141,5	± 20,29	3,79	± 0,30	6,70	± 1,22	0,746	± 0,023
P15 MG2	28,25	± 9,00	79	± 36,01	4,00	± 0,38	6,25	± 1,61	0,839	± 0,005
P15 MG4	23,5	± 4,20	78	± 21,77	3,33	± 0,29	5,17	± 0,66	0,733	± 0,035
P15 MG6	37	± 11,28	132,75	± 48,04	3,99	± 0,36	7,35	± 1,90	0,776	± 0,021
P15 MG7	39,75	± 12,69	134,75	± 32,88	3,85	± 0,66	7,86	± 2,20	0,728	± 0,064
P15 MG8	31	± 4,24	114,5	± 12,37	3,71	± 0,38	6,33	± 0,87	0,749	± 0,056
P15 MG9	19	± 4,97	66,5	± 24,12	3,15	± 0,41	4,29	± 0,86	0,747	± 0,025
P15 MG10	36,25	± 7,09	157,75	± 26,49	3,83	± 0,35	6,96	± 1,23	0,741	± 0,030
P15 MG11	31,25	± 8,66	125,25	± 19,26	3,50	± 0,51	6,28	± 1,82	0,707	± 0,057
P15 MG12	37,75	± 2,22	124,75	± 17,23	4,17	± 0,30	7,63	± 0,46	0,796	± 0,047
P15 MG13	31,75	± 5,91	118,5	± 31,89	3,77	± 0,12	6,44	± 0,89	0,760	± 0,031
P15 MG14	26	± 8,16	127	± 48,25	3,18	± 0,54	5,17	± 1,32	0,682	± 0,052

I valori di diversità specifica sono piuttosto omogenei tra loro ed oscillano tra $4,17 \pm 0,3$ osservato in P15 MG12 e $3,15 \pm 0,41$ rilevato in P15 MG9. La ricchezza specifica mostra un andamento abbastanza confrontabile con quello della diversità. Il valore più elevato è stato osservato in P15 MG7 ($7,86 \pm 2,20$), quello più basso in P15 MG9 ($4,29 \pm 0,86$).

La stazione con la migliore equiripartizione delle abbondanze tra le specie è P15 MG2, unico caso in cui J supera il valore 0,8. All'estremo opposto si colloca la stazione P15 MG14 unico caso in cui tale parametro scende al di sotto di 0,7.

Complessivamente non si rilevano trend significativi riconducibili alla presenza dell'FSRU.

5.2.2 Bioaccumulo

Metalli

I risultati della ricerca dei metalli in *M. galloprovincialis* sono riportati nella Tabella 21.

Le concentrazioni di Arsenico, Bario, Cadmio, Rame, Cromo totale, Nichel, Manganese, Piombo, Mercurio, Zinco e Mercurio sono analoghe in tutte le stazioni. Per il Ferro ed il Vanadio, la concentrazione più elevata è stata rilevata nella stazione E (Bianco Gorgona).

Tabella 21 - Concentrazione dei metalli nei mitili. I dati, relativi alla campagna P15, sono espressi in mg/kg s.s.						
	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Arsenico	2,24	1,95	1,89	1,97	1,98	2,15
Bario	1,29	< 1,20	< 1,20	< 1,20	< 1,20	2,04
Cadmio	0,399	0,594	0,539	0,462	0,439	0,534
Rame	5,85	4,53	3,69	3,13	3,78	4,20
Cromo	2,75	2,47	1,93	1,63	1,49	3,66
Ferro	289,62	115,75	< 40	41,99	82,77	467,66
Nichel	< 1,20	< 1,20	< 1,20	< 1,20	< 1,20	1,59
Manganese	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5
Piombo	1,93	1,59	1,26	1,22	1,44	1,78
Vanadio	2,38	1,73	3,08	2,18	2,85	7,55
Zinco	147,15	167,64	141,77	133,44	121,32	161,22
Mercurio	0,101	0,131	0,123	0,074	0,097	0,125

Idrocarburi totali

Nella Tabella 22 sono riportati i risultati ottenuti dalla ricerca degli idrocarburi (C<10 e C10-C40).

Questi composti sono risultati tutti inferiori al limite di rilevabilità del metodo.

Tabella 22 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P15, 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)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1

IPA e composti organo stannici

Nella Tabella 23 sono riportati i risultati ottenuti dalla ricerca degli IPA e dei composti organo stannici.

Si osserva una sostanziale assenza di contaminazione di questi composti.

Si rileva la presenza di Acenaftene, in tutte le stazioni, e di Acenafilene nella stazione A (posizione 1), nella stazione B (posizione 2) e nella stazione C (posizione 3), in concentrazione comunque inferiore a quella rilevata nella stazione di controllo di Gorgona (stazione E).

Tabella 23 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P15, 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)
Acenaftene	< 0,001	0,0042	0,007	0,0073	0,0088	0,021
Acenafilene	< 0,001	0,0011	0,0015	0,0018	< 0,001	0,0033
Antracene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (a) antracene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (a) pirene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (b) fluorantene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (g,h,i) perilene	< 0,001	< 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	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Dibenzo (a,e) pirene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Dibenzo (a,h) pirene	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Dibenzo (a,h) antracene	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Fenantrene	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Fluorantene	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Fluorene	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Indeno (1,2,3 - c,d) pirene	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Naftalene	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Pirene	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Dibutilstagno	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Monobutilstagno	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Tributilstagno	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5

Cloroderivati

I risultati della ricerca dei cloroderivati sono riportati nella Tabella 24.

Si osserva una contaminazione di Acido Dibromoacetico in tutte le stazioni; per questo composto la concentrazione massima è stata rilevata in corrispondenza della stazione A (posizione 1).

E' stata rilevata anche una lievissima contaminazione di Acido Bromocloroacetico nella stazione B (posizione 2) e nella stazione C (posizione 3). Sono state misurate bassissime concentrazioni di Acido Dicloroacetico nella stazione 1 (posizione A) e nella stazione 3 (posizione C) comunque presente anche nel Tempo Zero. Inoltre il Cloroformio era presente nella stazione 4 (posizione D) ed anche nel Tempo Zero e nel Bianco Gorgona (stazione E). Si osserva infine la presenza di Tetracloro etilene in tutte le stazioni compreso il Bianco Gorgona, ma anche negli organismi del Tempo zero.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Acidi Aloacetici						
Dalapon	<2	<2	<2	<2	3	<2
Acido Dibromoacetico	<1	135,67	29,33	52,67	5,67	<1
Acido Tribromoacetico	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Acido Monobromoacetico	2,00	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Bromodichloroacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Bromocloroacetico	<2	<2	2,67	2,00	<2	<2
Acido Dicloroacetico	3,00	6,33	< 3	3,50	< 3	< 3
Acido Tricloroacetico	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Acido Monocloroacetico	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Acido Clorodibromoacetico	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Fenoli						
2,4,6-tricloro fenolo	<5	<5	<5	<5	<5	<5
2,4-dicloro fenolo	<5	<5	<5	<5	<5	<5
4-cloro-3-metil fenolo	<5	<5	<5	<5	<5	<5
pentacloro fenolo	<5	<5	<5	<5	<5	<5
V.O.C.						
1,1,1-Tricloro Etano	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
1,1,2-Tricloro Etano	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Bromo Dicloro Metano	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Bromoformio	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
Carbonio Tetracloruro	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Cloroformio	0,29	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,28	0,23
Dibromo Cloro Metano	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Tetracloro Etilene	1,50	0,48	0,50	1,07	2,50	1,88
Tricloro Etilene	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
1,2,3-Tricloro propano	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60
1,2-Dibromo Etano	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
Dicloroacetoneitrile	<0,80	<0,80	<0,80	<0,80	<0,80	<0,80
Tricloroacetoneitrile	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50

Analisi microbiologiche

Dall'analisi microbiologica emerge l'assenza di contaminazione fecale (Tabella 25).

	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

5.2.3 Biomarkers

Neutral Red Retention Time (NRRT). Il tempo di ritenzione del colorante vitale Neutral Red nei lisosomi degli emociti dei mitili di controllo (Stazione E Bianco Gorgona) è risultato >180 minuti (tempo massimo di durata del test) in tutti gli individui analizzati (Figura 21). Questo dato evidenzia un elevato grado di integrità cellulare, di poco superiore a quello misurato nei mitili subito dopo il prelievo dall'allevamento (Tempo zero).

Nei mitili traslocati presso il terminale FRSU il tempo di ritenzione del Rosso Neutro si è mantenuto molto elevato nelle stazioni B (Pos. 2) e C (Pos. 3), mentre una certa diminuzione è stata osservata nelle stazioni A (Pos.1) e D (Pos.4); tuttavia questa variazione non è risultata significativa rispetto ai mitili analizzati subito dopo il prelievo dall'allevamento (Tempo zero).

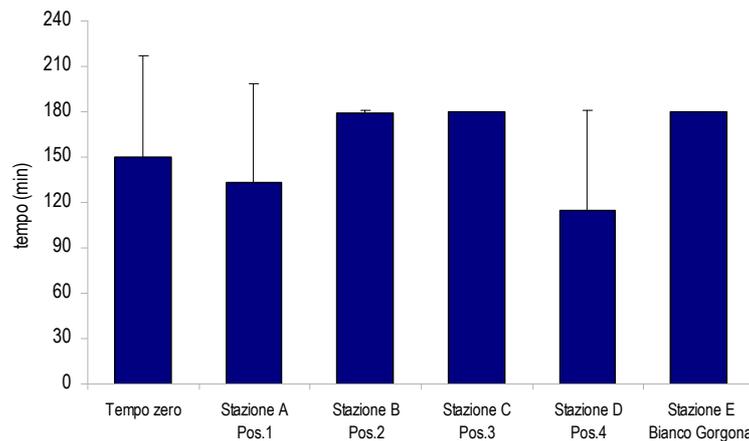


Figura 21 - Valutazione del danno cellulare mediante la misura del tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro (NRRT) nei lisosomi degli emociti di mitilo. Valori alti del tempo di ritenzione corrispondono ad una maggiore integrità.

Comet Assay. Il grado di frammentazione del DNA nelle cellule branchiali è risultato molto omogeneo e non denota alterazioni di natura genotossica nei mitili posizionati presso il terminale FRSU. Nel caso della Stazione C (Pos.3) il grado di integrità del DNA nei mitili traslocati è risultato significativamente maggiore rispetto agli individui di controllo (Figura 22).

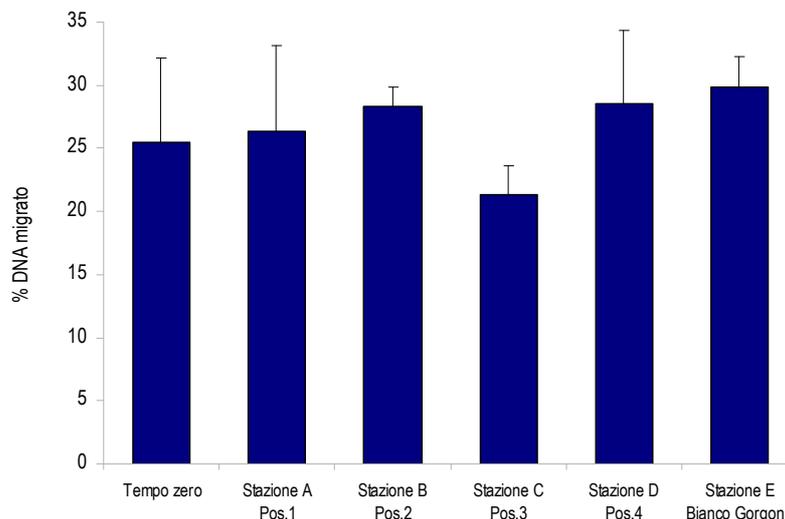


Figura 22 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.

Analisi istologia del tessuto branchiale. Le branchie dei mitili di controllo (Stazione E Bianco Gorgona) hanno mostrato un elevato grado di integrità, come evidenziato dal punteggio 1 (assenza di alterazioni) in tutti gli individui analizzati (Tabella 26). Un risultato molto simile è stato osservato subito dopo il prelievo dall'allevamento (Tempo zero) ed anche nei mitili posizionati presso le stazioni A (Pos.1) e B (Pos.2). Un lieve calo del grado di integrità dell'apparato branchiale è stato osservato nei mitili campionati presso le stazioni C (Pos.3) e D (Pos.4); in entrambi i casi si tratta di fluttuazioni di modesta entità.

Tabella 26 - 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.

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

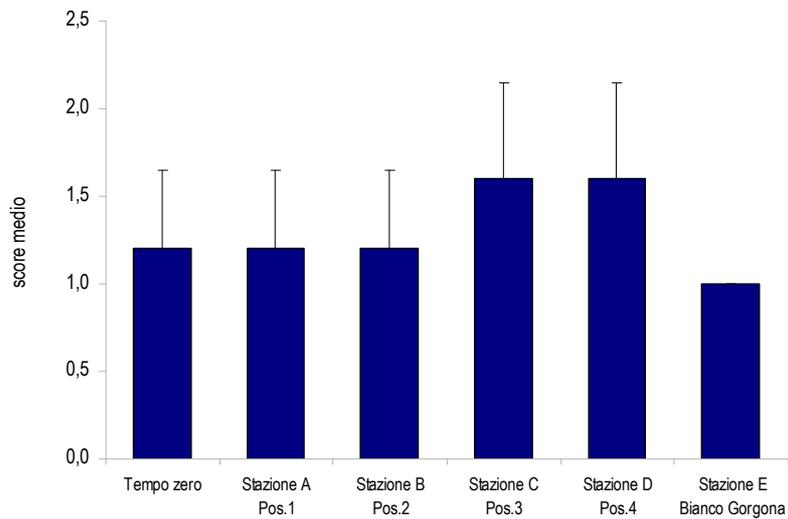


Figura 23 - Analisi istologica delle branchie di mitilo. Il parametro rappresentato nel grafico è il punteggio medio (*score*) per ciascuna delle stazioni indagate. La scala va da 1 a 5; il punteggio 1 indica una condizione di integrità mentre il punteggio 5 indica una forte compromissione della struttura dei filamenti branchiali

5.2.4 Cetacei e tartarughe marine

Per questa indagine sono state percorse 336 nm per un totale di 70 ore di navigazione. Nella Figura 24 sono riportate le rotte effettuate per il monitoraggio visivo condotto nella primavera 2015 (P 15).

E' stato avvistato un esemplare di tartaruga appartenente alla specie *Caretta caretta* in posizione lat N 43° 39,570' e long E 9° 59,457', 4,5 nm a nord del cerchio delle 6 nm, fuori dall'area di monitoraggio.

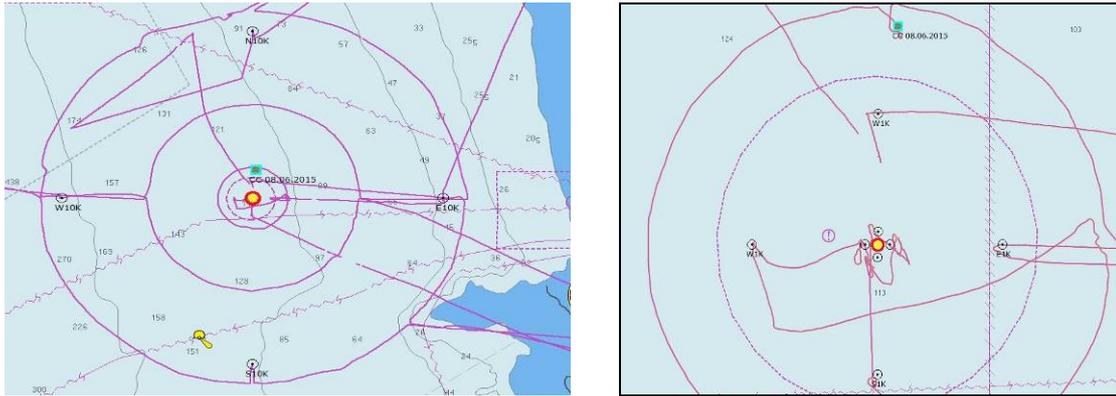


Figura 24 – Rotte effettuate per il monitoraggio visivo condotto nella primavera 2015 (P 15).

5.3 INDAGINI GENERALI

5.3.1 Misura del rumore

Risultati delle misure sperimentali

In questa sezione sono riportati i risultati delle misure di rumore acustico subacqueo effettuate nei punti più vicini (a 100m e a 1000 m) al Terminale alla profondità di 55m, con rappresentazione della funzione di densità spettrale di potenza (PSDf) basata sul calcolo della FFT e analisi in terzi d'ottava sovrapposta (Figura 25-Figura 28 e (Figura 33)).

Tra le misure a 10km di distanza, sono state selezionate qui quelle registrate nei punti S10K e E10K (Figura 34-Figura 35), per permettere il confronto sulle direttrici Sud e Est con le misure a 100 e 1000m. Nel range di frequenze superiore a 17 kHz si evidenziano spesso righe spettrali che rappresentano interferenze elettromagnetiche derivanti da strumentazioni dell'imbarcazione di supporto. Esse non sono significative per l'analisi acustica. Da notare, a differenza delle altre campagne, la presenza di un'altra famiglia di righe spettrali (a 10,49 kHz e armoniche, cioè multipli) che si verificano solo in alcuni dei punti di misura. Essi sono difficilmente interpretabili, ma sono più facilmente attribuibili a effetti di interferenza elettromagnetica a bordo piuttosto che ad attività del terminale.

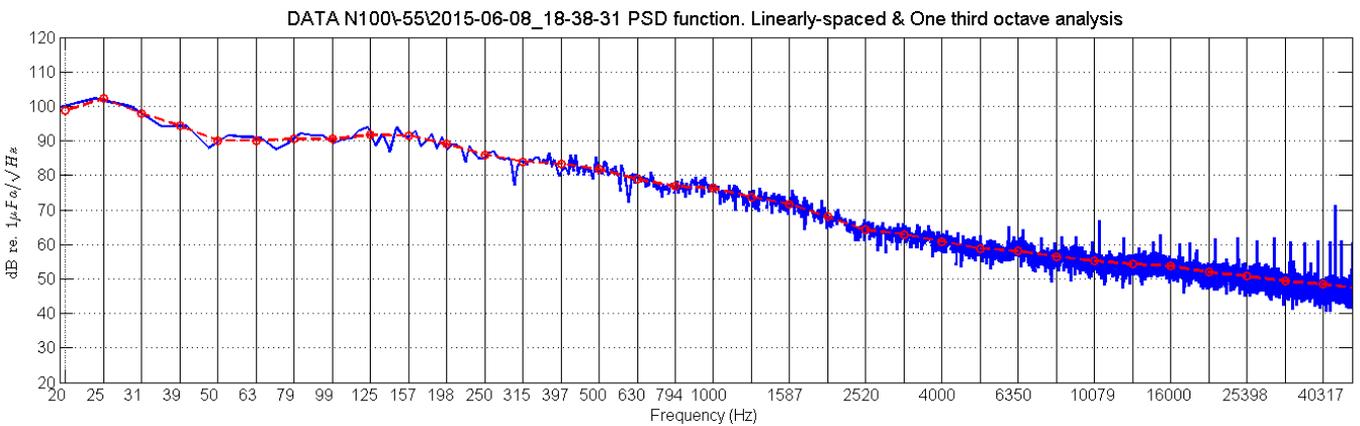


Figura 25 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N100 a 55m di profondità. Lo spettro decade dolcemente con la frequenza indicando una situazione ambientale tranquilla, a parte un generale traffico marittimo di media intensità.

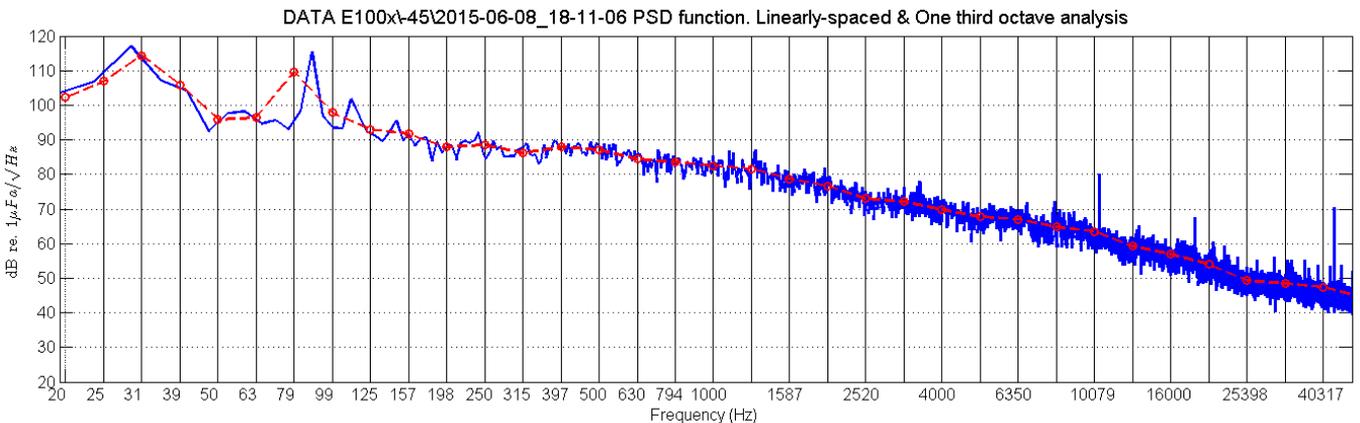


Figura 26 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E100 a 45m di profondità. Esiste un interessante picco a 90 Hz, non presente nelle altre misure, di difficile interpretazione, essendo così isolato.

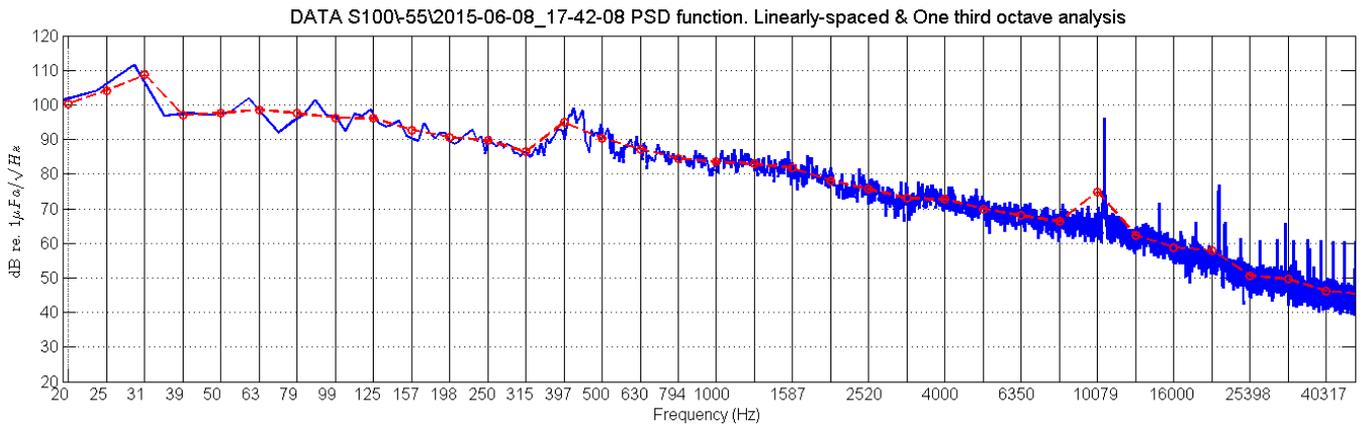


Figura 27 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55m di profondità.

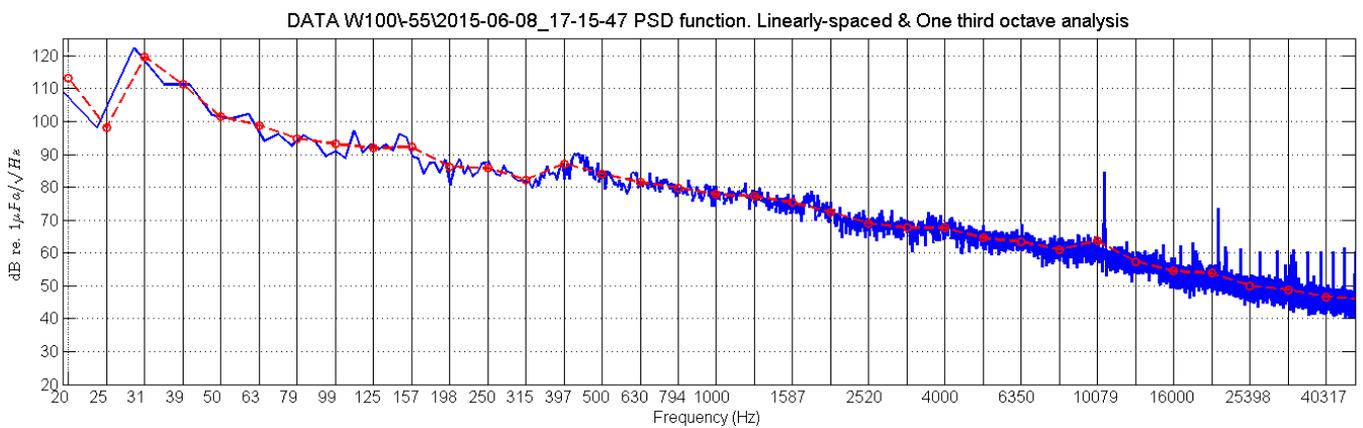


Figura 28 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W100 a 55m di profondità. Come in S100 (Figura 27) esiste un “bounce” intorno a 400 Hz piuttosto peculiare, che potrebbe essere dovuto ad attività del terminale.

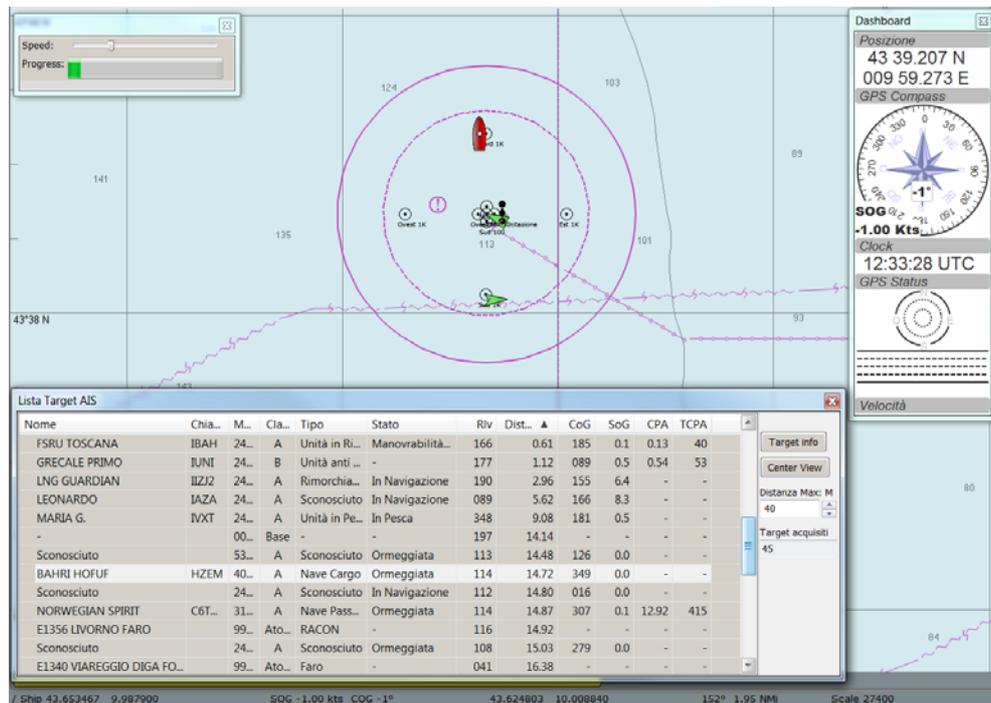


Figura 29 – Ricostruzione AIS del traffico al momento della misura. L'unità Grecale Primo staziona sul punto di misura S1K con i motori accesi, mentre il rimorchiatore di appoggio Guardian transita a 2,96 NM alla velocità di 6,4 kn.

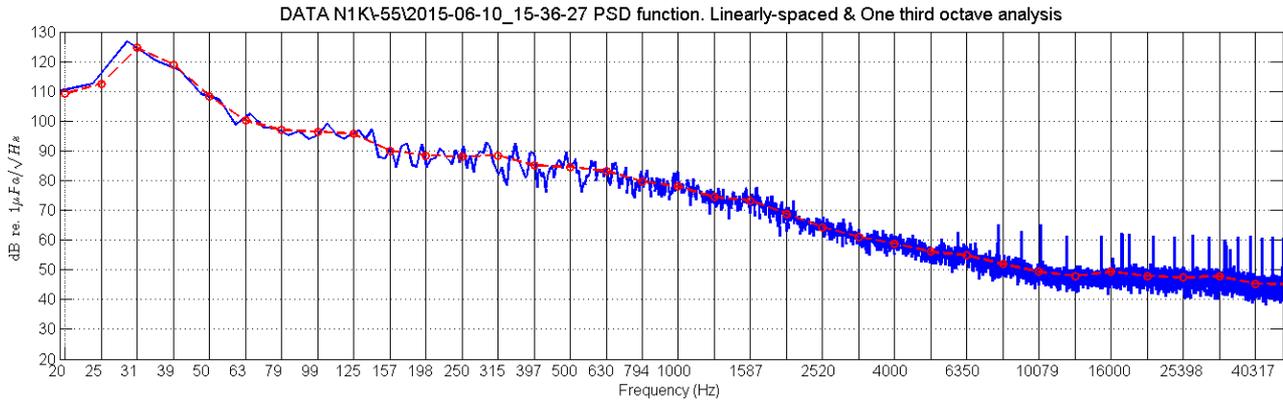


Figura 30 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N1K a 55m di profondità.

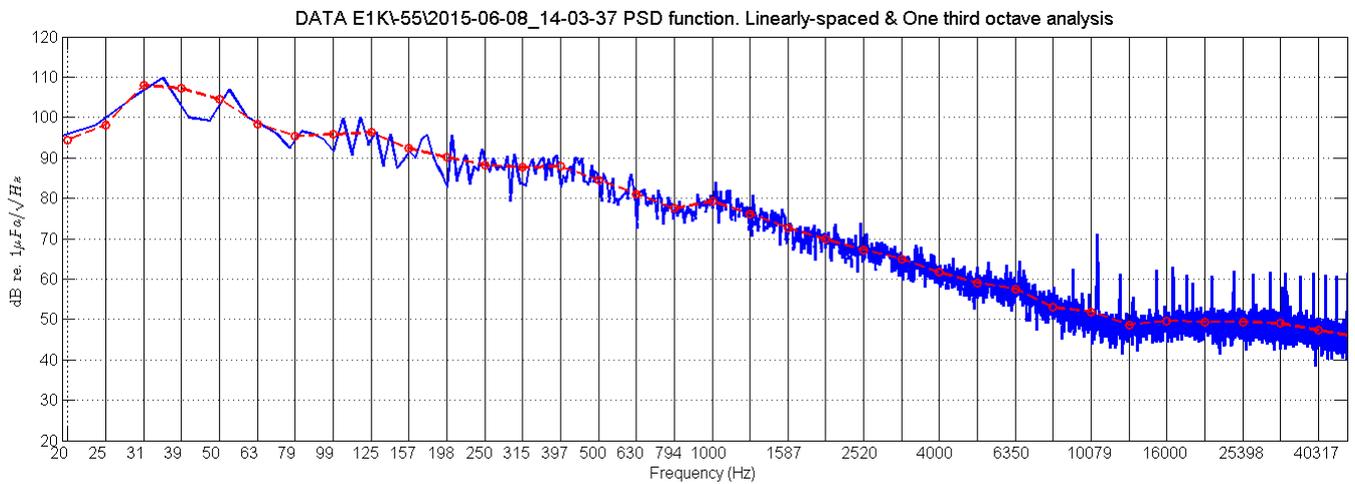


Figura 31 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E1K a 55m di profondità.

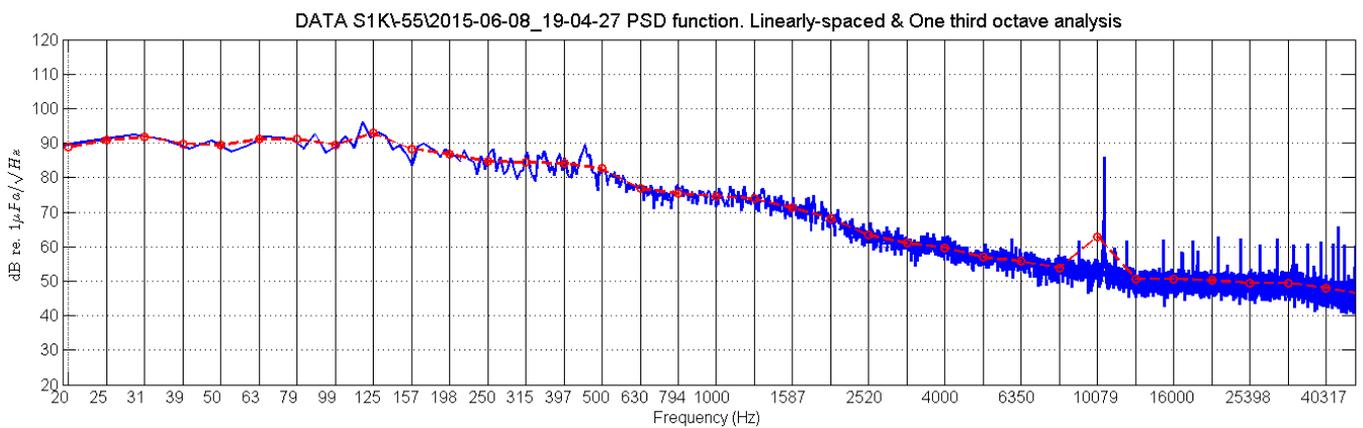


Figura 32 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S1K a 55m di profondità. Interessante che il picco a 400 Hz individuato in Figura 27 (in S100) si riscontra anche in questi dati, sulla stessa direttrice, a maggiore distanza.

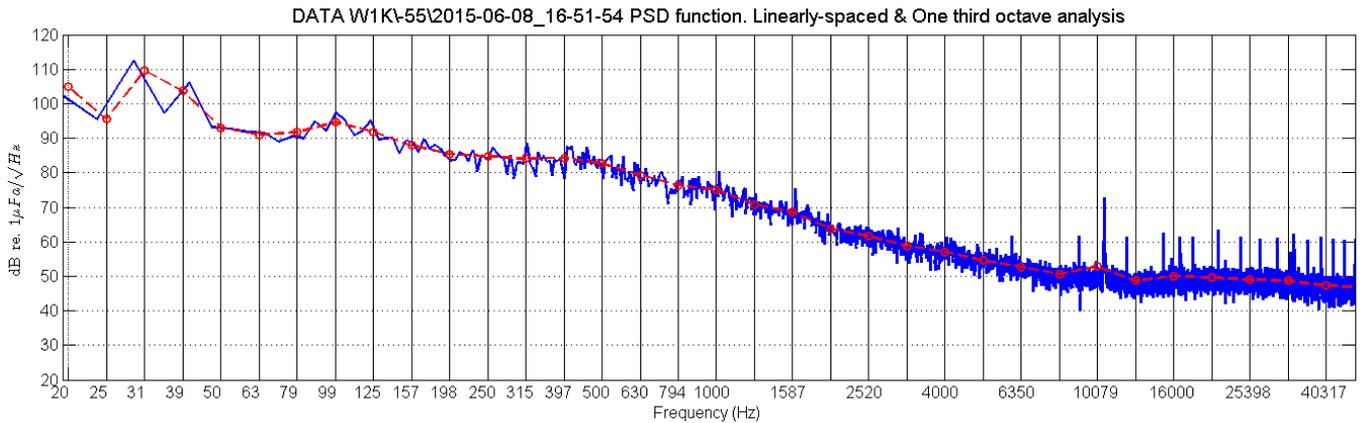


Figura 33 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W1K a 55m di profondità. Il picco a 400 Hz è invece sparito (o quasi) sulla direttrice Ovest.

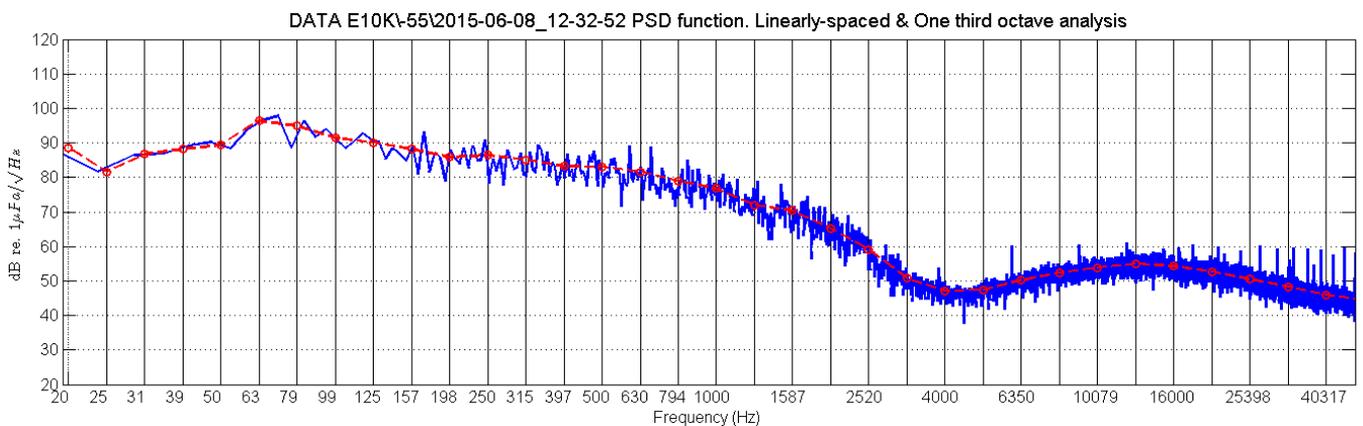


Figura 34 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E10K a 55m di profondità. Si riscontra la presenza di barche relativamente vicine a causa dei livelli e della forma dello spettro.

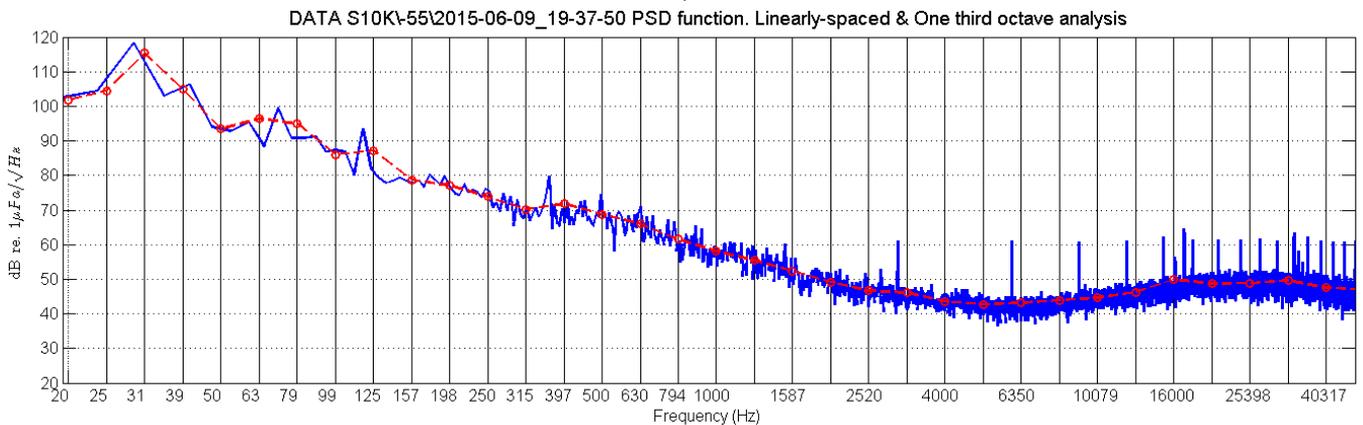


Figura 35 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S10K a 55m di profondità. È evidente il passaggio di una nave nelle vicinanze del punto di misura, visti gli elevati livelli di rumore, specialmente alle basse frequenze.

Per cercare di individuare possibili componenti di rumore che provengano dal Terminale, si è seguita una procedura di confronto tra misure. Sono stati confrontati:

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

La Figura 36 mostra il confronto dei livelli di rumore a 55m registrati sulla direttrice Sud a 100, 1000 e 10000m.

A bassa frequenza (almeno sotto i 200 Hz) i dati a 100m e 10km di distanza sono caratterizzati dalla presenza di traffico marittimo. Oltre i 150 Hz il rumore nella stazione più lontana è decisamente inferiore agli altri fino a circa 16-20 kHz, dove le curve tendono a riunirsi, e dove il rumore dovrebbe essere dominato da fattori meteo (vento).

La discrepanza più evidente rispetto alla curva di PSD a 100m è nel range di frequenze intorno a 4kHz, un range in cui però il rumore di barche (incluse quelle del Terminale) è sicuramente importante.

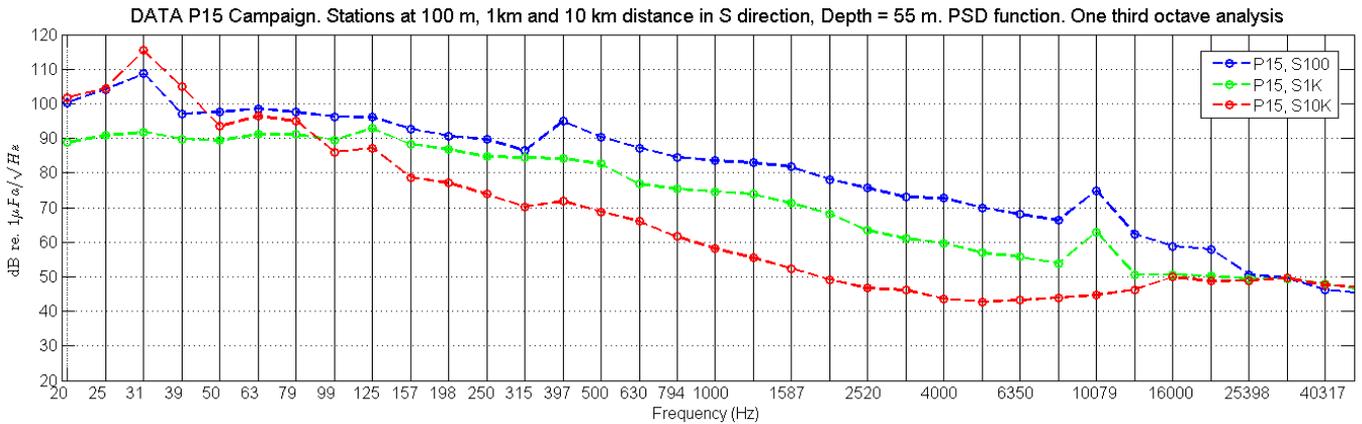


Figura 36 - Confronto delle funzioni PSD in terzi d'ottava, relative a dati raccolti sulla direttrice Sud a distanza 100, 1000 e 10000m dal Terminale e a profondità 55m.

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 certa variazione è centrata a circa 12 kHz, questa è la frequenza del modello di emissione della sorgente a cui vengono calcolati i risultati di Transmission Loss (TL).

Parametri oceanografici

Dal confronto dei vari profili misurati durante questa campagna (Figura 37) si desume che il range di variabilità di velocità è estremamente limitato da un punto all'altro. Soltanto il profilo in S1K si differenzia dagli altri a partire dai 25m di profondità. Tutti i profili sono dominati da un forte gradiente negativo, che implica una curvatura dei raggi sonori verso il basso, tipico della imminente stagione estiva. Il termoclino superficiale si registra tra i 5 e i 10m circa.

Selezione di simulazioni significative e confronto con i dati reali

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

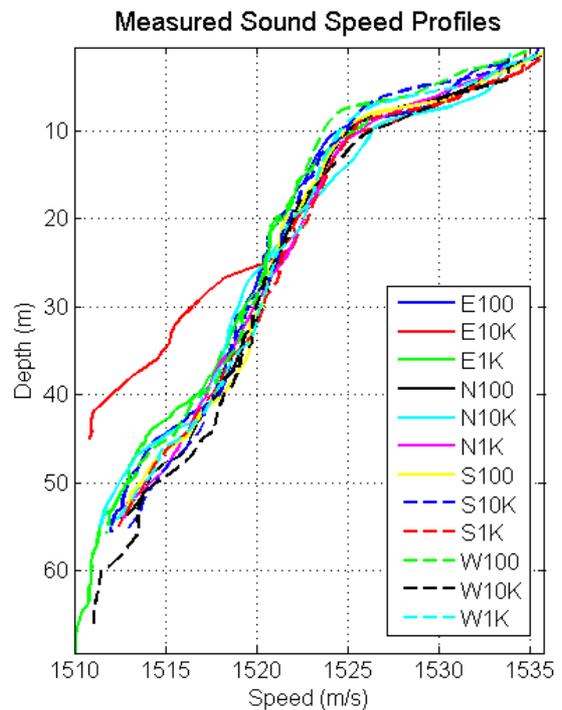


Figura 37 - Confronto di tutti i profili di velocità del suono misurati durante la campagna sperimentale. Tutti i profili sono caratterizzati da un gradiente negativo. Il termoclino principale si verifica tra i 5 e i 10m. Solo il profilo in S1K si differenzia dagli altri, ma a partire dai 25m di profondità.

Per uniformità con la presentazione dei dati reali consideriamo il profilo di velocità del suono sulla direttrice Sud (Figura 38 e Figura 39). A causa del forte gradiente negativo del profilo, la caduta del segnale è talmente significativa che a 1km ci si aspetta che esso sia calato di più di 100dB, risulti quindi interamente dominato dal rumore ambiente, fissata la profondità della sorgente a 5m. Questo, se confrontato con i dati, indicherebbe che la curva di rumore S1K in Figura 36 è solo rumore ambiente. Simile comportamento presenta la simulazione della propagazione del suono lungo la direttrice Ovest (Figura 40), basata sul profilo di velocità del suono misurato alla stazione W1K, l'unico per cui si ha ancora del segnale significativo a 1km di distanza a 55m di profondità. Anche in questo caso la caduta predetta è di circa 36 dB, quindi il segnale a 1km risulterebbe molto inferiore al rumore ambiente.

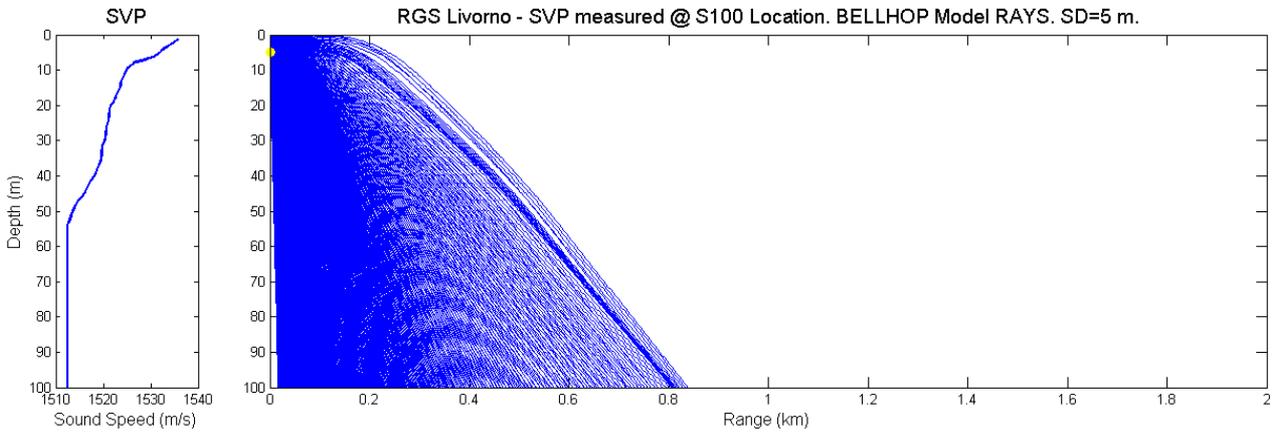


Figura 38 - Simulazione dei percorsi dei raggi/beam lanciati da una sorgente a 5 m di profondità sulla direttrice Sud, assunto il profilo di velocità misurato in S100 (modello Bellhop). I valori a 100 e 1000m di distanza orizzontale dalla sorgente a profondità 55m sono evidenziati per poter permettere un confronto con i dati reali misurati (Figura 36).

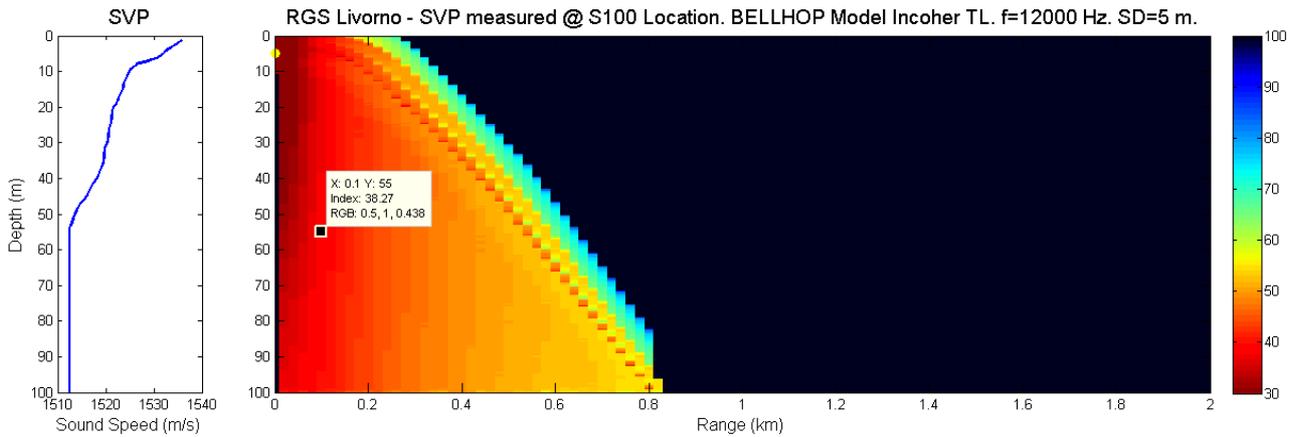


Figura 39 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz, corrispondente al modello creato in Figura 38 (modello Bellhop).

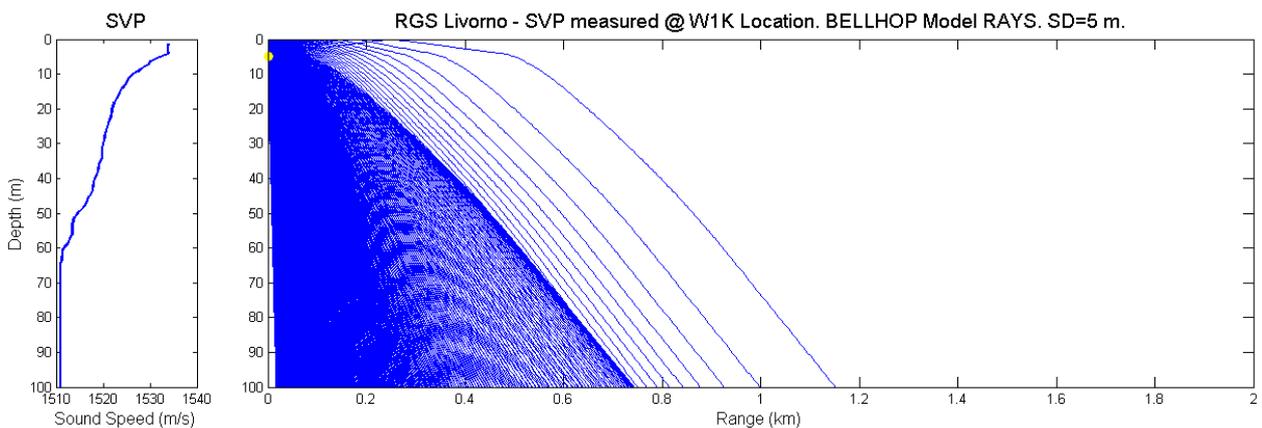


Figura 40 - Simulazione dei percorsi dei raggi/beam lanciati da una sorgente a 5m di profondità, assunto il profilo di velocità misurato in W1K (modello Bellhop).

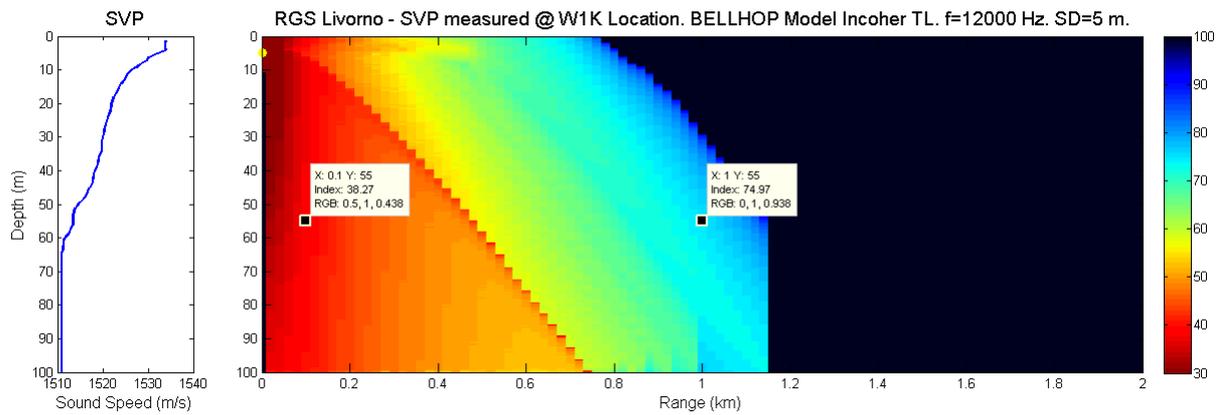


Figura 41 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz, corrispondente al modello creato in Figura 40 (modello Bellhop) sulla direttrice Ovest.

In conclusione, da queste simulazioni si deduce che, in condizioni ambientali come queste, caratterizzate da un profilo di velocità del suono tipicamente estivo, quindi con accentuato gradiente negativo che induce il suono a dirigersi verso il basso per poi perdersi nel fondale, qualunque rumore acustico emesso dalle attività del Terminale decade almeno di 36 dB su 1km.

Nelle precedenti relazioni si è dedotto un livello di rumore alla sorgente (SL) sempre dell'ordine dei 110 dB, quindi, anche in presenza di tale emissione, la perdita sarebbe tale da scendere ben al di sotto delle soglie di sicurezza per i cetacei nell'immediato intorno del Terminale.

5.3.2 Bioacustica

Nella campagna primavera 2015 non sono state effettuate registrazioni.

6 RISULTATI SURVEY ESTATE 2015

6.1 COLONNA D'ACQUA

6.1.1 Profili idrologici

La temperatura (Figura 42) varia in un range compreso tra 14,08 e 26,09°C in linea con le temperature tipiche del periodo estivo e della zona di indagine; è evidente sia la presenza di uno strato superficiale di 35metri circa con temperatura costante sia di un termoclino marcato a partire dalla profondità di 35metri con una netta diminuzione della temperatura (12°C); il profilo, a partire dai 35metri circa, mostra come la temperatura tenda a diminuire costantemente senza però raggiungere una omogeneità dei valori (situazione fisica che è tipica del periodo prettamente estivo).

La salinità (Figura 43) mostra l'andamento classico di questo parametro nel periodo considerato: si osservano valori abbastanza omogenei o in leggera diminuzione nei primi 50 metri e un successivo aumento dei medesimi con l'aumentare della profondità (tipico andamento della salinità alle nostre latitudini nel periodo di monitoraggio). I valori variano nel range compreso tra 36,95 e 39,02 ppt.

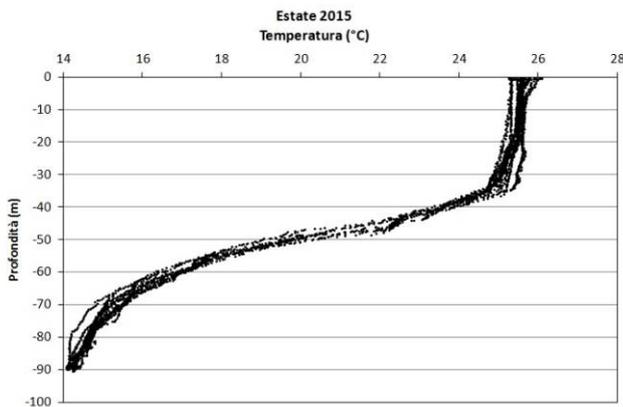


Figura 42 - Temperatura (°C).

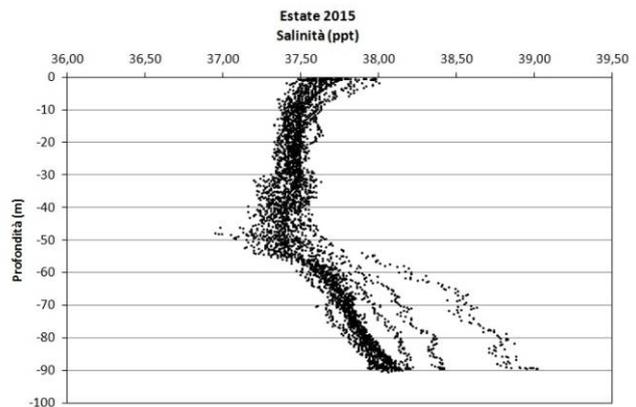


Figura 43 - Salinità (ppt).

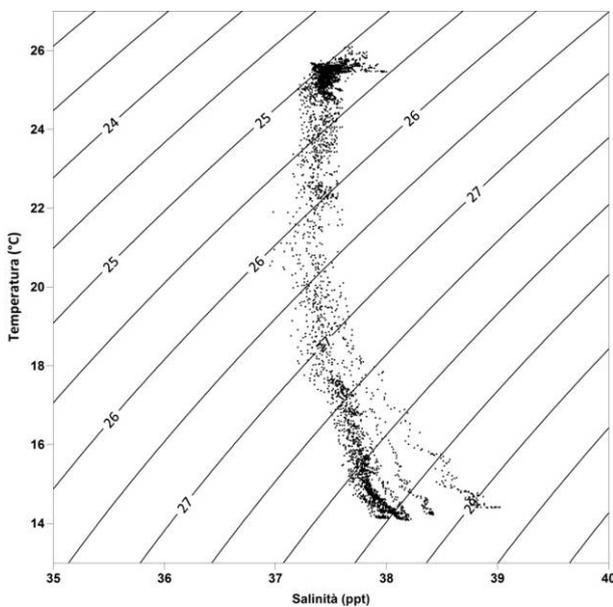


Figura 44 - Diagramma T/S.

Il diagramma T/S (Temperatura/Salinità) (Figura 44) mostra come le variazioni nelle masse d'acqua nell'intorno del rigassificatore avvengano soprattutto per la temperatura ($\Delta T \approx 12^\circ\text{C}$) e questo è in buon accordo con il riscaldamento superficiale a cui sono soggette le masse d'acqua; nel grafico è evidente il termoclino compreso nella parte centrale del grafico (diradamento dei punti di misura) con valori tra 16 e 24°C.

Come anticipato precedentemente, questo è in buon accordo con le caratteristiche delle masse d'acqua fortemente influenzate dal periodo di campionamento.

La percentuale di saturazione dell'ossigeno disciolto, DO%, (Figura 45) presenta valori nel range 80-110%; le masse d'acqua presentano valori simili lungo tutto il profilo.

La fluorescenza (Figura 46), esprime valori in mg m^{-3} che variano tra 0,00 e 1,44. L'andamento del profilo evidenzia anche in questo caso la presenza del termoclino che funziona da barriera fisica separando le masse d'acqua superficiali da quelle sottostanti: lo strato superficiale ha valori pressoché omogenei, mentre il profilo sottostante mostra il classico andamento della fluorescenza che tende ad aumentare in prossimità del fondo.

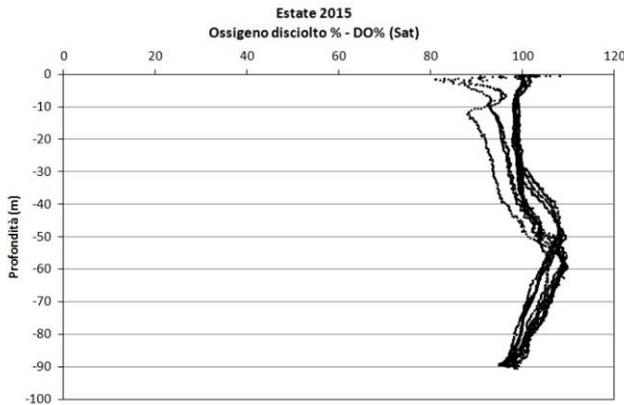


Figura 45 - Saturazione dell'ossigeno disciolto (%).

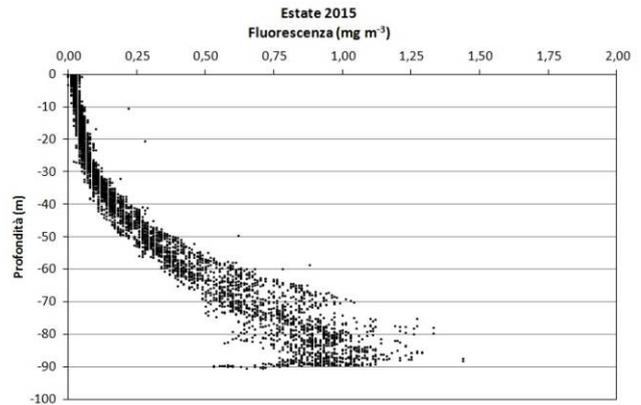


Figura 46 - Fluorescenza (mg m^{-3}).

I valori di pH (Figura 47) sono compresi tra 8,08 e 8,43. Ricordando che i valori tipici del pH dell'acqua di mare variano nel range 7,7-8,4, tutte le stazioni hanno i valori compresi in questo range, con un ΔpH veramente limitato (0,35) ad indicare un'ottima omogeneità delle masse d'acqua intorno al rigassificatore.

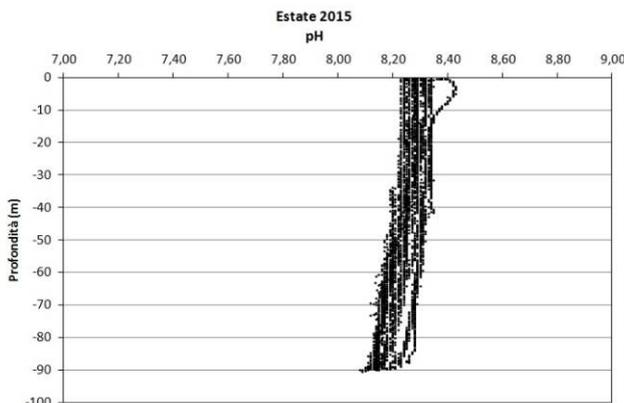


Figura 47 - pH.

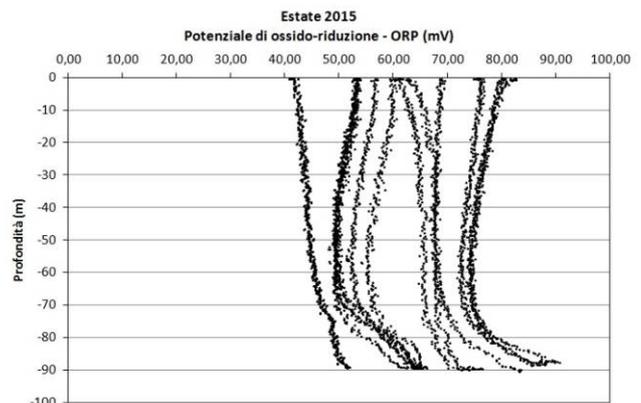


Figura 48 - ORP (mV).

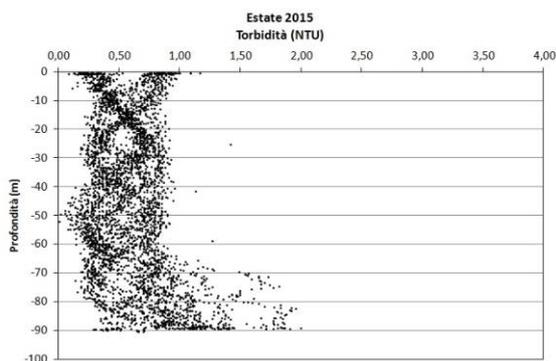


Figura 49 - Torbidità (NTU).

I valori del potenziale redox, ORP, (Figura 48) variano in un range limitato, tra 40 e 91 mV; l'andamento dei profili dell'ORP è regolare (ed opposto all'andamento dei profili del pH) e non mostra situazioni particolari.

La torbidità (Figura 49) mostra valori molto bassi, praticamente tutti compresi tra 0 ed 2 NTU (la maggior parte compresa tra 0 e 1,2 NTU) ad indicare come le masse d'acqua intorno al rigassificatore contengano materiale in sospensione in quantità decisamente limitata.

Misure di irradianza e irradianza spettrale

In Figura 50 sono mostrati i profili di irradianza PAR (Photosynthetic Available Radiation) sottomarina normalizzati rispetto a quella contemporanea superficiale alle stazioni E15 MG7 e E15 MG10. La profondità della zona eufotica (Z_{eu}) varia tra 76m registrata alla stazione E15 MG6 e 80 m della stazione E15 MG10. Alla stazione E15 MG7 la Z_{eu} è 77 m e alla E15 MG10 è 80m, profondità simili a quelle misurate nelle altre campagne estive.

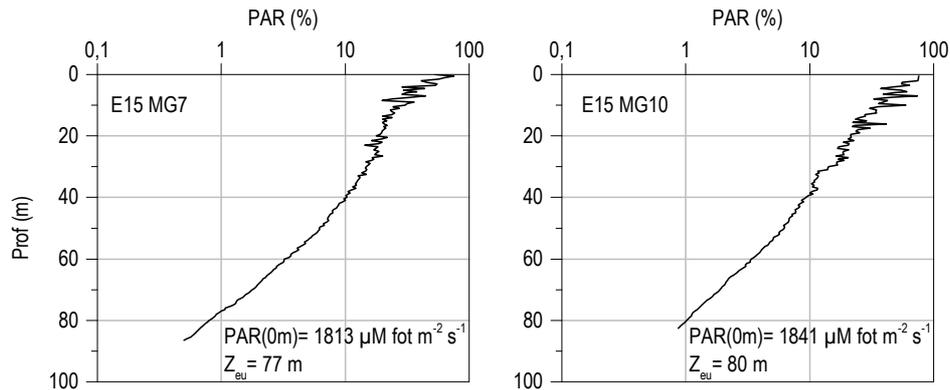


Figura 50 - Profilo del rapporto fra l'irradianza quantica PAR (Photosynthetic Available Radiation) disponibile alle varie profondità con quella contemporanea in superficie, PAR (0m), delle stazioni E15 MG7 e E15 MG10.

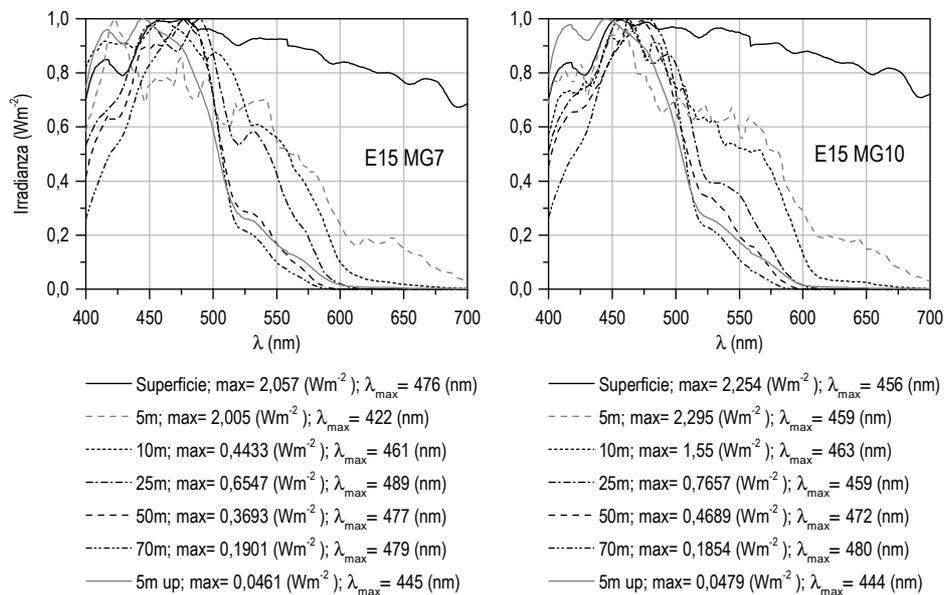


Figura 51 - Irradianza spettrale discendente superficiale e subacquea alle profondità indicate. E' inoltre riportata la irradianza spettrale ascendente a 5m (5m up). Ogni spettro è stato normalizzato per il proprio massimo ($E_{max}(\lambda)$) riportato nella legenda insieme con la lunghezza dove si colloca (λ_{max}).

In Figura 51 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 5m tutti normalizzati per i loro massimi, alle stazioni E15 MG7 e E15 MG10. Confrontando gli spettri si nota che la radiazione più penetrante (λ_{max}) si attesta, alle profondità maggiori, tra 479 nm della stazione E15 MG7 e 480 nm alla stazione E15 MG10.

6.1.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

Nutrienti inorganici disciolti

In Tabella 27 sono riportate le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), silicati (SiO_2), rilevate nelle 8 stazioni campionate. Le concentrazioni medie (tutte le stazioni e tutte le profondità) sono: NO_2 0,041 μM , NO_3 0,169 μM , PO_4 0,084 μM e SiO_2 1,061 μM , mostrando poca differenza da quelle rilevate nel campionamento primaverile. Le variazioni più evidenti sono a carico dei nutrienti azotati (nitriti e nitrati) che sono un po' più bassi che nel precedente campionamento, mentre ortofosfati e silicati non presentano variazioni di rilievo.

L'andamento con la profondità (Figura 52) è abbastanza simile per tutti i nutrienti ed è caratterizzato da una notevole omogeneità lungo tutta la colonna d'acqua, con tendenza a diminuire dalla superficie al fondo. E15 MG6 presenta le concentrazioni maggiori di nitriti, fino a 0,073 μM , concentrazioni che nelle altre stazioni sono comprese tra 0,016 e 0,07 μM . Per quanto riguarda gli ortofosfati si può segnalare la stazione E15 MG5 con la concentrazione di 0,225 μM a 0m, che è il valore più elevato di tutti, mentre i silicati hanno concentrazioni uniformemente distribuite tra 0,98 e 1,19 μM in tutte le stazioni. Le variazioni maggiori sono a carico dei nitrati, soprattutto in superficie, dove il range va da 0,04 a 0,45 μM , e dove è di nuovo la stazione E15 MG5 a presentare la concentrazione più alta a 0m (0,439 μM). La concentrazione più bassa è invece rilevata alle stazioni E15 MG9 a 12,5m (0,29 μM) e E15 MG7 a 70m (0,031 μM). Non sono comunque rilevabili situazioni di anomalia.

Tabella 27 - Concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti (μM).

Stazione	Prof. m	SiO ₂ μM	PO ₄ μM	NO ₂ μM	NO ₃ μM	Stazione	Prof. m	SiO ₂ μM	PO ₄ μM	NO ₂ μM	NO ₃ μM
E15 MG3	0,5	1,007	0,051	0,040	0,063	E15 MG9	0,5	1,032	0,076	<0,03	0,303
	12,5	1,093	0,057	0,060	0,068		12,5	0,993	0,048	0,053	<0,03
	50	1,064	0,140	0,042	0,212		50	0,977	0,092	0,039	0,176
	70	1,090	0,096	0,055	0,130		70	1,080	0,074	<0,03	0,120
E15 MG5	0,5	1,079	0,225	0,037	0,439	E15 MG10	0,5	1,092	0,136	0,035	0,266
	12,5	1,097	0,082	0,038	0,259		12,5	1,015	0,105	0,053	0,348
	50	1,116	0,056	0,043	0,097		50	1,143	0,095	0,041	0,179
	70	1,198	0,035	0,039	0,109		70	1,074	0,043	<0,03	0,082
E15 MG6	0,5	1,047	0,122	0,036	0,178	E15 MG12	0,5	1,020	0,063	0,049	0,083
	12,5	1,109	0,076	0,067	0,043		12,5	1,053	0,067	0,036	0,100
	50	1,074	0,102	0,073	0,252		50	1,000	0,087	<0,03	0,289
	70	1,042	0,076	0,061	0,121		70	1,088	0,088	<0,03	0,194
E15 MG7	0,5	1,051	0,104	<0,03	0,229	E15 MG13	0,5	1,097	0,036	0,049	0,072
	12,5	1,035	0,040	0,048	0,062		12,5	1,082	0,056	0,044	0,200
	50	1,027	0,155	<0,03	0,236		50	1,026	0,076	0,067	0,172
	70	1,000	0,031	0,032	0,031		70	1,051	0,086	0,031	0,259

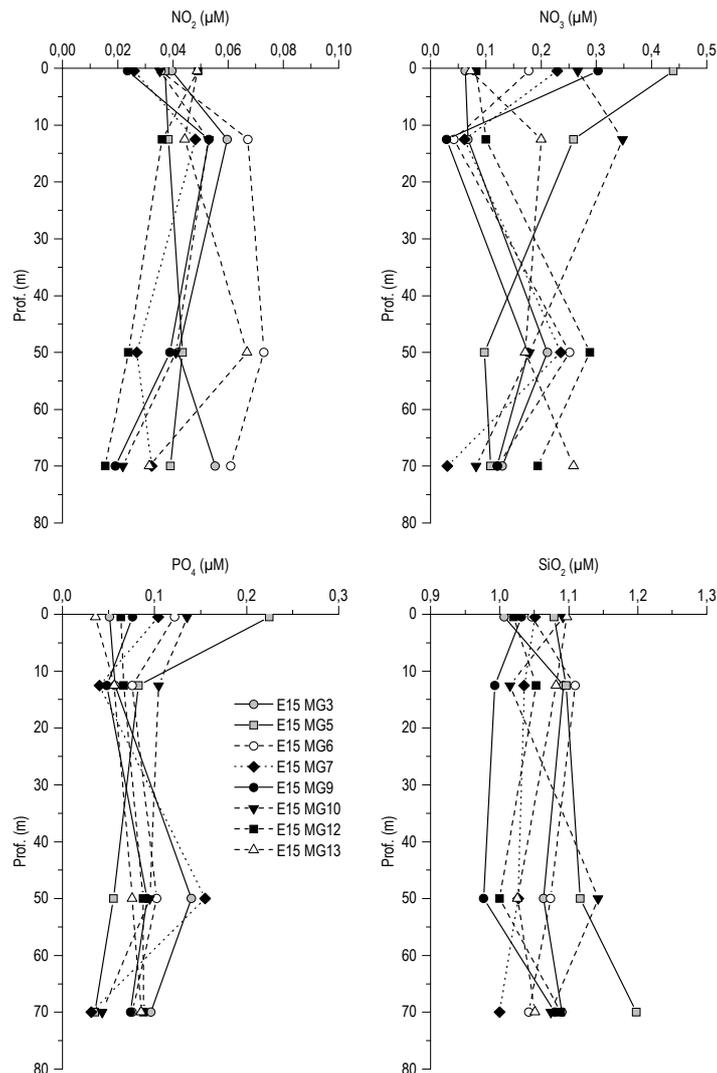


Figura 52 - Profili delle concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti: NO₂ (nitriti), NO₃ (nitrati), PO₄ (fosfati), SiO₂ (silicati).

Solidi sospesi (Total Suspended Matter)

Le concentrazioni di TSM in tutte le stazioni sono riportate in Tabella 28. Il valore medio generale è 1,028 mg L⁻¹, il minimo è 0,676 mg L⁻¹ alla stazione E15 MG5 a 0,5m ed il massimo è 1,716 mg L⁻¹ alla stazione E15 MG12 a 50m. Non sono state rilevate concentrazioni anomale.

Tabella 28 - Concentrazione dei solidi sospesi (TSM) nelle diverse stazioni rilevate.				
Prof. m	Stazione	TSM mg L ⁻¹	Stazione	TSM mg L ⁻¹
0,5	E15 MG3	0,8517	E15 MG9	1,0790
12,5		0,8193		0,7303
50		0,7043		0,7537
70		1,0880		0,8307
0,5	E15 MG5	0,6760	E15 MG10	0,9467
12,5		0,9103		1,1463
50		0,7387		1,2707
70		0,7100		1,0380
0,5	E15 MG6	1,4220	E15 MG12	0,9940
12,5		1,3447		1,0107
50		1,5837		1,7163
70		1,3587		1,2840
0,5	E15 MG7	1,1213	E15 MG13	0,9670
12,5		0,9507		1,0377
50		1,0590		1,0127
70		1,0010		0,7037

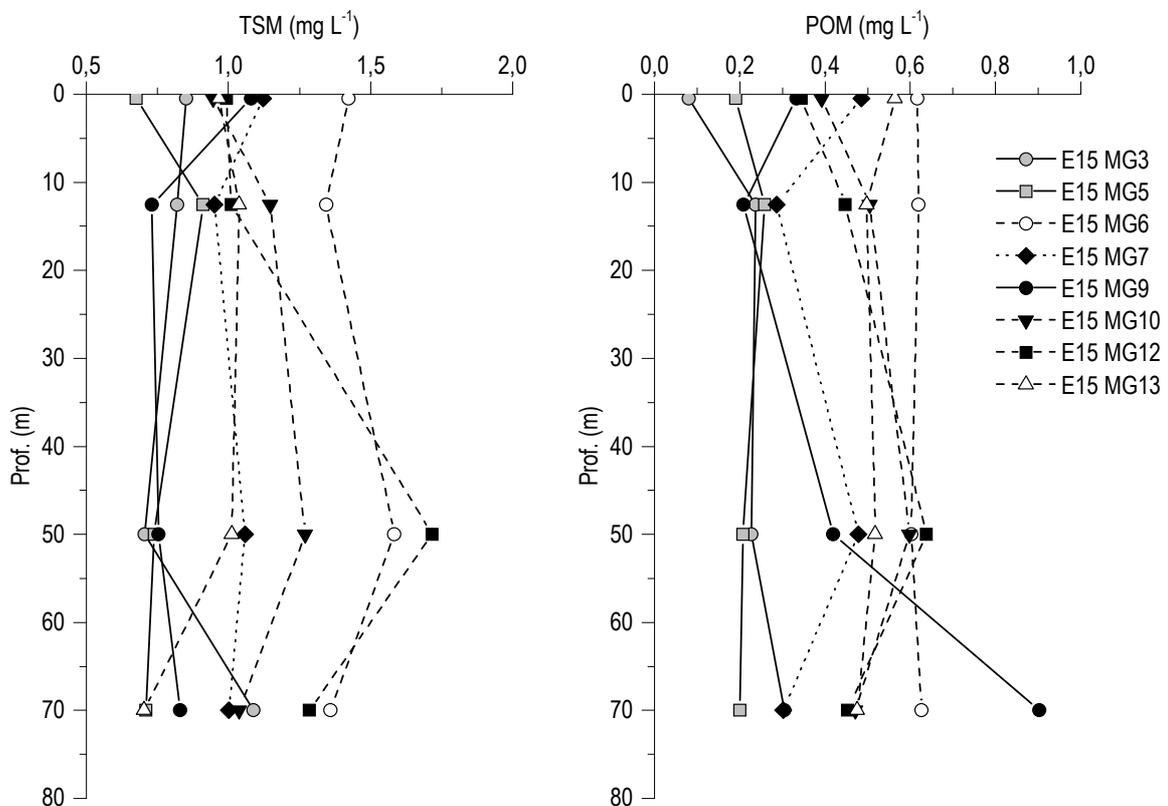


Figura 53 - Profili delle concentrazioni dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM) nelle diverse stazioni.

I profili batimetrici delle concentrazioni di TSM (Figura 53) mostrano che le stazioni E15 MG3, E15 MG5 ed E15 MG9 hanno valori molto simili tra loro e più bassi rispetto alle altre stazioni con massimi tra 0,5 e 12,5m tranne che per la E15 MG3 che presenta il massimo in profondità. In tutte le altre stazioni i massimi si registrano a 50m ad eccezione delle E15 MG7 ed E15 MG13 in cui il massimo assoluto si trova rispettivamente a 0,5m e 12,5m ma a 50m si verifica un secondo aumento.

La frazione di POM (frazione organica) rispetto al TSM è in media del 38,84 %, variando tra il 9,36 % (E15 MG3 0,5m) ed il 67,64% (E15 MG13 70m), e i profili batimetrici presentano andamenti simili a quelli già descritti per i TSM. Le concentrazioni maggiori si hanno alla stazione E15 MG6 mentre il massimo assoluto si verifica alla E15 MG13 a 70m.

Sostanza organica disciolta cromoforica (CDOM)

Gli assorbimenti della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM(325)}$) sono in media $0,281 \text{ m}^{-1}$ e variano da un minimo di $0,141 \text{ m}^{-1}$ alla stazione E15 MG5, a 0,5m ad un massimo di $0,722 \text{ m}^{-1}$ alla stazione E15 MG10 a 12,5m (Tabella 29). I profili batimetrici di $a_{CDOM(325)}$ hanno valori minimi in superficie ed aumentano con la profondità con i massimi tra 50 e 70m (Figura 54). Solo la stazione E15 MG10 si discosta da questo andamento generale presentando un massimo evidente a 12,5m, ma sempre di scarsa entità.

Tabella 29 - Assorbimento della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm				
Prof. m.	Stazione	$a_{CDOM(325)} \text{ m}^{-1}$	Stazione	$a_{CDOM(325)} \text{ m}^{-1}$
0,5	E15 MG3	0,1598	E15 MG9	0,1435
12,5		0,1703		0,1620
50		0,1681		0,2984
70		0,3568		0,3723
0,5	E15 MG5	0,1416	E15 MG10	0,1751
12,5		0,2224		0,7228
50		0,2931		0,4812
70		0,3980		0,4437
0,5	E15 MG6	0,1555	E15 MG12	0,1620
12,5		0,1742		0,1949
50		0,3064		0,3703
70		0,3673		0,3142
0,5	E15 MG7	0,1526	E15 MG13	0,1422
12,5		0,1610		0,2065
50		0,2993		0,3099
70		0,3863		0,3713

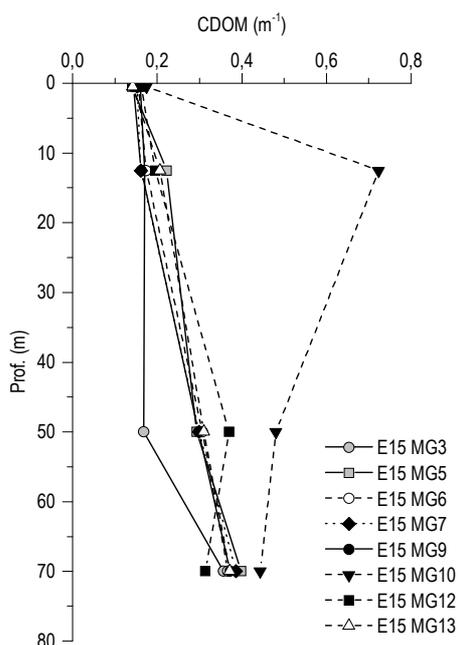


Figura 54 - Profili degli assorbimenti della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM(325)}$) nelle diverse stazioni.

Clorofilla *a* (Chl *a*) e diversità pigmentaria

La clorofilla *a* presenta una concentrazione media di 0,103 mg m⁻³ e varia da un minimo di 0,035 mg m⁻³ alla stazione E15 MG5 a 0,5m ad un massimo di 0,240 mg m⁻³ alla stazione E15 MG12 a 70m (Tabella 30). I profili batimetrici (Figura 55) delle diverse stazioni sono molto simili con minimi superficiali e un progressivo aumento in profondità fino al raggiungimento dei massimi a 70m, situazione riconducibile alla stagione tardo estiva, quando la biomassa fitoplanctonica è in una fase di minimo e presenta generalmente solo dei massimi profondi.

Tabella 30 - Clorofilla <i>a</i> totale (somma della clorofilla <i>a</i> , della Divinil Clorofilla <i>a</i> e della Alloclorofilla <i>a</i> , se presenti).				
Prof. m	Stazione	chl <i>a</i> tot mg m ⁻³	Stazione	chl <i>a</i> tot mg m ⁻³
0,5	E15 MG3	0,0655	E15 MG9	0,0535
12,5		0,0633		0,0680
50		0,0714		0,1078
70		0,2027		0,2176
0,5	E15 MG5	0,0352	E15 MG10	0,0423
12,5		0,0513		0,0513
50		0,0918		0,1015
70		0,1801		0,1884
0,5	E15 MG6	0,0606	E15 MG12	0,0716
12,5		0,0418		0,0772
50		0,0802		0,1236
70		0,2016		0,2403
0,5	E15 MG7	0,0461	E15 MG13	0,0359
12,5		0,0692		0,0795
50		0,0755		0,0975
70		0,1919		0,2001

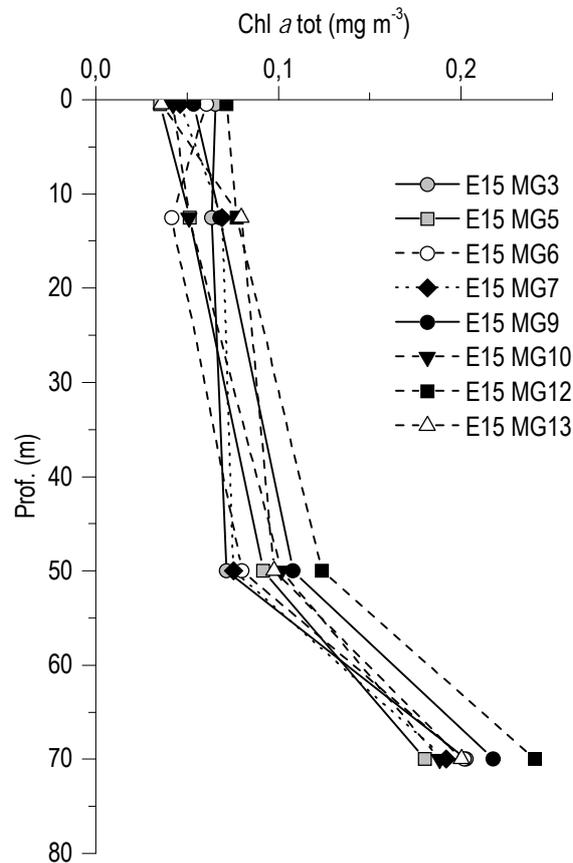


Figura 55 - Profili della concentrazione di clorofilla *a* tot, alle diverse stazioni.

Tabella 31 - Concentrazioni (mg m^{-3}) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici (per le sigle vedere i metodi).

Stazione	Prof.m	Fuco	Perid	Hex-Fuco	But-Fuco	Prasino	Allo	Zea	DVA	Chl b
E15 MG3	0,5	0,0058	0,0080	0,0170	0,0074	0,0004	0,0002	0,0121	0,0036	0,0134
	12,5	0,0060	0,0069	0,0228	0,0081	0,0000	0,0000	0,0168	0,0012	0,0108
	50	0,0035	0,0078	0,0210	0,0061	0,0000	0,0002	0,0159	0,0012	0,0194
	70	0,0068	0,0082	0,0525	0,0233	0,0017	0,0000	0,0445	0,0837	0,0337
E15 MG5	0,5	0,0015	0,0107	0,0118	0,0018	0,0002	0,0003	0,0129	0,0016	0,0152
	12,5	0,0026	0,0078	0,0136	0,0054	0,0000	0,0000	0,0200	0,0016	0,0162
	50	0,0062	0,0079	0,0253	0,0117	0,0007	0,0000	0,0304	0,0163	0,0348
	70	0,0064	0,0075	0,0471	0,0193	0,0015	0,0000	0,0421	0,0825	0,0455
E15 MG6	0,5	0,0027	0,0081	0,0188	0,0058	0,0004	0,0000	0,0128	0,0023	0,0058
	12,5	0,0034	0,0076	0,0125	0,0063	0,0000	0,0000	0,0128	0,0029	0,0134
	50	0,0047	0,0075	0,0219	0,0119	0,0000	0,0000	0,0247	0,0084	0,0297
	70	0,0053	0,0069	0,0663	0,0262	0,0022	0,0000	0,0285	0,0764	0,0383
E15 MG7	0,5	0,0028	0,0068	0,0153	0,0038	0,0003	0,0000	0,0106	0,0018	0,0184
	12,5	0,0035	0,0090	0,0249	0,0069	0,0000	0,0000	0,0130	0,0053	0,0149
	50	0,0044	0,0077	0,0226	0,0109	0,0000	0,0000	0,0259	0,0084	0,0072
	70	0,0070	0,0066	0,0563	0,0234	0,0005	0,0000	0,0388	0,0767	0,0303
E15 MG9	0,5	0,0026	0,0076	0,0174	0,0030	0,0003	0,0000	0,0153	0,0028	0,0182
	12,5	0,0038	0,0080	0,0257	0,0054	0,0000	0,0000	0,0188	0,0013	0,0164
	50	0,0093	0,0073	0,0314	0,0150	0,0000	0,0000	0,0364	0,0176	0,0284
	70	0,0090	0,0084	0,0672	0,0288	0,0013	0,0008	0,0498	0,0873	0,0330
E15 MG10	0,5	0,0024	0,0086	0,0159	0,0050	0,0000	0,0000	0,0110	0,0032	0,0042
	12,5	0,0058	0,0069	0,0145	0,0127	0,0000	0,0000	0,0132	0,0014	0,0203
	50	0,0078	0,0072	0,0276	0,0185	0,0000	0,0000	0,0296	0,0134	0,0236
	70	0,0061	0,0071	0,0471	0,0240	0,0003	0,0017	0,0287	0,0832	0,0423
E15 MG12	0,5	0,0050	0,0071	0,0195	0,0082	0,0000	0,0003	0,0125	0,0046	0,0202
	12,5	0,0090	0,0076	0,0234	0,0162	0,0000	0,0000	0,0148	0,0023	0,0190
	50	0,0075	0,0078	0,0307	0,0154	0,0003	0,0000	0,0316	0,0191	0,0172
	70	0,0103	0,0061	0,0842	0,0380	0,0014	0,0011	0,0315	0,0690	0,0247
E15 MG13	0,5	0,0026	0,0076	0,0092	0,0031	0,0002	0,0000	0,0121	0,0007	0,0168
	12,5	0,0074	0,0075	0,0249	0,0111	0,0000	0,0000	0,0140	0,0016	0,0155
	50	0,0061	0,0080	0,0263	0,0132	0,0002	0,0000	0,0242	0,0154	0,0123
	70	0,0084	0,0083	0,0682	0,0305	0,0000	0,0000	0,0474	0,0711	0,0368

Le concentrazioni dei nove pigmenti diagnostici principali sono riportate in (Tabella 31).

Il pigmento a maggiore concentrazione media è Hex-Fuco (media 0,0307, max 0,0842 mg m^{-3}), seguono DVA (media 0,0240, max 0,0873 mg m^{-3}), Zea (media 0,0235, max 0,0498 mg m^{-3}), Chl *b* (media 0,0217, max 0,0455 mg m^{-3}), But-Fuco (media 0,0133, max 0,0380 mg m^{-3}), Perid (media 0,0077, max 0,0107 mg m^{-3}), Fuco (media 0,0055, max 0,0103 mg m^{-3}), Prasino (media 0,0004, max 0,0022 mg m^{-3}) e Allo (media 0,0001, max 0,0017 mg m^{-3}). Si tratta in generale di valori prevalentemente bassi che confermano la scarsità di biomassa autotrofa. I rapporti dei singoli pigmenti rispetto alla somma totale dei diagnostici fornisce una stima della composizione tassonomica delle comunità fitoplanctoniche (Figura 56). In media i maggiori contributi sono quindi dati da Hex-Fuco (24,7%), Zea (20,11%), Chl *b* (19,10%) e DVA (12,05%). Mentre Hex-Fuco e But-Fuco rimangono circa costanti a tutte le profondità, DVA mostra un netto aumento con la profondità e al contrario Perid diminuisce con la profondità. Zea, Chl *b* e Fuco sono abbastanza costanti fino a 50 m, ma diminuiscono poi a 70 m. I popolamenti quindi, risultano prevalentemente composti da Prymnesiophyceae e Cyanobatteri. Forniscono i contributi minori But-Fuco (marker di Dictyochophyceae, Chrysophyceae, Prymnesiophyceae non Coccolitofori) con circa il 10%, Perid (marker dei Dinoflagellati), intorno al 8%, Fuco (marker delle Diatomee) con il 5% e infine Prasino (0,2%) e Allo (0,09%). Le comunità fitoplanctoniche risultano notevolmente diversificate soprattutto nelle frazioni nanoplanctonica e picoplanctonica con una notevole frazione attribuibile a quest'ultima (in media 32%) che è data dalla somma di Zea (marker delle forme assimilabili al genere *Synechococcus*) e DVA (marker del genere *Prochlorococcus*). Il picoplancton quindi, costituito da Cyanobatteri, contribuisce maggiormente in profondità dove determina i massimi di clorofilla *a* (Figura 55).

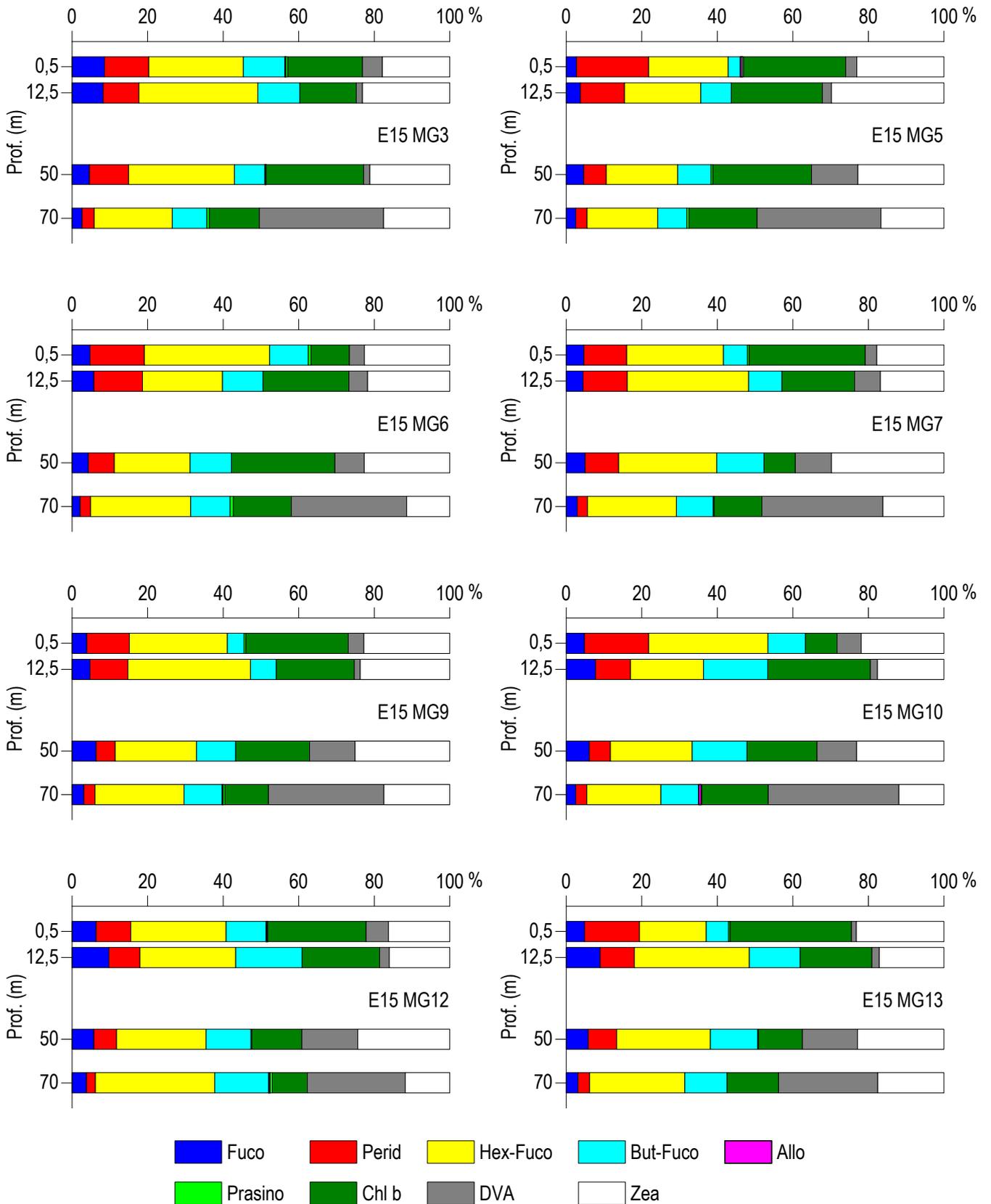


Figura 56 – Istogrammi della composizione percentuale di ognuno dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove pigmenti diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chl b+DVA+Zea).

Tensioattivi

I tensioattivi non ionici non sono stati rilevati. I tensioattivi anionici sono diffusamente presenti in basse concentrazioni Tabella 32.

Tabella 32 - Risultati della ricerca dei tensioattivi anionici e non ionici in acqua di mare lungo il profilo batimetrico. I dati sono espressi in mg/l. Le profondità di prelievo (0,5; 12,5; 50; 70) sono espresse in metri.																
	E15 MG3				E15 MG5				E15 MG6				E15 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	0,14	0,12	0,05	0,05	0,05	0,038	0,04	0,06	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,03	0,03	0,09	0,09	0,09
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
	E15 MG9				E15 MG10				E15 MG12				E15 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	0,21	0,18	0,18	0,17	< 0,03	< 0,03	0,035	0,06	0,2	0,17	0,15	0,14	0,13	0,13	0,1	0,1
Tensioattivi non ionici	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03

Cloroderivati

Questi composti (Tabella 33) sono al di sotto del limite di quantificazione in quasi tutte le stazioni. Le poche eccezioni riguardano E15 MG3 livello superficiale (0,5m) dove è stato rilevato l'acido dibromoacetico. In E15 MG7 (0,5m) è stato rilevato il bromoformio e, a 50m, il 1,1,1-tricloro-2-propanone. Il bromoformio è stato rilevato anche in E15 MG6 a 50m e 70m di profondità, E15 MG9 a 12,5m e 50m, in E15 MG10 a 50 m, 70m, e in E15 MG12 50m.

Tabella 33 - Risultati della ricerca dei cloroderivati in acqua di mare lungo il profilo batimetrico investigato in E15. I dati sono espressi in µg/l. Le profondità di prelievo (0,5; 12,5; 50; 70) sono espresse in metri.																
	E15 MG3				E15 MG5				E15 MG6				E15 MG7			
	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
Acidi Aloacetici (µg/l)																
Dalapon	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Dibromoacetico	1,3	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Tribromoacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Monobromoacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Bromodichloroacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Bromocloroacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Dichloroacetico	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Acido Tricloroacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Monocloroacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Clorodibromoacetico	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Alcoetoni. Sottoprodotti di disinfezione da clorazione (µg/l)																
Dibromoacetoneitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Dicloroacetoneitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Tricloroacetoneitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	1,2	<0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cloropicrina	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Alometani e V.O.C. (µg/l)																
Cloroformio	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Carbonio Tetracloruro	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tricloro Etilene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dicloro Bromo Metano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tetracloro Etilene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dibromo Cloro Metano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Bromoformio	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,02	<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
Alcofenoli SVOC (µg/L)																
2,4-Diclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
2,4,6-Triclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Pentaclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2

Continua Tabella 33																
	E15 MG9				E15 MG10				E15 MG12				E15 MG13			
	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
Acidi Aloacetici (µg/l)																
Dalapon	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Dibromoacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Tribromoacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Monobromoacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
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 Trichloroacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Monocloroacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Clorodibromoacetico	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Alocetonitrili. Sottoprodotti di disinfezione da clorazione (µg/l)																
Dibromoacetoneitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Dichloroacetoneitrile	<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
Trichloroacetoneitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cloropicrina	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Alometani e V.O.C. (µg/l)																
Cloroformio	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Carbonio Tetracloruro	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tricloro Etilene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dicloro Bromo Metano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tetracloro Etilene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dibromo Cloro Metano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Bromoformio	<0,01	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,2-Dibromo Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,1-Tricloro Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,2-Tricloro Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Alofenoli SVOC (µg/l)																
2,4-Diclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
2,4,6-Triclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Pentaclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2

Idrocarburi totali

Sono stati rilevati solo nel campione superficiale della stazione E15 MG6 (Tabella 34).

Tabella 34 - Risultati della ricerca di idrocarburi totali in acqua di mare lungo il profilo batimetrico. I dati sono espressi in microgrammi/litro. Le profondità di prelievo (0,5; 12,5; 50; 70) sono espresse in metri.																
E15 MG3				E15 MG5				E15 MG6				E15 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	
<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	
E15 MG9				E15 MG10				E15 MG12				E15 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	
<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	

Analisi microbiologiche

Dall'analisi microbiologica condotta nelle acque superficiali (Tabella 35) non è stata rilevata la presenza né di coliformi fecali, né di streptococchi fecali. Sporadicamente presenti sono risultati i coliformi totali.

Tabella 35 - Risultati delle analisi microbiologiche condotte nelle acque superficiali durante la stagione estiva. I dati sono espressi in ufc/100ml.								
	E15 MG3	E15 MG5	E15 MG6	E15 MG7	E15 MG9	E15 MG10	E15 MG12	E15 MG13
Streptococchi fecali (Enterococchi)	-	-	-	-	-	-	-	-
Coliformi Fecali	-	-	-	-	-	-	-	-
Coliformi totali	-	-	7,3	m.o. presenti	-	-	m.o. presenti	-

6.1.2 Saggi eco tossicologici su campioni di acqua

I valori chimico-fisici delle acque prelevate con cui sono stati effettuati i saggi biologici sono riportati in Tabella 36.

Tabella 36 - Parametri registrati nell'acqua dei campioni testati con <i>V. fischeri</i> , <i>P. lividus</i> , <i>P. tricorutum</i> e <i>D. labrax</i> . Salinità (‰); Ossigeno disciolto (mg/l).								
Campione	Prof. m	Salinità	pH	Ossigeno disciolto	Campione	Prof. m.	Salinità	Ossigeno disciolto
Controllo		38	8,18	7,50				
E15 MG3	0,5	38	8,37	7,31	E15 MG9	0,5	38	8,35
	12,5	38	8,36	7,43		12,5	38	8,39
	50	38	8,29	7,76		50	38	8,37
E15 MG5	0,5	38	8,34	7,67	E15 MG10	0,5	38	8,20
	12,5	38	8,30	7,78		12,5	38	8,19
	50	38	8,31	7,86		50	38	8,21
E15 MG6	0,5	38	8,32	7,85	E15 MG12	0,5	38	8,37
	12,5	38	8,34	7,71		12,5	38	8,29
	50	38	8,17	7,52		50	38	8,27
E15 MG7	0,5	38	8,31	7,63	E15 MG13	0,5	38	8,35
	12,5	38	8,37	7,56		12,5	38	8,34
	50	38	8,25	7,63		50	38	8,24

Vibrio fischeri

Nella Tabella 37 sono riportati i risultati relativi al test di inibizione della bioluminescenza batterica di *V. fischeri*.

Il test è stato effettuato con il lotto batterico n. 14M4173 (scadenza 12/16) Il valore della EC50(15')= 8,38mg/l (LC= 5,78mg/l e UC=12,17mg/l) ottenuto con la sostanza di riferimento ZnSO₄ · 7H₂O rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio. Il risultati del test hanno dimostrato l'assenza di tossicità in tutti i campioni di acqua testati. Tutte le percentuali massime di effetto nei campioni non diluiti sono risultati al di sotto del 20 %.

Tabella 37 - Risultati del test con il <i>V. fischeri</i> condotti su campioni di acqua (incubazione 5', 15', 30') prelevati a diverse profondità (esprese in metri). Tutti i campioni sono risultati non tossici. EC _{20/50} , max. effetto 5', effetto 15', max. effetto 30', espressi in %.													
Campione	Prof.	EC _{20/50}	max. effetto 5'	max. effetto 15'	max. effetto 30'	Tossicità	Campione	Prof.	EC _{20/50}	max. effetto 5'	max. effetto 15'	max. effetto 30'	Tossicità
E15 MG3	0,5	>90	-8,60	-13,02	-8,74	assente	E15 MG9	0,5	>90	-2,43	-1,73	-0,56	assente
	12,5	>90	-4,36	-3,58	-4,19			12,5	>90	-2,21	-1,98	-2,11	
	50	>90	-6,01	-6,52	-8,42			50	>90	-0,76	-1,23	-4,76	
E15 MG5	0,5	>90	-5,94	-6,08	-7,14		E15 MG10	0,5	>90	-3,10	-4,11	-4,87	
	12,5	>90	-6,99	-6,36	-5,33			12,5	>90	-1,58	-2,46	-1,67	
	50	>90	-11,33	-10,97	-11,25			50	>90	-2,51	-2,93	-2,81	
E15 MG6	0,5	>90	-6,46	-4,88	-6,61		E15 MG12	0,5	>90	-1,52	-0,39	-0,52	
	12,5	>90	-5,54	-5,20	-5,49			12,5	>90	-0,99	-0,68	-1,16	
	50	>90	-3,68	-4,20	-4,59			50	>90	-2,47	-2,20	-1,99	
E15 MG7	0,5	>90	-4,64	-4,46	-4,23		E15 MG13	0,5	>90	-1,05	-1,02	-3,28	
	12,5	>90	-1,07	-1,32	-1,20			12,5	>90	-2,54	-2,47	-2,74	
	50	>90	-8,54	-8,44	-8,73			50	>90	-0,95	-0,89	-1,16	

Pheodactylum tricorutum

Nella Tabella 38 sono riportati i risultati del test d'inibizione della crescita algale (72 h) con *P. tricorutum*. I risultati sono espressi come la media ± DS del numero di cellule (n. di repliche/campione=3) e come EC_{20/50} %. In tabella è anche riportata la media ± DS del numero di cellule del controllo negativi rappresentato da acqua di mare naturale.

Il test con il tossico di riferimento (potassio dicromato) ha mostrato un valore di EC₅₀ pari 14,673 mg/l (L.C. 95%: 9,98-20,72), valore che rientra all'interno della carta di controllo del laboratorio (9,12-23,54 mg/l). Le linee guida non individuano un intervallo di riferimento.

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.

In tutti i campioni la crescita algale non ha mostrato differenze statisticamente significative dai propri controlli. In tutti i casi i valori delle EC20/50 osservate sono sempre stati superiori al 90% per EC20 e 100% per EC50, indicando assenza di tossicità nei campioni di acqua testati.

Tabella 38 - Risultati del test con *Phaeodactylum tricornutum* condotti su campioni di acqua (incubazione 72 h) prelevati a diverse profondità (esprese in metri). EC_{20/50} (L.C. 95%) espressa in %.

Campione	Prof.	EC _{20/50} %	Media N. cell.±DS x 10 ⁶ /ml	Tossicità	Campione	Prof.	EC _{20/50} %	Media N. cell.±DS x 10 ⁶ /ml	Tossicità
Controllo			1,33 ± 0,138						
E15 MG3	0,5	>90/>100	1,19 ± 0,026	assente	E15 MG9	0,5	>90/>100	1,29 ± 0,007	assente
	12,5	>90/>100	1,24 ± 0,006			12,5	>90/>100	1,36 ± 0,120	
	50	>90/>100	1,22 ± 0,141			50	>90/>100	1,20 ± 0,292	
E15 MG5	0,5	>90/>100	1,21 ± 0,045		E15 MG 10	0,5	>90/>100	1,16 ± 0,227	
	12,5	>90/>100	1,20 ± 0,003			12,5	>90/>100	1,21 ± 0,019	
	50	>90/>100	1,10 ± 0,117			50	>90/>100	1,30 ± 0,012	
E15 MG6	0,5	>90/>100	1,22 ± 0,001		E15 MG 12	0,5	>90/>100	1,30 ± 0,034	
	12,5	>90/>100	1,24 ± 0,016			12,5	>90/>100	1,25 ± 0,011	
	50	>90/>100	1,31 ± 0,044			50	>90/>100	1,35 ± 0,018	
E15 MG7	0,5	>90/>100	1,26 ± 0,004		E15 MG 13	0,5	>90/>100	1,26 ± 0,032	
	12,5	>90/>100	1,29 ± 0,042			12,5	>90/>100	1,28 ± 0,021	
	50	>90/>100	1,22 ± 0,055			50	>90/>100	1,27 ± 0,023	

Dicentrarchus labrax

Nella Tabella 39 sono riportati i risultati relativi al saggio di tossicità acuta condotto sui campioni di colonna d'acqua utilizzando giovanili di *D. labrax* (47±8mm). Pur non essendo disponibile una scala di tossicità per questa tipologia di saggio biologico, tutti i campioni hanno mostrato una % di mortalità inferiore al 10%, limite indicato come mortalità accettabile nel controllo.

Si può quindi ragionevolmente dedurre che tutti i campioni hanno mostrato assenza di tossicità. Il saggio con tossico di riferimento ha mostrato valori di LC50 pari a 2,71 mg/l (L.C. 95%: 1,38 mg/l -2,91 mg/l), valore che rientra all'interno della carta di controllo del laboratorio (1,78-2,89 mg/l).

Tabella 39 - 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 8.10-8.29, salinità ‰ range 38-40, 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
		R1	R2	R3					R1	R2	R3		
Controllo	-	10	10	10	3,3								
E15 MG3	0,5	10	10	10	6,7	assente	E15 MG9	0,5	10	10	10	0,0	assente
	12,5	10	10	10	6,7			12,5	10	10	10	3,3	
	50	10	10	10	3,3			50	10	10	10	3,3	
E15 MG5	0,5	10	10	10	0,0		E15 MG10	0,5	10	10	10	0,0	
	12,5	10	10	10	6,7			12,5	10	10	10	0,0	
	50	10	10	10	6,7			50	10	10	10	3,3	
E15 MG6	0,5	10	10	10	0,0		E15 MG12	0,5	10	10	10	0,0	
	12,5	10	10	10	3,3			12,5	10	10	10	0,0	
	50	10	10	10	0,0			50	10	10	10	0,0	
E15 MG7	0,5	10	10	10	10,0		E15 MG13	0,5	10	10	10	0,0	
	12,5	10	10	10	0,0			12,5	10	10	10	0,0	
	50	10	10	10	0,3			50	10	10	10	0,0	

Paracentrotus lividus

QA-QC – Il test eseguito con la sostanza di riferimento ha fornito una EC50 di 19,04 µg l⁻¹ di Cu (LC=17,81 e UC=20,39), che rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio.

La percentuale media di embrioni allo stadio di pluteo (82 ± 1,53%) è risultata conforme, in quanto superiore al limite del 75% e inferiore al limite del 95%.

Le percentuali degli embrioni che hanno raggiunto lo stadio di pluteo nel test di embriotossicità (72ore) con *P.lividus* e successiva stima della tossicità cronica (EC20/50) dei campioni della colonna d'acqua sono riportati nella tabella Tabella 40.

Tabella 40 - Risultati del test di embriotossicità (72ore) 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		82 \pm 1,53	18	0	> 90	>100	Assente
E15 MG3/0,5	100	65 \pm 1,00	35	20	> 90	>100	Assente
	50	76 \pm 1,00	24	7			
	25	80 \pm 0,58	20	2			
E15 MG3/12,5	100	68 \pm 1,15	32	17	> 90	>100	Assente
	50	75 \pm 1,00	25	8			
	25	81 \pm 0,58	19	1			
E15 MG3/50	100	68 \pm 1,73	32	17	> 90	>100	Assente
	50	75 \pm 1,53	25	8			
	25	81 \pm 1,15	19	1			
E15 MG5/0,5	100	64 \pm 1,53	36	22	87,2	>100	Bassa
	50	73 \pm 2,52	27	11			
	25	81 \pm 1,53	19	0			
E15 MG5/12,5	100	69 \pm 1,00	31	16	> 90	>100	Assente
	50	75 \pm 1,53	25	9			
	25	81 \pm 1,00	19	1			
E15 MG5/50	100	68 \pm 0,58	32	17	> 90	>100	Assente
	50	74 \pm 2,00	26	9			
	25	81 \pm 1,00	19	1			
E15 MG6/0,5	100	61 \pm 1,00	39	25	76,4	>100	Bassa
	50	71 \pm 1,15	29	13			
	25	80 \pm 1,53	20	2			
E15 MG6/12,5	100	67 \pm 1,53	33	18	> 90	>100	Assente
	50	74 \pm 1,53	26	9			
	25	81 \pm 1,15	19	1			
E15 MG6/50	100	65 \pm 0,58	35	20	> 90	>100	Assente
	50	76 \pm 3,06	24	7			
	25	81 \pm 1,53	19	0			
E15 MG7/0,5	100	65 \pm 1,73	35	20	> 90	>100	Assente
	50	76 \pm 1,00	24	7			
	25	81 \pm 0,58	19	1			
E15 MG7/12,5	100	69 \pm 0,58	31	15	> 90	>100	Assente
	50	77 \pm 1,15	23	6			
	25	81 \pm 1,73	19	1			
E15 MG7/50	100	68 \pm 1,15	32	16	> 90	>100	Assente
	50	78 \pm 2,08	22	5			
	25	81 \pm 1,53	19	0			
E15 MG9/0,5	100	66 \pm 0,58	34	19	> 90	>100	Assente
	50	75 \pm 1,00	25	8			
	25	81 \pm 1,00	19	1			
E15 MG9/12,5	100	67 \pm 0,58	33	18	> 90	>100	Assente
	50	77 \pm 1,53	23	6			
	25	81 \pm 0,58	19	0			
E5 MG9/50	100	68 \pm 1,15	32	16	> 90	>100	Assente
	50	75 \pm 0,58	25	8			
	25	80 \pm 0,58	20	2			
E5 MG10/0,5	100	67 \pm 1,15	33	18	> 90	>100	Assente
	50	27 \pm 1,00	27	11			
	25	80 \pm 2,00	20	2			
E15 MG10/12,5	100	68 \pm 1,53	32	16	> 90	>100	Assente
	50	76 \pm 1,15	24	7			
	25	81 \pm 1,53	19	0			
E15MG10/50	100	67 \pm 2,00	33	18	> 90	>100	Assente
	50	76 \pm 1,00	24	7			
	25	81 \pm 1,75	19	1			
E15 MG12/0,5	100	64 \pm 1,15	36	21	> 90	>100	Assente
	50	72 \pm 1,73	28	12			
	25	81 \pm 2,00	19	1			
E15 MG12/12,5	100	67 \pm 0,58	33	18	> 90	>100	Assente
	50	77 \pm 0,58	23	6			
	25	82 \pm 0,58	17	1			

	Concentrazione (%) del campione	% media di plutei (\pm dev.st %)	% media di embrioni non sviluppati	Correzione ABBOTT (embrioni non sviluppati)	EC 20 (%)	EC 50 (%)	Tossicità
E15 MG12/50	100	62 \pm 1,53	38	24	79,8	>100	Bassa
	50	72 \pm 1,53	28	12			
	25	81 \pm 1,15	19	1			
E15 MG13/0,5	100	64 \pm 1,73	36	22	87,5	>100	Bassa
	50	72 \pm 1,15	28	12			
	25	80 \pm 1,53	20	2			
E15 MG13/12,5	100	65 \pm 0,58	35	24	> 90	>100	Assente
	50	76 \pm 0,58	24	7			
	25	82 \pm 1,53	18	0			
E15 MG13/50	100	64 \pm 1,53	36	22	88,8	>100	Bassa
	50	73 \pm 5,51	27	11			
	25	81 \pm 1,73	19	1			

Nella maggior parte dei campioni di acqua testati non sono state osservate le riduzioni significative delle percentuali dei plutei regolari rispetto al controllo negativo, ciò ha dimostrato l'assenza di tossicità cronica. I valori dell'EC20 relativi ai campioni di acqua E15 MG5/0,5, E15 MG6/0,5, E15 MG12/50, E15 MG13/0,5 e E15 MG13/50 dimostrano la presenza di tossicità cronica bassa.

6.1.3 Plancton

6.1.3.1 Fitoplancton

Analisi quantitativa e qualitativa del fitoplancton da bottiglia

Le comunità fitoplanctoniche mostrano densità cellulari (Tabella 44) comprese tra circa 19,9 10³ cell L⁻¹ (E15 MG10, 70 m) e 47,7 10³ cell L⁻¹ (E15 MG12, 0,5m), valori quindi piuttosto bassi che confermano le scarse concentrazioni di clorofilla. I profili verticali (Figura 57) mostrano massimi tra 0,5 e 12,5m e minimi a 70m in quasi tutte le stazioni tranne E15 MG13 che presenta valori minimi superficiali. Anche le classi componenti i popolamenti (Tabella 44) presentano quindi densità piuttosto scarse, in particolar modo le diatomee (fino a 3,9 10³ cell L⁻¹) che contribuiscono mediamente per il 6,5% ed i coccolitofori (fino a 12 10³ cell L⁻¹) in media il 22,4% del popolamento. I dinoflagellati contribuiscono maggiormente, con circa il 30% (fino a 15 10³ cell L⁻¹) ma la frazione principale del popolamento è costituita dal raggruppamento "Altro plancton" che presenta le densità maggiori (fino a 23,7 10³ cell L⁻¹) e rappresenta in media il 41%. Questo raggruppamento include flagellati nanoplanctonici di difficile identificazione specifica appartenenti a diverse classi tassonomiche (Dictyochophyceae, Chrysophyceae, Prymnesiophyceae, Chlorophyta, Cryptophyceae), come evidenziato dalla diversità pigmentaria.

Stazione	prof. (m)	Diatomee	Dinoflagellati	Coccolitofori	Altro	Totale
E15 MG6	0,5	2,61	9,83	5,50	12,58	30,53
	12,5	3,03	4,54	11,07	5,29	23,93
	50	1,26	8,43	7,24	5,84	22,77
	70	1,44	6,34	3,79	9,34	20,91
E15 MG7	0,5	3,21	8,61	11,96	8,36	32,14
	12,5	2,75	13,27	11,96	16,91	44,90
	50	2,13	12,51	9,42	11,41	35,48
	70	2,06	9,01	5,91	15,06	32,04
E15 MG10	0,5	3,99	11,24	8,62	20,45	44,30
	12,5	2,89	14,16	7,49	20,63	45,17
	50	1,54	14,08	8,18	14,28	38,09
	70	1,11	7,71	2,48	8,62	19,93
E15 MG12	0,5	2,54	15,51	10,30	19,33	47,68
	12,5	2,73	12,65	7,76	18,18	41,32
	50	1,44	15,94	5,23	23,78	46,39
	70	1,14	6,36	2,35	18,31	28,16
E15 MG13	0,5	2,16	5,55	12,02	4,51	24,24
	12,5	2,09	9,54	7,32	19,14	38,09
	50	1,41	15,63	5,97	16,30	39,30
	70	1,58	7,01	3,16	18,98	30,73

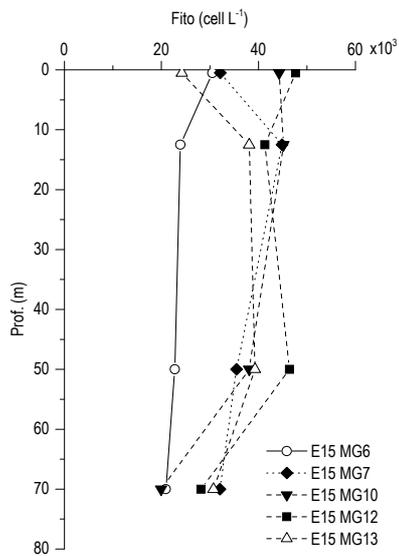


Figura 57 - Profili verticali delle densità fitoplanctoniche totali (cell L⁻¹ 10³) nelle diverse stazioni

In Tabella 42 è mostrata la distribuzione all'interno delle diverse classi di appartenenza dei 149 taxa (più la categoria dei "flagellati non identificati") individuati durante le analisi. Il maggior numero di specie identificate sono distribuite principalmente tra diatomee, dinoflagellati e coccilofori. Le comunità fitoplanctoniche sono composte da un grande numero di taxa presenti saltuariamente (109 presenti in meno del 50% dei campioni) con densità cellulari scarse ed altri taxa con densità più elevate e presenza quasi costante (40 taxa presenti in più del 50% dei campioni). L'indice di diversità di Shannon varia tra 3,56 e 4,81 bit cell⁻¹ mentre l'equitabilità varia tra 0,72 e 0,87. Dinoflagellati come *Gymnodiniaceae* spp., *Heterocapsa minima*, *Heterocapsa rotundata* e *Oxytoxum variabile*, coccilofori come *Emiliania huxleyi* e *Syracosphaera pulchra* e nanoflagellati di diversa collocazione tassonomica (*Phaeocystis* sp., *Leucocryptos marina*, *Telonema* sp.) sono i taxa dominanti in quasi tutti i campioni. Per le altre classi le forme più rappresentative sono *Pyramimonas* sp., *Pseudoscurfieldia marina* e *Halosphaera viridis* (Prasinophyceae), *Plagioselmis prolunga* (Cryptophyceae), *Nitzschia sicula*, *Fagilariopsis* sp. e *Proboscia alata* (diatomee).

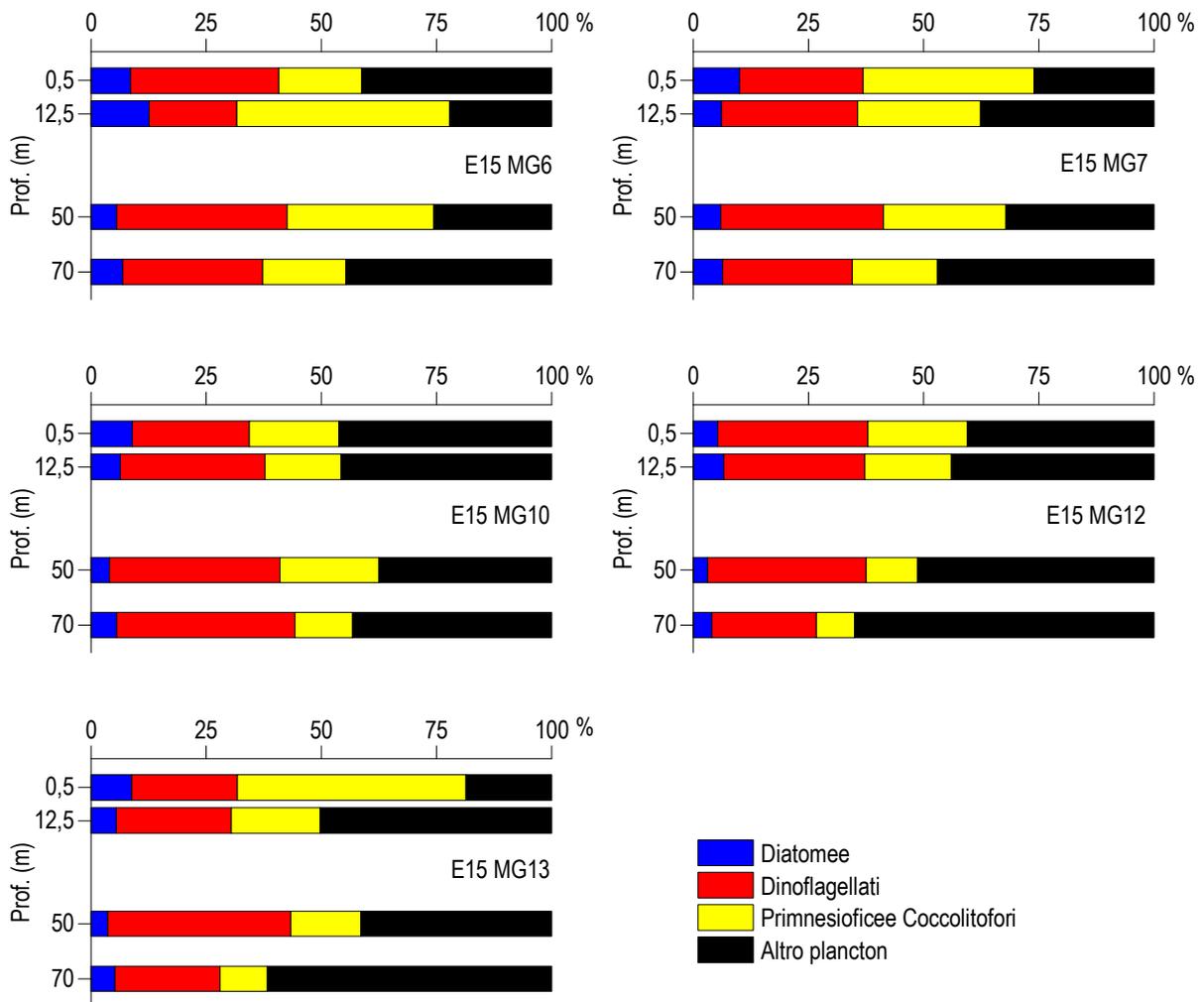


Figura 58 – Abondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda nelle diverse stazioni.

Tabella 42 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati.			
Classe	Specie	Generi	Categorie superiori*
Diatomee	25	6	3
Dinoflagellati	59	3	3
Prymnesiophyceae coccolitofori	25	5	1
Cryptophyceae	1		1
Chrysophyceae/Dictyochophyceae	4		
Euglenoidea/Chlorophyta			1
Prasinophyceae	3	2	
Prymnesiophyceae non coccolitofori	1	2	
Altro	3	1	
Totale	121	19	9

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

Tabella 43 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.		
DIATOMEE		
<i>Bacteriastrum delicatulum</i> Cleve 1897	<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1886
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928
<i>Chaetoceros dadayi</i> Pavillard 1913	<i>Hemidiscus cuneiformis</i> Wallich 1860	<i>Pseudo-nitzschia galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve 1889	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve 1873	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975	<i>Pseudo-nitzschia subfraudulenta</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Licmophora flabellata</i> (Grev.) Agardh 1831	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) Sundström 1886
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg 1838	<i>Navicula</i> spp.	<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell 1858
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	<i>Nitzschia</i> (sez. sigmatae) sp.	<i>Thalassionema cf. bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955
Diatomee centriche < 20 µm n.i.	<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve 1901	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986
Diatomee pennate < 20 µm n.i.	<i>Nitzschia sicula</i> (Castracane) Hustedt	<i>Thalassiosira pseudonana</i> Hasle & Heimdal 1970
Diatomee pennate > 20 µm n.i.	<i>Nitzschia</i> spp.	
<i>Fragilariopsis</i> spp.	<i>Paralia</i> sp.	
DINOFLAGELLATI		
<i>Actiniscus pentasterias</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1844	<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981	<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller 1937
<i>Alexandrium</i> cf. <i>minutum</i> Halim 1960	<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) Hansen 1995	<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937
<i>Amphidinium</i> cf. <i>globosum</i> Schröder 1911	<i>Karenia brevis</i> (Davis) Hansen & Moestrup 2000	<i>Phalacrocoma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911
<i>Amphidinium</i> cf. <i>sphenoides</i> Wulff 1916	<i>Karenia papilionacea</i> Haywood & Steidinger 2004	<i>Podolampas bipes</i> Stein 1883
<i>Amphidinium</i> spp.	<i>Karenia</i> spp.	<i>Podolampas palmipes</i> Stein 1883
<i>Ceratium candelabrum</i> (Ehrenberg) Stein 1883	<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & Taylor 2003	<i>Podolampas spinifer</i> Okamura 1912
<i>Ceratocorys horrida</i> Stein 1883	<i>Lingulodinium polyedrum</i> (Stein) Dodge 1989	<i>Pronoctiluca acuta</i> (Lohmann) Schiller 1933
<i>Ceratoperidinium falcatum</i> (Kofoid & Swezy) Reñé & de Salas 2013	<i>Mesoporos adriaticus</i> (Schiller) Lillick	<i>Pronoctiluca pelagica</i> Fabre-Domergue 1889
<i>Cochlodinium pulchellum</i> Lebour 1917	<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	<i>Prorocentrum ballticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970
<i>Dicroerisma psilonereia</i> Taylor & Cattell 1969	<i>Micrathodinium seliferum</i> (Lohmann) Deflandre 1937	<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975
Dinoflagellati tectati > 20 µm n.i.	<i>Minuscula bipes</i> (Paulsen) Lebour 1925	<i>Prorocentrum cordatum</i> (Ostenfeld) Dodge 1975
<i>Dinophysis planiceps</i> (Schiller) Balech 1967	<i>Neoceratium declinatum</i> (Karsten) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895
<i>Dinophysis recurva</i> Kofoid & Skogsberg 1928	<i>Neoceratium extensum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Prorocentrum rathymum</i> Loeblich, Sherley & Schmidt 1979
<i>Gonyaulax minima</i> Matzenauer 1933	<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protoperidinium cerasus</i> (Paulsen) Balech 1973
<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein 1883	<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protoperidinium</i> cf. <i>globulus</i> (Stein) Balech 1974
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing 1866	<i>Neoceratium longirostrum</i> (Gourret) Gomez, Moreira & Lopez-Garcia 2010	<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech 1974
Gymnodiniaceae < 20 µm n.i.	<i>Oxytoxum adriaticum</i> Schiller 1937	<i>Protoperidinium depressum</i> (Bailey) Balech 1974
Gymnodiniaceae > 20 µm n.i.	<i>Oxytoxum caudatum</i> Schiller 1937	<i>Protoperidinium ovum</i> (Schiller) Balech 1974
<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	<i>Oxytoxum constrictum</i> (Stein) Bütschli 1885	<i>Protoperidinium pyriforme</i> (Paulsen) Balech 1974
<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy 1921	<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller	<i>Pyrocystis obtusa</i> Pavillard 1931
<i>Gyrodinium</i> spp.	<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883	<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich III 1965
<i>Heterocapsa minima</i> Pomroy 1989	<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883	<i>Torodinium robustum</i> Kofoid & Swezy 1921
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI		
<i>Acanthoica quattrosina</i> Lohmann 1903	Coccolitofori < 10 µm n.i.	<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898
<i>Acanthoica</i> sp.	<i>Corisphaera</i> spp.	<i>Scyphosphaera apsteinii</i> Lohmann 1902
<i>Algirosphaera robusta</i> (Lohmann) Norris 1984	<i>Coronosphaera binodata</i> (Kamptner) Gaarder 1977	<i>Sphaerocalyptra quadridentata</i> (Schiller) Deflandre 1952
<i>Alisphaera ordinata</i> (Kamptner) Heimdal 1973	<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977	<i>Syracosphaera</i> cf. <i>molischii</i> Schiller 1925
<i>Anacanthoica acanthos</i> (Schiller) Deflandre 1952	<i>Cyrtosphaera aculeata</i> (Kamptner) Klejne 1992	<i>Syracosphaera histrica</i> Kamptner 1941
<i>Calcosolenia brasiliensis</i> (Lohmann) Young 2003	<i>Daktylethra pirus</i> (Kamptner) Norris 1985	<i>Syracosphaera nodosa</i> Kamptner 1941
<i>Calyptrosphaera oblonga</i> Lohmann 1902	<i>Emiliania huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler 1967	<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902
<i>Calyptrosphaera sphaeroidea</i> Schiller 1913	<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	<i>Syracosphaera</i> sp.
<i>Calyptrosphaera</i> spp.	<i>Helladosphaera cornifera</i> (Schiller) Kamptner 1937	<i>Zigosphaera hellenica</i> Kamptner 1937
<i>Ceratolithus cristatus</i> Kamptner 1950	<i>Ophiaster hydroideus</i> (Lohmann) Lohmann 1913	
<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich) Schiller 1930	<i>Pontosphaera</i> sp.	
CRYPTOPHYCEAE		
Cryptophyceae n.i.	<i>Plagioselmis prolonga</i> Butcher ex Novarino, Lucas & Morrill 1994	

Tabella 43 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.		
CHRYSTOPHYCEAE/DICTYOCOPHYCEAE		
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	<i>Meringosphaera tenerima</i> Schiller 1925	
<i>Meringosphaera mediterranea</i> Lohmann 1902	<i>Ollicola vangoorii</i> (Conrad) Vørs 1992	
CHLOROPHYTA/EUGLENOIDEA		
<i>Euglenoidea n.i.</i>		
PRASINOPHYCEAE		
<i>Halosphaera viridis</i> Schmitz 1878	<i>Pseudoscourfieldia marina</i> (Thronsdon) Manton 1975	<i>Tetraselmis sp.</i>
<i>Pachysphaera pelagica</i> Ostenfeld 1899	<i>Pyramimonas spp.</i>	
PRYMNESIOPHYCEAE NON COCCOLITOFORI		
<i>Chrysochromulina spp.</i>	<i>Phaeocystis</i> forma coloniale	
<i>Imantonia rotunda</i> Reynolds 1974	<i>Phaeocystis sp.</i>	
ALTRO		
Flagellati indeterminati < 10 µm	<i>Leucocryptos marina</i> (Braarud) Butcher 1967	<i>Telonema sp.</i>
<i>Commation cryoporinum</i> Thomsen & Larsen 1993	<i>Paulinella ovalis</i> (Wulff) Johnson, Hargraves & Sieburth 1988	

Analisi qualitativa di fitoplancton da retino

Le comunità fitoplanctoniche mostrano densità cellulari (Tabella 44) comprese tra circa $19,9 \cdot 10^3$ cell L⁻¹ (E15 MG10, 70m) e $47,7 \cdot 10^3$ cell L⁻¹ (E15 MG12, 0,5m), valori quindi piuttosto bassi che confermano le scarse concentrazioni di clorofilla. I profili verticali (Figura 57) mostrano massimi tra 0,5 e 12,5m e minimi a 70m in quasi tutte le stazioni tranne E15 MG13 che presenta valori minimi superficiali. Anche le classi componenti i popolamenti (Tabella 44) presentano quindi densità piuttosto scarse, in particolar modo le diatomee (fino a $3,9 \cdot 10^3$ cell L⁻¹) che contribuiscono mediamente per il 6,5% (Figura 58) ed i coccolitofori (fino a $12 \cdot 10^3$ cell L⁻¹) in media il 22,4% del popolamento (Figura 58). I dinoflagellati contribuiscono maggiormente, con circa il 30% (fino a $15 \cdot 10^3$ cell L⁻¹) ma la frazione principale del popolamento è costituita dal raggruppamento "Altro plancton" che presenta le densità maggiori (fino a $23,7 \cdot 10^3$ cell L⁻¹) e rappresenta in media il 41%. Questo raggruppamento include flagellati nanoplanctonici di difficile identificazione specifica appartenenti a diverse classi tassonomiche (Dictyochophyceae, Chrysophyceae, Prymnesiophyceae, Chlorophyta, Cryptophyceae), come evidenziato dalla diversità pigmentaria.

Tabella 44 - Densità fitoplanctonica totale e delle classi o gruppi identificati (cell L ⁻¹ 10 ⁻³).						
Stazione	prof. (m)	Diatomee	Dinoflagellati	Coccolitofori	Altro	Totale
E15 MG6	0,5	2,61	9,83	5,50	12,58	30,53
	12,5	3,03	4,54	11,07	5,29	23,93
	50	1,26	8,43	7,24	5,84	22,77
	70	1,44	6,34	3,79	9,34	20,91
E15 MG7	0,5	3,21	8,61	11,96	8,36	32,14
	12,5	2,75	13,27	11,96	16,91	44,90
	50	2,13	12,51	9,42	11,41	35,48
	70	2,06	9,01	5,91	15,06	32,04
E15 MG10	0,5	3,99	11,24	8,62	20,45	44,30
	12,5	2,89	14,16	7,49	20,63	45,17
	50	1,54	14,08	8,18	14,28	38,09
	70	1,11	7,71	2,48	8,62	19,93
E15 MG12	0,5	2,54	15,51	10,30	19,33	47,68
	12,5	2,73	12,65	7,76	18,18	41,32
	50	1,44	15,94	5,23	23,78	46,39
	70	1,14	6,36	2,35	18,31	28,16
E15 MG13	0,5	2,16	5,55	12,02	4,51	24,24
	12,5	2,09	9,54	7,32	19,14	38,09
	50	1,41	15,63	5,97	16,30	39,30
	70	1,58	7,01	3,16	18,98	30,73

6.1.3.2 Zooplancton

Oloplancton

I dati ottenuti dall'analisi del comparto oloplanctonico investigato nella stagione estiva 2015 (E15), confermano la dominanza della frazione a copepodi planctonici, così come registrato in tutte le campagne fin qui realizzate; i dati evidenziano che, per un'esauriva caratterizzazione e analisi della comunità oloplanctonica, l'analisi quali-quantitativa di questa sottoclasse di crostacei risulta determinante nella valutazione degli *stocks* e dei popolamenti zooplanctonici.

Nonostante la stratificazione termica della colonna d'acqua tipica delle stagioni più calde, l'elaborazione dei dati ottenuti espressi in individui/m³ illustra che la distribuzione verticale della biomassa a copepodi risulta uniforme. Modeste sono le differenze tra la porzione superficiale e profonda del comparto investigato: il dato medio maggiore riguarda i campioni raccolti tra il fondo e 50m di profondità con 726,24 individui/m³, decrescendo di poche unità spostandosi verso la superficie con 718,69 individui per m⁻³ tra 0 e 50m. Nelle pescate superficiali, frutto dei retinaggi orizzontali, il dato medio è di 314,52 copepodi/m³.

I *taxa* di copepodi identificati sono in tutto 84 (Tabella 45) in rappresentanza di 23 famiglie.

La famiglia dominante all'interno della colonna d'acqua è quella dei calanoidi clausocalanidi presente con 8 *taxa*.

Questa famiglia rappresenta costantemente oltre il 50% del comparto a Copepodi, omogeneamente distribuita dagli strati più profondi a quelli più superficiali della colonna (57,31% 0 – 5m; 60,99 % 0 – 50m; 53,48 % 50 – 100m).

Tra i clausocalanidi le specie dominanti sono *Clausocalanus furcatus*, *Clausocalanus paululus* e *Clausocalanus pergens*.

C. furcatus, in accordo con quanto descritto in letteratura, è maggiormente concentrato nella porzione della colonna d'acqua compresa tra la superficie e – 50m (58,78 ind/m³ 0 – 5m; 99,81 ind/m³ 0 – 50m; 3,58 ind/m³ 50 – 100m), mentre *C. paululus* (21,67 ind/m³ 0 – 5m; 48,98 ind/m³ 0 – 50m; 62,09 ind/m³ 50 – 100m) e *C. pergens* (44,56 ind/m³ 0 – 5 m; 147,59 ind/m³ 0 – 50m; 164,28 ind/m³ 50 – 100m) presentano, in media, una distribuzione direttamente proporzionale al crescere della profondità.

Se pur presente con concentrazioni minori, la famiglia Oithonidae è la seconda per abbondanza nel comparto investigato. I *taxa* identificati si distribuiscono omogeneamente nelle pescate verticali (80,52 ind/m³ 0 – 50m; 76,83 ind/m³ 50 – 100m), diminuendo sensibilmente nel comparto più superficiale (20,75 ind/m³ 0 – 5m). *O. longispina* e *O. setigera* sono le specie più abbondanti.

Tra i calanoidi, *Temora stylifera* (Temoridae) raggiunge concentrazioni elevate esclusivamente nella pescate effettuate tra la superficie e 50 m di profondità (27,59 ind/m³ 0 – 5m; 34,57 ind/m³ 0 – 50m) ed esibisce abbondanze inferiori nella porzione più profonda della colonna, in media 9,54 ind/m³.

La specie dominante dei precedenti *survey* estivi, il calanoide *Nannocalanus minor*, evidenzia abbondanze di poco inferiori a *T. stylifera*, ma con differente distribuzione verticale. Presente in media con 26,52 ind/m³ nelle pescate orizzontali e 26,33 ind/m³ nelle pescate profonde, è meno abbondante nelle pescate verticali tra la superficie e 50m di profondità (media di 16,47 ind/m³).

Il centropagidae *Centropages typicus*, ha distribuzione direttamente proporzionale alla profondità, raggiungendo nella porzione della colonna prossima al fondale concentrazioni superiori alle specie sopra citate (in media 38,47 ind/m³ 50 – 100 m).

Fra i calanoidi appartenenti all'iponeuston la specie maggiormente rappresentata, se pur con valori di abbondanza sempre prossimi o inferiori a 1 ind/m³, è il Pontellidae *Pontella mediterranea*.

Tra i copepodi carnivori della famiglia Candaciidae, concentrata principalmente tra 50m di profondità e il fondale, le specie più abbondanti sono *Candacia simplex* e *Candacia giesbrechti*, con abbondanze rispettivamente di 2,71 ind/m³ (E15 MG7) a 8,13 ind/m³ (E15 MG10).

Tra l'ordine Cyclopoida, la famiglia dei Corycaeidae è la più rappresentata con 9 *taxa*; 7 sono i *taxa* identificati all'interno delle famiglie Oithonidae e 6 tra gli Oncaeidae. La famiglia Sapphirinidae è notevolmente biodiversificata, ma sempre con abbondanze molto contenute per tutti gli 8 *taxa* identificati.

I Corycaeidae più abbondanti sono *Corycaeus ovalis* e *Corycaeus giesbrechti*; il più raro *Corycaeus furcifer*, evidenzia una distribuzione esclusivamente profonda lungo la colonna d'acqua, così come i Calanoidi *Mecynocera clausi*, *Heterorabdus papilliger* e il genere *Pleuromamma* (Metridinidae).

Anche gli Oncaeidae, rappresentati da 6 specie, evidenziano un progressivo aumento dei valori di abbondanza in relazione alla profondità dei campionamenti. Il più alto numero di individui per m⁻³ (61,17) è stato registrato nelle pescate tra 50m di profondità e il fondale. Da segnalare infine il primo ritrovamento dall'inizio del monitoraggio pluriennale, della specie *Triconia conifera*, prevalentemente concentrata in profondità (max = 15,71 ind/m³ nel campione 50 – 100m E15 MG7).

I copepodi Harpacticoida sono rappresentati maggiormente dalle famiglie Clytemnestridae e Ectinosomatidae: Meno abbondante rispetto alle ultime campagne è il Miracidae *Distiocolus minor*, pescato esclusivamente nel campione 50 – 100m E15 MG13.

Tabella 45 – Oloplancton. O.le=orizzontale, 50-0=campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50=campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione *in toto*.

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
Famiglia Acartiidae				Famiglia Lucicutiidae				<i>Corycaeus</i> spp	*	*	*
<i>Acartia negligens</i>	*	*	*	<i>Lucicutia flavicornis</i>	*	*	*	<i>Farranula rostrata</i>	*	*	*
<i>Acartia</i> spp	*	*	*	Famiglia Mecynoceridae				Famiglia Oithonidae			
Famiglia Augaptilidae				<i>Mecynocera clausi</i>		*	*	<i>Oithona decipiens</i>	*	*	*
<i>Haloptilus longicornis</i>		*	*	Famiglia Metridinidae				<i>Oithona longispina</i>	*	*	*
Famiglia Calanidae				<i>Pleuromamma abdominalis</i>		*	*	<i>Oithona nana</i>		*	*
<i>Nannocalanus minor</i>	*	*	*	<i>Pleuromamma gracilis</i>	*	*	*	<i>Oithona plumifera</i>	*	*	*
<i>Neocalanus gracilis</i>	*		*	Famiglia Paracalanidae				<i>Oithona setigera</i>	*	*	*
Famiglia Candaciidae				<i>Calocalanus contractus</i>	*	*	*	<i>Oithona similis</i>	*	*	*
<i>Candacia aethiopica</i>	*			<i>Calocalanus ovalis</i>		*		<i>Oithona tenuis</i>	*	*	*
<i>Candacia armata</i>	**	*	*	<i>Calocalanus pavo</i>	*	*	*	<i>Oithona</i> spp	*	*	*
<i>Candacia bispinosa</i>	*			<i>Calocalanus plumulosus</i>	*	*	*	Famiglia Oncaeidae			
<i>Candacia giesbrechti</i>	*	*	*	<i>Calocalanus styliremis</i>	*	*	*	<i>Oncaea curta</i>	*	*	*
<i>Candacia simplex</i>	*	*	*	<i>Calocalanus</i> spp	*	*	*	<i>Oncaea media</i>	*	*	*
<i>Candacia juv.</i>	*	*		<i>Paracalanus nanus</i>	*	*	*	<i>Oncaea mediterranea</i>	*	*	*
<i>Candacia varicans</i>	*			<i>Paracalanus parvus</i>	*	*	*	<i>Oncaea scottodicarloi</i>	*	*	*
Famiglia Centropagidae				<i>Paracalanus</i> spp	*	*	*	<i>Oncaea venusta</i>	*	*	*
<i>Centropages bradyi</i>	*	*		Famiglia Pontellidae				<i>Oncaea</i> spp	*	*	*
<i>Centropages kroyeri</i>	*	*	*	<i>Labidocera brunescens</i>	*			<i>Triconia conifera</i>		*	*
<i>Centropages typicus</i>	*	*	*	<i>Pontella mediterranea</i>	*			Famiglia Sapphirinidae			
<i>Centropages violaceus</i>	*	*	*	<i>Pontellina plumata</i>	*			<i>Copilia mediterranea</i>	*	*	
Famiglia Clausocalanidae				<i>Pontellopsis regalis</i>	*			<i>Copilia quadrata</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	*	*	*	<i>Pontellopsis villosa</i>	*			<i>Sapphirina angusta</i>			*

Tabella 45 – Oloplancton. O.le=orizzontale, 50-0=campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50=campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione *in toto*.

<i>Clausocalanus furcatus</i>	*	*	*	<i>Pontella juv</i>	*	*	<i>Sapphirina bicuspitata</i>	*	*
<i>Clausocalanus jobei</i>	*	*	*	Famiglia Scolecitrichidae			<i>Sapphirina gemma</i>	*	*
<i>Clausocalanus lividus</i>	*	*	*	<i>Scolecitrichella abyssalis</i>		*	<i>Sapphirina nigromaculata</i>	*	*
<i>Clausocalanus mastigophorus</i>	*	*	*	<i>Scolecitrichella dentata</i>		*	<i>Sapphirina opalina</i>		*
<i>Clausocalanus parapergens</i>	*	*	*	<i>Scolecitrix bradyi</i>	*		<i>Sapphirina ovato lanceolata</i>	*	*
<i>Clausocalanus paululus</i>	*	*	*	Famiglia Temoridae			<i>Sapphirina spp</i>	*	*
<i>Clausocalanus pergens</i>	*	*	*	<i>Temora stylifera</i>	*	*	Famiglia Clytemnestridae		
<i>Clausocalanus spp</i>	*	*	*	Famiglia Corycaidae			<i>Clytemnestra rostrata</i>	*	
Famiglia Eucalanidae				<i>Corycaeus brehmi</i>	*	*	<i>Clytemnestra scutellata</i>	*	*
<i>Rhincalanus nasutus</i>	*	*	*	<i>Corycaeus clausi</i>	*	*	Famiglia Ectinosomatidae		
Famiglia Euchaetidae				<i>Corycaeus flaccus</i>	*	*	<i>Microsetella norvegica</i>		*
<i>Euchaeta acuta</i>		*		<i>Corycaeus furcifer</i>		*	<i>Microsetella rosea</i>		*
<i>Euchaeta marina</i>	*	*	*	<i>Corycaeus giesbrechti</i>	*	*	Famiglia Miracidae		
<i>Paraeuchaeta hebes</i>	**			<i>Corycaeus limbatus</i>	*	*	<i>Distiocolus minor</i>		*
Famiglia Heterorhabdidae				<i>Corycaeus ovalis</i>	*	*			
<i>Heterorhabdus papilliger</i>		*		<i>Corycaeus typicus</i>	*	*			

Nella tabella seguente (Tabella 46) sono indicati i volumi di sedimentazione (dopo 24 h), espressi in ml, della componente oloplanctonica. 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. Le pescate superficiali evidenziano una distribuzione spaziale omogenea della comunità planctonica lungo le diverse stazioni di campionamento, con valore massimo di sedimento registrato in E15 MG12 (41 ml) e minimo in E15 MG10 (34 ml). Le pescate condotte tra 50m di profondità e il fondale mostrano sempre volumi maggiori rispetto ai campioni verticali condotti nella porzione più superficiale della colonna, con differenze massime nella stazione E15 MG6 (0 – 50m =2 ml; 100 – 50m: 8 ml) e minime nella stazione E15 MG7 (0 – 50m =9 ml; 100 – 50m: 9,5 ml).

Tabella 46 - 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)	E15 MG6	E15 MG7	E15 MG10	E15 MG12	E15 MG13
OR	40	35	34	41	38
50-0	2	9	7,5	5,5	10
100-50	8	9,5	10	6	12,5

Meroplancton

Sebbene in misura minore rispetto alla campagna primaverile (P15), anche nel campione estivo E15 è stata registrata la presenza di numerose meduse (Classe Scyphozoa) appartenenti alla specie *Pelagia noctiluca*.

Ne consegue che in alcune raccolte il campione meroplanctonico potrebbe essere stato parzialmente influenzato, qualitativamente e quantitativamente dalla presenza di grossi esemplari di questa specie, comunque non conteggiati nella biomassa complessiva dei campioni per non condizionare i valori totali.

Nella campagna estiva E15, (Tabella 47), sono stati determinati complessivamente 64 *taxa* meroplanctonici.

Il 65,6% (42 *taxa*) è rappresentato dai crostacei decapodi, qualitativamente dominanti il campione meroplanctonico e al quale seguono le larve di echinodermi con 12 *taxa* (18,7%).

Quarantadue *taxa* di crostacei decapodi, sono distribuiti in maniera eterogenea nelle tre fasce della colonna d'acqua investigate. I retinaggi orizzontali hanno raccolto 35 *taxa* (83,3% del totale), quelli intermedi (ossia tra -50m e la superficie) 28 *taxa*, mentre quelli profondi (ossia tra la batimetrica di -100 e -50m) 15 *taxa*.

Il 16,6% del contingente meroplanctonico a crostacei decapodi è stato determinato a seguito dell'osservazione del campione *in toto*: *Aegaeon cataphractus*, *Clybanarius erythropus*, *Dromia personata*, *Ethusa mascarone*, *Macropodia longirostris*, *Maja* e *Sergestes henseni*. Due *taxa* sono stati raccolti esclusivamente nelle stazioni profonde, si tratta del peneide *Aristaomorpha foliacea* e della zoea di brachiuro appartenente al genere *Inachus*.

I 12 *taxa* comprendenti larve di brachiuri, di caridei e di anomuri mostrano esclusivamente una distribuzione superficiale.

In questo survey (E15) sono stati rinvenuti 8 nuovi *taxa* non presenti nelle campagne precedenti.

La stazione E15 MG6 risulta la più ricca con 32 *taxa*. Solo 20 *taxa* sono stati rilevati nella stazione E15 MG13.

I valori quantitativi, così come per i copepodi, sono sempre espressi in numero di individui/m³ di acqua filtrato. Due le specie dominanti: il carideo *Alpheus glaber* presente in tutta la colonna d'acqua, in prevalenza localizzato nelle stazioni superficiali e osservato solo *in toto* nelle stazioni profonde e l'anomuro *Calcinus tubularis* campionato soprattutto durante i retinaggi orizzontali.

Anche durante la campagna E15 la presenza di fasi larvali di specie tipiche di acque neritiche, a circa 13 miglia nautiche dalla costa, sottolinea che la diffusione larvale sia fondamentale per la speciazione degli organismi meroplanctonici. Allo stesso tempo solleva la problematica, di recente affrontata in studi in fase preliminare, del ruolo dello *stock* larvale meroplanctonico, in particolare costituito dai

crostacei decapodi. Queste fasi larvali in realtà potrebbero rappresentare una sorta di contingente disperso, da una parte in grado di raggiungere lo sviluppo larvale fino alla maturazione allo stadio di sub-adulto, come testimoniato dalle numerose megalope campionate, ma difficilmente in grado di colonizzare *benthos* con caratteristiche del tutto differenti dagli abituali siti di provenienza degli individui adulti. E' quindi presumibile che tale contingente sia in realtà un "serbatoio di nutrienti" a disposizione di altre specie mero, oloplanctoniche e della fauna ittica.

Altro gruppo meroplanctonico abbondante nel campione estivo è rappresentato dagli echinodermi presenti con 12 *taxa*, includendo nell'elenco bipinnaria, fase larvale precoce degli asteroidei e auricularia, fase larvale precoce degli oloturoidei.

Contrariamente a quanto osservato in P15, nel campione estivo (E15) la presenza di termoclini ben definiti determina la maggiore concentrazione degli echinodermi negli strati più superficiali della colonna d'acqua. Probabilmente la differenza di temperatura e di conseguenza di densità nella colonna d'acqua, limita drasticamente le migrazioni verticali dello zooplancton.

A conferma di tale osservazione la presenza di echinodermi negli strati più profondi è limitata a pochi esemplari.

Tra i *taxa* dominanti vi sono l'ofiuroido *Ophiotrix fragilis* e due echinoidi, il primo irregolare, appartenente al genere *Echinocardium* e l'altro regolare, *Arbacia lixula*.

Tabella 47 – Meroplancton. O.le=orizzontale, 50-0 = campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50 = campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione *in toto*. La lista include specie determinate a fresco.

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
CNIDARIA				<i>Eballia cranchii</i>	*	*	**	<i>Sycionia carinata</i>	*		
Efire ind	*	*		<i>Eballia tumefacta</i>	*	**		<i>Thia scutellata</i>	*		
MOLLUSCA				<i>Ethusa mascarone</i>	**			<i>Upogebia sp</i>	*	*	
Gastropoda larvae ind	*	*	*	<i>Galathea intermedia</i>		*	**	<i>Xantho granulicarpus</i>	*	*	**
Bivalvia larvae ind	*		*	<i>Illa nucleus</i>	*	**		<i>Xantho pilipes</i>	*		
<i>Loligo sp</i>	*			<i>Inachus sp</i>			*	Stomatopoda			
POLYCHAETA				<i>Liocarcinus sp</i>	*			<i>Squilla sp</i>	*	**	
<i>Chaetopterus variopedatus</i>		*	*	<i>Lysmata seticaudata</i>	*	**		ECHINODERMATA			
Spionidae ind		*	*	<i>Macropodia longirostris</i>	**	**		<i>Arbacia lixula</i>	*	*	
Syllidae ind	*			<i>Maja sp</i>	**			<i>Brissopsis lyrifera</i>	*	*	*
Trocofora ind	*	*	*	<i>Monodaeus couchii</i>	*	*		<i>Echinocardium sp</i>	*	*	*
CRUSTACEA				<i>Palaemon macrodactylus</i>	*			<i>Ophiotrix fragilis</i>	*	*	*
Cirripedia				<i>Parasergestes vigilax</i>	*			<i>Ophiura albida</i>	*	*	
Naupli ind	*			<i>Parthenopoides massena</i>	*	*	*	<i>Ophiura sp</i>	*	*	*
Decapoda				<i>Periclimenes sp</i>	*	**	**	<i>Paracentrotus lividus</i>	*		
<i>Aegaeon cataphractus</i>	**			<i>Pilumnus sp</i>	*	*		<i>Psammochinus sp</i>	*	*	
<i>Alpheus dentipes</i>		*		<i>Pirimela denticulata</i>	*	*	*	<i>Spatangus purpureus</i>	*		
<i>Alpheus glaber</i>	*	*	**	<i>Plesionika sp</i>	*	*	*	<i>Sphaerechinus granularis</i>	*		
<i>Anapagurus breviaculeatus</i>		*	*	<i>Processa edulis edulis</i>	*	*	*	Auricularia larvae ind			*
<i>Aristaeomorpha foliacea</i>		*	*	<i>Processa modica carolii</i>	*	*	*	Bipinnaria larvae ind	*	*	*
<i>Athanas nitescens</i>	*	*	**	<i>Processa novelli novelli</i>	*	**					
<i>Calcinus tubularis</i>	*	*		<i>Processa sp</i>	*	**					
<i>Calappa granulata</i>	*	*		<i>Sergestes henseni</i>		**					
<i>Clibanarius erythropus</i>	**			<i>Sergia robusta</i>	*	*					
<i>Deosergestes arachnipedus</i>	*			<i>Solenocera membranacea</i>		*	**				
<i>Dromia personata</i>	**	**		<i>Stenopus spinosus</i>	*						

Ittioplancton

L'indagine condotta nell'E15 ha portato alla raccolta di 22 *taxa*, (Tabella 48) dei quali 16 (72,7%) presenti nelle pescate orizzontali. Otto *taxa* inseriti nella lista specie sono stati osservati solo nel campione *in toto*.

Tabella 48 – Ittioplancton. O.le = orizzontale, 50-0 = campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50 = campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione *in toto*.

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
BOTHIDAE				OPHIIDIIDAE				SYNODONTIDAE			
<i>Arnoglossus laterna</i>	*	**		<i>Parophidion vassali</i>		**	*	<i>Synodus saurus</i>	*		
<i>Bothus podas</i>		**	**	SCOMBRIDAE				SPARIDAE			
ENGRAULIDAE				<i>Auxis rochei rochei</i>	**			<i>Pagellus erythrinus</i>	**		
<i>Engraulis encrasicolus</i>	*	*		SCORPAENIDAE				<i>Pagrus pagrus</i>		*	
GOBIIIDAE				<i>Scorpaena porcus</i>	*	*		STERNOPTHYCHIDAE			
<i>Gobius sp</i>	**	**		<i>Scorpaena scrofa</i>	*			<i>Maurollicus muelleri</i>			**
GONOSTOMATIDAE				SERRANIDAE				TRIGLIDAE			
<i>Cyclothone braueri</i>		*	*	<i>Anthias anthias</i>	*			<i>Lepidotrigla cavillone</i>	*		
<i>Gonostoma denudatum</i>	*	*		<i>Serranus cabrilla</i>	*			Larvae ind	*	*	*
MYCTOPHIDAE				<i>Serranus hepatus</i>	*	**		Uova <i>Engraulis encrasicolus</i>	*	*	*
<i>Bentosema glaciale</i>		**	**	<i>Serranus sp</i>	*	**		Uova <i>Maurollicus muelleri</i>	*		
<i>Myctophum punctatum</i>		*	*	SOLEIDAE				Uova ind	*	*	*
OPHICHTHIDAE				<i>Solea solea</i>			**				
<i>Ophisurus serpens</i>	**										

La specie dominante è il Clupeidae *Engraulis encrasicolus* (acciuga) quantitativamente più abbondante nelle catture condotte attraverso il retinaggio orizzontale. Così come manifestato nella campagna precedente (P15) il periodo di campionamento è compatibile con il periodo riproduttivo della specie per il settore occidentale del Mar Mediterraneo (maggio-settembre).

Sei in tutto le specie abissali rinvenute nel campione tra le quali l'Ophidiidae *Parophidion vassalli* segnalato per la prima volta dall'inizio del monitoraggio ittioplanctonico e segnalato in letteratura come specie non comune della piattaforma continentale.

Per la prima volta nel campione, catturate nelle sole stazioni superficiali anche le fasi larvali del Serranidae *Anthias anthias* (castagnola rossa) pesce osseo caratteristico del piano circalitorale e del coralligeno.

Presenti in tutte le stazioni intermedie le fasi larvali del Gonostomatidae *Gonostoma denudatum* (bocca spinosa). Si tratta, anche in questo caso di un pesce osseo di profondità (segnalato fino a 700m) le cui fasi larvali non sono infrequenti anche a batimetriche inferiori a 200m di profondità. La stessa fase adulta durante la notte è solita compiere migrazioni verticali che la portano talvolta fino alla superficie soprattutto nel periodo estivo.

6.2 SEDIMENTI

6.2.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

Analisi granulometrica

Le caratteristiche granulometriche sono molto variabili da stazione a stazione, anche in corrispondenza dell'area nell'intorno dell'FSRU. Nelle stazioni E15 MG6 e E15 MG7 circa un terzo del campione è costituito dalla frazione sabbiosa, percentuale che incrementa notevolmente in E15 MG12 (41,7%). Nella stazione E15 MG13, al contrario, la sabbia rappresenta una piccola percentuale (14,9%). La componente pelitica, pertanto, è massima in questa stazione dove silt e argilla apportano un contributo del tutto confrontabile.

Anche nelle stazioni più lontane dal Terminale la frazione sabbiosa è modesta, mentre la pelite è costituita in prevalenza da silt in E15 MG9 e da argilla in E15 MG10.

Tabella 49 – Ripartizione delle principali classi granulometriche e relativa classificazione dei sedimenti. I dati sono espressi in percentuale.					
	ghiaia	sabbia	silt	argilla	Classificazione secondo Shepard
E15 MG6	12,8	36,1	28,3	22,8	Sabbia siltosa
E15 MG7	3,5	32,8	22,4	41,3	Sabbia argillosa
E15 MG9	0,1	8,1	49,7	42,1	Silt argilloso
E15 MG10	1,7	14,2	38,3	45,8	Loam argilloso
E15 MG12	7,1	41,7	27,8	23,4	Loam
E15 MG13	1,9	14,9	42,2	41,0	Silt argilloso

Metalli

Le concentrazioni dei metalli rilevate nelle sei stazioni di prelievo e riportate in Tabella 50 sono risultate tutte molto omogenee.

I valori osservati per i singoli metalli sono stati confrontati con quelli relativi agli Standard di Qualità (SQ) riportati nel D.M. 260/2010 e con i limiti inclusi nel "Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini" (APAT-ICRAM-MATTM, 2007) ossia il Livello Chimico di Base (LCB) e il Livello Chimico Limite (LCL).

Arsenico - si rileva in tutte le stazioni il superamento del livello SQ del D.M. 260/2010. I tenori maggiori sono stati osservati nelle stazioni E15 MG7, E15 MG9 ed E15 MG12. In nessun caso si verifica il superamento dell'LCB.

Cadmio - il livello di questo metallo è molto basso in tutte le stazioni e sempre al di sotto del livello SQ del D.M. 260/2010 e del valore di LCB.

Cromo totale - il cromo è presente in tutte le stazioni in concentrazioni sensibilmente superiori al SQ del D.M. 260/2010 ma solo in un caso (la stazione E15 MG9) si verifica un modesto superamento del LCB.

Rame - per questo metallo, poichè non è stato definito il rispettivo Standard di Qualità, si fa riferimento solamente ai valori riportati nel "Manuale per la movimentazione di sedimenti marini" e si osserva che in nessun campione si raggiunge il valore di LCB.

Nichel - il nichel, come il cromo, esibisce, ovunque, concentrazioni più elevate del livello SQ del D.M. 260/2010. Nella stazione E15 MG13 si verifica anche il superamento del valore di LCB. Infine nella stazione E15 MG13 si osserva un tenore leggermente maggiore dell'LCL.

Piombo - per questo metallo si rileva nelle stazioni E15 MG7, E15 MG9, E15 MG12 ed E15 MG13 una concentrazione superiore al livello SQ del D.M. 260/2010, ma inferiore all'LCB. Nelle altre due stazioni (E15 MG6 ed E15 MG10) la concentrazione di Piombo risulta inferiore al livello SQ.

Mercurio - come per il Cadmio, anche per questo metallo si rileva in tutte le stazioni una concentrazione inferiore allo Standard di Qualità e quindi anche al valore di LCB.

Zinco - come per il Rame, non essendo presente nel D. M. 260/2010 il relativo valore di SQ, si prendono come riferimento solamente i valori riportati nel Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini. Si osserva un lieve superamento del valore di LCL nella stazione E15 MG7, mentre nelle stazioni E15 MG6, E15 MG9 ed E15 MG13 le concentrazioni, superano LCB, ma sono sempre al di sotto di LCL. Nelle restanti stazioni ((E15MG10 ed E15MG12) non si supera il valore di LCB.

Per quanto concerne la concentrazione di Al, Ba, Fe e Mn, per i quali non vengono forniti dei valori di riferimento, si può rilevare una distribuzione abbastanza omogenea fra tutte le stazioni.

Tabella 50 – Concentrazione dei metalli. I dati sono espressi in mg/kg, tranne Al e Fe espressi in %. Sono riportati anche Livello Chimico di Base (LCB) e Livello Chimico Limite (LCL) e Standard di Qualità (SQ). In neretto sono indicati i valori maggiori di SQ, in verde quelli maggiori di LCB, in rosso quelli maggiori di LCL.

	Al	Fe	As	Ba	Cr tot	Cu	Cd	Mn	Hg	Ni	Pb	Zn
E15 MG6	2,93	2,74	13,06	78,69	90,86	31,73	0,06	650,69	0,22	61,56	18,40	100,27
E15 MG7	2,50	2,91	18,76	69,15	85,36	33,93	0,08	766,24	0,25	66,25	36,06	184,55
E15 MG9	3,75	3,44	18,23	77,19	105,18	33,36	0,05	770,38	0,29	78,94	37,66	113,67
E15 MG10	2,67	2,99	14,01	47,98	82,65	25,95	0,03	797,78	0,12	68,36	19,20	86,79
E15 MG12	1,93	2,35	20,02	45,91	69,43	25,09	0,04	665,15	0,15	53,48	34,77	99,97
E15 MG13	3,38	3,20	14,12	79,37	99,78	36,09	0,09	669,73	0,25	74,66	35,55	116,72
S.Q.	-	-	12	-	50	-	0,30	-	0,30	30	30	-
LCB	-	-	25	-	100	40	0,35	-	0,40	70	40	100
LCL	-	-	32	-	360	52	0,80	-	0,80	75	70	170

Composti organici

Gli idrocarburi policiclici aromatici (Tabella 51) sono diffusamente presenti con concentrazioni molto variabili da stazione a stazione. Il benzo (a) pirene risulta l'unico composto che esibisce valori maggiori degli standard di qualità in tutte le stazioni tranne E15 MG10.

Complessivamente questi contaminanti esibiscono concentrazioni modeste tanto che in tutte le stazioni gli IPA totali sono inferiori all' Livello Chimico di Base indicato nel Manuale della movimentazione dei sedimenti marini (Apat, Icram, MATTM, 2006).

Tabella 51 – Concentrazione dei contaminanti organici nei sedimenti campionati nell'estate 2015. Standard di Qualità (SQ D.M. 260/2010) Livello Chimico di Base (LCB) e Livello Chimico Limite (LCL) tratti dal Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini (Apat, Icram, MATTM, 2006). In neretto i valori >SQ, in verde >LCB, in rosso >LCL.

	E15 MG6	E15 MG7	E15 MG9	E15 MG10	E15 MG12	E15 MG13	S.Q	LCB	LCL
Idrocarburi policiclici aromatici (µg /kg)									
Acenaftene	2,2	5,1	3,6	1,6	2,3	2,1	35	35	391
Acenafilene	6,9	33	6,6	1,8	12	13			
Antracene	25	56	13	1,5	3,9	< 1		87	544
Benzo (a) antracene	11	40	17	3,6	19	16		153	1398
Benzo (a) pirene	35	130	30	5,4	62	32	20		
Benzo (b) fluorantene	27	100	23	5,3	53	48		108	846
Benzo (g,h,i) perilene	< 1	2,7	1,1	< 1	1,3	31		6	135
Benzo (k) fluorantene	22	77	17	4,1	37	30	40		
Crisene	14	57	25	7,2	27	22		75	693
Dibenzo (a,h) antracene	3	11	3,9	< 1	6,2	5,7	30	80	763
Fenantrene	6,2	20	8	3	2,2	< 1		21	144
Fluorantene	22	62	23	5,3	33	24	45	47	245
Fluorene	2,8	8,5	< 1	< 1	4,6	4,4		7	89
Indeno (1,2,3 - c,d) pirene	8,2	3,8	1,8	<< 1	1	< 1	55		
Naftalene	7,3	9,2	9,8	12	5,9	6			
Pirene	30	96	26	5,5	52	37	110	113	1494
IPA Totali	222,6	711,3	208,8	56,3	322,4	271,2	800	900	4000
Idrocarburi C<12 (mg/kg)	1,4	0,99	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5			
Idrocarburi C>12 (mg/kg)	64	75	< 5	< 5	81	< 5			
Composti organostannici									
Composti Organostannici (come Stagno) (µg/kg)	0,51	0,64	0,77	2,6	0,27	0,92			
Dibutilstagno (µg/kg)	< 1	180	200	600	< 1	< 1			
Monobutilstagno (µg/kg)	< 1	200	200	680	< 1	< 1			
Tributilstagno (µg/kg)	< 1	260	350	1300	< 1	< 1			
Carbonio organico totale (TOC) (mg/kg)	<1	1200	<1	<1	360	<1			

Cloroderivati

Questi composti risultano al di sotto del limite di rilevabilità del metodo, tranne poche eccezioni. La stazione E15 MG6 è l'unica in cui sono stati ritrovati 4 dei composti ricercati (bromodichlorometano, bromoformio, dibromoclorometano e tetracloroetilene).

Il tetracloroetilene è stato rilevato anche in E15 MG10 e E15 MG13. Il bromoformio è stato rilevato anche in E15 MG7 (Tabella 52).

Tabella 52 – Concentrazione dei composto cloro derivati nei sedimenti campionati nell'estate 2015.

	E15 MG6	E15 MG7	E15 MG9	E15 MG10	E15 MG12	E15 MG13
Acidi Aloacetici (µg/kg)						
Dalapon	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Acido Dibromoacetico	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Acido Tribromoacetico	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Acido Monobromoacetico	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Acido Bromodichloroacetico	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Acido Bromocloroacetico	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Acido Dichloroacetico	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6
Acido Trichloroacetico	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Acido Monocloroacetico	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0
Acido Clorodibromoacetico	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2
Alometani, Acetonitrili e composti organo volatili (VOC) (µg/kg)						
1,1,1-Tricloro-2-propanone	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,1,1-Tricloroetano	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
1,1,2-Tricloroetano	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
1,1,2-dicloro-2-propanone	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
1,2,3-Tricloropropano	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
1,2-Dibromo-3-Cloro-propano	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,2-Dibromoetano	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Bromodichlorometano	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Bromoformio	0,12	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cloroformio	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Dibromoacetone	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
Dibromoclorometano	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Dichloroacetone	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Tetracloroetilene	0,05	<0,05	<0,05	0,14	<0,05	0,05
Tetracloruro di carbonio	<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
Tricloroetilene	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Alifenoli(SVOC) (mg/kg)						
2,4,6-tricloro fenolo	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2,4-dicloro fenolo	<1	<1	<1	<1	<1	<1
4-cloro-3-metil fenolo	<1	<1	<1	<1	<1	<1

Analisi microbiologiche

Nella seguente tabella sono riportati i risultati delle analisi microbiologiche dalle quali si evidenzia una bassa di contaminazione fecale che interessa in maggior misura le stazioni E15 MG6 e E15 MG7 (Tabella 53).

	E15 MG6	E15 MG7	E15 MG9	E15 MG10	E15 MG12	E15 MG13
Conta di Streptococchi fecali (Enterococchi)	130	130	< 10	26	26	< 10
Conta di Coliformi Fecali	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Conta di coliformi totali	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10

6.2.2 Saggi eco tossicologici su campioni di sedimento

Paracentrotus lividus

Nella Tabella 54 sono riportati i parametri registrati negli elutriati estratti dai sedimenti testati.

QA-QC – Il test eseguito con la sostanza di riferimento ha fornito una EC_{50} di $19,04 \mu\text{g l}^{-1}$ di Cu ($LC=17,81$ e $UC=20,39$), che rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio. La percentuale media di embrioni allo stadio di pluteo ($82 \pm 1,53\%$) è risultata conforme, in quanto superiore al limite del 75% e inferiore al limite del 95%.

Le percentuali degli embrioni che hanno raggiunto lo stadio di pluteo nel test di embriotossicità (72 ore) con *P. lividus* e successiva stima della tossicità cronica ($EC_{20/50}$) degli elutriati sono riportati nella Tabella 55.

Campione	Salinità (‰)	pH	Ossigeno disciolto (mg/l)
controllo	38	8,18	7,50
E15 MG6	36	8,38	7,28
E15 MG7	36	8,40	7,51
E15 MG9	36	8,42	7,63
E15 MG10	36	8,15	7,84
E15 MG12	36	8,40	7,79
E15 MG13	36	8,42	7,81

Campione	Concentrazione (%) dell'elutriato	% media di plutei (\pm dev.st %)	% media di embrioni non sviluppati	Correzione ABBOTT (embrioni non sviluppati)	EC 20 (%)	EC 50 (%)	Stima di tossicità
Controllo		82 \pm 1,53	18	0	-	-	Assente
E15 MG6	100	68 \pm 0,58	32	16	> 90	>100	Assente
	50	74 \pm 1,00	26	9			
	25	81 \pm 0,58	19	0			
E15 MG7	100	64 \pm 1,15	36	22	84,4	>100	Bassa
	50	71 \pm 1,00	29	13			
	25	81 \pm 1,53	19	0			
E15 MG9	100	63 \pm 1,53	37	22	86,8	>100	Bassa
	50	73 \pm 0,58	27	11			
	25	80 \pm 0,58	20	2			
E15 MG10	100	59 \pm 1,53	41	27	68,8	>100	Bassa
	50	68 \pm 1,53	32	16			
	25	81 \pm 2,08	19	1			
E15 MG12	100	57 \pm 1,53	43	31	63,7	>100	Bassa
	50	68 \pm 2,31	32	17			
	25	81 \pm 1,53	19	1			
E15 MG13	100	62 \pm 1,53	38	24	81,6	>100	Bassa
	50	72 \pm 1,53	28	12			
	25	81 \pm 1,53	19	1			

Le percentuali degli embrioni che non hanno raggiunto lo stadio pluteo, espresse come i valori dell'EC20, osservate negli elutriati estratti dai sedimenti E15 MG7, E15 MG9, E15 MG10, E15 MG12 e E15 MG13 hanno dimostrato presenza della tossicità cronica bassa. Nell'elutriato E15 MG6 non è stata rilevata alcuna tossicità cronica.

Corophium orientale

Nella Tabella 56 sono riportati i parametri (chimico-fisici) dell'acqua sovrastante ai sedimenti, registrati all'inizio ed al termine del test di tossicità a più lungo termine con *C. orientale*.

campione	Inizio del test					Fine del test				
	Temp. (°C)	Salinità (‰)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ (%)	Temp. (°C)	Salinità (‰)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ (%)
Controllo		37	8,08	0			36	8,02	5	
E15 MG6		37	7,99	1			36	8,09	0	
E15 MG7		37	7,97	0,5			36	8,09	0	
E15 MG9	15 \pm 1	36	7,98	0	>85	16 \pm 1	36	8,06	0	>85
E15 MG10		36	8,00	0			36	8,07	0	
E15 MG12		36	8,00	0			36	8,07	0	
E15 MG13		36	8,00	0			36	8,08	0	

QA-QC - Il valore della LC50(96h) = 3,63 mg/l (LC = 3,295 mg/l e UC = 4,02 mg/l) ottenuto con la sostanza di riferimento (CdCl₂) rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio. La sopravvivenza degli organismi sul sedimento di controllo dopo 28 giorni è risultata conforme, in quanto superiore al 85%.

Le percentuali di mortalità degli organismi di *C.orientale*, registrate nel test “a più lungo termine” e la stima della tossicità cronica sono riportate nella Tabella 57.

Tabella 57 - Percentuali di mortalità degli organismi di <i>C. orientale</i> osservate nei sedimenti testati e successiva stima della tossicità cronica.				
Campione	Numero degli organismi esposti	% degli organismi morti (± incertezza %)	% (corretta) degli organismi morti	Giudizio della tossicità
controllo	100	3 ± 0,80	0	Assente
E15 MG6	100	7 ± 1,52	1	Assente
E15 MG7	100	20 ± 1,30	15	Bassa
E15 MG9	100	29 ± 2,39	24	Bassa
E15 MG10	100	31 ± 1,52	27	Bassa
E15 MG12	100	67 ± 0,80	65	Alta
E15 MG13	100	61 ± 1,52	59	Media

Le percentuali medie degli organismi morti osservate dopo 28 giorni hanno dimostrato la presenza di tossicità cronica alta nel sedimento E15 MG13 e di tossicità cronica media nel campione E15 MG12. Nei sedimenti restanti, ad eccezione E15 MG6 che è risultato privo di tossicità, è stata rilevata la tossicità cronica bassa.

Vibrio fischeri

QA-QC - Il valore della EC50(15') = 10,08 mg/l (LC= 8,88 mg/l e UC=11,43 mg/l) ottenuto con la sostanza di riferimento ZnSO₄ ·7 H₂O rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio (4,24-11,19mg/l). I valori del *Sediment Toxicity Index* hanno dimostrato assenza di tossicità in tutti i campioni dei sedimenti testati (Tabella 58).

Tabella 58 - Risultati del test con il <i>V. fischeri</i> su sedimento tal quale. R ² (%)=coeff. di determinazione; TU=unità tossiche; STI - sediment toxicity index. Pelite (calcolata solo sulle frazioni sabbiosa e pelica) espressa in %.								
Campione	TU	Intervallo di confidenza (TU)		R ²	Pelite	Tossicità naturale stimata (UT)	STI	Stima di tossicità
E15 MG6	39,54	32,23	48,51	0,99	61,64	168,45	0,23	Assente
E15 MG7	70,10	48,65	101,02	0,95	68,00	185,78	0,38	
E15 MG9	43,73	32,81	58,31	0,97	91,96	251,15	0,17	
E15 MG10	41,10	31,52	53,57	0,97	86,12	235,20	0,17	
E15 MG12	32,91	25,67	42,18	0,98	57,81	157,98	0,21	
E15 MG13	54,48	34,90	85,01	0,93	87,95	240,22	0,23	

6.3 BIOTA

6.3.1 Macrozoobenthos

Lo studio ha portato alla raccolta e determinazione di 3871 individui appartenenti a 155 specie (Tabella 59) comprendenti policheti, molluschi, crostacei, sipunculidi, echinodermi, nemertini e cnidari.

Tabella 59 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nella campagna estiva del 2014.

Policheti		
<i>Acmira assimilis</i> (Tebble, 1959)	<i>Harmothoe spinifera</i> (Ehlers, 1864)	<i>Paralacydonia paradoxa</i> Fauvel, 1913
<i>Allia claudiae</i> (Laubier, 1967)	<i>Heterospio mediterranea</i> Laubier, Picard & Ramos, 1972	<i>Perinereis cultrifera</i> (Grube, 1840)
<i>Amage adspersa</i> (Grube, 1863)	<i>Hyalinoecia tubicola</i> (O.F. Müller, 1776)	<i>Phyllodoce</i> cfr. <i>lineata</i> (Claparède, 1870)
<i>Ampharete acutifrons</i> (Grube, 1860)	<i>Hydroides elegans</i> (Haswell, 1883)	<i>Pilargis verrucosa</i> Saint-Joseph, 1899
<i>Amphicteis gunneri</i> (M. Sars, 1835)	<i>Kefersteinia cirrata</i> (Keferstein, 1862)	<i>Pista cristata</i> (O.F. Müller, 1776)
<i>Aphelochaeta marioni</i> (de Saint Joseph, 1894)	<i>Laonice cirrata</i> L. Sars, 1851	<i>Poecilochaetus fauchaldi</i> Pilato & Cantone, 1976
<i>Aricidea</i> sp	<i>Levinsenia demiri</i> Çinar, Dagli and Açık, 2011	<i>Poecilochaetus serpens</i> Allen, 1904
<i>Chaetozone caputesocis</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Levinsenia gracilis</i> (Tauber, 1879)	<i>Polycirrus aurantiacus</i> Grube, 1860

Tabella 59 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nella campagna estiva del 2014.

<i>Chirimia biceps</i> (M. Sars, 1861)	<i>Lumbrineris gracilis</i> (Ehlers, 1868)	<i>Polycirrus</i> sp
<i>Chloelia venusta</i> Quatrefages, 1865	<i>Lysidice unicornis</i> (Grube, 1840)	<i>Praxillella gracilis</i> (M. Sars, 1861)
<i>Chrysopetalum debile</i> (Grube, 1855)	<i>Maldane glebiflex</i> Grube, 1860	<i>Prionospio ehlersi</i> Fauvel, 1928
<i>Dialychone dunerifficta</i> Tovar Hernandez, Licciano & Giangrande, 2007	<i>Maldane sarsi</i> Malmgren, 1865	<i>Scalibregma inflatum</i> Rathke, 1843
<i>Dorvillea rudolphii</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Marphysa bellii</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)	<i>Scolecopsis foliosa</i> (Audouin & Milne-Edwards,
<i>Drilonereis filum</i> (Claparède, 1868)	<i>Melinna palmata</i> Grube, 1870	<i>Scolecopsis</i> sp
<i>Euclymene lumbricoides</i> (Quatrefages, 1865)	<i>Minuspio cirrifer</i> Wiren, 1883	<i>Scoletoma emandibulata mabiti</i> (Ramos, 1976)
<i>Euclymene oerstedii</i> (Claparède, 1863)	<i>Monticellina dorsobranchialis</i> (Kirkegaard, 1959)	<i>Scoletoma fragilis</i> (O.F. Müller, 1776)
<i>Eumida sanguinea</i> (Orsted, 1843)	<i>Myriochele oculata</i> Spencer, 1975	<i>Sphaerodorium flavum</i> Örsted, 1845
<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Nephtys hombergi</i> Savigny, 1818	<i>Spio decoratus</i> Bobretzky, 1870
<i>Exogone verugeta</i> (Claparède, 1868)	<i>Nephtys hystrix</i> Mc Intosh, 1900	<i>Spio multioculata</i> (Rioja, 1918)
<i>Glycera alba</i> (O.F. Müller, 1776)	<i>Nereiphylla castanea</i> (Marenzeller, 1879)	<i>Spiophanes kroyeri</i> Grube, 1860
<i>Glycera rouxii</i> Audouin & Milne-Edwards, 1833	<i>Nothria conchylega</i> (Sars, 1835)	<i>Sternaspis scutata</i> (Renier 1807)
<i>Glycera tessellata</i> Grube, 1863	<i>Notomastus latericeus profundus</i> Eisig, 1887	<i>Sthenelais boa</i> Grube, 1860
<i>Glycinde nordmanni</i> (Malmgren, 1866)	<i>Ophelina acuminata</i> Örsted, 1843	<i>Syllis alternata</i> Moore, 1908
<i>Harmothoe</i> sp	<i>Panthalis oerstedii</i> Kinberg, 1855	<i>Syllis</i> sp
Crostacei		
<i>Akanthophoreus gracilis</i> (Krøyer, 1842)	<i>Goneplax rhomboides</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Medicorophium rotundirostre</i> (Stephensen, 1915)
<i>Alpheus glaber</i> (Olivi, 1792)	<i>Halice walkeri</i> (Ledoyer, 1973)	<i>Metaphoxus simplex</i> (Bate, 1857)
<i>Ampelisca</i> sp	<i>Haploops dellavallei</i> Chevreux, 1900	<i>Monodaes couchii</i> (Couch, 1851)
<i>Anapagurus</i> sp	<i>Haploops nirae</i> Kaim Malka, 1976	<i>Orchomenella nana</i> (Krøyer, 1846)
<i>Anthura gracilis</i> (Montagu, 1808)	<i>Harpinia antennaria</i> Meinert, 1890	<i>Periocolodes I. longimanus</i> Bate C.S. & Westwood, 1868
<i>Calocaris macandreae</i> Bell, 1846	<i>Harpinia crenulata</i> (Boeck, 1871)	<i>Photis longicaudata</i> (Bate & Westwood, 1862)
<i>Carangolopsis spinulosa</i> Ledoyer, 1970	<i>Harpinia dellavallei</i> Chevreux, 1910	<i>Phtisica marina</i> Slabber, 1769
<i>Cirolana borealis</i> Lilljeborg, 1852	<i>Hippomedon massiliensis</i> Bellan-Santini, 1965	<i>Pilumnus hirtellus</i> (Linnaeus, 1761)
<i>Collettea cylindrata</i> (Sars, 1882)	<i>Lembos</i> sp	<i>Processa canaliculata</i> Leach, 1815
<i>Deflexilodes griseus</i> (Della Valle, 1893)	<i>Leptocheirus mariae</i> G. Karaman, 1973	<i>Processa</i> sp
<i>Desmosoma</i> sp	<i>Leucan</i> sp 2	<i>Upogebia dellaura</i> (Leach, 1815)
<i>Diastylis cornuta</i> (Boeck, 1864)	<i>Leucothoe obova</i> G. Karaman, 1971	<i>Urothoe elegans</i> (Bate, 1857)
<i>Eurydice spinigera</i> Hansen, 1890	<i>Macropodia longipes</i> (A. Milne-Edwards & Bouvier, 1899)	<i>Westwoodilla rectirostris</i> (Della Valle, 1892)
<i>Gnathia oxyuraea</i> (Lilljeborg, 1855)	<i>Maera grossimana</i> (Montagu, 1808)	
Molluschi		
<i>Abra nitida</i> (O.F. Muller, 1776)	<i>Falciidens guttuosus</i> (Kowalevsky, 1901)	<i>Philine aperta</i> (Linnaeus, 1767)
<i>Antalis inaequicostata</i> (Dautzenberg, 1891)	<i>Gouldia minima</i> (Montagu, 1803)	<i>Pitar rudis</i> (Poli, 1759)
<i>Azarinus chamasolen</i> (Da Costa, 1778)	<i>Lyonsia norwegica</i> (Gmelin, 1791)	<i>Plagiocardium papillosum</i> (Poli, 1795)
<i>Batharca pectunculoides</i> (Scacchi, 1834)	<i>Mendicula ferruginosa</i> (Forbes, 1844)	<i>Poromya granulata</i> (Nyst & Westendorp, 1839)
<i>Cardiomya costellata</i> (Deshayes, 1835)	<i>Myrtea spinifera</i> (Montagu, 1803)	<i>Thyasira alleni</i> Carozza, 1981
<i>Cuspidaria cuspidata</i> (Olivi, 1792)	<i>Nucula sulcata</i> Bronn, 1831	<i>Thyasira biplicata</i> (Philippi, 1836)
<i>Cylichna cylindracea</i> (Pennant, 1777)	<i>Pandora pinna</i> (Montagu, 1803)	<i>Thyasira granulosa</i> (Monterosato, 1874)
<i>Ennucula aegeensis</i> (Forbes, 1844)	<i>Parvicardium minimum</i> (Philippi, 1836)	<i>Timoclea ovata</i> (Pennant, 1777)
Echinodermi		
<i>Amphiura chiajei</i> Forbes, 1843	<i>Ophiacantha setosa</i> (Bruzelius, 1805)	Ophiurida juv Ind
<i>Amphiura filiformis</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Ophiura albida</i> Forbes, 1839	<i>Trachythone elongata</i> (Düben Koren, 1844)
<i>Astropecten irregularis pentacanthus</i> (Delle Chiaje, 1825)	<i>Ophiura grubei</i> Heller, 1863	<i>Trachythone tergestina</i> (M. Sars, 1857)
<i>Labidoplax digitata</i> (Montagu, 1815)		
Sipunculidi		
<i>Golfingia</i> sp	<i>Onchnesoma s. steenstrupii</i> Koren & Danielssen, 1875	<i>Phascalion strombus</i> (Montagu, 1804)
<i>Golfingia elongata</i> (Keferstein, 1863)		
Cnidari		
<i>Pennatula rubra</i> (Ellis, 1761)	Nemertini	
	Nemertea ind	

La classe dei policheti risulta essere il taxon dominante che con 3270 individui costituisce l'84% dell'abbondanza totale. I crostacei, secondi unicamente ai policheti, rappresentano solo il 9% dell'abbondanza totale. Seguono, nell'ordine, molluschi e echinodermi, i primi con il 5%, i secondi con appena l'1% di contributo all'abbondanza totale (Figura 59).

Più equilibrata risulta la ripartizione delle specie tra i vari gruppi, sebbene anche da questo punto di vista i policheti si confermano il taxon dominante fornendo da soli quasi la metà delle specie rinvenute (46%). Un po' meno di un terzo del panorama faunistico è fornito dai crostacei (27%) seguiti dai molluschi che rappresentano il 16% delle specie totali. Solo il 7% delle specie rinvenute appartiene agli echinodermi.

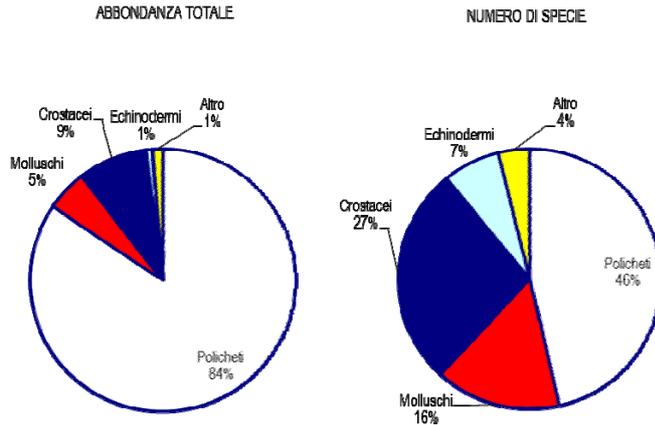


Figura 59 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti. Altro= nemertini, sipunculidi.

Ai policheti appartengono le specie rinvenute col maggior numero di individui (Figura 60), tra le quali *Levinsenia demiri* che rappresenta circa un quarto (26%) dell'abbondanza totale. Un'abbondanza del tutto paragonabile (25,16 %) è esibita da *N. conchylega* una specie misticola che preferisce fondali infangati. Tutte le altre specie sono presenti con abbondanze modeste. Tra esse la più importante, *A. marioni* conta solo 225 individui (5,81%). Le specie rimanenti hanno un contributo inferiore al 3% (Come emerso anche dalle campagne precedenti i dati suggeriscono 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 142 specie (ossia 91,6% del totale) contribuiscono per meno dell'1% all'abbondanza totale.

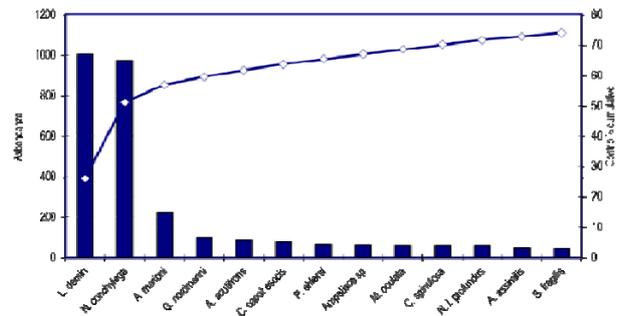


Figura 60 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti.

Inoltre, oltre il 29% delle specie sono presenti con un unico individuo (singleton). Dall'analisi delle similarità si evince che *L. demiri* e *N. conchylega* sono le specie che apportano il maggior contributo alla similarità tra repliche. Tale contributo complessivo varia tra il 26 e il 44% circa. Il valore massimo è stato osservato in E15 MG9, stazione con una similarità tra repliche pari al 52% circa. Il valore minimo, è stato osservato in E15 MG10 stazione in cui anche il polichete *Aphelochaeta marioni* apporta un elevato contributo alla similarità tra repliche (16,2%). Per ridurre il peso del contributo di queste specie, la cui elevata abbondanza e ampia distribuzione maschera l'influenza delle specie meno abbondanti, l'analisi multivariata è stata condotta dopo aver trasformato i dati secondo la radice quadrata. Anche in questo caso non emergono chiari raggruppamenti (o cluster) sulla base delle similarità/dissimilarità tra stazioni. Infatti, nel piano di ordinamento ottenuto tramite non-Metric Multidimensional Scaling (n-MDS) basato sui valori di abbondanza le stazioni risultano disperse senza formare cluster riconducibili alla loro reale distribuzione spaziale (Figura 61).

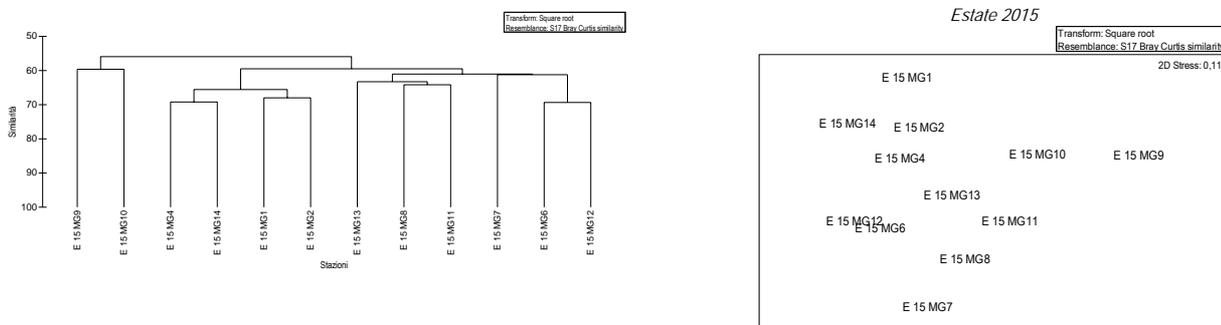


Figura 61 - Risultati della cluster analysis (group average) a sinistra e piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, a destra. Le analisi sono state effettuate dopo aver trasformato i dati secondo la radice quadrata. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.

Tuttavia facendo riferimento alla distanza delle stazioni dal terminale si nota un gradiente dalla parte alta e destra del plot verso quella bassa a sinistra: lungo tale gradiente si osservano, nell'ordine, i controlli (E15 MG1, E15 MG2, E15 MG9, E15 MG10, di seguito C), le stazioni poste a 300 metri dall'FSRU (E15 MG 4, E15 MG 8, E15 MG 11, E15 MG 14, di seguito I) e quelle poste a 100 metri da esso (E15 MG6,

E15 MG7, E15 MG12, E15 MG13, di seguito FSRU). Ripetendo la procedura sempre per confrontare questi tre gruppi di stazioni, però, si evince che la similarità intra gruppo è del tutto confrontabile con quella tra i gruppi.

Anche le dissimilarità tra i gruppi sono del tutto confrontabili: C vs I = 40,15%, C vs FSRU = 43,58%, I vs FSRU = 38,25%. Da questa analisi si osserva che i controlli tendono a differenziarsi dalle stazioni prossime al rigassificatore (gruppo FSRU) maggiormente rispetto al gruppo delle stazioni poste a 300m da esso (gruppo I). Attualmente si tratta di differenze ancora molto modeste, insufficienti per rilevare un effetto diretto del terminale. L'andamento temporale di tale differenza consentirà di valutare se il terminale influenza o no i popolamenti nelle sue immediate vicinanze.

Come emerso dalle indagini svolte nelle campagne precedenti, anche nell'estate 2015, la stazione E15 MG9 risulta separata dalle altre ed occupa la parte destra del plot. In questa stazione è stata rilevata una discreta variabilità tra repliche dovuta, in particolare, alla presenza, in percentuale variabile, di briozoi morti (tra il 40% e il 10%) che rappresentano una caratteristica pressoché esclusiva di questa stazione.

Anche da in questo campionamento si conferma, dall'analisi macroscopica dei campioni, che la tipologia di biodeposito presente varia da stazione a stazione e talvolta anche da replica a replica. Talvolta, esso, è costituito in prevalenza da detrito vegetale di origine terrigena affiancato da una modesta percentuale di biodeposito conchifero. In altri casi, invece, il sedimento è dominato da sabbia grossolana e ghiaia con una percentuale modesta di residuo vegetale.

Dalla Tabella 60 si evince che sia S sia N subiscono un brusco calo proprio in corrispondenza di E14 MG9. Parallelamente, in questa stazione si verifica un calo di ricchezza specifica, confermando la peculiarità di questa stazione.

Per quanto riguarda N, ossia l'abbondanza, il valore maggiore è stato osservato in E15 MG14 ossia a 300 metri dal terminale.

Il numero di specie (S) mostra i valori maggiori in E15 MG7, E15 MG8, E15 MG6, analogamente alla ricchezza specifica. I valori di diversità specifica risultano poco variabili tra loro esibendo il minimo in E15 MG9 (3,3) e il massimo in E15 MG8 (4,1).

Anche i valori di equitabilità sono abbastanza omogenei tra loro e non esibiscono variazioni degne di nota tra le stazioni analizzate.

Tabella 60 - Indici strutturali (\pm DS) relativi al popolamento macrobentonico. Numero di taxa (S), Numero di individui (N), Ricchezza specifica di Margalef (d), Diversità specifica di Shannon-Weaver (H'), Equitabilità di Pielou (J').

	S	N	H'(log2)	d	J'
E15 MG1	25,25 \pm 4,57	82,75 \pm 7,89	3,37 \pm 0,29	5,48 \pm 0,93	0,73 \pm 0,03
E15 MG2	20,50 \pm 3,32	75,50 \pm 20,81	3,30 \pm 0,26	4,54 \pm 0,65	0,76 \pm 0,07
E15 MG4	22,25 \pm 6,50	93,50 \pm 11,96	3,06 \pm 0,41	4,67 \pm 1,36	0,69 \pm 0,03
E15 MG6	30,25 \pm 3,30	99,75 \pm 12,39	3,59 \pm 0,28	6,36 \pm 0,67	0,73 \pm 0,05
E15 MG7	31,00 \pm 9,93	93,25 \pm 17,21	3,88 \pm 0,85	6,59 \pm 2,01	0,79 \pm 0,10
E15 MG8	31,50 \pm 8,81	77,25 \pm 28,04	4,11 \pm 0,35	7,01 \pm 1,47	0,83 \pm 0,03
E15 MG9	16,75 \pm 6,13	38,00 \pm 12,83	3,30 \pm 0,56	4,29 \pm 1,36	0,83 \pm 0,03
E15 MG10	27,75 \pm 6,13	72,25 \pm 13,15	4,04 \pm 0,55	6,24 \pm 1,22	0,84 \pm 0,06
E15 MG11	25,75 \pm 5,12	61,50 \pm 11,73	4,06 \pm 0,40	6,00 \pm 1,00	0,87 \pm 0,05
E15 MG12	24,25 \pm 10,87	94,25 \pm 47,49	3,27 \pm 0,56	5,08 \pm 1,92	0,73 \pm 0,09
E15 MG13	20,25 \pm 3,30	59,75 \pm 14,68	3,51 \pm 0,34	4,75 \pm 0,81	0,81 \pm 0,05
E15 MG14	24,50 \pm 3,11	120,00 \pm 17,05	2,97 \pm 0,30	4,93 \pm 0,72	0,64 \pm 0,05

6.3.2 Meiobenthos

Dati delle singole stazioni

La stazione E15 MG1 si caratterizza per il sedimento di tipo sabbioso con silt e detrito vegetale. La meiofauna è costituita da otto gruppi tassonomici (Figura 62), per un popolamento complessivo di $277,5 \pm 155,4$ ind./10 cm². I Nematodi sono il taxon dominante ($240,5 \pm 120,6$ ind./10 cm²) e rappresentano il 86,7% della meiofauna totale.

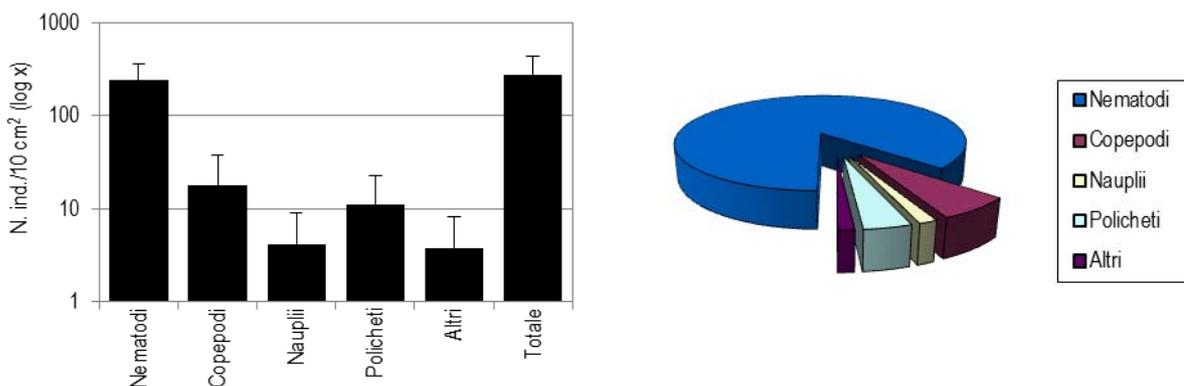


Figura 62 - Stazione E15 MG1. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Seguono i Copepodi ($18,1 \pm 20,0$ ind./10 cm²; 6,5%) e i Policheti ($10,9 \pm 11,9$ ind./10 cm²; 3,9%).

Le fasi larvali dei Copepodi, cioè i Nauplii, costituiscono il quarto gruppo per abbondanza ($4,2 \pm 4,9$ ind./10 cm²; 1,5%). I quattro taxa numericamente meno abbondanti, raggruppati nella categoria "Altri", presentano una densità complessiva pari a $3,8 \pm 4,4$ ind./10 cm² con un apporto percentuale dell'1,4%; nessuno di questi raggiunge l'1% del popolamento (Tabella 61; Figura 62). I valori degli indici di diversità di Shannon-Wiener e ricchezza di Margalef risultano inferiori alla media riscontrata nell'area, mentre l'equitabilità di Pielou è superiore ad essa (Tabella 63).

	E15 MG1		E15 MG2		E15 MG4		E15 MG6		E15 MG7		E15 MG8	
	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%
Nematodi	240,5 \pm 120,6	86,7	244,3 \pm 119,8	83,2	84,6 \pm 78,6	86,3	256,0 \pm 52,9	76,8	173,5 \pm 76,3	84,3	377,7 \pm 160,5	89,3
Copepodi	18,1 \pm 20,0	6,5	17,3 \pm 12,5	5,9	2,9 \pm 4,8	3,0	38,7 \pm 19,5	11,6	15,6 \pm 13,0	7,6	19,4 \pm 17,5	4,6
Nauplii	4,2 \pm 4,9	1,5	3,8 \pm 3,5	1,3	2,1 \pm 3,2	2,1	7,6 \pm 5,2	2,3	4,6 \pm 4,8	2,2	9,3 \pm 11,0	2,2
Policheti	10,9 \pm 11,9	3,9	24,4 \pm 8,3	8,3	5,5 \pm 5,7	5,6	19,8 \pm 7,7	5,9	7,2 \pm 8,3	3,5	13,1 \pm 2,9	3,1
Turbellari	1,3 \pm 2,5	0,5	-	-	1,3 \pm 1,6	1,3	-	-	-	-	-	-
Chinorinchi	1,3 \pm 2,5	0,5	0,8 \pm 1,0	0,3	0,8 \pm 1,7	0,9	2,5 \pm 2,2	0,8	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-
Tanaidacei	0,8 \pm 1,0	0,3	0,4 \pm 0,8	0,1	0,4 \pm 0,8	0,4	1,3 \pm 1,6	0,4	1,7 \pm 1,4	0,8	1,3 \pm 0,8	0,3
Ostracodi	-	-	1,7 \pm 1,9	0,6	-	-	2,1 \pm 1,6	0,6	0,8 \pm 1,7	0,4	0,4 \pm 0,8	0,1
Anfipodi	-	-	-	-	-	-	1,3 \pm 1,6	0,4	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-
Isopodi	-	-	0,4 \pm 0,8	0,1	-	-	0,8 \pm 1,0	0,3	-	-	0,4 \pm 0,8	0,1
Cumacei	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acari	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,1	-	-	-	-
Bivalvi	0,4 \pm 0,8	0,2	0,4 \pm 0,8	0,1	-	-	1,3 \pm 0,8	0,4	1,3 \pm 0,8	0,6	-	-
Solenogastri	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nemertini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,7 \pm 3,4	0,4
Priapulidi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oligocheti	-	-	-	-	-	-	1,7 \pm 1,4	0,5	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-
Ofiuroidi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ciliati	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,4	-	-	-	-	-	-
Altri (Σ Tur-Cil)	3,8 \pm 4,4	1,4	3,8 \pm 3,5	1,3	2,9 \pm 2,9	3,0	11,4 \pm 2,1	3,4	5,1 \pm 2,4	2,5	3,8 \pm 3,7	0,9
Meiofauna totale	277,5 \pm 155,4	-	293,5 \pm 139,5	-	98,1 \pm 92,9	-	333,5 \pm 63,0	-	205,9 \pm 81,2	-	423,2 \pm 181,0	-

La stazione E15 MG2 si caratterizza per il sedimento di tipo sabbioso con silt e detrito grossolano. Il popolamento meiobentonico è costituito da nove taxa principali per una densità complessiva di $293,5 \pm 139,5$ ind./10 cm². Il taxon dominante è quello dei Nematodi, animali che formano l'83,2% del popolamento complessivo, con una densità di $244,3 \pm 119,8$ ind./10 cm². Segue la classe dei Policheti ($24,4 \pm 8,3$ ind./10 cm²; 5,9%); i Copepodi risultano il terzo taxon ($17,3 \pm 12,5$ ind./10 cm²; 5,9%), seguiti dai Nauplii ($3,8 \pm 3,5$ ind./10 cm²; 1,3%). I rimanenti cinque taxa meno abbondanti costituiscono l'1,3% della biocenosi (Tabella 61; Figura 63). I valori degli indici di diversità di Shannon-Wiener ed equitabilità di Pielou risultano superiori alla media riscontrata nell'area, mentre la ricchezza di Margalef è al di sotto di essa (Tabella 63).

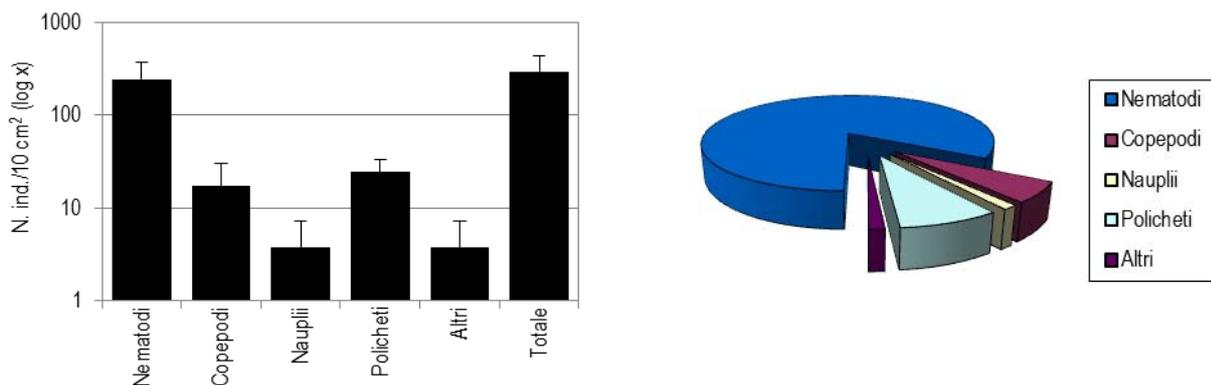


Figura 63 - Stazione E15 MG2. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione E15 MG4 è costituito da sabbia con silt e detrito vegetale. L'analisi faunistica ha portato al rinvenimento di otto gruppi meiobentonici per una densità media complessiva di $98,1 \pm 92,9$ ind./10 cm², che risulta la più bassa riscontrata nell'area (Tabella 61). Analogamente ai due siti precedenti, anche in questo caso il gruppo dominante è quello dei Nematodi, con una percentuale pari all'86,3% e densità pari a $84,6 \pm 78,6$ ind./10 cm². Seguono i Policheti, con una densità media di $5,5 \pm 5,7$ ind./10 cm² (5,6%), i Copepodi, con abbondanza pari a $2,9 \pm 4,8$ ind./10 cm² (3,0%) e infine i Nauplii, che costituiscono il 2,1% del popolamento ($2,1 \pm 3,2$ ind./10 cm²). I restanti quattro taxa costituiscono il 3,0% della biocenosi; di questi solo i Turbellari superano l'1% del popolamento (Tabella 61; Figura

64). I valori degli indici di diversità di Shannon-Wiener, di equitabilità di Pielou e di ricchezza di Margalef risultano al di sopra della media rilevata nell'area (Tabella 63).

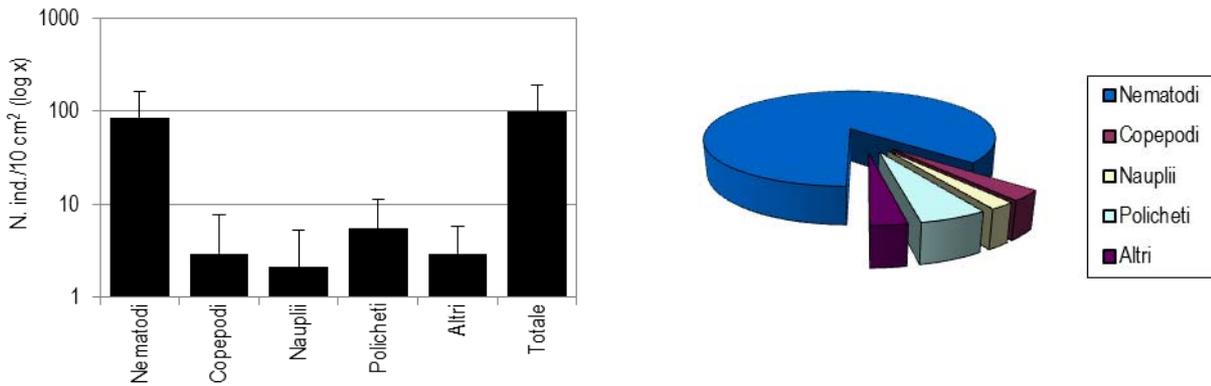


Figura 64 - Stazione E15 MG4. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento prelevato nella stazione E15 MG6 è costituito da sabbia molto fine mista a silt e a detrito vegetale. Nei campioni sono stati rinvenuti i rappresentanti di dodici gruppi tassonomici per una densità complessiva di $333,5 \pm 63,0$ ind./10 cm² (Tabella 61). Il gruppo dei Nematodi, taxon dominante, raggiunge la densità di $256,0 \pm 52,9$ ind./10 cm², contribuendo per il 76,8% al popolamento complessivo; seguono i Copepodi ($38,7 \pm 19,5$ ind./10 cm²; 11,6%) e i Policheti ($19,8 \pm 7,7$ ind./10 cm²; 5,9%). I Nauplii si collocano al quarto posto per abbondanza e percentuale ($7,6 \pm 5,2$ ind./10 cm²; 2,3%). Dei rimanenti otto taxa nessuno raggiunge l'1% del popolamento complessivo; questi gruppi rappresentano globalmente il 3,4% della meiofauna totale (Tabella 61; Figura 65). I valori degli indici di diversità di Shannon-Wiener, equitabilità di Pielou e ricchezza di Margalef risultano superiori alla media riscontrata nell'area (Tabella 63).

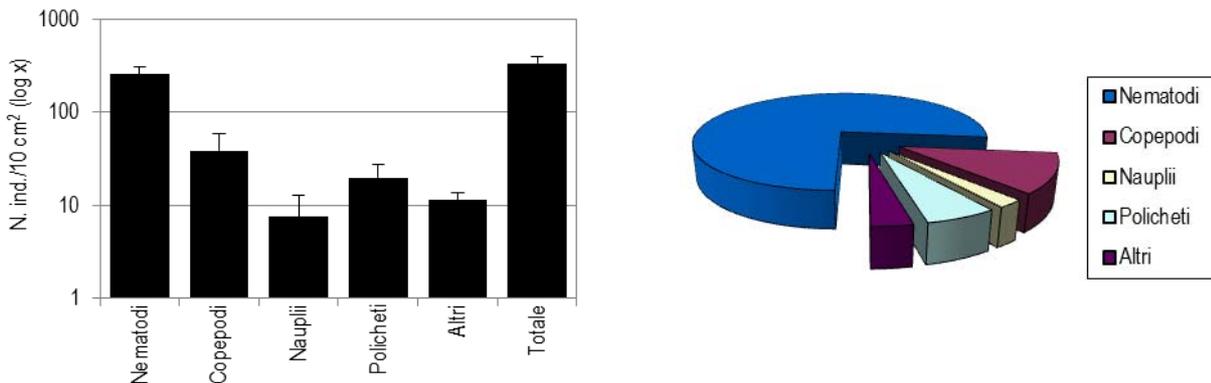


Figura 65 - Stazione E15 MG6. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione E15 MG7 è di tipo sabbioso-fine misto a silt, con piccole quantità di detrito più grossolano e vegetale. Il popolamento è costituito da dieci major taxa, con una densità media totale di $205,9 \pm 81,2$ ind./10 cm² (Tabella 61; Figura 66).

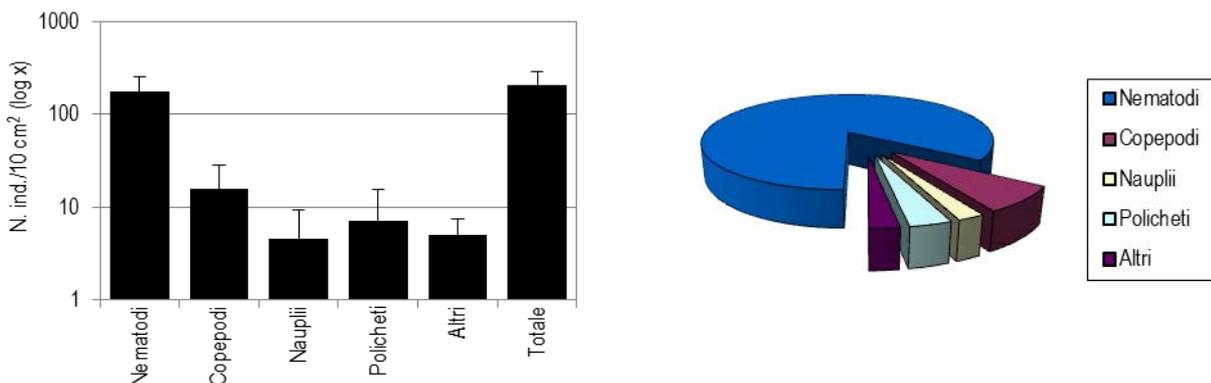


Figura 66 - Stazione E15 MG7. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il gruppo dominante è quello dei Nematodi, che contribuisce con l'84,3% al popolamento complessivo ($173,5 \pm 76,3$ ind./10 cm²). Seguono i Copepodi ($15,6 \pm 13,0$ ind./10 cm²; 7,6%), i Policheti ($7,2 \pm 8,3$ ind./10 cm²; 3,5%) e, infine, i Nauplii ($4,6 \pm 4,8$ ind./10 cm²; 2,2%). I rimanenti sei gruppi presenti costituiscono il 2,5% della meiofauna totale; nessuno di questi raggiunge l'1% del popolamento (Tabella 61; Figura 66). I valori degli indici strutturali calcolati per questa stazione risultano superiori alla media (Tabella 63).

La stazione E15 MG8 è caratterizzata dalla presenza di un sedimento di tipo sabbioso con una frazione di silt e detrito vegetale. La meiofauna è presente con otto gruppi tassonomici la cui densità complessiva raggiunge i $423,2 \pm 181,0$ ind./10 cm² (Tabella 61). Ancora una volta i Nematodi risultano il gruppo dominante, con una percentuale che raggiunge l'89,3% (densità = $377,7 \pm 160,5$ ind./10 cm²). Seguono per abbondanza i Copepodi ($19,4 \pm 17,5$ ind./10 cm²; 4,6%), i Policheti ($13,1 \pm 2,9$ ind./10 cm²; 3,1%) ed infine i Nauplii ($9,3 \pm 11,0$ ind./10 cm²; 2,2%), che chiudono la quaterna dei gruppi più rappresentati. I rimanenti quattro taxa rappresentano nel complesso solo lo 0,9% della biocenosi (Figura 67). In questa stazione gli indici di diversità Shannon-Wiener, ricchezza di Margalef ed equitabilità di Pielou risultano inferiori alla media (Tabella 63).

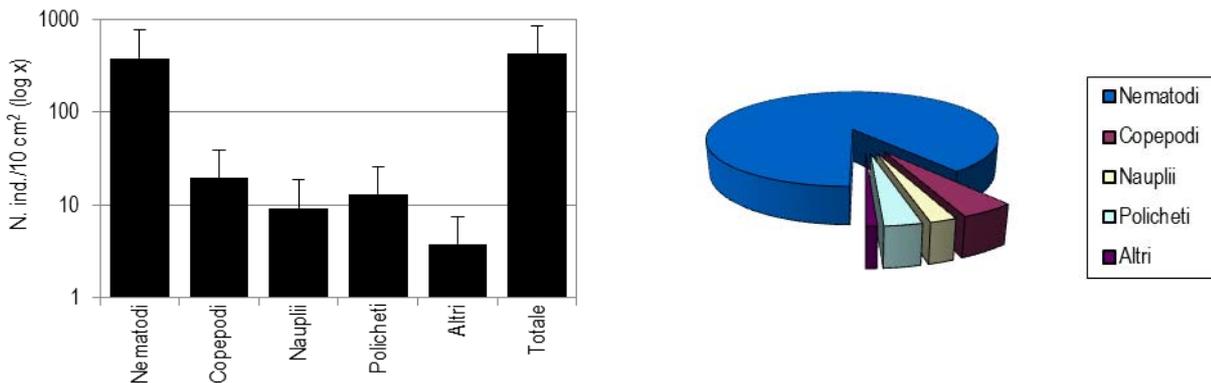


Figura 67 - Stazione E15 MG8. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione E15 MG9 è caratterizzata da un sedimento di tipo sabbioso molto fine, ricco di fango e limo. La comunità meiobentonica è costituita da nove gruppi tassonomici, per una densità complessiva pari a $179,0 \pm 174,9$ ind./10 cm² (Tabella 62, Tabella 63). I Nematodi risultano il taxon dominante ($168,0 \pm 164,3$ ind./10 cm²) rappresentando ben il 93,9% della meiofauna totale, seguiti dai Copepodi ($4,6 \pm 5,7$ ind./10 cm²; 2,6%), dai Policheti ($2,5 \pm 1,0$ ind./10 cm²; 1,4%) e dai Nauplii ($1,7 \pm 2,4$ ind./10 cm²; 0,9%). I restanti cinque taxa costituiscono nel complesso solo l'1,2% della biocenosi (Tabella 62; Figura 68). I valori degli indici di diversità Shannon-Wiener e di equitabilità di Pielou risultano inferiori alla media, mentre la ricchezza di Margalef è superiore ad essa (Tabella 63).

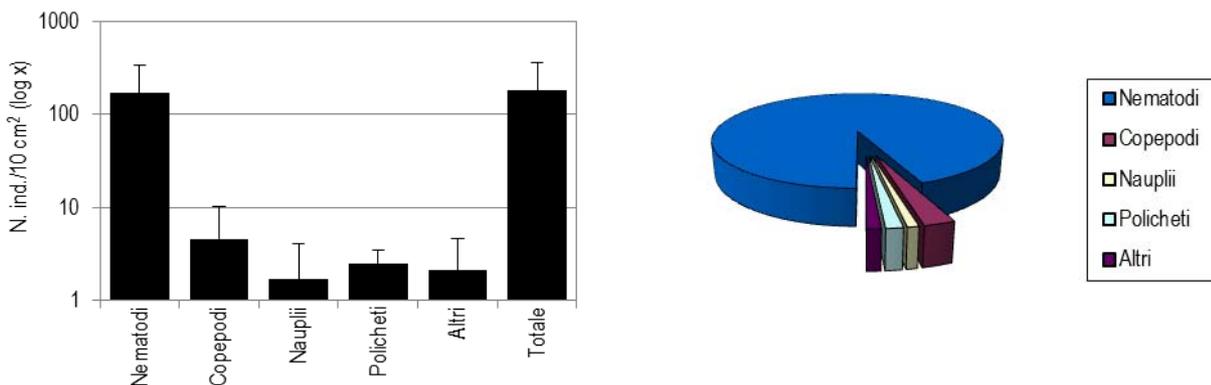


Figura 68 - Stazione E15 MG9. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione E15 MG10 è caratterizzata dalla presenza di sabbia fine mista a silt e detrito vegetale, nella quale sono stati individuati ben quattordici taxa meiobentonici, con una densità media totale di $287,6 \pm 118,1$ ind./10 cm² (Tabella 62, Tabella 63). I Nematodi rappresentano anche qui il gruppo dominante, con una densità media pari a $230,4 \pm 94,7$ ind./10 cm², contribuendo per l'80,1% al popolamento meiobentonico complessivo. Seguono i Copepodi ($20,6 \pm 13,4$ ind./10 cm²; 7,2%), i Policheti ($15,2 \pm 11,4$ ind./10 cm²; 5,3%) e i Nauplii ($9,7 \pm 7,3$ ind./10 cm²; 3,4%). Questi primi quattro gruppi rappresentano circa il 96% del meiobenthos complessivo (Tabella 62, Figura 69). Il restante 4,1% è costituito da ben dieci taxa, dei quali solo i Chinorinchi superano la percentuale dell'1% rispetto alla meiofauna totale. Gli indici di ricchezza di Margalef, diversità Shannon-Wiener ed equitabilità di Pielou risultano superiori alla media registrata nell'area (Tabella 63).

Tabella 62 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni E15 MG9, E15 MG10, E15 MG11, E15 MG12, E15 MG13, E15 MG14. Densità media (\pm DS) (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.

	E15 MG9		E15 MG10		E15 MG11		E15 MG12		E15 MG13		E15 MG14	
	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%						
Nematodi	168,0 \pm 164,3	93,9	230,4 \pm 94,7	80,1	225,7 \pm 131,2	91,6	252,7 \pm 205,4	87,2	222,8 \pm 62,8	82,1	168,0 \pm 211,7	93,2
Copepodi	4,6 \pm 5,7	2,6	20,6 \pm 13,4	7,2	7,6 \pm 14,1	3,1	16,0 \pm 17,9	5,5	19,0 \pm 17,1	7,0	3,8 \pm 4,4	2,1
Nauplii	1,7 \pm 2,4	0,9	9,7 \pm 7,3	3,4	2,1 \pm 3,2	0,9	1,7 \pm 2,4	0,6	8,0 \pm 8,2	3,0	0,8 \pm 1,7	0,5
Policheti	2,5 \pm 1,0	1,4	15,2 \pm 11,4	5,3	9,7 \pm 7,2	3,9	15,6 \pm 12,3	5,4	13,5 \pm 9,0	5,0	4,2 \pm 5,1	2,3
Turbellari	0,4 \pm 0,8	0,2	2,5 \pm 2,2	0,9	-	-	-	-	-	-	1,3 \pm 1,6	0,7
Chinorinchi	0,4 \pm 0,8	0,2	3,4 \pm 1,4	1,2	-	-	-	-	1,3 \pm 1,6	0,5	-	-
Tanaidacei	0,4 \pm 0,8	0,2	0,4 \pm 0,8	0,1	0,4 \pm 0,8	0,2	0,4 \pm 0,8	0,1	0,4 \pm 0,8	0,2	1,7 \pm 2,4	0,9
Ostracodi	0,4 \pm 0,8	0,2	0,8 \pm 1,0	0,3	0,4 \pm 0,8	0,2	2,5 \pm 2,9	0,9	0,8 \pm 1,7	0,3	-	-
Anfipodi	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8 \pm 1,0	0,3	-	-
Isopodi	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2	2,9 \pm 5,9	1,1	-	-
Cumacei	-	-	0,8 \pm 1,0	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-
Acari	-	-	0,4 \pm 0,8	0,1	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-	-	-	-	-
Bivalvi	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-
Solenogastri	-	-	-	-	0,8 \pm 1,7	0,3	0,4 \pm 0,8	0,1	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2
Nemertini	-	-	0,8 \pm 1,0	0,3	-	-	-	-	0,8 \pm 1,0	0,3	-	-
Priapulidi	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,1	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-
Oligocheiti	-	-	0,4 \pm 0,8	0,1	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-	-	-
Ofiuroidi	-	-	0,4 \pm 0,8	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
Ciliati	-	-	1,7 \pm 3,4	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-
Altri (Σ Tur-Cil)	2,1 \pm 2,5	1,2	11,8 \pm 1,4	4,1	1,3 \pm 0,8	0,5	3,8 \pm 4,4	1,3	8,0 \pm 7,3	3,0	3,4 \pm 3,6	1,9
Meiofauna totale	179,0 \pm 174,9	-	287,6 \pm 118,1	-	246,4 \pm 148,8	-	289,7 \pm 241,0	-	271,2 \pm 87,4	-	180,2 \pm 225,2	-

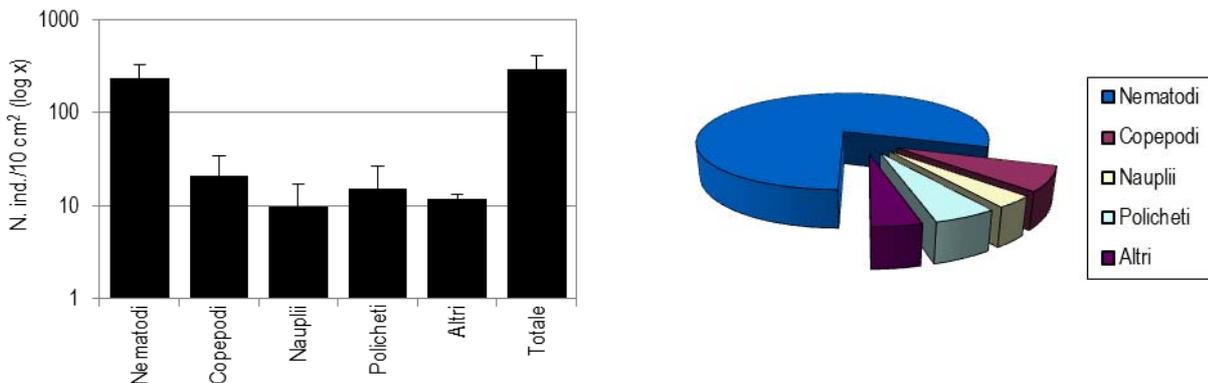


Figura 69 - Stazione E15 MG10. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione E15 MG11 è costituito soprattutto da sabbia fine mista a silt e da una frazione più grossolana, con ulteriore detrito vegetale. Nei campioni analizzati sono stati rinvenuti i rappresentanti di otto gruppi meiobentonici, per una densità media complessiva pari a 246,4 \pm 148,8 ind./10 cm². Il gruppo dominante è quello dei Nematodi (densità media = 225,7 \pm 131,2 ind./10 cm²), con un apporto percentuale al popolamento complessivo del 91,6% (Tabella 62). Seguono i Policheti (densità = 9,7 \pm 7,2 ind./10 cm²; 3,9%), i Copepodi (7,6 \pm 14,1 ind./10 cm²; 3,1%) e i loro stadi naupliari (2,1 \pm 3,2 ind./10 cm²; 0,9%). Nessuno dei rimanenti quattro taxa contribuisce per almeno l'1% al popolamento complessivo, raggiungendo globalmente solo lo 0,5% della biocenosi (Tabella 62, Figura 70). I valori degli indici strutturali risultano inferiori alla media in questa stazione (Tabella 63).

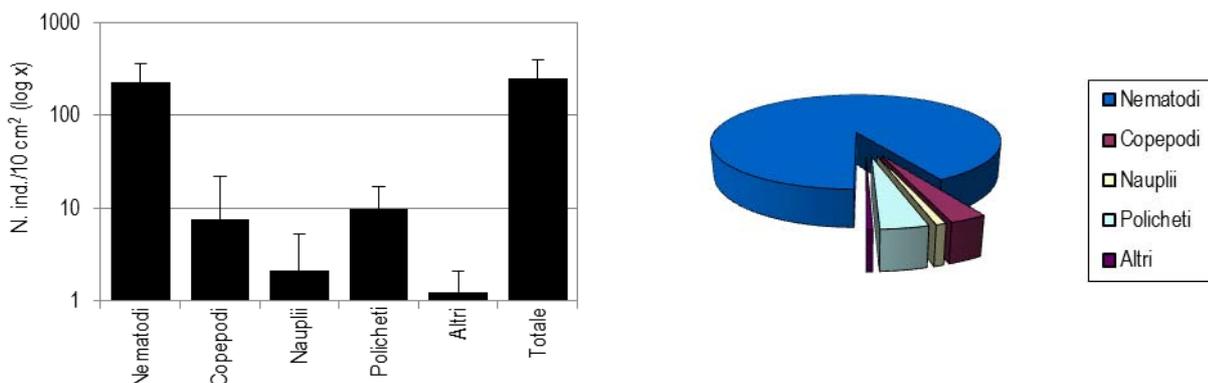


Figura 70 - Stazione E15 MG11. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento prelevato nella stazione E15 MG12 è costituito da sabbia, contenente una discreta quantità di detriti grossolani e detrito vegetale. In esso sono stati rinvenuti dieci taxa, con abbondanza media totale pari a $289,7 \pm 241,0$ ind./10 cm². Anche in questo caso i Nematodi risultano essere il taxon dominante, con una densità che si attesta sul valore medio di $252,7 \pm 205,4$ ind./10 cm², corrispondente all'87,2% del popolamento complessivo. Seguono i Copepodi ($16,0 \pm 17,9$ ind./10 cm²; 5,5%), i Policheti ($15,6 \pm 12,3$ ind./10 cm²; 5,4%) e i Nauplii ($1,7 \pm 2,4$ ind./10 cm²; 0,6%). I rimanenti sei taxa costituiscono complessivamente l'1,3% della meiofauna totale; nessuno di questi raggiunge l'1% del popolamento. Si sottolinea il rinvenimento di Priapulidi in questo sito (Tabella 62; Figura 71). I valori degli indici strutturali risultano inferiori alla media in questa stazione.

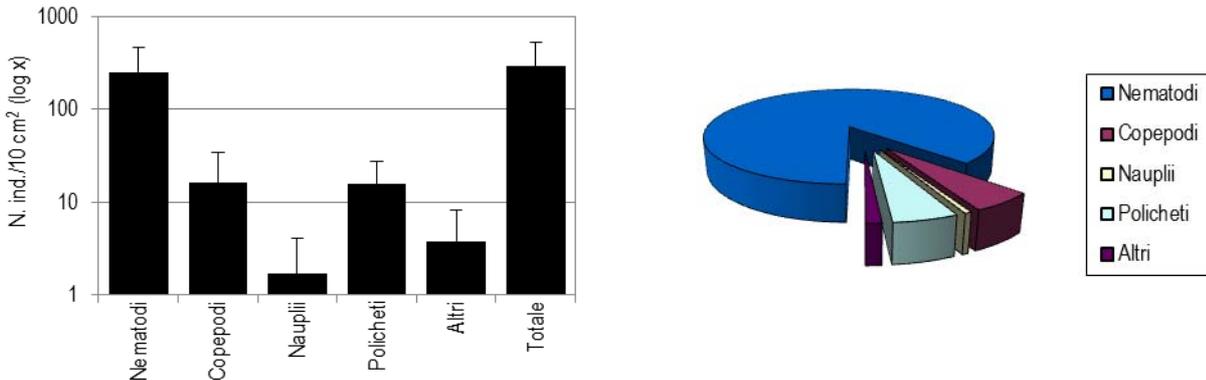


Figura 71 - Stazione E15 MG12. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione E15 MG13, costituito sabbia fine mista a silt e con presenza di detrito vegetale, ospita dodici taxa meiobentonici, presenti con una densità complessiva pari a $271,2 \pm 87,4$ ind./10 cm² (Tabella 63). Domina il gruppo dei Nematodi ($222,8 \pm 62,8$ ind./10 cm²), costituenti l'82,1% del popolamento totale. Seguono i Copepodi ($19,0 \pm 17,1$ ind./10 cm²; 7,0%), i Policheti ($13,5 \pm 9,0$ ind./10 cm²; 5,0%) e i Nauplii ($8,0 \pm 8,2$ ind./10 cm²; 3,0%). I rimanenti otto gruppi costituiscono il 3,0% della meiofauna totale; solo gli Isopodi superano l'1% del popolamento (Tabella 62; Figura 72). Interessante dal punto di vista faunistico è la presenza in questo sito di Priapulidi adulti della specie *Maccabeus tentaculatus*, segnalata sinora in Italia soltanto in Puglia al largo di Bari (Salvini-Plawen, 1977). In precedenza nell'area erano stati trovati stadi larvali di Priapulidi, difficilmente assegnabili a una data specie. In questa stazione i valori degli indici strutturali risultano superiori alla media registrata nell'area (Tabella 63).

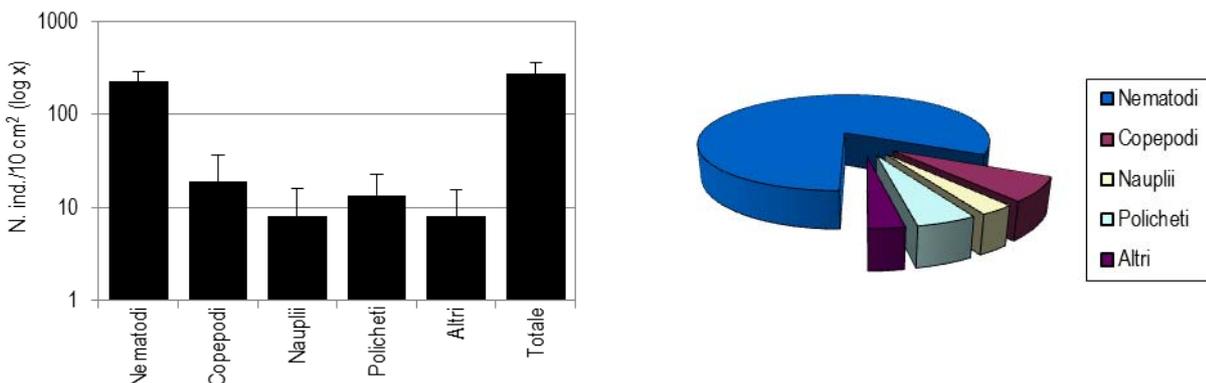


Figura 72 - Stazione E15 MG13. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione E15 MG14 si caratterizza per il sedimento di tipo sabbioso misto a silt contenente detrito di origine vegetale. Nei campioni raccolti sono stati rinvenuti solo sette taxa meiobentonici, con densità media complessiva pari a $180,2 \pm 225,2$ ind./10 cm². Anche in questo caso i Nematodi risultano il taxon dominante, con una densità di $168,0 \pm 211,7$ ind./10 cm² pari a ben 93,2% della comunità globale. Seguono a grande distanza i Policheti ($4,2 \pm 5,1$ ind./10 cm²; 2,3%), i Copepodi ($3,8 \pm 4,4$ ind./10 cm²; 2,1%) e i Nauplii ($0,8 \pm 1,7$ ind./10 cm²; 0,5%). I rimanenti tre taxa insieme formano l'1,9% del popolamento; nessuno di questi raggiunge l'1% della biocenosi (Tabella 62, Figura 73). I valori degli indici strutturali risultano inferiori alla media registrata nell'area (Tabella 63).

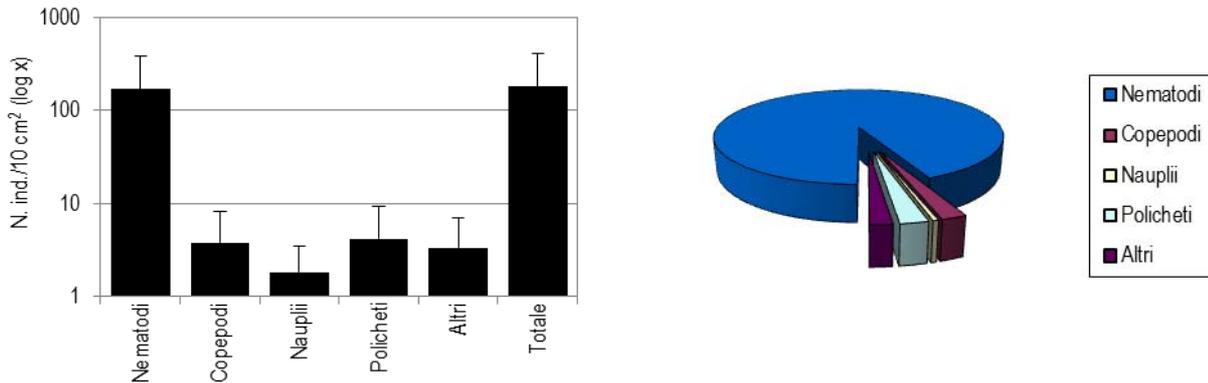


Figura 73 - Stazione E15 MG14. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Dati complessivi

Nell'area investigata sono stati rinvenuti globalmente organismi appartenenti a diciannove gruppi tassonomici, di cui cinque presenti in tutte le stazioni: Nematodi, Copepodi, Nauplii, Policheti e Tanaidacei. Dei rimanenti taxa, alcuni, come Ostracodi, Chinorinchi e Bivalvi sono abbastanza frequenti, risultando assenti solo in poche stazioni, al contrario di Priapulidi, Cumacei, Solenogastri, Ofiuroidi e Ciliati rinvenuti in una o due stazioni e in numeri molto bassi.

La densità media totale dell'area investigata è pari a $257,2 \pm 156,1$ ind./10 cm². I Nematodi sono risultati il taxon dominante, con una densità media complessiva di $220,4 \pm 135,1$ pari all'85,7% del popolamento totale, seguiti nell'ordine dai Copepodi (densità media = $15,3 \pm 15,8$ ind./10 cm²; 5,9%), dai Policheti ($11,8 \pm 9,6$ ind./10 cm²; 4,6%) e infine dai Nauplii ($4,6 \pm 5,7$ ind./10 cm²; 1,8%). I primi quattro gruppi costituiscono nel complesso circa il 98% della biocenosi. Gli altri quindici taxa sono presenti con abbondanze e percentuali molto basse, fornendo un valore di densità complessiva pari al 2,0% dell'intero popolamento meiobentonico; nessuno di questi raggiunge l'1% della biocenosi (Tabella 64).

L'analisi della varianza (ANOVA) condotta per verificare la significatività delle differenze nei valori medi delle abbondanze della meiofauna totale e dei singoli taxa non ha evidenziato differenze statisticamente significative tra le 12 diverse stazioni; ciononostante la densità del popolamento in alcune stazioni risulta decisamente più bassa (es. E15 MG4, meiofauna totale: $98,1 \pm 92,8$ ind./10 cm²).

Nella Tabella 63 sono riportati i parametri strutturali calcolati per le singole stazioni. Numero di taxa (S) e abbondanza media (N) appaiono piuttosto variabili, da 7 a 14 taxa il primo, e da 98 a 423 ind./10 cm² il secondo. Le stazioni E15 MG11 e E15 MG14 ospitano il numero più basso di taxa, mentre E15 MG10 ospita il numero più alto. Data la distanza reciproca tra queste stazioni e la loro distanza relativa rispetto al rigassificatore non emerge alcuna relazione evidente tra le differenze osservate e la loro collocazione geografica in relazione anche alla posizione del terminale.

Tabella 63 - 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		S	N	d	H'	J
E15 MG1	8,0	277,5	1,2	0,6	0,3	E15 MG9	9,0	179,0	1,5	0,3	0,1
E15 MG2	9,0	293,5	1,4	0,7	0,3	E15 MG10	14,0	287,6	2,3	0,8	0,3
E15 MG4	8,0	98,1	1,5	0,6	0,3	E15 MG11	7,0	246,4	1,1	0,4	0,2
E15 MG6	12,0	333,5	1,9	0,9	0,4	E15 MG12	8,0	289,7	1,2	0,5	0,3
E15 MG7	10,0	205,9	1,7	0,7	0,3	E15 MG13	12,0	271,2	2,0	0,8	0,3
E15 MG8	8,0	423,2	1,2	0,5	0,2	E15 MG14	7,0	180,2	1,2	0,4	0,2

La ricchezza specifica (d) non differisce sostanzialmente nelle stazioni investigate, attestandosi frequentemente su valori compresi tra 1 e 2, ad eccezione del sito E15 MG10, che presenta il valore più alto riscontrato: 2,3 (Tabella 63). La diversità di Shannon-Wiener (H') è risultata massima nella stazione E15 MG6 (0,9), seguita da E15 MG10 e E15 M13 (0,8), e minima nel sito E15 MG9 (0,3), il quale presenta anche il più basso valore dell'indice di equitabilità di Pielou (J = 0,1; Tabella 64).

Le analisi multivariate hanno evidenziato una similarità faunistica medio-alta tra le stazioni investigate. L'analisi dei cluster, basata sulle abbondanze medie dei diversi taxa e sulla matrice di similarità di Bray-Curtis, evidenzia una prima dicotomia a un valore di similarità faunistica tra le stazioni prossimo al 73% (Figura 74); in corrispondenza di tale valore i siti E15 MG4, E15 MG9 e E15 MG14, raggruppati tra loro a un livello di similarità dell'84%, risultano separati dagli altri nove. Si sottolinea che le densità riscontrate in questi tre siti appaiono relativamente basse rispetto a quelle registrate altrove. La successiva dicotomia si attesta ad un valore di similarità di circa 77%; a tale nodo il sito E15 MG10, caratterizzato dalla più elevata diversità riscontrata nell'area, viene separato dalle restanti otto stazioni.

Queste ultime presentano tra loro una similarità di circa 80%, valore a cui il sito E15 MG6 viene separato dagli altri, raggruppati tra loro a un valore di similarità pari a 83%. Al momento non sembra emergere alcuna relazione tra raggruppamento e posizione geografica delle stazioni.

Tabella 64 - Struttura della comunità meiobentonica dell'area interessata dal posizionamento del terminale rigassificatore, incluse le stazioni di controllo. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo rinvenuto. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.

Taxon	Media \pm DS	%	Taxon	Media \pm DS	%
Nematodi	220,4 \pm 135,1	85,7	Cumacei	0,1 \pm 0,3	<0,1
Copepodi	15,3 \pm 15,8	5,9	Acari	0,1 \pm 0,4	<0,1
Nauplii	4,6 \pm 5,7	1,8	Bivalvi	0,4 \pm 0,7	0,1
Policheti	11,8 \pm 9,6	4,6	Solenogastri	0,1 \pm 0,3	<0,1
Turbellari	0,6 \pm 1,3	0,2	Nemertini	0,3 \pm 1,1	0,1
Chinorinchi	0,9 \pm 1,6	0,4	Priapulidi	0,1 \pm 0,3	<0,1
Tanaidacei	0,8 \pm 1,2	0,3	Oligocheti	0,2 \pm 0,7	0,1
Ostracodi	0,8 \pm 1,5	0,3	Ofiuroidi	0,1 \pm 0,2	<0,1
Anfipodi	0,2 \pm 0,7	0,1	Ciliati	0,2 \pm 1,0	0,1
Isopodi	0,4 \pm 1,7	0,2	Altri (Σ Tur-Cil)	5,1 \pm 4,6	2,0
Meiofauna totale: 257,2 \pm 156,1					

Quanto appena indicato per la Cluster Analysis è riflesso anche nel piano di ordinamento bidimensionale ottenuto dall'analisi nMDS, riportato in Figura 74. Anche in questo caso la disposizione dei punti-stazione nel piano prescinde dalla loro collocazione geografica. Il nMDS separa chiaramente le stazioni E15 MG4, E15 MG9 e E15 MG14, contraddistinte da basse abbondanze, dalle altre. In posizione alquanto distinta appare anche quella del sito E15 MG10, caratterizzato da una diversità superiore rispetto agli altri. I restanti siti, che esibiscono tra loro una similarità faunistica medio-alta, appaiono tutto sommato piuttosto raggruppati.

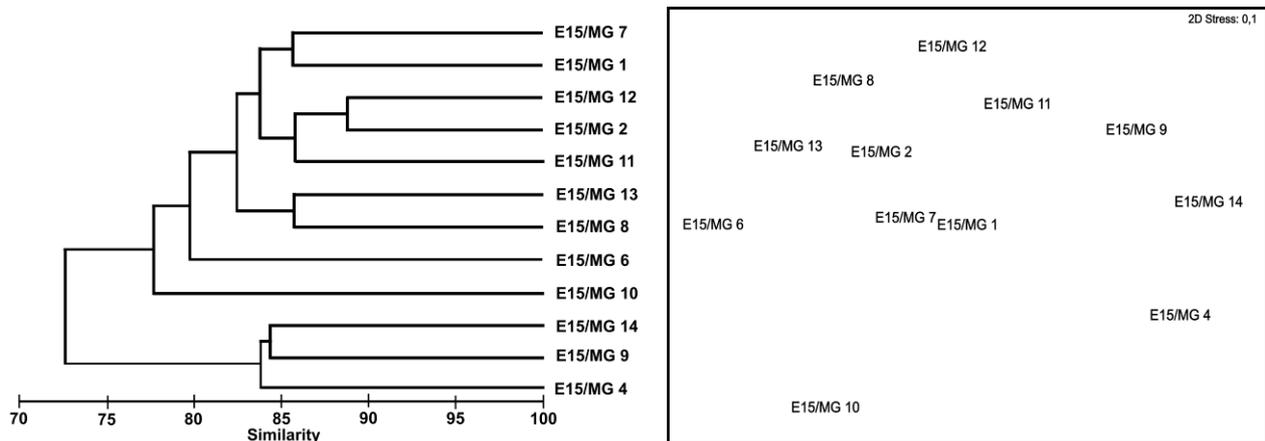


Figura 74 - A sinistra dendrogramma per il raggruppamento gerarchico delle stazioni basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati. A destra piano di ordinamento ottenuto dal non-metric Multi Dimensional Scaling (n-MDS), basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati.

6.3.3 Bioaccumulo

Metalli

I risultati della ricerca dei metalli in *M. galloprovincialis* sono riportati nella Tabella 65.

Le concentrazioni di Arsenico, Cromo totale, Manganese, Mercurio, Piombo, Vanadio e Zinco sono analoghe in tutte le stazioni.

Le concentrazioni di Bario, Ferro e Rame sono risultate leggermente maggiori negli organismi al Tempo zero rispetto a quelli impiegati nel test.

Il Nichel è stato rilevato in concentrazione estremamente modesta nella stazione D (posizione 4) e nella stazione E (Bianco Gorgona).

Il Cadmio è risultato presente in concentrazione maggiore del Tempo Zero in tutte le stazioni, compresa la stazione E (Bianco Gorgona).

Tabella 65 - Concentrazione dei metalli nei mitili. I dati, relativi alla campagna E15, sono espressi in mg/kg s.s. Lr = Limite di rilevabilità.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Arsenico	1,81	1,99	1,98	1,99	1,86	1,82
Bario	1,94	< Lr				
Cadmio	0,36	0,66	0,66	0,63	0,61	0,68
Rame	1,28	< Lr				
Cromo	4,55	3,21	3,46	3,22	3,25	3,39

Tabella 65 - Concentrazione dei metalli nei mitili. I dati, relativi alla campagna E15, sono espressi in mg/kg s.s. Lr = Limite di rilevabilità.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Ferro	260,88	80,69	77,03	97,49	78,90	90,68
Nichel	< Lr	< Lr	< Lr	< Lr	1,31	1,45
Manganese	< Lr	< Lr	< Lr	< Lr	< Lr	< Lr
Piombo	0,93	0,39	0,51	0,62	0,44	0,71
Vanadio	1,45	2,02	1,64	2,95	1,28	1,42
Zinco	157,13	190,35	226,95	236,87	221,13	199,58
Mercurio	0,100	0,110	0,115	0,123	0,108	0,144

Idrocarburi totali

Nella Tabella 66 sono riportati i risultati ottenuti dalla ricerca degli idrocarburi (C<10 e C10-C40).

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

Gli idrocarburi C10-C40 sono stati rilevati nelle stazioni A (Posizione 1), B (Posizione 2) e D (posizione 3) in concentrazione lievemente superiore a quella rilevata negli organismi del Tempo Zero e nella Stazione E (Bianco Gorgona).

Tabella 66 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E15, 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)	61	250	< 1	170	120	73

IPA e composti organo stannici

I risultati della ricerca di IPA ed organo stannici sono riportati nella Tabella 67. I dati suggeriscono una sostanziale assenza di fenomeni di bioaccumulo.

Si rileva la presenza di Acenaftilene e di Naftalene nella stazione A (posizione 1), nella stazione C (posizione 3) e nella stazione D (posizione 4), in concentrazione comunque inferiore a quella rilevata nella stazione di controllo di Gorgona (stazione E). La presenza di Acenaftilene era stata rilevata anche in piccola concentrazione negli organismi del Tempo Zero, che mostrano anche la presenza a bassissima concentrazione di Acenaftene e Pirene, composti non rilevati nelle Stazioni analizzate.

Tabella 67 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E15, 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)
Acenaftene	0,014	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Acenaftilene	0,0013	0,0014	< 0,001	0,0013	0,001	0,0026
Antracene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (a) antracene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (a) pirene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (b) fluorantene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (g,h,i) perilene	< 0,001	< 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	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Dibenzo (a,e) pirene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Dibenzo (a,h) pirene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Dibenzo (a,h) antracene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Fenantrene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Fluorantene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Fluorene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Indeno (1,2,3 - c,d) pirene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Naftalene	< 0,001	0,0022	< 0,001	0,0024	0,0017	0,003
Pirene	0,0014	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Dibutilstagno	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Monobutilstagno	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Tributilstagno	<5	<5	<5	<5	<5	<5

Cloroderivati

I risultati della ricerca dei cloroderivati sono riportati nella Tabella 68. I dati suggeriscono una sostanziale assenza di fenomeni di bioaccumulo.

E' stata rilevata una lievissima contaminazione di Acido Dibromoacetico nella stazione B (posizione 2) ma tale composto era presente anche nel Tempo Zero ed è stato rilevato, in concentrazione estremamente bassa, anche nella stazione E (Bianco Gorgona).

Sono state rilevate basse concentrazioni di Acido Dicloroacetico esclusivamente nel Tempo Zero e nel Bianco Gorgona.

Si osserva infine la presenza di Tricloro Etilene e Tetracloro etilene in tutte le stazioni ad eccezione della Stazione A (Posizione 1) in concentrazioni paragonabili a quelle rilevate nel Bianco Gorgona.

Tabella 68 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E15, 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)
<i>Acidi Aloacetici</i>						
Dalapon	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Dibromoacetico	3,7	<1	2	<1	<1	1,0
Acido Tribromoacetico	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Acido Monobromoacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Bromodichloroacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Bromocloroacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Dicloroacetico	8,3	<3	<3	<3	<3	2,0
Acido Tricloroacetico	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Acido Monocloroacetico	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Acido Clorodibromoacetico	<5	<5	<5	<5	<5	<5
<i>Fenoli</i>						
2,4,6-tricloro fenolo	<5	<5	<5	<5	<5	<5
2,4-dicloro fenolo	<5	<5	<5	<5	<5	<5
4-cloro-3-metil fenolo	<5	<5	<5	<5	<5	<5
pentacloro fenolo	<5	<5	<5	<5	<5	<5
<i>V.O.C.</i>						
1,1,1-Tricloro Etano	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
1,1,2-Tricloro Etano	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Bromo Dicloro Metano	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Bromoformio	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
Carbonio Tetracloruro	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Cloroformio	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Dibromo Cloro Metano	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Tetracloro Etilene	<0,15	<0,15	0,23	0,15	0,29	0,33
Tricloro Etilene	<0,25	<0,25	0,80	0,70	1,33	1,03
1,2,3-Tricloro propano	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60
1,2-Dibromo Etano	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
Dicloroacetoneitrile	<0,80	<0,80	<0,80	<0,80	<0,80	<0,80
Tricloroacetoneitrile	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50

Analisi microbiologiche

Dall'analisi microbiologica emerge l'assenza di contaminazione fecale (Tabella 69).

Tabella 69 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E15, 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

6.3.4 Biomarkers

Neutral Red Retention Time (NRRT). Dalla valutazione del tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro all'interno dei lisosomi degli emociti di mitilo (Figura 75) non sono emerse differenze significative tra i mitili di controllo (Stazione E Bianco Gorgona) e quelli posizionati nelle 4 stazioni lungo il terminale FRSU. Tuttavia, il tempo di ritenzione del Rosso Neutro nei mitili di controllo (Stazione E Bianco Gorgona) ed in quelli analizzati subito dopo il prelievo dall'allevamento (Tempo zero) è risultato piuttosto basso, indicando un certo grado di sofferenza cellulare. Ipoteticamente questo dato potrebbe essere associato alle temperature estive elevate.

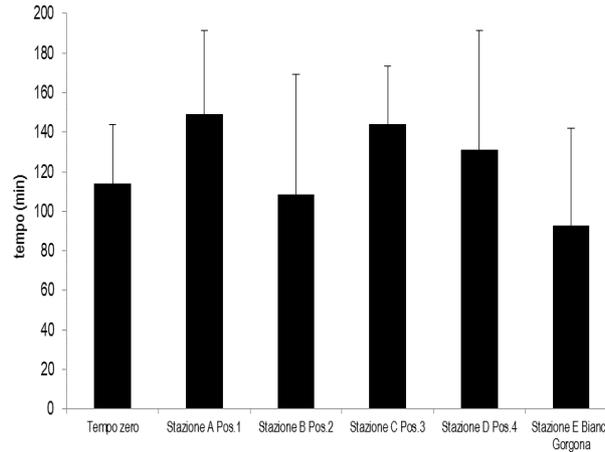


Figura 75 - Valutazione del danno cellulare mediante la misura del tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro (NRRT) nei lisosomi degli emociti di mitilo. Valori alti del tempo di ritenzione corrispondono ad una maggiore integrità.

Comet Assay. Il grado di frammentazione del DNA nelle cellule branchiali dei mitili posizionati presso il terminale FRSU è risultato basso e molto simile a quello dei controlli (Stazione E Bianco Gorgona); questo dato permette di escludere alterazioni di natura genotossica (Figura 76). Al contrario i mitili analizzati subito dopo il prelievo presso l'allevamento (Tempo zero) hanno mostrato un elevato grado di frammentazione del DNA, efficacemente riparato durante il mese di mantenimento presso la stazione di controllo ed il terminale FRSU. Questo risultato conferma lo scarso grado di integrità dei mitili dell'allevamento, particolarmente durante la stagione estiva.

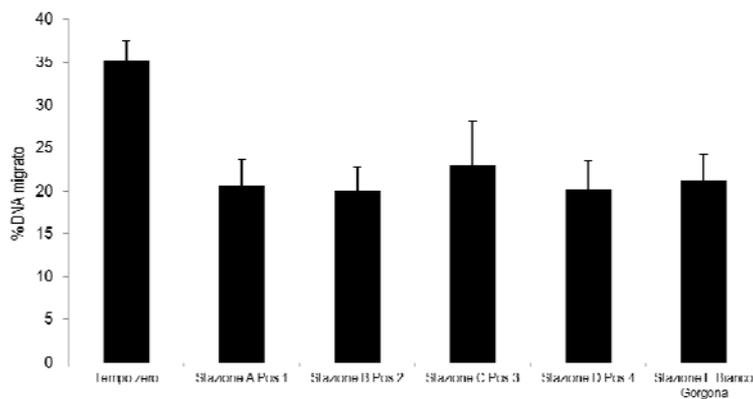


Figura 76 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.

Analisi istologia del tessuto branchiale. L'analisi istologica delle branchie di mitilo non ha mostrato differenze significative tra stazione di controllo e terminale FRSU (Tabella 70, Figura 77). Pertanto, anche per questo parametro possono essere escluse alterazioni imputabili all'attività del terminale.

Tabella 70 - 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.

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

Tabella 70 - 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.

	4	2	4	1
	5	2	5	1
Stazione B (Pos. 2)	1	1	1	1
	2	1	2	1
	3	1	3	1
	4	2	4	1
	5	1	5	2
		Stazione E (Bianco Gorgona)		

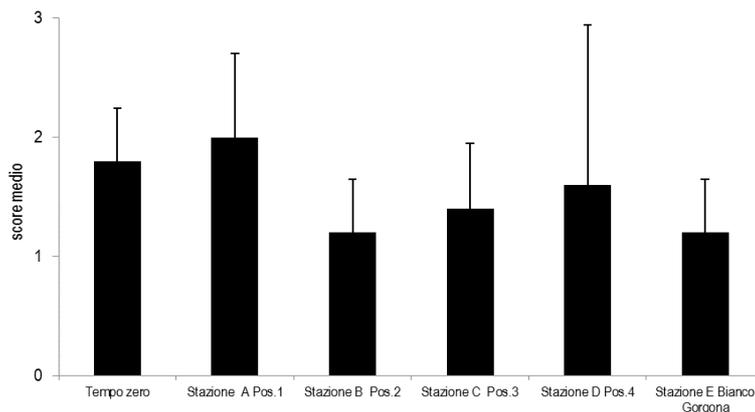


Figura 77 - Analisi istologica delle branchie di mitilo. Il parametro rappresentato nel grafico è il punteggio medio (*score*) per ciascuna delle stazioni indagate. La scala va da 1 a 5; il punteggio 1 indica una condizione di integrità mentre il punteggio 5 indica una forte compromissione della struttura dei filamenti branchiali.

6.3.5 Fauna ittica bentonectonica

Nella Tabella 71 sono indicate le specie catturate durante i campionamenti effettuati con la rete a strascico e con le reti da posta, sia nell'area di trattamento (T) che nell'area di controllo (C) per la campagna E15.

In totale sono state catturate 61 specie.

Nel corso del campionamento effettuato con la rete a strascico sono state raccolte 30 specie di Osteitti, 3 di Condroitti, 1 di Crostacei Decapodi e 7 di Molluschi Cefalopodi

Nel caso delle reti da posta, in totale sono state campionate 14 specie di Osteitti, 4 di Condroitti e 3 di Crostacei Decapodi. Non sono stati catturati Molluschi Cefalopodi.

La differenza nel numero di specie riscontrata tra i siti di trattamento e quello di controllo è da collegarsi al numero delle cale effettuate: 4 per il "Trattamento", 1 sola per il "Controllo". L'assenza completa dei Molluschi Cefalopodi e lo scarso numero di organismi bento-nectonici (riuniti nella categoria "Altro") nella lista faunistica delle reti da posta è una conseguenza dell'operatività di questa tipologia di rete: le reti da posta sono un attrezzo da pesca passivo, per il quale la cattura dipende esclusivamente dal movimento delle specie. La rete a strascico, invece, opera attivamente in contatto con il fondo e quindi ha maggiori possibilità di catturare organismi della fauna bento-nectonica.

Tabella 71 - Lista delle specie catturate con la rete a strascico e le reti da posta. T: siti di trattamento; C: siti di controllo

Osteitti	Strascico		Reti da posta		Condroitti	Strascico		Reti da posta	
	T	C	T	C		T	C	T	C
<i>Alosa fallax nilotica</i> (Lacépède, 1803)			*		<i>Oxynotus centrina</i> (Linnaeus, 1758)			*	
<i>Argentina sphyraena</i> Linnaeus, 1758	*				<i>Raja asterias</i> Delaroche, 1809			*	*
<i>Arnoglossus laterna</i> (Walbaum, 1792)	*	*			<i>Raja clavata</i> Linnaeus, 1758	*		*	*
<i>Blennius ocellaris</i> Linnaeus, 1758		*			<i>Scylliorhinus canicula</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*	*
<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	*				<i>Scylliorhinus</i> sp. Blainville, 1816	*			
<i>Capros aper</i> (Linnaeus, 1758)	*				<i>Torpedo torpedo</i> (Linnaeus, 1758)	*			
<i>Chelidonichthys lucerna</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			Crostacei decapodi				
<i>Citharus linguatula</i> (Linnaeus, 1758)	*		*		<i>Maja crispata</i> (Risso, 1827)				*
<i>Diplodus annularis</i> (Linnaeus, 1758)	*				<i>Maja squinado</i> (Herbst, 1788)				*
<i>Engraulis encrasicolus</i> (Linnaeus, 1758)	*				<i>Parapenaeus longirostris</i> (H. Lucas, 1846)	*	*	*	
<i>Eutrigla gurnardus</i> (Linnaeus, 1758)	*				Molluschi cefalopodi				

Tabella 71 - Lista delle specie catturate con la rete a strascico e le reti da posta. T: siti di trattamento; C: siti di controllo

Osteitti	Strascico		Reti da posta		Condroitti	Strascico		Reti da posta	
	T	C	T	C		T	C	T	C
<i>Lepidorhombus boschii</i> (Risso, 1810)	*	*	*		<i>Alloteuthis</i> sp. Wülker, 1920	*	*		
<i>Lepidotrigla cavillone</i> (Lacépède, 1801)	*	*	*		<i>Eledone cirrhosa</i> (Lamarck, 1798)	*	*		
<i>Lophius budegassa</i> Spinola, 1807	*	*	*	*	<i>Eledone moschata</i> (Lamarck, 1798)		*		
<i>Lophius piscatorius</i> Linnaeus, 1758				*	<i>Illex coindetii</i> (Vérany, 1839)	*	*		
<i>Macroramphosus scolopax</i> (Linnaeus, 1758)	*				<i>Loligo vulgaris</i> Lamarck, 1798	*	*		
<i>Merluccius merluccius</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*	*	<i>Sepia elegans</i> Blainville, 1827	*	*		
<i>Mullus barbatus</i> Linnaeus, 1758	*	*			<i>Sepia orbignyana</i> Férussac, 1826	*	*		
<i>Pagellus bogaraveo</i> (Brünnich, 1768)				*	<i>Sepietta oweniana</i> (d'Orbigny, 1841)	*			
<i>Pagellus erythrinus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*		*	Altro				
<i>Phycis blennoides</i> (Brünnich, 1768)		*	*		<i>Alcyonium palmatum</i> Pallas, 1766	*	*	*	
<i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792)	*				<i>Antedon mediterranea</i> Lamarck, 1816	*	*		
<i>Scomber japonicus</i> Houttuyn, 1782	*				<i>Ascidia mentula</i> O.F. Müller, 1776			*	
<i>Scorpaena notata</i> Rafinesque, 1810		*			<i>Ascidia</i> indet.	*	*		
<i>Scorpaena scrofa</i> Linnaeus, 1758				*	<i>Astropecten aranciacus</i> (Linnaeus, 1758)	*			
<i>Serranus cabrilla</i> (Linnaeus, 1758)	*	*		*	<i>Galeodea echinofora</i> (Linnaeus, 1758)	*		*	
<i>Serranus hepatus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Cidaris cidaris</i> (Linnaeus, 1758)			*	
<i>Solea vulgaris</i> Quensel, 1806		*		*	<i>Echinus acutus</i> Lamarck, 1816	*	*		
<i>Spicara flexuosa</i> Rafinesque, 1810	*	*			<i>Funiculina quadrangularis</i> (Pallas, 1766)			*	
<i>Trachurus m. mediterraneus</i> (Steindachner, 1868)	*	*			<i>Leptometra phalangium</i> (J. Müller, 1841)	*			
<i>Trachurus trachurus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Ophiura texturata</i> Lamark, 1816	*	*		
<i>Trachinus draco</i> Linnaeus, 1758	*				<i>Squilla mantis</i> (Linnaeus, 1758)		*		
<i>Trisopterus minutus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*		<i>Stichopus regalis</i> (Cuvier, 1817)	*		*	
<i>Zeus faber</i> Linnaeus, 1758	*								

Indici di densità e biomassa per gruppi tassonomici

Nella Figura 78 è illustrata la composizione delle catture, in percentuale, dei principali gruppi tassonomici campionati con le reti da posta. Il gruppo tassonomico più rappresentativo, sia nei siti di trattamento che nel sito di controllo, è risultato quello dei Condroitti con percentuali in numero pari all'83% per il trattamento e al 73% per il controllo. Sempre per i Condroitti, le percentuali in peso nei siti di trattamento e di controllo si sono attestate sull'86% e 66% rispettivamente. Il secondo gruppo tassonomico in ordine di importanza è risultato essere quello degli Osteitti, con percentuali in numero pari al 14% nel trattamento e al 24% nel controllo e percentuali in peso del 14% nel trattamento e 28% nel controllo. I Crostacei Decapodi hanno mostrato percentuali molto basse sia in numero (3% nel trattamento, 4% nel controllo) che in peso (0,2% nel trattamento, 6% nel controllo). Il gruppo tassonomico dei Molluschi Cefalopodi è risultato assente in entrambi i siti di campionamento.

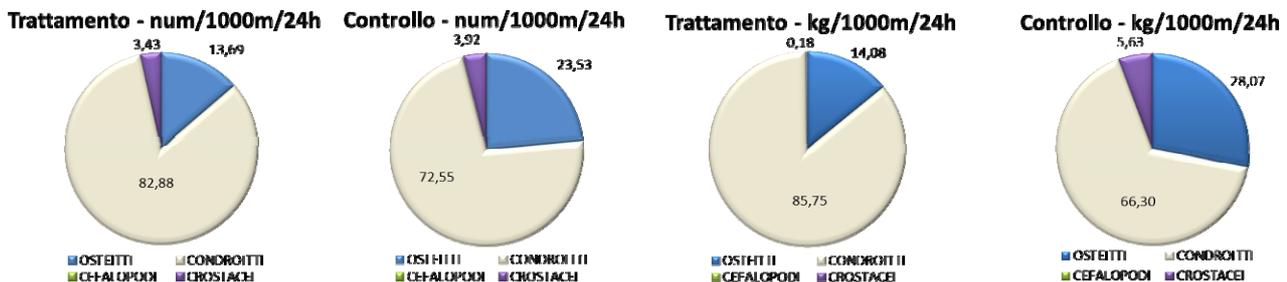


Figura 78 - Reti da posta: composizione delle catture, espressa come percentuale, dei principali gruppi tassonomici campionati nell'area di trattamento e controllo.

Nella Figura 79 è riportata la composizione in percentuale delle catture dei principali gruppi tassonomici campionati con la rete a strascico. Gli Osteitti sono risultati il gruppo tassonomico più importante, sia nei siti di trattamento che nel sito di controllo. Le percentuali in numero si sono attestate sul 61% nel trattamento e sul 79% nel controllo. Nel caso della biomassa sono state registrate percentuali pari al 57% e al 60% nel trattamento e nel controllo rispettivamente. Per quanto riguarda i Condroitti le percentuali in numero sono state pari al 9% nel trattamento e al 10% nel controllo. Per la biomassa i valori sono risultati pari al 29% del peso totale nel trattamento e al 30% del peso totale nel controllo. Il gruppo tassonomico dei Crostacei Decapodi ha mostrato percentuali relative sia in numero che in peso (25% e 6% rispettivamente) sensibilmente più elevate rispetto a quelle registrate nel sito di controllo (4% e 0,5% rispettivamente). Nelle catture con la rete a strascico è risultato presente anche il gruppo dei Molluschi Cefalopodi. Le percentuali in numero sono risultate pari al 5% del

numero totale nel trattamento e al 7% del numero totale nel controllo. Nel caso della biomassa i valori per il trattamento ed il controllo sono stati pari al 7% e 9% del peso totale rispettivamente.

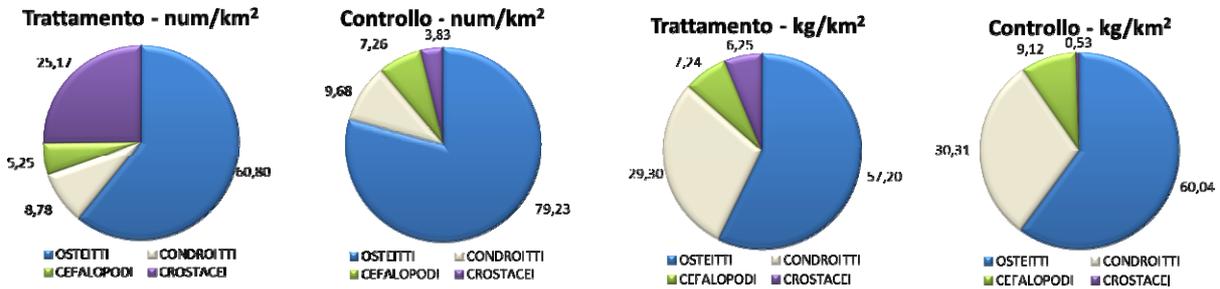


Figura 79 - Rete a strascico: composizione delle catture, espressa come percentuale, dei principali gruppi tassonomici campionati nell'area di trattamento e controllo.

Reti da posta - Indici di densità e biomassa per specie

Nella Tabella 72 sono riportati gli indici di abbondanza in num/1000m/24h e in kg/1000m/24h per le specie catturate con le reti da posta. La specie più abbondante catturata nei siti di trattamento è risultata il gattuccio, *Scylliorhinus canicula*, con valori in numero di 88 ind./1000m/24h e in peso di 20,255 kg/1000m/24h. Le altre specie campionate nei siti di trattamento hanno mostrato valori nettamente inferiori a quelli del gattuccio.

Tabella 72 - Reti da posta: indici di densità e abbondanza (\pm DS), espressi in num/1000m/24h e kg/1000m/24h, stimati per le specie catturate nei siti di trattamento e di controllo.

	Trattamento		Controllo	
	num/1000m/24h	kg/1000m/24h	num/1000m/24h	kg/1000m/24h
OSTEITTI				
<i>Alosa fallax nilotica</i>	0,38 \pm 1,307	0,226 \pm 0,784		
<i>Citharus linguatula</i>	5,02 \pm 3,871	0,280 \pm 0,224		
<i>Lepidorhombus boschii</i>	0,77 \pm 1,554	0,071 \pm 0,149		
<i>Lepidotrigla cavillone</i>	1,54 \pm 2,081	0,027 \pm 0,055		
<i>Lophius budegassa</i>	3,43 \pm 3,070	2,748 \pm 1,532	1,56	3,443
<i>Lophius piscatorius</i>			1,56	2,771
<i>Merluccius merluccius</i>	1,92 \pm 2,592	0,792 \pm 1,373	1,56	0,280
<i>Pagellus bogaraveo</i>			3,11	0,128
<i>Pagellus erythrinus</i>			3,11	0,778
<i>Scorpaena scrofa</i>			3,11	2,246
<i>Serranus cabrilla</i>			3,11	0,142
<i>Solea vulgaris</i>			1,56	0,487
<i>Phycis blennoides</i>	0,40 \pm 1,383	0,086 \pm 0,297		
<i>Trisopterus minutus capelanus</i>	1,57 \pm 2,261	0,040 \pm 0,047		
CONDROITTI				
<i>Oxynotus centrina</i>	0,41 \pm 1,412	1,548 \pm 5,361		
<i>Scylliorhinus canicula</i>	88,20 \pm 30,441	20,255 \pm 5,001	51,32	11,422
<i>Raja clavata</i>	1,59 \pm 2,308	3,292 \pm 5,116	4,67	10,730
<i>Raja asterias</i>	0,82 \pm 2,825	0,918 \pm 3,179	1,56	2,115
<i>Maja crispata</i>			1,56	0,317
<i>Maja squinado</i>			1,56	1,743
CROSTACEI DECAPODI				
<i>Parapenaeus longirostris</i>	3,76 \pm 11,404	0,054 \pm 0,160		
ALTRO				
<i>Alcyonium palmatum</i>	1,10 \pm 3,814	0,013 \pm 0,046		
<i>Funiculina quadrangularis</i>	1,13 \pm 3,922	0,002 \pm 0,007		
<i>Galeodea echinifora</i>	0,37 \pm 1,271	0,005 \pm 0,018		
<i>Cidaris cidaris</i>	0,74 \pm 1,489	0,019 \pm 0,037		
<i>Sticopus regalis</i>	0,38 \pm 1,307	0,048 \pm 0,167		
<i>Ascidia mentula</i>	0,38 \pm 1,307	0,005 \pm 0,018		

Nel caso degli Osteitti le specie più abbondanti sono state la linguattola, *Citharus linguatula*, con 5 ind./1000m/24h e 0,280 kg/1000m/24h, la rana pescatrice, *Lophius budegassa*, 3 ind./1000m/24h e 2,748 kg/1000m/24h ed il nasello, *Merluccius merluccius*, con 2

ind./1000m/24h e 0,792 kg/1000m/24h. Per i Crostacei Decapodi l'unica specie campionata, il gambero Bianco *Parapenaeus longirostris*, ha mostrato indici di abbondanza e biomassa pari a 4 ind./1000m/24h e 0,054 kg/1000m/24h.

Analizzando gli indici di densità e biomassa stimati per il sito di controllo è da evidenziare come, anche in questo caso, la specie più abbondante è risultata il gattuccio, *S. canicula*, con valori in numero di 51 ind./1000m/24h ed in peso di 11,422 kg/1000m/24h. Tra i Condroitti è da segnalare anche la razza chiodata, *Raja clavata*, con valori in numero e peso di 5 ind./1000m/24h e 10,730 kg/1000m/24h rispettivamente.

Reti a strascico - Indici di densità e biomassa per specie

Nella Tabella 73 sono riportati gli indici di abbondanza in num/km² e in kg/km² per le specie catturate con la rete a strascico.

Nei siti di trattamento la specie più abbondante in assoluto è stata la triglia di fango, *Mullus barbatus*, con indici in numero e peso pari a 3016 ind./km² e 105,102 kg/km² rispettivamente. Per gli Osteitti altre specie particolarmente abbondanti sono state il nasello, *M. merluccius*, con una densità di 1492 ind./km² e una biomassa di 65,875 kg/km², il caviglione, *Lepidotrigla cavillone*, con un indice in numero di 663 ind./km² e un indice in peso di 7,519 kg/km², il sugarello, *Trachurus trachurus*, con 550 ind./km² e 5,436 kg/km², il sugarello maggiore, *Trachurus mediterraneus mediterraneus* con una densità di 345 ind./km² e una biomassa di 8,162 kg/km² e l'acciuga, *Engraulis encrasicolus*, con valori in numero e peso di 277 ind./km² e 2,033 kg/km². Nel gruppo tassonomico dei Condroitti la specie più abbondante è stata il gattuccio *S. canicula*, con una densità di 1126 ind./km² e 121,343 kg/km². Nel gruppo dei Crostacei Decapodi l'unica specie catturata, il gambero Bianco *P. longirostris*, ha mostrato valori in numero di 3273 ind./km² ed in peso di 26,738 kg/km². Tra i Molluschi Cefalopodi la specie più importante sia per densità che biomassa è stata il totano, *Illex coindetii*, con valori di 493 ind./km² e 26,351 kg/km². Altre specie particolarmente abbondanti sono state la seppia pizzuta, *Sepia orbygnana*, con valori in numero di 54 ind./km² e in peso di 1,464 kg/km² ed il calamaro, *Loligo vulgaris* (54 ind./km² e 1,808 kg/km²). Nel gruppo classificato come "Altro" la specie più importante in numero e peso è stata l'oloturoideo *Sticopus regalis* con valori di 113 ind./km² e 23,142 kg/km². Particolarmente abbondante è risultato anche il crinoide *Leptometra phalangium*, con un valore in peso di 17,259 kg/km².

Anche nel sito di controllo la specie più abbondante risultata la triglia di fango *M. barbatus*, con una densità di 3541 ind./km² e una biomassa di 115,204 kg/km², seguita dal nasello *M. merluccius* con un indice in numero di 2049 ind./km² e un indice in peso di 81,264 kg/km². Altre specie di Osteitti particolarmente abbondanti sono risultate il sugarello maggiore *T. m. mediterraneus*, con una densità di 1047 ind./km² e una biomassa di 17,326 kg/km², il sugarello *T. trachurus*, con indici in numero e peso di 779 ind./km² e 4,254 kg/km² rispettivamente ed il merluzzetto *Trisopterus minutus capelanus* (378 ind./km² e 5,701 kg/km²). Nel sito di controllo il gruppo tassonomico dei Condroitti è rappresentato esclusivamente dal gattuccio *S. canicula*, con un indice in numero di 1069 ind./km² ed un indice in peso di 131,973 kg/km². Lo stesso può essere detto per i Crostacei Decapodi, rappresentati solo dal gambero Bianco *P. longirostris*, con una densità e una biomassa di 401 ind./km² e 2,116 kg/km² rispettivamente. Per quanto riguarda i Molluschi Cefalopodi la specie più abbondante è risultata, anche in questo caso, il totano *I. coindetii*, con valori di densità di 378 ind./km² e di biomassa di 21,602 kg/km², seguito dal moscardino, *Eledone cirrhosa*, con indici in numero e peso pari a 134 ind./km² e 2,917 kg/km² rispettivamente. Nel gruppo indicato come "Altro" la specie più abbondante è stata il crinoide *Antedon mediterranea*, con un indice di densità pari a 111 ind./km² ed un indice in biomassa di 0,334 kg/km². Altra specie particolarmente abbondante è risultata l'ofiuroido *Ophiura texturata*, con indici in numero e peso pari a 89 ind./km² e 0,445 kg/km² rispettivamente.

Tabella 73 - Rete a strascico: indici di densità e abbondanza (\pm DS), espressi in num/km² e kg/km², stimati per le specie catturate nei siti di trattamento e di controllo.

	Trattamento		Controllo	
	num/km ²	kg/km ²	num/km ²	kg/km ²
OSTEITTI				
<i>Argentina sphyraena</i>	27,84 \pm 57,860	0,317 \pm 0,862		
<i>Arnoglossus laterna</i>	5,57 \pm 19,287	0,039 \pm 0,135	22,27	0,067
<i>Blennius ocellaris</i>			22,27	0,713
<i>Boops boops</i>	171,85 \pm 316,333	11,690 \pm 22,137		
<i>Callionymus maculatus</i>				
<i>Capros aper</i>	172,41 \pm 329,720	0,656 \pm 1,174		
<i>Chelidonichthys lucerna</i>			22,27	2,138
<i>Citharus linguatula</i>	10,95 \pm 21,905	0,529 \pm 1,256		
<i>Diplodus annularis</i>	5,57 \pm 19,287	0,128 \pm 0,444		
<i>Engraulis encrasicolus</i>	277,45 \pm 815,077	2,033 \pm 5,504		
<i>Eutrigla gurnardus</i>	5,57 \pm 19,287	0,028 \pm 0,096		
<i>Lepidorhombus boscii</i>	108,38 \pm 134,987	7,443 \pm 9,098	66,81	4,231
<i>Lepidotrigla cavillone</i>	662,72 \pm 862,026	7,519 \pm 9,610	356,32	3,853
<i>Lophius budegassa</i>	11,14 \pm 22,270	0,935 \pm 2,615	22,27	5,768
<i>Macroramphosus scolopax</i>	300,65 \pm 805,122	1,464 \pm 3,978		
<i>Merluccius merluccius</i>	1492,10 \pm 1276,220	65,875 \pm 34,495	2048,86	81,264
<i>Mullus barbatus</i>	3016,50 \pm 962,749	105,102 \pm 52,530	3540,96	115,204
<i>Pagellus erythrinus</i>	103,19 \pm 106,116	6,894 \pm 7,463	155,89	8,084
<i>Phycis blennoides</i>			22,27	3,118
<i>Sardina pilchardus</i>	21,53 \pm 74,575	0,307 \pm 1,063		
<i>Scomber japonicus</i>	11,14 \pm 38,573	0,122 \pm 0,424		

Tabella 73 - Rete a strascico: indici di densità e abbondanza (\pm DS), espressi in num/km ² e kg/km ² , stimati per le specie catturate nei siti di trattamento e di controllo.				
<i>Scorpaena notata</i>			89,08	2,071
<i>Serranus cabrilla</i>	16,52 \pm 36,824	0,531 \pm 1,407	22,27	0,646
<i>Serranus hepatus</i>	216,95 \pm 500,626	2,180 \pm 5,144	111,35	0,980
<i>Solea vulgaris</i>			22,27	5,568
<i>Spicara flexuosa</i>	21,90 \pm 43,811	0,647 \pm 1,318	22,27	0,468
<i>Trachinus draco</i>	10,95 \pm 21,905	1,645 \pm 3,311		
<i>Trachurus m. mediterraneus</i>	345,19 \pm 326,840	8,162 \pm 7,246	1046,70	17,326
<i>Trachurus trachurus</i>	549,89 \pm 392,853	5,436 \pm 5,015	779,46	4,254
<i>Trigla lucerna</i>	5,38 \pm 18,644	0,441 \pm 1,529		
<i>Trisopterus minutus capelanus</i>	275,96 \pm 348,888	4,085 \pm 3,330	378,59	5,701
<i>Zeus faber</i>	61,06 \pm 138,841	10,382 \pm 22,209		
CONDROITTI				
<i>Raja clavata</i>	5,57 \pm 19,287	3,897 \pm 13,501		
<i>Scyllorhinus spp.</i>	5,38 \pm 18,644	0,011 \pm 0,037		
<i>Scyllorhinus canicula</i>	1125,76 \pm 516,751	121,343 \pm 40,256	1068,97	131,973
<i>Torpedo torpedo</i>	5,57 \pm 19,287	0,050 \pm 0,174		
CROSTACEI DECAPODI				
<i>Parapenaeus longirostris</i>	3273,16 \pm 5285,811	26,738 \pm 46,192	400,86	2,116
MOLLUSCHI CEFALOPODI				
<i>Alloteuthis sp.</i>	5,38 \pm 18,644	0,027 \pm 0,093	44,54	0,334
<i>Eledone cirrhosa</i>	32,66 \pm 20,786	0,816 \pm 1,497	133,62	2,917
<i>Eledone moschata</i>			44,54	7,015
<i>Illex coindetii</i>	492,73 \pm 733,744	26,351 \pm 37,214	378,59	21,602
<i>Loligo vulgaris</i>	53,82 \pm 123,668	1,808 \pm 4,483	44,54	3,274
<i>Sepia elegans</i>	37,67 \pm 107,100	0,441 \pm 1,248	89,08	1,225
<i>Sepia orbignyana</i>	54,56 \pm 71,423	1,464 \pm 2,442	66,81	3,341
<i>Sepietta oweniana</i>	5,57 \pm 19,287	0,045 \pm 0,154		
ALTRO				
<i>Alcyonium palmatum</i>	107,64 \pm 348,459	1,211 \pm 4,145	22,27	0,267
<i>Antedon mediterranea</i>	53,82 \pm 186,437	0,161 \pm 0,559	111,35	0,334
<i>Ascidacea indet.</i>	37,67 \pm 107,100	0,167 \pm 0,506	22,27	0,156
<i>Astropecten aranciacus</i>	5,38 \pm 18,644	1,345 \pm 4,661		
<i>Echinus acutus</i>	5,38 \pm 18,644	1,615 \pm 5,593	44,54	11,135
<i>Galeodea echinofora</i>	10,76 \pm 37,287	0,054 \pm 0,186		
<i>Leptometra phalangium</i>		17,259 \pm 59,788		
<i>Ophiura texturata</i>	26,91 \pm 93,218	0,226 \pm 0,783	89,08	0,445
<i>Squilla mantis</i>			22,27	0,178
<i>Stichopus regalis</i>	113,02 \pm 230,609	23,142 \pm 47,496		

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 delle specie indicatrici che saranno quelle analizzate dal punto di vista degli indici di densità e biomassa e delle distribuzioni di taglia frequenza durante tutti i campionamenti successivi. Può quindi accadere che alcune di queste specie non siano catturate durante alcuni campionamenti.

Reti da posta

Nella Figura 80 sono riportati gli indici in numero e peso per le specie indicatrici catturate con le reti da posta. In particolare vengono rappresentati i valori delle medie e la deviazione standard sia per specie che per sito.

Nel caso del gattuccio *S. canicula* gli indici di densità e biomassa sono risultati più elevati nei siti di trattamento rispetto al controllo. La rana pescatrice *L. budegassa* ha mostrato la stessa tendenza con l'unica differenza che l'indice di biomassa è risultato più elevato nel controllo. Situazione inversa è stata riscontrata per la razza stellata *Raja asterias*, per la quale gli indici in numero e peso sono risultati maggiori nel controllo.

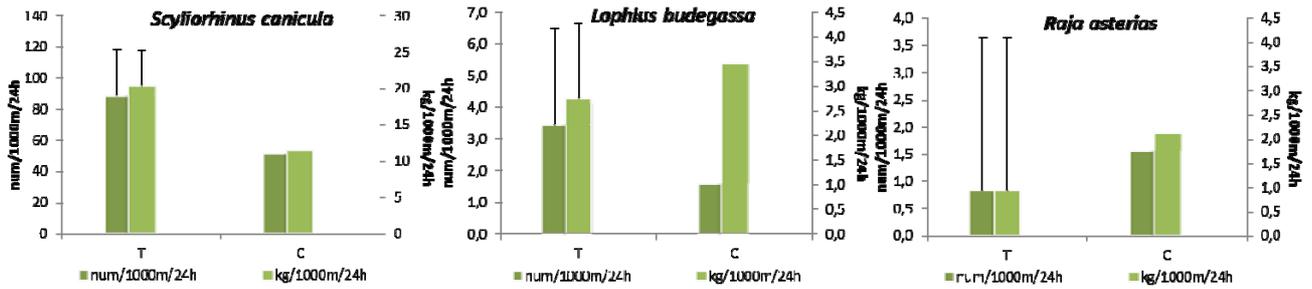


Figura 80 - Reti da posta: indici di abbondanza in numero e peso, stimati per i siti di trattamento (T) e controllo (C), delle specie indicatrici. Sono riportati i valori delle medie + la deviazione standard, per specie e per sito. In verde scuro num/1000m/24h, in verde chiaro kg/1000m/24h.

Rete a strascico

Nella Figura 81 sono riportati gli indici in numero e peso per le specie indicatrici catturate con la rete a strascico.

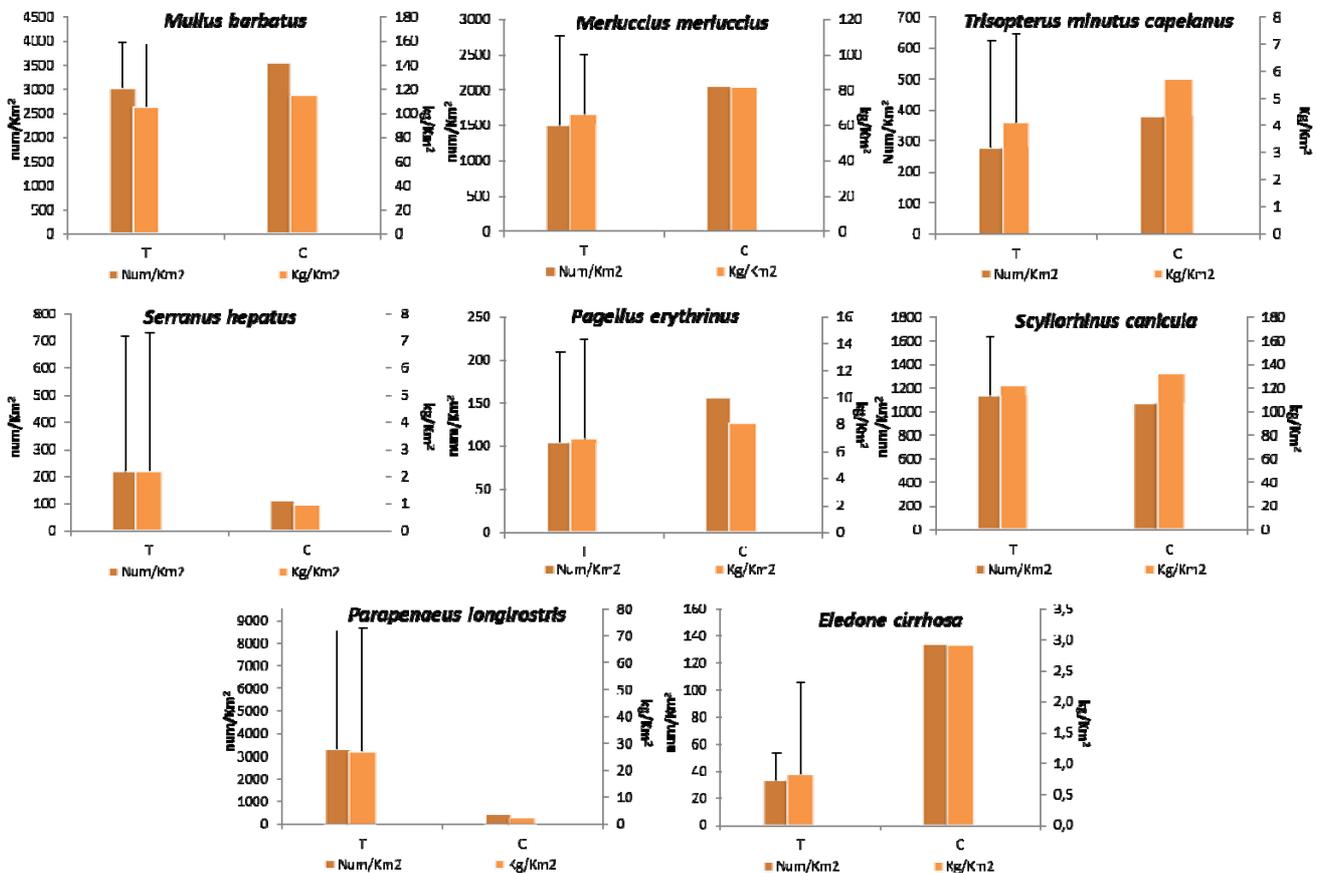


Figura 81 - Rete a strascico: indici di abbondanza in numero e peso, stimati per i siti di trattamento (T) e controllo (C), delle specie indicatrici. Sono riportati i valori delle medie + la deviazione standard, per specie e per sito. In marrone scuro num/km², in marrone chiaro kg/km².

Gli indici di densità e biomassa non hanno mostrato sostanziali differenze tra il trattamento ed il controllo nel caso della triglia di fango *M. barbatus* e del gattuccio *S. canicula*. Nel caso del nasello *M. Merluccius*, del pagello fragolino *Pagellus erythrinus*, del merluzzetto *T. m. capellanus* e del moscardino *E. cirrhosa* gli indici di densità e biomassa sono risultati più elevati nel sito di controllo. Situazione inversa si ha invece per il sacchetto *Serranus hepatus* ed il gambero Bianco *P. longirostris*, con indici più elevati nei siti di trattamento.

Distribuzioni taglia/frequenza delle specie indicatrici

Reti da posta

La specie più abbondante catturata con le reti da posta è stata il gattuccio, *S. canicula* (Figura 82), con 229 individui catturati nei siti di trattamento e 33 individui in quello di controllo. Le taglie degli esemplari catturati nei siti di trattamento erano comprese tra 28 e 48cm LT, mentre per gli individui catturati nel sito di controllo le taglie erano comprese tra 30 e 45 cm LT. Gli organismi del trattamento hanno mostrato una moda a 41 cm LT, mentre nel controllo non è possibile evidenziare una moda ben precisa, anche se i valori massimi sono stati registrati a 40 e 42 cm LT.

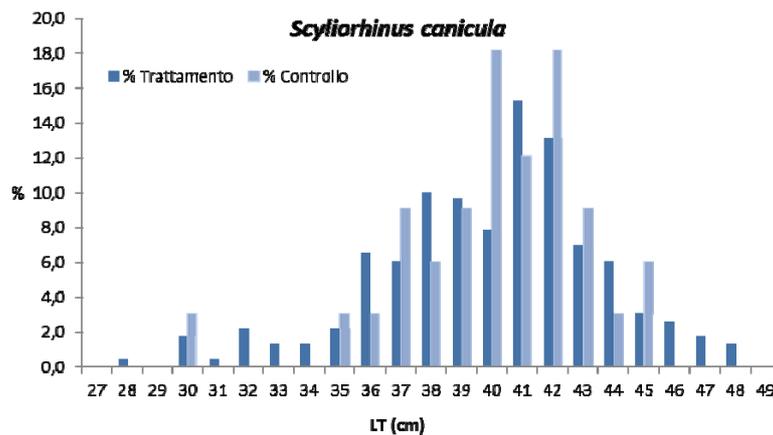


Figura 82 - Rete da posta: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (*Scyliorhinus canicula*). Num. individui: 229 (trattamento), 33 (controllo).

Dato lo scarso numero di individui catturati non vengono fornite le distribuzioni di taglia-frequenza delle altre specie indicatrici scelte per la piccola pesca. Per la linguattola *L. linguatula* sono stati catturati 13 individui con taglia compresa tra 13,5 e 22,5cm LT. Nel caso della rana pescatrice *L. budegassa* in totale sono stati campionati 10 individui, di cui 9 nei siti di trattamento, con intervallo di taglia tra 30 e 50cm LT, e 1 solo di 53cm LT nel controllo. Passando alla razza stellata *R. asterias* sono stati catturati 3 individui, 2 nei siti di trattamento con taglia di 57 e 58cm LT ed 1 nel controllo (40 cm LT).

Rete a strascico

La specie più abbondante catturata con la rete a strascico è stata la triglia di fango *M. barbatus* con 551 esemplari catturati nei siti di trattamento e 159 individui catturati nel controllo (Figura 83). Gli esemplari campionati nei siti di trattamento avevano una taglia compresa tra 9 e 22,5cm LT, mentre per quelli catturati nel controllo la taglia è compresa tra 6 e 21cm LT. Analizzando la distribuzione taglia-frequenza del trattamento è stato possibile mettere in evidenza 3 mode: una a 12cm LT, la seconda a 17,5cm LT e la terza a 20,5cm LT. Anche per il controllo è possibile evidenziare 3 mode: a 11cm LT, a 17,5 cm LT e a 20,5cm LT.

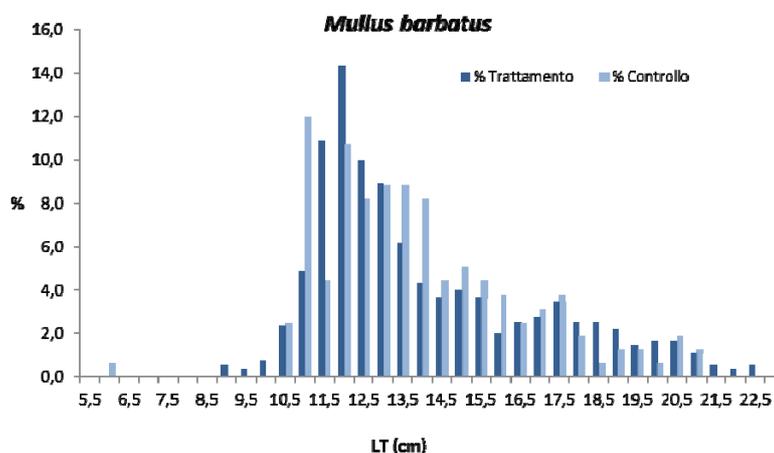


Figura 83 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza della triglia di fango (*Mullus barbatus*). Num. individui 551 (trattamento), 159 (controllo).

Nel gruppo tassonomico degli Osteitti la seconda specie più abbondante è stata il nasello *M. merluccius*, con 274 esemplari catturati nei siti di trattamento e 92 esemplari catturati nel sito di controllo. L'intervallo di taglia degli esemplari catturati nei siti di trattamento è compreso tra 8 e 37cm LT, mentre quello degli individui catturati nel controllo è compreso tra 9 e 35cm LT. La distribuzione di taglia-frequenza degli animali catturati nel trattamento ha mostrato una moda a 17cm LT, mentre nella distribuzione di taglia-frequenza del controllo la moda si è attestata sui 14 cm LT (Figura 84).

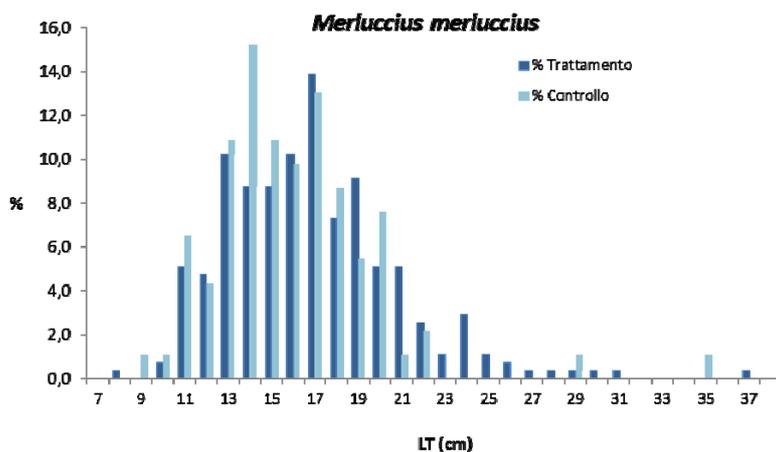


Figura 84 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del nasello (*Merluccius merluccius*). Num. individui: 274 (trattamento), 92 (controllo).

Passando al merluzzetto, *T. m. capelanus* (Figura 85), in totale sono stati catturati 67 esemplari di questa specie, 50 nel trattamento e 17 nel controllo. Gli individui campionati nel trattamento hanno mostrato un intervallo di taglia compreso tra 6 e 17cm LT, mentre per quelli campionati nel controllo l'intervallo di taglia è risultato compreso tra 8,5 e 15cm LT. Per entrambe le distribuzioni non è stato possibile evidenziare delle mode definite.

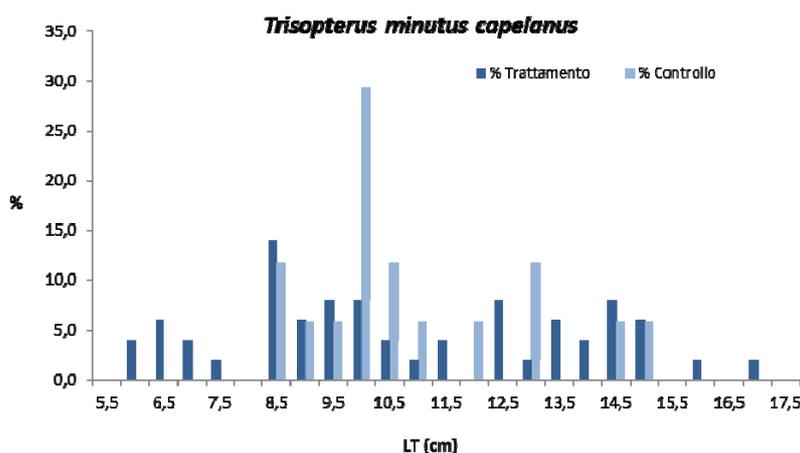


Figura 85 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del merluzzetto (*Trisopterus minutus capelanus*). Num. individui: 50 (trattamento), 17 (controllo).

Per le altre specie di Osteitti scelte come specie bersaglio per lo strascico non vengono fornite le distribuzioni di taglia-frequenza visto lo scarso numero di individui catturati. Per il sacchetto *S. hepatus* sono stati catturati 39 esemplari nei siti di trattamento e solamente 5 esemplari nel sito di controllo. L'intervallo di taglia degli organismi del trattamento è risultato compreso tra 6,5 e 10,5cm LT, mentre gli organismi del controllo sono risultati compresi tra 7,5 e 8,5cm LT. Per il pagello fragolino, *P. erythrinus* sono stati campionati 26 esemplari, 19 nei siti di trattamento, aventi un intervallo di taglia compreso tra 12,5 e 23cm LT, e 7 nel sito di controllo, con intervallo di taglia tra 15 e 17cm LT. Lo scorfanotto *S. notata* è stato campionato solo nel sito di controllo, per un totale di 4 esemplari con taglia compresa tra 8 e 11,5cm LT.

Passando ai Condroitti, i gattucci (*S. canicula*) campionati sono stati 205 nei siti di trattamento e 48 nel sito di controllo (Figura 86). L'intervallo di taglia per questa specie è compreso tra 22 e 45cm LT per gli organismi catturati nei siti di trattamento e tra 24 e 43cm LT per quelli catturati nel controllo. L'analisi della distribuzione di taglia-frequenza degli animali campionati nel trattamento ha permesso di evidenziare 3 mode: una a 28cm LT, una a 32cm LT ed una a 37cm LT. Per quanto riguarda la distribuzione taglia-frequenza degli individui catturati nel controllo non è stato possibile identificare delle mode.

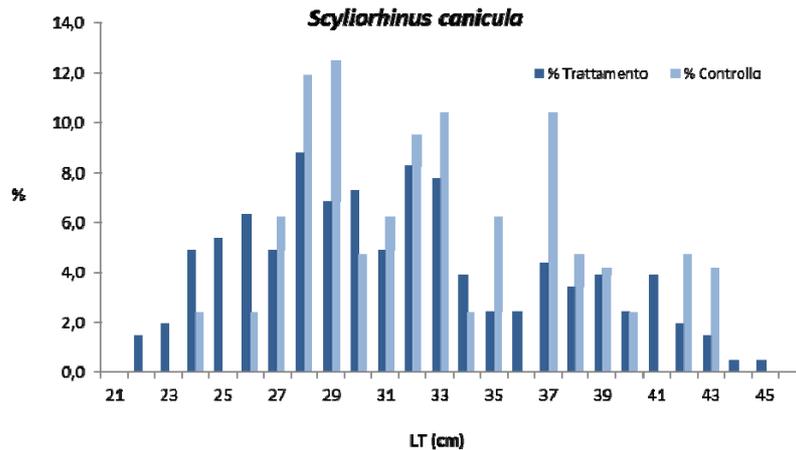


Figura 86 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (*Scylliorhinus canicula*). Num. individui: 205 (trattamento), 48 (controllo).

La cattura del gambero Bianco, *P. longirostris*, è rappresentata da 608 esemplari di cui 590 campionati nei siti di trattamento e 18 campionati nel controllo (Figura 87). L'intervallo di taglia degli organismi presenti nel trattamento è risultato compreso tra 13 e 35mm LC. Nella distribuzione taglia-frequenza del controllo sono ben evidenti 2 mode, una a 17mm LC ed una a 28 mm LC. Il numero esiguo degli organismi catturati nel controllo non ha permesso di elaborare una distribuzione taglia-frequenza. La taglia dei 18 individui del controllo è risultata compresa in un ampio intervallo di taglia (17-31mm LC).

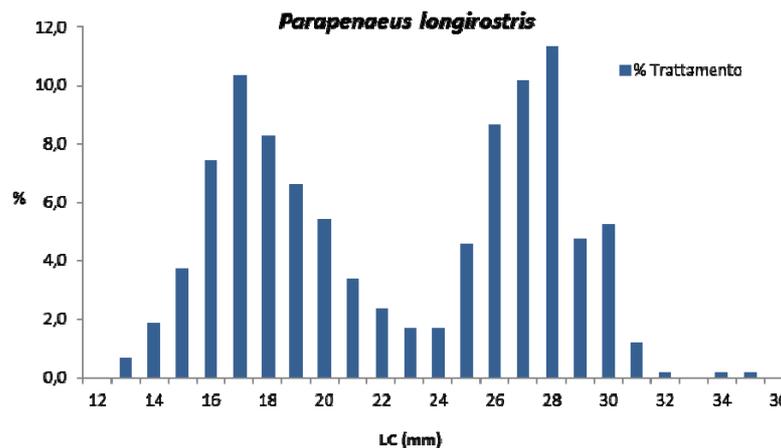


Figura 87 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gambero Bianco (*Parapenaeus longirostris*). Num individui: 590 (trattamento).

Passando al moscardino, *E. cirrhosa*, in totale sono stati campionati 12 esemplari, 6 nei siti di trattamento e 6 nel controllo. La taglia degli organismi catturati nei siti di trattamento era compresa tra 3 e 6cm LM, mentre per quelli catturati nel sito di controllo era compresa tra 2,5 e 4,5 LM.

6.3.6 Fauna ittica pelagica

La campagna effettuata con le reti da posta pelagiche ha avuto scarsi risultati. Le catture sono state registrate solamente nel sito di controllo. L'unica specie catturata è stata l'acciuga *E. encrasicolus*, con un indice di densità di 9 ind./1000m/24h ed un indice in biomassa di 0,261kg/1000m/24h.

6.3.7 Cetacei e tartarughe marine

Per questa indagine sono state percorse 284 nm per un totale di 75h e 20' di navigazione. Nella (Figura 88) sono riportate le rotte effettuate per il monitoraggio visivo condotto nella estate 2015 (E 15). E' stato effettuato un avvistamento di 5 delfini appartenenti alla specie *Tursiops truncatus* in posizione Lat N 43° 41.381' e Long E10° 06.644', 8nm direzione NE dal terminale.

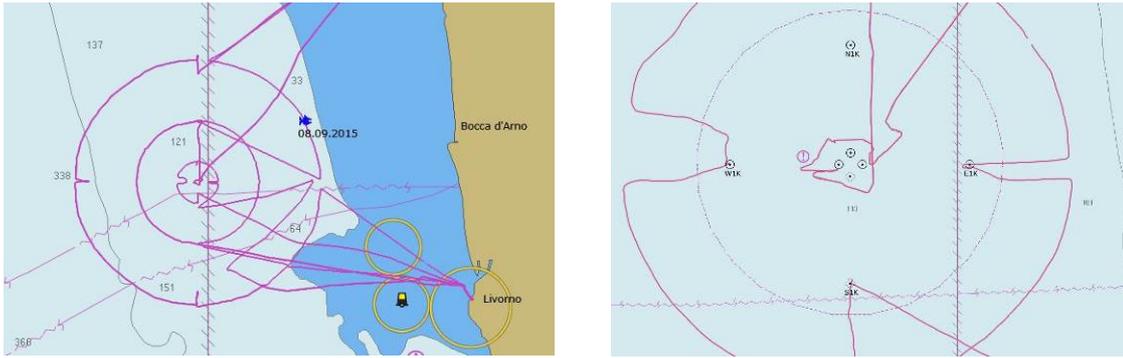


Figura 88 – Rotte effettuate per il monitoraggio visivo e bioacustico condotto nella estate 2015 (E15).

6.4 INDAGINI GENERALI

6.4.1 Misura del rumore

In questa sezione sono riportati i risultati delle misure di rumore acustico subacqueo effettuate nei punti più vicini (a 100m e a 1000m di distanza dalla posizione della piattaforma) alla profondità di 55m, con rappresentazione della funzione di densità spettrale di potenza (PSDf) basata sul calcolo della FFT, e analisi in terzi d'ottava sovrapposta (Figura 89 - Figura 92 e Figura 94 - Figura 97).

Tra le misure a 10km di distanza, sono state selezionate qui quelle registrate nei punti S10K e E10K (Figura 98 e Figura 99), per permettere il confronto sulle direttrici Sud e Est con le misure a 100 e 1000m.

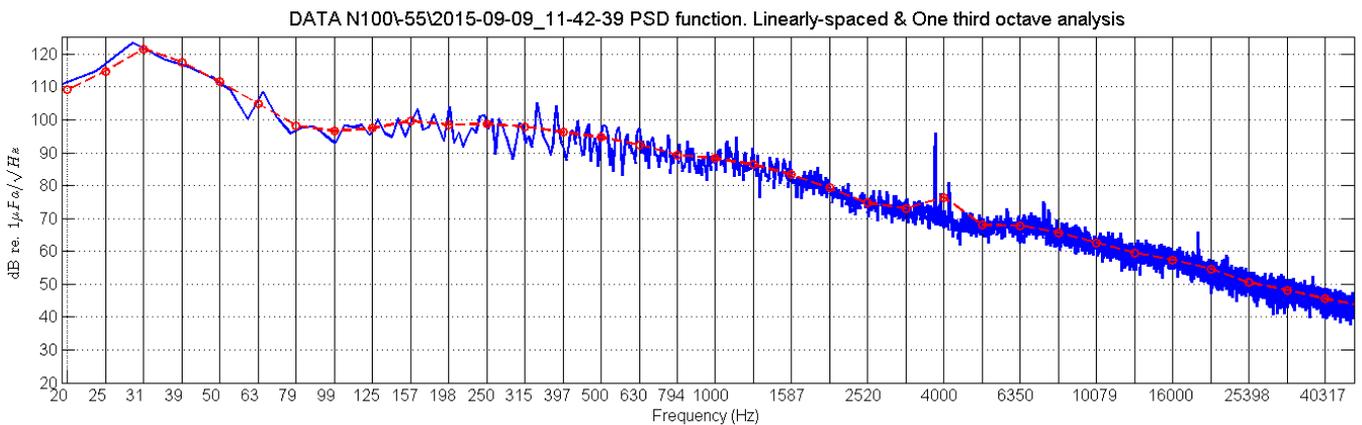


Figura 89 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N100 a 55m di profondità. Lo spettro presenta un massimo a bassissima frequenza (31 Hz circa), e rimane mediamente elevato per tutta la banda.

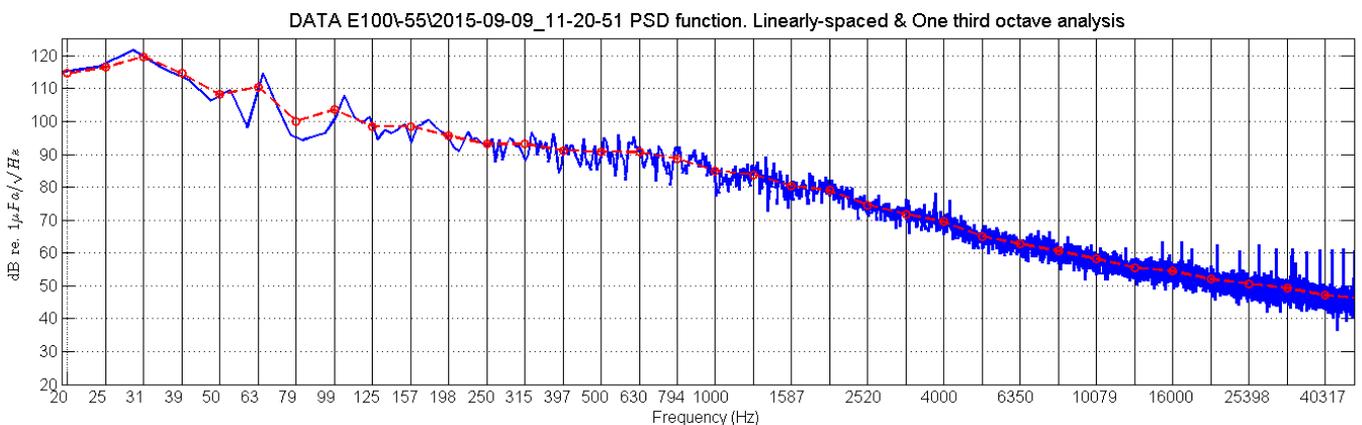


Figura 90 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E100 a 45m di profondità.

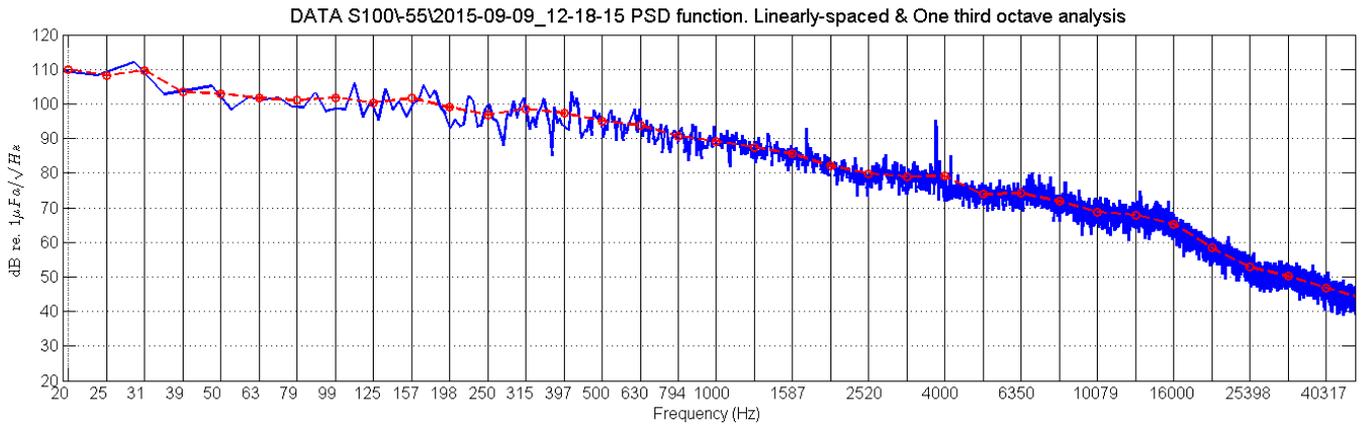


Figura 91 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55m di profondità. In questo plot, anch'esso simile ai precedenti, si evidenzia un piccolo innalzamento di livello tra 6000 e 20000 Hz, centrato intorno a 15000 Hz.

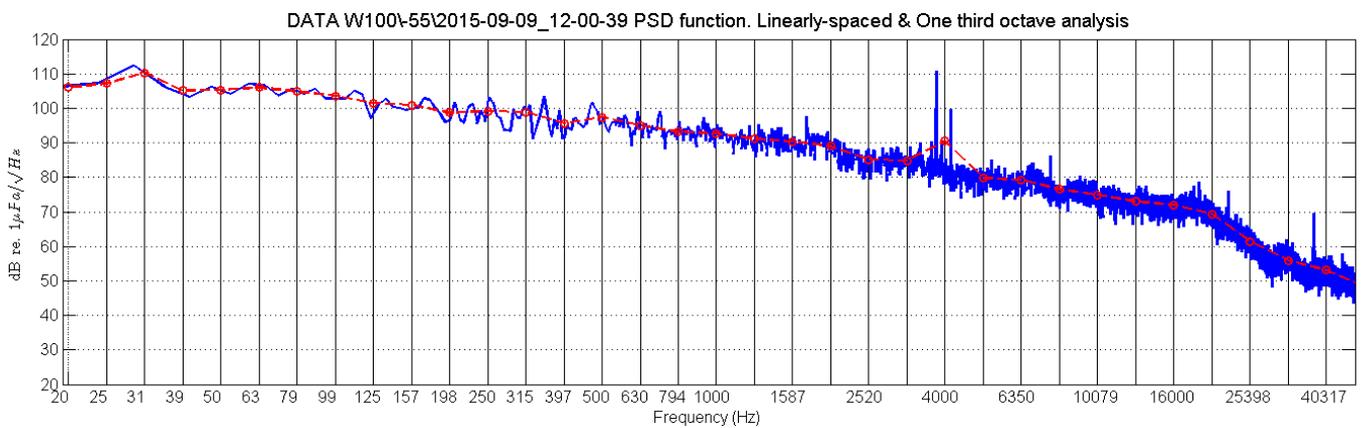


Figura 92 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W100 a 55m di profondità. Come nelle figure precedenti, il picco è intorno a 30 Hz.

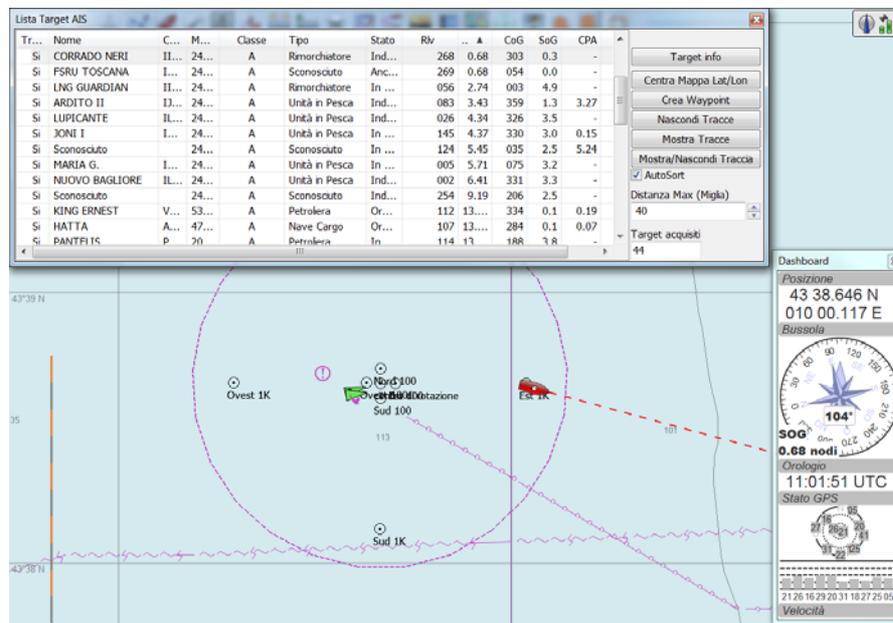


Figura 93 - Ricostruzione AIS del traffico al momento della misura E1K, è presente il rimorchiatore di appoggio Corrado Neri in manovra accanto al Terminale mentre il Guardian transita a 2,74 NM alla velocità di 4,9 Km

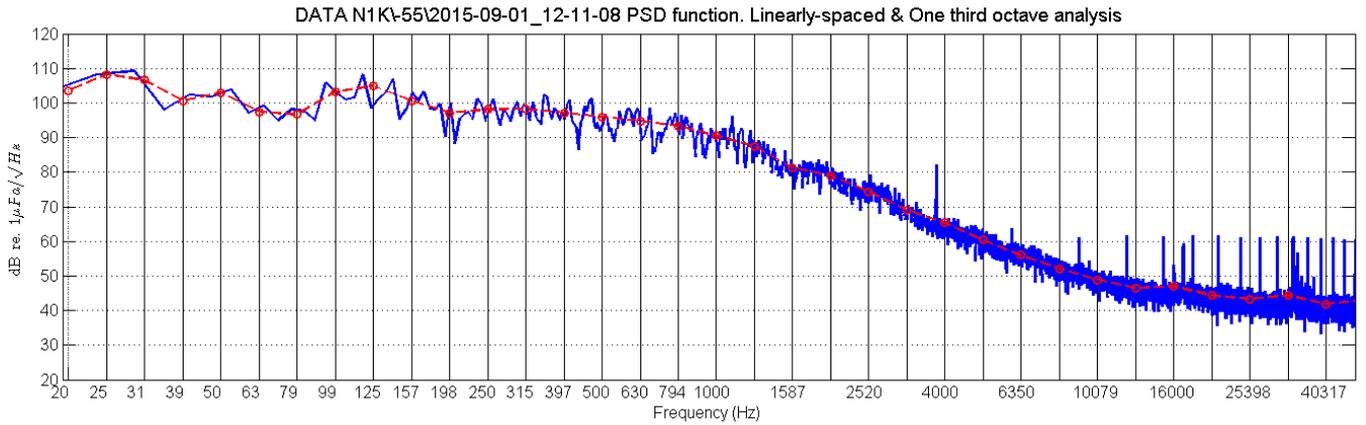


Figura 94 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N1K a 55m di profondità. La forma della PSDf tra i 100 e i 2500 Hz indica la presenza di barche vicine.

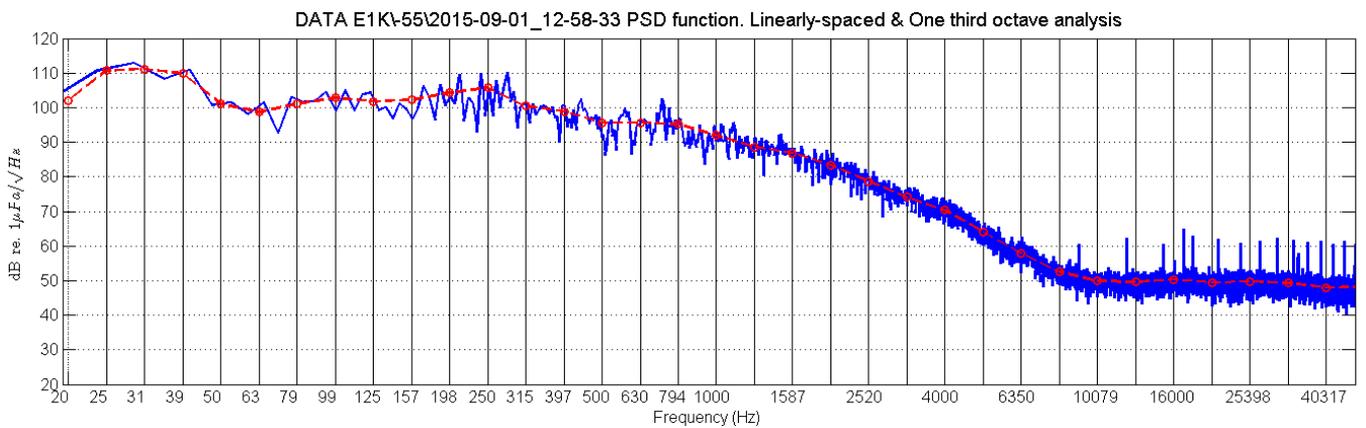


Figura 95 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E1K a 55m di profondità. Anche in questo caso ci troviamo in presenza di traffico marittimo come evidenziato dalla traccia AIS in Figura 93.

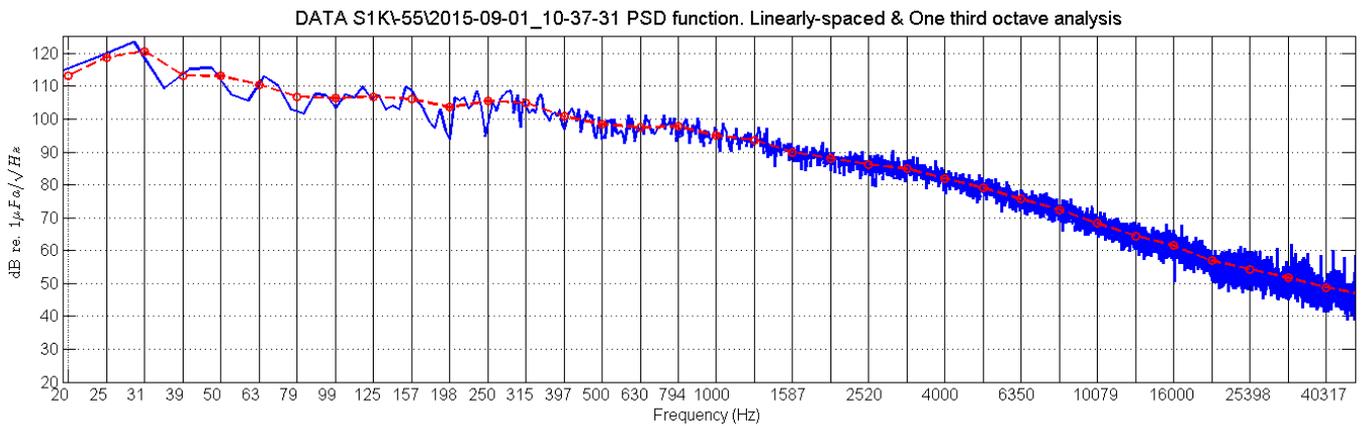


Figura 96 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S1K a 55m di profondità. Interessante il livello piuttosto alto ad alta frequenza, per tutta la banda.

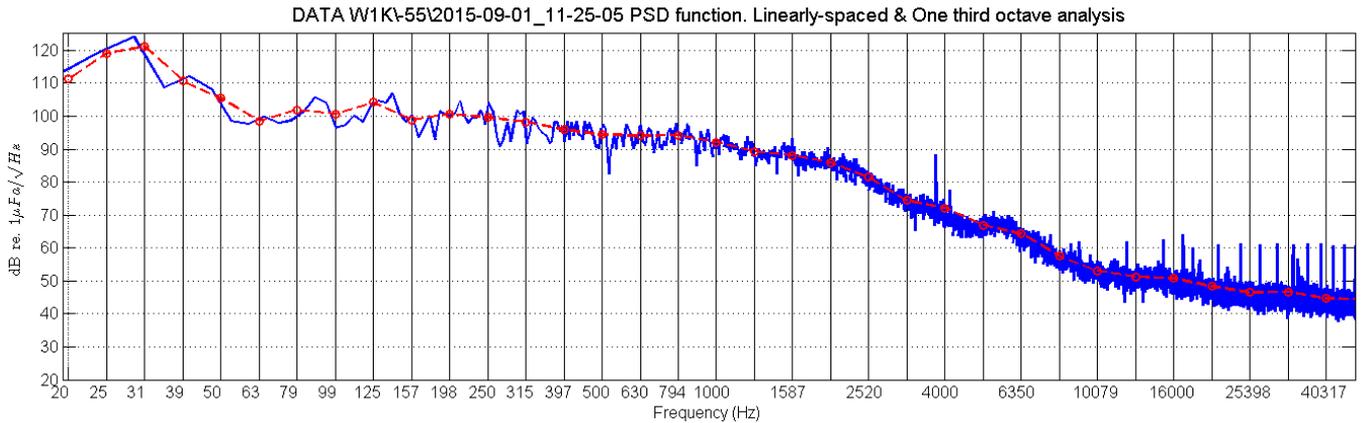


Figura 97 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W1K a 55m di profondità.

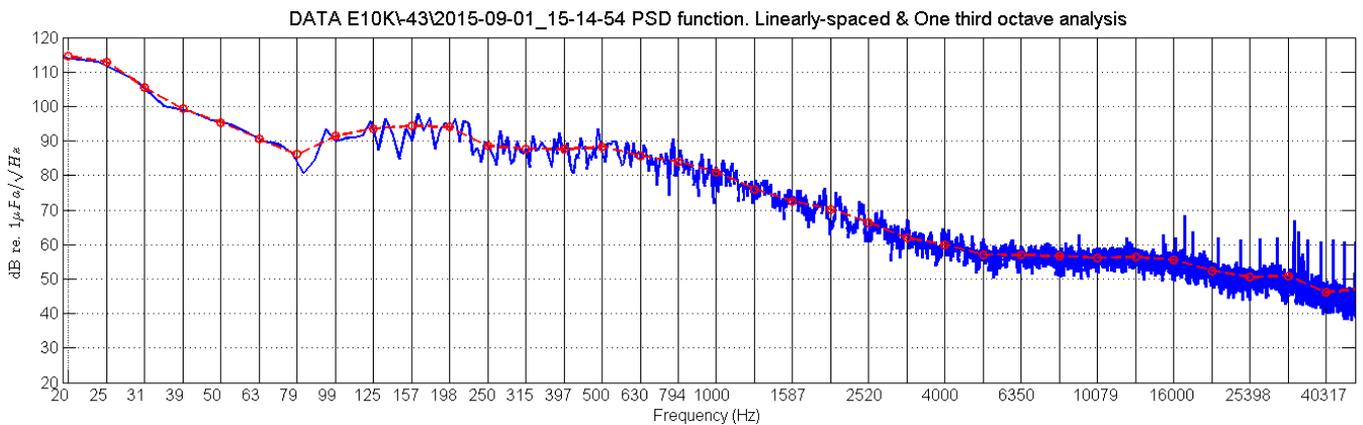


Figura 98 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E10K a 43m di profondità. Il massimo è a bassissima frequenza.

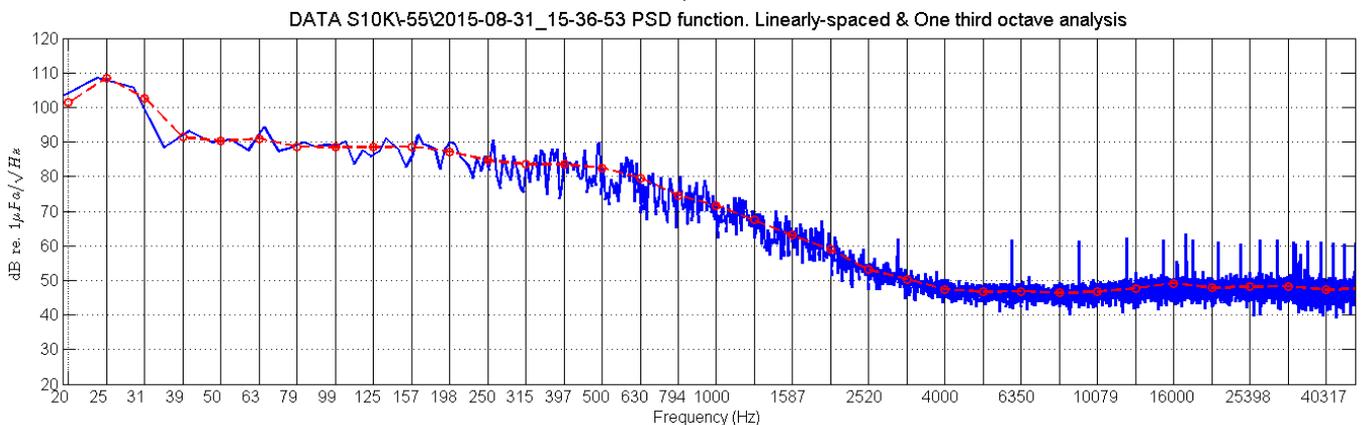


Figura 99 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S10K a 55m di profondità. Il livello è piuttosto basso alle alte frequenze.

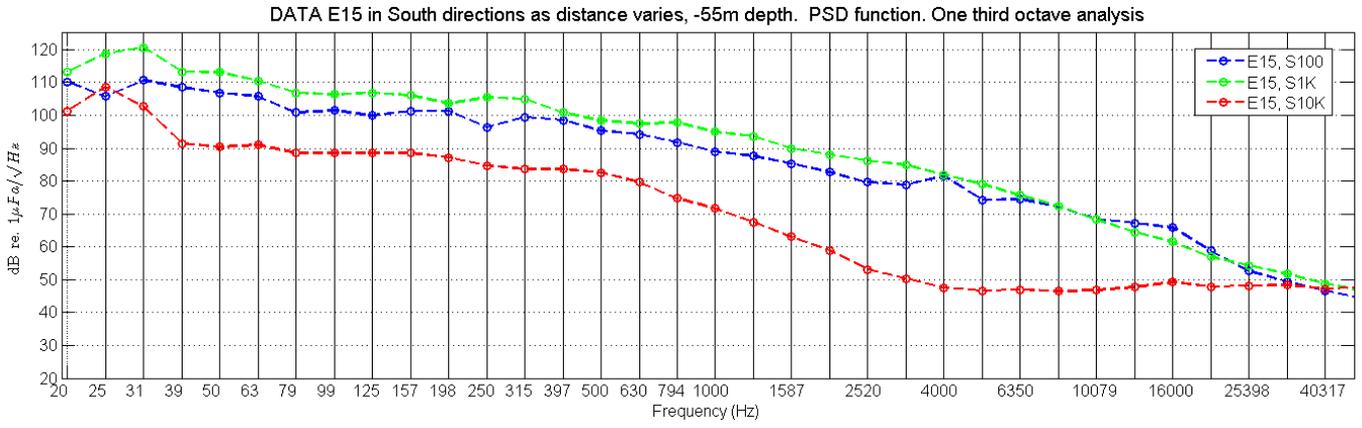
Per cercare di individuare possibili componenti di rumore che provengano dal Terminale si è seguita una procedura di confronto tra misure. Si sono quindi:

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

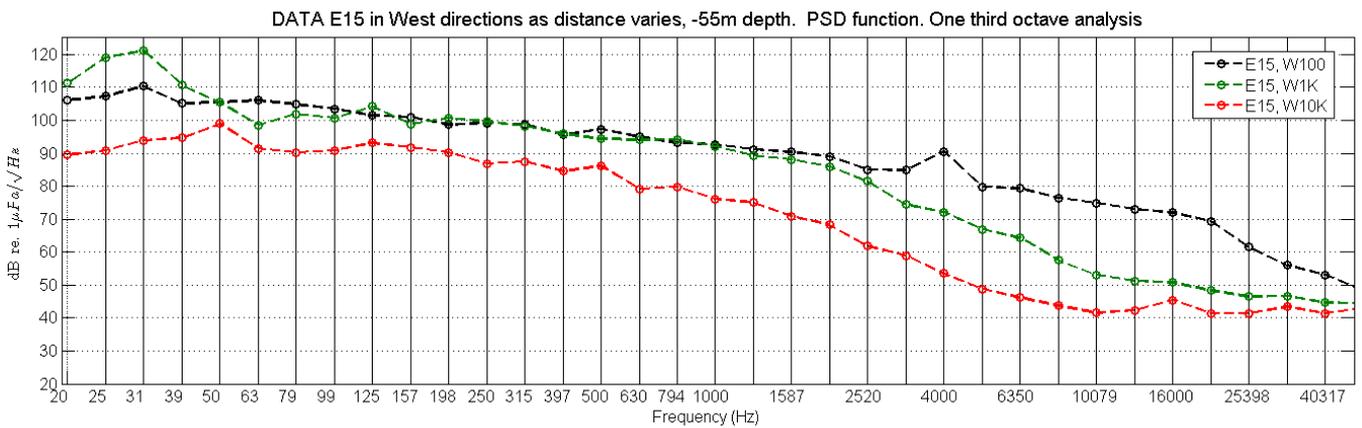
La Figura 100 (a) mostra il confronto dei livelli di rumore a 55 m registrati sulla direttrice Sud a 100, 1000 e 10000 m. La misura a 1000m è caratterizzata dalla presenza di passaggi di imbarcazioni (notare il picco a bassa frequenza, che notevolmente sovrasta gli altri), quindi purtroppo non è utile al confronto. Oltre i 40 Hz il rumore nella stazione più lontana (a 10000m dal terminale) è decisamente inferiore agli altri fino a circa 25 kHz, dove le curve tendono a riunirsi, e dove il rumore è ormai dominato da fattori

meteo (vento). La discrepanza più evidente rispetto alla curva di PSD a 100 m è nel range di frequenze intorno a 4 kHz, un range in cui il rumore di imbarcazioni (incluse quelle del Terminale) è importante.

Poiché la misura in S1K è inutilizzabile al calcolo della Transmission Loss, si considera (Figura 100 (b)) anche il confronto sulla direttrice Ovest, dove il livello a 100m è apparso molto elevato. Questi dati sono in linea con misure precedenti e mostrano, come aspettato, una diminuzione di livello con la distanza, in particolare nel range di frequenze tra circa 3000 e 25000 Hz.



(a)



(b)

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

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 certa variazione è centrata a circa 12 kHz, questa è la frequenza del modello di emissione della sorgente, e quindi a cui vengono calcolati i risultati di Transmission Loss (TL).

Parametri oceanografici

Dal confronto dei vari profili misurati durante questa campagna (Figura 101) si desume che i profili si dividono in modo netto in due classi, una con termoclino sui 35 m e valore di velocità del suono nel mixed layer superficiale fisso e costante a 1536 m/s; l'altra con termoclino avente un gomito meno accentuato, con valore del mixed layer intorno a 1540 m/s.

Tutti i profili sono dominati da un profondo mixed layer (circa 30 m) seguito da un gradiente fortemente negativo. Solo il profilo E10K è caratterizzato da un gradiente negativo in tutta la colonna.

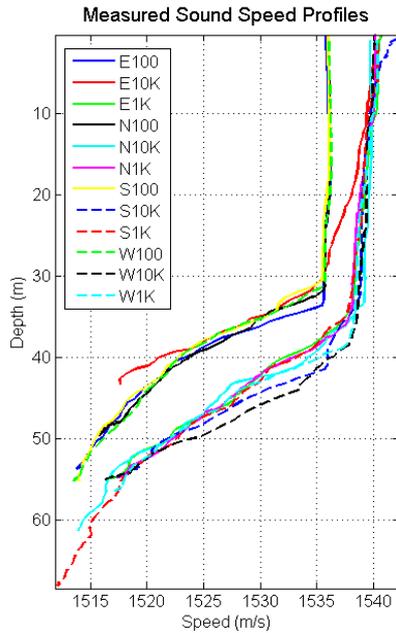


Figura 101 - Confronto sullo stesso grafico di tutti i profili di velocità del suono misurati durante la campagna sperimentale.

Selezione di simulazioni significative e confronto con i dati reali

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

A causa della non significatività dei dati reali misurati sulla direttrice Sud a 1000 di distanza dal terminale, le simulazioni di propagazione del suono vengono condotte sulla direttrice Ovest (Figura 102, Figura 103).

Il profilo misurato, caratterizzato da un profondo mixed layer, seguito da un termoclino accentuata, fa sì che si formi un canale superficiale che privilegia la propagazione del suono in orizzontale alla quota della sorgente, mentre la caduta è piuttosto repentina con la distanza per le altre profondità.

La caduta di livello del suono tra 100 e 1000 m è predetto di circa 25 dB in queste condizioni ambientali. Da (b) la caduta misurata tra le misure W100 e W1K attorno ai 12 kHz è di 22 dB, quindi in accordo con le simulazioni. Se a 100 m il livello misurato è circa 75 dB e la caduta predetta dal modello Bellhop è di circa 38 dB, allora ci si può aspettare un Source Level della sorgente (terminale) di circa 113 dB re μPa @ 1m.

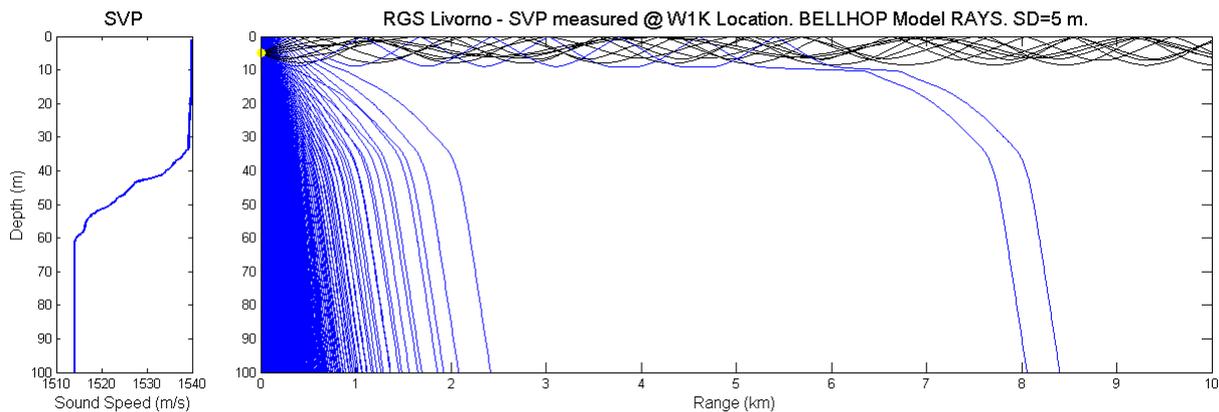


Figura 102 - Simulazione dei percorsi dei raggi/beam lanciati da una sorgente a 5m di profondità sulla direttrice Sud, assunto il profilo di velocità misurato in S100 (modello Bellhop). I valori a 100 e 1000m di distanza orizzontale dalla sorgente a profondità 55m sono evidenziati per poter permettere un confronto con i dati reali misurati.

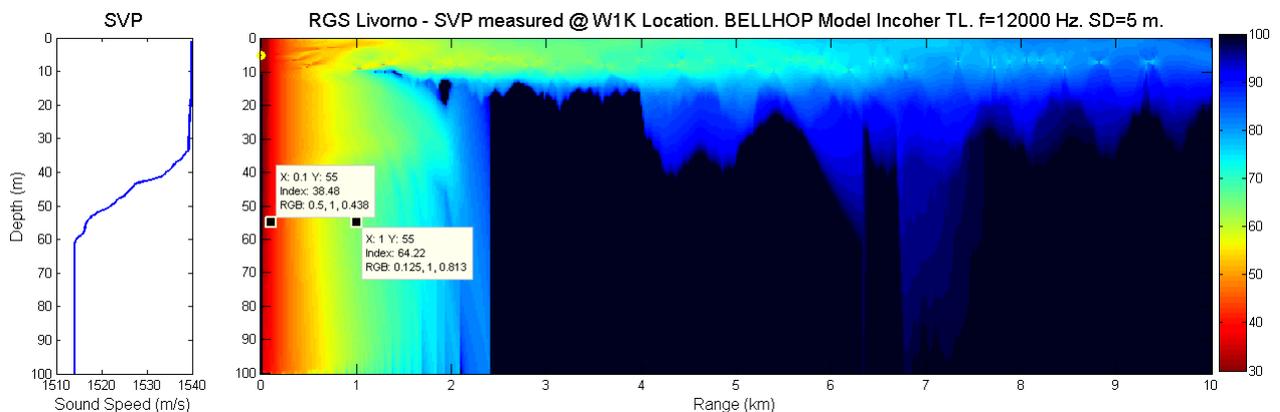


Figura 103 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz, corrispondente al modello creato in Figura 38 (modello Bellhop).

In conclusione, da queste misure e dalle simulazioni di Transmission Loss relative si ottengono risultati di Source Level di circa 113 dB re μ Pa @ 1m, valore in accordo con ciò che è stato calcolato nelle campagne precedenti. Tale valore è al di sotto delle soglie di sicurezza per i cetacei che indicano un valore soglia di 110-120 dB per le prime risposte comportamentali da parte dei cetacei.

6.4.2 Bioacustica

Non sono state effettuate registrazioni.

7 CONFRONTO INTERSTAGIONALE E CON LA CAMPAGNA DI BIANCO

Nel presente capitolo vengono riportati i confronti interstagionali riferiti ai primi due anni di esercizio e con la Campagna di Bianco, effettuata nell'estate 2012. In particolare, i confronti tra le diverse stagioni hanno riguardato l'autunno, l'inverno, la primavera e l'estate a cavallo tra il 2013 ed il 2015 (si ricorda che l'inizio dell'anno di esercizio avviene nell'autunno di ogni anno).

7.1 COLONNA D'ACQUA

7.1.1 Profili idrologici

L'indagine condotta nel periodo compreso tra il Bianco e l'Estate 2015 tramite CTD ha consentito di osservare che, come atteso, le variazioni maggiori sono legate ai cambiamenti stagionali e sono particolarmente evidenti per quei parametri, come la temperatura, più rapidi nel cambiare.

Dal confronto dei dati acquisiti nella medesima stagione emerge che le i cambiamenti sono più o meno elevati a seconda del parametro analizzato. Nel complesso le caratteristiche fisiche della masse d'acqua non risultano sostanzialmente modificate dalla presenza del rigassificatore.

Temperatura: nelle tre campagne estive (B, E14, E15) essa varia in un *range* ampio, come tipicamente accade in questa stagione dell'anno, tra 13,59 e 26,85 °C con una differenza tra i valori minimo e massimo che si mantiene relativamente costante nel tempo (Δ Bianco (E12): 13,26°C, Δ E14: 11,51°C, Δ E15: 12,01°C). Solo nell'E14 è stato evidenziato un termoclino completamente formato.

Nel periodo autunnale la temperatura varia in un *range* più ristretto di quello estivo, ossia tra 14,9 e 19,05°C con una differenza tra i valori minimo e massimo piuttosto variabile nelle due campagne (Δ A13: 1,4°C, Δ A14: 3,65°C). In A14 si nota ancora un termoclino, residuo della precedente estate.

In inverno, la temperatura, varia in un *range* molto ridotto tra 13,06 e 14,75°C e la differenza tra i valori minimo e massimo delle singole campagne è molto bassa (Δ I14: 0,66°C, Δ I15: 1,31°C). Dai profili si notano masse d'acqua omogeneizzate a causa della dinamica invernale dell'area di indagine.

Come osservato per il periodo estivo, anche in quello primaverile questo parametro varia in un *range* ampio tra 14,25 e 25,61°C e la differenza tra i valori minimo e massimo delle singole campagne è elevata (Δ P14: 11,09°C, Δ P15: 9,45°C). Dai profili si nota che le masse d'acqua presentano un elevato grado di rimescolamento sebbene mostrino anche un inizio di termoclino.

Salinità: nelle tre campagne estive (B, E14, E15) questo parametro varia in un *range* relativamente ampio (tipico dell'estate che presenta una buona stratificazione delle masse d'acqua) tra 36,95 e 39,02 ppt. Anche la differenza tra minimo e massimo tra le singole campagne di misura (Δ Bianco (E12): 1,02 ppt, Δ E14: 0,87 ppt, Δ E15: 2,07 ppt) risulta relativamente alta.

Nel periodo autunnale, invece, questo parametro varia in un *range* molto ristretto (tipico di questo periodo stagionale durante il quale si verifica un maggior rimescolamento delle masse d'acqua rispetto all'estate) tra 37,09 e 38,2 ppt e la differenza tra minimo e massimo tra le singole campagne è bassa (Δ A13: 0,3 ppt e Δ A14: 0,45 ppt).

Anche nel periodo invernale la salinità mostra variazioni minime (comportamento tipico di questo periodo che presenta un marcato rimescolamento delle masse d'acqua) comprese tra 37,19 e 38,2 ppt. Analogamente la differenza tra minimo e massimo tra le singole campagne è bassa (Δ I14: 0,6 ppt e Δ I15: 0,67 ppt).

Nelle due campagne autunnali questo parametro varia in un *range* leggermente maggiore rispetto a quello invernale compreso tra 36,04 e 38,18 ppt e la differenza tra minimo e massimo tra le singole campagne è relativamente bassa (Δ P14: 1,85 ppt e Δ P15: 1,32 ppt).

Diagramma T/S (Temp/Sal): in tutte le 3 campagne estive (B, E14, E15) il diagramma evidenzia molto bene la stratificazione delle masse d'acqua ed il termoclino.

Nel periodo autunnale, invece, si verifica una chiara omogeneizzazione delle medesime, situazione che si mantiene anche nei periodi invernali. In questa stagione i diagrammi hanno uno sviluppo limitato sia lungo la temperatura sia lungo la salinità, in accordo al periodo dell'anno analizzato. In primavera, in entrambe le campagne, il diagramma evidenzia sia l'omogeneizzazione delle masse d'acqua sia l'inizio della stratificazione; il diagramma ha uno sviluppo lungo la temperatura e limitato lungo la salinità, come tipicamente si verifica in questa stagione dell'anno.

DO%: nelle campagne estive (B, E14, E15) questo parametro varia in un *range* relativamente basso passando da 80% a 116,9%; la differenza tra minimo e massimo è relativamente alta, ad indicare una condizione di calma nelle condizioni delle masse d'acqua (Δ Bianco (E12): 36,9%, Δ E14: 24,7%, Δ E15: 30%).

Nell'autunno di entrambe le campagne la percentuale di ossigeno oscilla in un *range* ristretto passando da 75% a 101,7%; la differenza tra minimo e massimo è relativamente bassa, ad indicare l'omogeneizzazione delle masse d'acqua. Anche nella stagione invernale il DO% varia in un *range* ristretto passando da 70% a 108,4%; la differenza tra minimo e massimo è relativamente bassa, a conferma di un elevato grado di omogeneizzazione delle masse d'acqua (Δ I14: 20% e Δ I15: 16,9%).

Nelle campagne primaverili questo parametro aumenta il *range* che risulta compreso tra 87% a 161%; la differenza tra minimo e massimo inizia ad essere relativamente alta ad indicare sia il residuo dell'omogeneizzazione delle masse d'acqua sia l'inizio della stratificazione delle masse d'acqua (Δ P14: 25% e Δ P15: 70%).

Clorofilla: i valori di questo parametro variano con il variare/avanzare della stagione e non evidenziano situazioni anomale o particolari trend da segnalare.

Torbidità: nell'arco dell'indagine questo parametro ha mostrato notevoli variazioni sia stagionali sia interannuali. Non sono stati identificati particolari trend riconducibili alla presenza del Terminale.

pH: questo parametro ha mostrato ampie variazioni durante il periodo investigato, esibendo differenze anche tra le medesime stazioni. Anche l'intervallo di variazione è risultato talvolta ristretto (es. Bianco e E15) talvolta molto ampio (es. I14) senza tuttavia esibire anomalie relazionabili alla presenza del Terminale.

ORP: i valori del potenziale *redox* hanno un andamento circa opposto a quello del pH e anch'essi esibiscono una elevata variabilità temporale senza tuttavia indicare l'esistenza di anomalie nell'intorno dell'FSRU.

Misure di irradianza e irradianza spettrale

La profondità della zona eufotica (Z_{eu}), cioè la profondità alla quale arriva 1% della radiazione PAR superficiale, è un indice sintetico della trasparenza delle acque. Z_{eu} è variabile in relazione alle concentrazioni delle sostanze otticamente attive (LAS), fra le quali le più importanti sono il fitoplancton, il particolato sospeso non fitoplanctonico di cui il TSM rappresenta un proxy, e la sostanza organica disciolta cromofora (CDOM). Nella Figura 104 sono riportate le variazioni stagionali della Z_{eu} in due stazioni ritenute rappresentative, una situata alla distanza di 100 m (MG7) e l'altra a 2000m dal terminale (MG10). Nelle due stazioni la Z_{eu} mostra valori simili e il medesimo pattern stagionale.

La profondità della zona eufotica raggiunge i valori massimi in primavera-estate ed i minimi in autunno-inverno. I valori più elevati sono stati registrati in P14, 78,5 m in entrambe le stazioni, e in E15 77m e 80m rispettivamente in MG7 e MG10.

In tutti i casi i valori risultano leggermente maggiori del Bianco. I valori minimi sono pari a 30,5m, in A13 MG10, e 39m in A13 MG7. Nell'inverno 2015 (I15) i valori di Z_{eu} sono 38,5m nella stazione MG7 e 47,5m nella stazione MG10. Risulta quindi evidente che le due stazioni prese come riferimento, la MG7 per la prossimità con il terminale influenzabile dalla sua attività, e la MG10, alla sua massima distanza, hanno la trasparenza della colonna d'acqua molto simile nelle diverse stagioni.

I dati delle irradianze spettrali ascendenti e discendenti sono stati elaborati per ottenere le riflettanze spettrali, le quali, analizzate nelle differenti bande spettrali, evidenziano una omogeneità del comportamento delle LAS (sostanze otticamente attive) nell'attenuare la luce solare alle differenti stazioni indagate indipendentemente dalla distanza dal terminale.

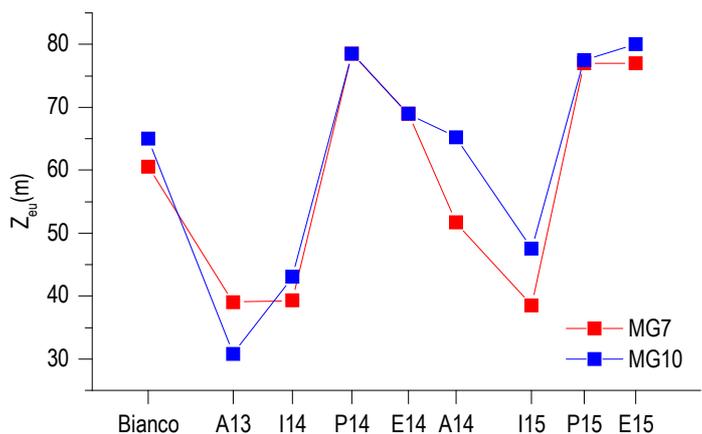


Figura 104 - Variazione della profondità (m) della zona eufotica (Z_{eu}) delle stazioni MG7 e MG10 nelle campagne effettuate.

7.1.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

Nutrienti inorganici disciolti

I nutrienti analizzati nel corso del secondo anno di indagine (campagne A14, I15, P15 e E15) presentano le concentrazioni tipiche della situazione di oligo-mesotrofia della zona, come era stato già evidenziato nel corso del primo anno di campionamento (Tabella 74).

Tabella 74 - Medie, deviazioni standard, massimo e minimo per campagna (N=32) delle concentrazioni (μM) dei nutrienti inorganici disciolti: DIN (nitriti+nitrati), PO_4 (ortofosfati), SiO_2 (silicati).												
Campagna	DIN				PO_4				SiO_2			
	Media	DS	Max	Min	Media	DS	Max	Min	Media	DS	Max	Min
Bianco	0,276	0,180	0,573	0,027	0,052	0,007	0,072	0,040	0,778	0,156	1,112	0,575
E14	0,210	0,209	0,971	0,023	0,084	0,025	0,170	0,048	1,192	0,335	2,248	0,716
E15	0,208	0,098	0,475	0,061	0,084	0,040	0,225	0,031	1,061	0,047	1,198	0,977
A13	0,561	0,193	1,161	0,273	0,112	0,031	0,192	0,056	1,722	0,213	2,103	1,287
A14	0,315	0,235	0,853	0,068	0,109	0,122	0,418	0,009	0,526	0,326	2,141	0,194
I14	0,438	0,201	0,970	0,215	0,083	0,067	0,296	0,005	2,228	1,201	6,863	1,466
I15	1,381	0,422	2,285	0,701	0,080	0,044	0,195	0,038	0,749	0,109	1,243	0,651
P14	0,069	0,047	0,214	0,019	0,052	0,022	0,092	0,002	1,367	0,251	1,889	0,960
P15	0,292	0,200	1,241	0,102	0,087	0,026	0,179	0,057	1,010	0,074	1,138	0,868

In entrambi gli anni le concentrazioni variano sostanzialmente in base alla stagione: i massimi di DIN (nitriti + nitrati) e PO_4 (fosfati) sono stati misurati in autunno (A13 e A14) e inverno (I14 e I15), con valori fino a 2,3 μM per l'azoto e 0,4 μM per il fosforo (Tabella 74). I minimi si riscontrano in primavera (P14 e P15) ed in estate (Bianco, E14, E15). L'azoto varia tra 0,019 μM in P14 e 0,023 μM in E14.

Il fosforo oscilla tra 0,02 μM in P14 e 0,04 μM nel Bianco. Esso, tuttavia, esibisce anche un picco negativo in A14 (0,009 μM).

I silicati sono generalmente presenti in concentrazioni maggiori che variano da un minimo di 0,19 (A14) fino a valori intorno a 2,5 μM , con un picco pari a 6,83 μM rilevato a 12,5 m in I14 MG12. Una valutazione del rapporto N/P tra tutte le concentrazioni analizzate ha

evidenziato una situazione di azoto carenza, come in altri casi riscontrato nelle acque liguro-tirreniche e più in generale in diverse aree del Mediterraneo.

Nel complesso i dati acquisiti suggeriscono che (Figura 105) i valori maggiori dei nutrienti si osservano nei periodi autunnali e invernali anche se l'intensità del fenomeno è diverso tra i due anni ed è anche diversa la variazione stagionale a seconda del nutriente considerato. L'azoto (Figura 105a) esibisce un andamento temporale in linea con l'atteso, con le differenze tra A13 e A14 e tra I14 ed I15 da imputare alla diversa fase colta durante il campionamento (A13 in una fase autunnale avanzata e A14 in una fase più precoce e viceversa tra I14 ed I15). Il fosforo (Figura 105b) presenta una minore variazione stagionale delle concentrazioni medie che risultano costantemente basse. Esibisce, invece, una maggiore variabilità tra i due anni, particolarmente in autunno e inverno.

I silicati (Figura 105c) presentano una variazione diversa nei due anni di indagine. Nell'intervallo A13-E14 seguono il trend temporale atteso, mentre nell'intervallo A14-E15 mostrano valori costantemente più bassi ed omogenei.

La maggiore presenza di diatomee rilevata nel primo anno (A13 e I14) potrebbe aver contribuito ad una maggiore presenza di silice biogenica disciolta. Per tutti i nutrienti i valori delle campagne estive E14 ed E15 non si discostano in maniera significativa da quelli del Bianco.

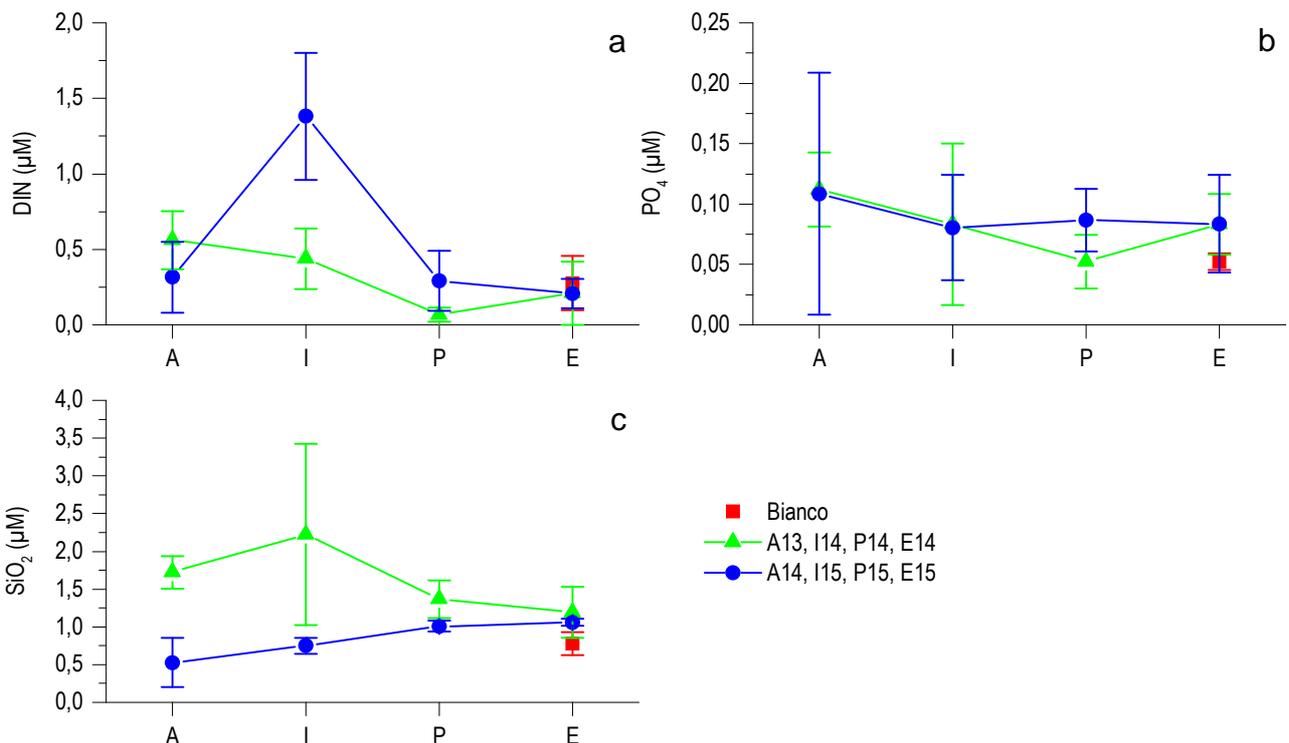


Figura 105 – Variazioni delle concentrazioni medie per campagna (\pm dev. st. N=32) dei nutrienti inorganici disciolti; a) nitriti+nitrati; b) ortofosfati; c) silicati.

Il confronto delle variazioni tra le stazioni più vicine al Terminale e la stazione a 2000m (Figura 106) da esso non ha messo in evidenza differenze sostanziali, come è particolarmente evidente per le acque più profonde (Figura 106b, d, f). Si conferma anche la variabilità del fosforo, che esibisce le maggiori differenze, positive o negative (Figura 106c) tra i punti più prossimi al terminale e il più lontano, ma anche in questo caso le differenze non sono risultate significative né imputabili al terminale.

Solidi sospesi (Total Suspended Matter)

Le concentrazioni delle medie generali per campagna dei solidi sospesi nella colonna d'acqua (TSM) variano in un ambito piuttosto limitato, da un minimo di 1,027 mg/l in E15 ad un massimo di 1,563 in A14 (Tabella 75). Le variazioni stagionali (Figura 107) mostrano delle differenze nei due anni di monitoraggio. Mentre nel primo anno si registrano valori crescenti passando dall'autunno all'estate, nel secondo i valori sono decrescenti. Il massimo è quindi estivo nel primo anno (E14) ed ha un valore molto simile a quello registrato nel Bianco (Tabella 75). Il massimo autunnale del secondo anno (A14) rappresenta anche il valore medio più alto (Tabella 75) ed è inoltre è associato ad una alta variabilità sia fra stazioni sia tra profondità. Al contrario questa variabilità risulta minima in inverno in entrambi gli anni (Figura 107; Tabella 75).

In Figura 108 è mostrato il confronto fra le medie delle concentrazioni di TSM delle stazioni più vicine al Terminale e quelle di MG10, collocata a 2000 m da esso. Nello strato superficiale (Figura 108a) i valori di TSM hanno una variazione stagionale simile con alcune differenze nelle concentrazioni, in E14 MG10 con valori più alti rispetto alle stazioni prossime al terminale. In A14, al contrario, le stazioni vicine al terminale hanno concentrazioni maggiori. La stazione MG10 ha concentrazioni di TSM maggiori anche nella campagna di Bianco. La variazione nello strato profondo risulta simile (Figura 108b) con alcune differenze che riguardano E14 in e P15 dove in entrambi i casi la stazione MG10 mostra valori di TSM più alti.

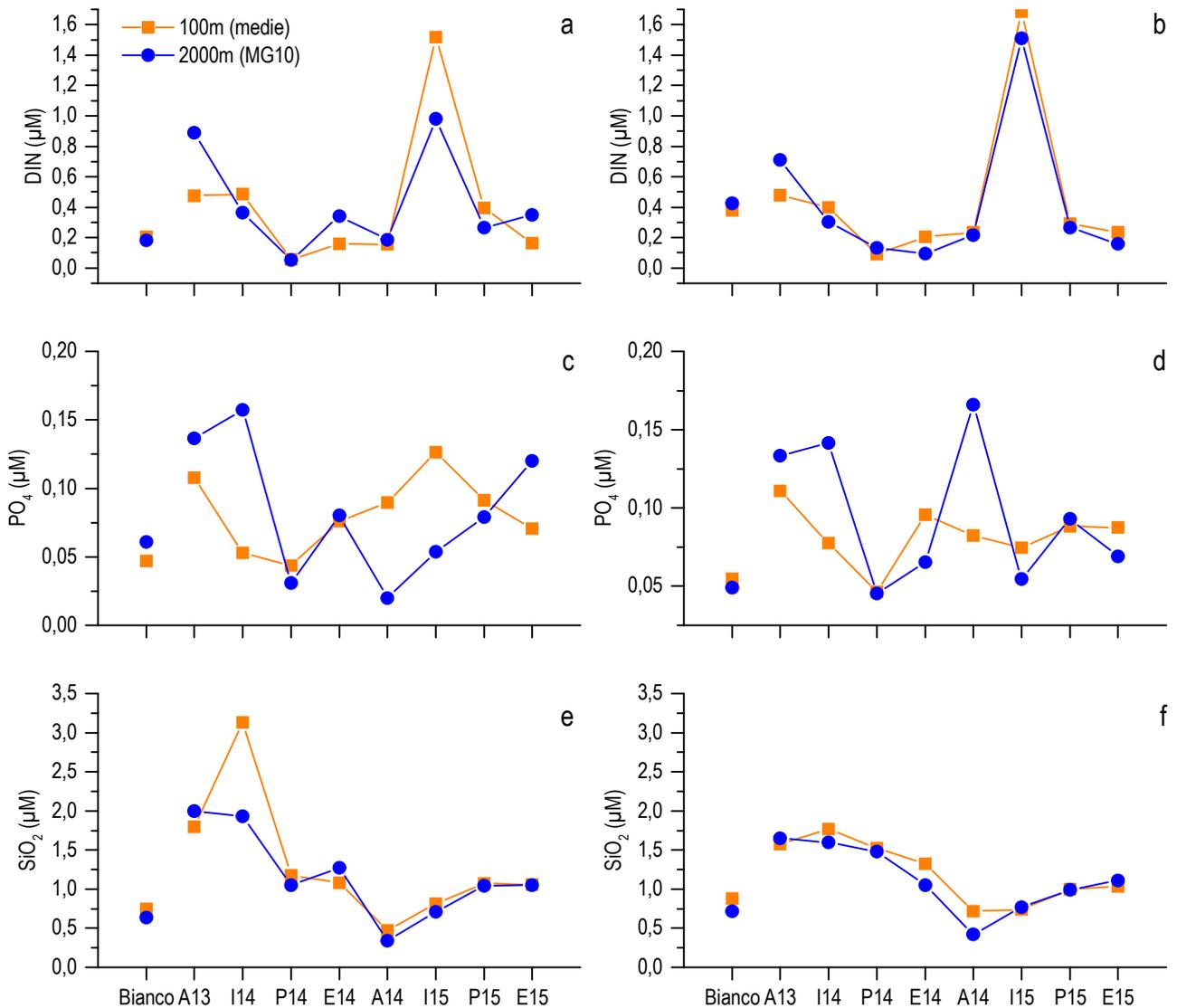


Figura 106 - Confronti tra le concentrazioni medie per campagna dei nutrienti inorganici disciolti delle 4 stazioni (MG6, MG7, MG12, MG13) più vicine al terminale (100m) e le concentrazioni medie per campagna della stazione a 1000m (MG10). a) c) e) media tra 0 e 12,5 m; b) d) f) media tra 50 e 70m.

Campagna	Chl <i>a</i> (mg/m ³)				TSM (mg/l)				POM (mg/l)				CDOM (m ⁻¹)			
	Media	DS	Max	Min	Media	DS	Max	Min	Media	DS	Max	Min	Media	DS	Max	Min
Bianco	0,117	0,062	0,264	0,032	1,492	0,746	3,187	0,270	0,801	0,646	2,223	0,191	0,251	0,059	0,410	0,124
E14	0,166	0,117	0,472	0,061	1,500	0,961	3,514	0,590	0,339	0,184	0,783	0,128	0,285	0,071	0,379	0,173
E15	0,103	0,063	0,240	0,035	1,027	0,262	1,716	0,676	0,421	0,178	0,902	0,080	0,274	0,132	0,723	0,142
A13	0,318	0,112	0,492	0,162	1,176	0,829	4,927	0,590	0,207	0,176	1,061	0,030	0,346	0,051	0,484	0,270
A14	0,183	0,032	0,221	0,097	1,563	1,254	7,155	0,733	0,506	0,278	1,475	0,099	0,283	0,073	0,484	0,197
I14	0,459	0,180	1,029	0,149	1,146	0,222	1,499	0,621	0,292	0,138	0,583	0,050	0,314	0,073	0,640	0,247
I15	0,420	0,073	0,542	0,264	1,191	0,261	2,186	0,914	0,294	0,124	0,540	0,082	0,253	0,096	0,625	0,162
P14	0,104	0,069	0,285	0,033	1,337	0,787	4,485	0,828	0,377	0,139	0,904	0,240	0,249	0,061	0,446	0,147
P15	0,143	0,088	0,352	0,017	1,047	0,476	3,561	0,725	0,301	0,158	0,884	0,066	0,285	0,104	0,674	0,144

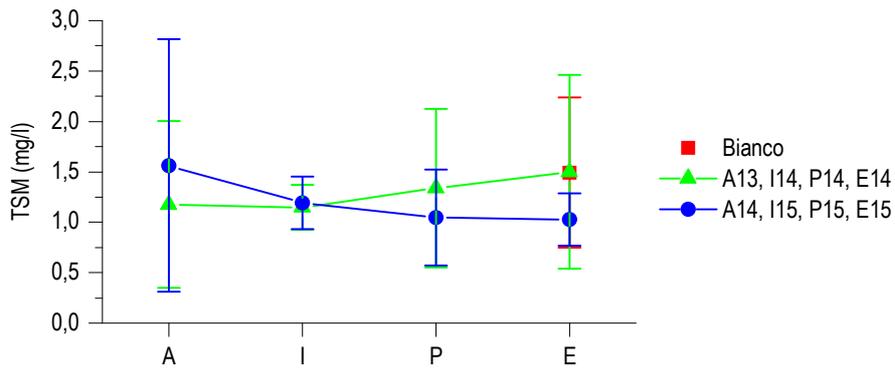


Figura 107 – Variazioni delle concentrazioni medie per campagna (\pm dev. st. N=32) dei solidi sospesi (TSM).

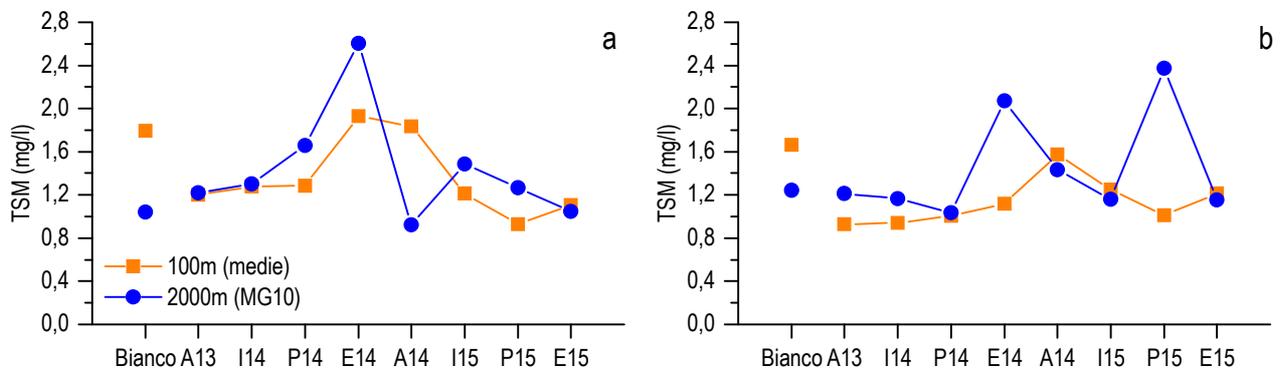


Figura 108 - Confronti tra le concentrazioni medie per campagna dei solidi sospesi (TSM) delle 4 stazioni (MG6, MG7, MG12, MG13) più vicine al terminale (100m) e della stazione a 1000m (MG10). a) media tra 0 e 12,5m; b) media tra 50 e 70m.

Le concentrazioni medie della componente organica, POM, variano da un massimo di 0,801 mg/l nel Bianco ai 0,207 mg/l in A13 (Tabella 75). Similmente alla variazione del TSM anche quella del POM mostra alcune differenze nei due anni di monitoraggio (Figura 109). Il POM cresce dall'autunno (A13) alla primavera (P14) e diminuisce in estate (E14) nel primo anno (Figura 109), mentre nel secondo anno il ciclo è più simile a quello del TSM con un netto massimo in autunno (A14) e un incremento fra la primavera (P15) e l'estate (E15) (Figura 109). In entrambi gli anni del monitoraggio le medie estive del POM sono più basse rispetto al Bianco (Tabella 75).

Confrontando le concentrazioni medie di POM fra le stazioni vicine e quelle di MG10 si nota la similarità delle concentrazioni e delle variazioni stagionali sia nello strato superficiale che in profondità (Figura 110a, b). Tra 50 e 70m, MG10 presenta concentrazioni maggiori nel secondo anno con una differenza più marcata in P15. Le concentrazioni medie del Bianco sono risultate più elevate (Figura 110a, b).

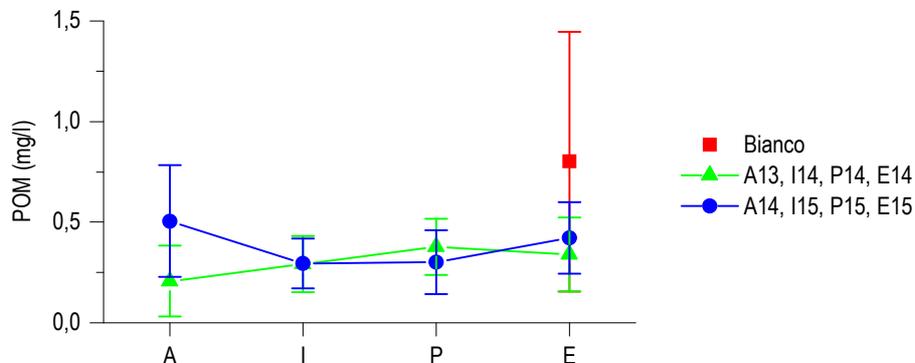


Figura 109 - Variazioni delle concentrazioni medie per campagna (\pm dev. st. N=32) della sostanza organica particellata (POM).

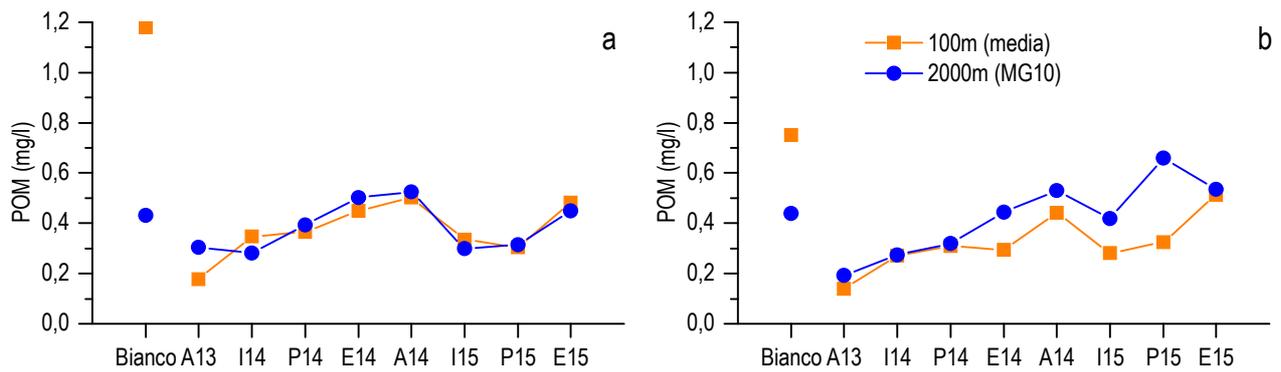


Figura 110 - Confronti tra le concentrazioni medie per campagna della sostanza organica particellata (POM) delle 4 stazioni (MG6, MG7, MG12, MG13) più vicine al terminale (100m) e della stazione a 1000 m (MG10). a) media tra 0 e 12,5 m; b) media tra 50 e 70 m.

Sostanza organica disciolta cromoforica (CDOM)

Le stime di concentrazione di CDOM (ottenute sulla base dell'assorbimento a 325 nm, $a_{CDOM}(325)$) nei due anni di campionamento (Tabella 75) presentano valori medi più alti in A13, mentre i valori più bassi sono stati registrati in P14. La variazione stagionale delle medie nel primo anno di campionamento (Figura 111) mostra un andamento decrescente dai massimi autunnali (A13) ai valori primaverili (P14) per poi aumentare leggermente in E14. Nel secondo anno di campionamento la variazione stagionale (Figura 111) è minore, con un minimo in I15 ed il massimo in P15. I valori in E14 ed E15 sono simili fra loro e con quelli del Bianco, supporre quelli di E15 mostrano una maggiore variabilità (Figura 111).

Il confronto fra la variazione stagionale di $a_{CDOM}(325)$ nelle stazioni vicine al terminale e MG10 nello strato superficiale (Figura 112a) mostra che gli andamenti e le concentrazioni sono in generale simili, con le maggiori differenze in I14, I15 e P15, in cui $a_{CDOM}(325)$ è leggermente più alto alle stazioni vicine al terminale, e soprattutto in E15 in cui al contrario $a_{CDOM}(325)$ è molto più alto alla stazione MG10. Nello strato profondo (Figura 112b), MG10 ha valori più alti in I14 e P14 e più bassi in I15 e P15 e mantiene il massimo in E15. In entrambi gli strati i valori del Bianco sono sovrapponibili.

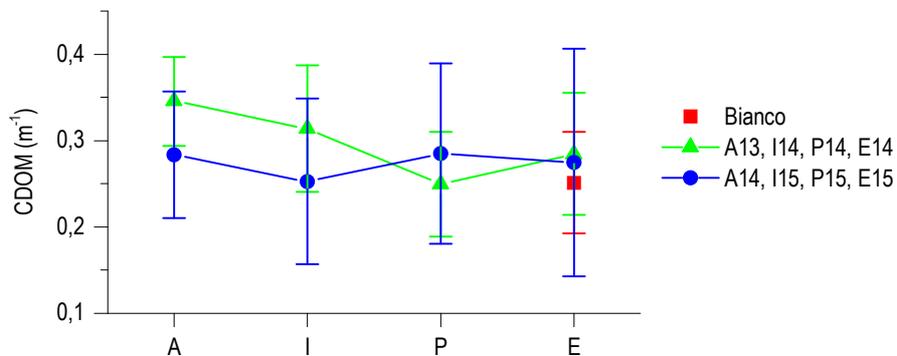


Figura 111 - Variazioni delle concentrazioni medie per campagna (\pm dev. st. N=32) della sostanza organica disciolta cromoforica (CDOM).

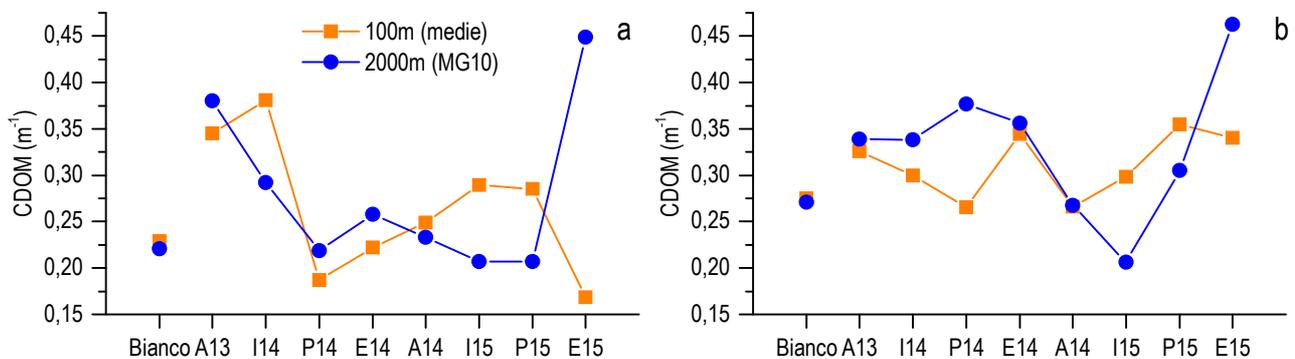


Figura 112 - Confronti tra le concentrazioni medie per campagna della sostanza organica disciolta cromoforica (CDOM) delle 4 stazioni (MG6, MG7, MG12, MG13) più vicine al terminale (100m) e della stazione a 1000 m (MG10). a) media tra 0 e 12,5 m; b) media tra 50 e 70 m.

Clorofilla a e diversità pigmentaria

La variazione stagionale della concentrazione media della clorofilla *a* presenta nei due anni di indagine andamenti molto simili (Figura 113) con una leggera variazione tra i due anni. I massimi, fino a 1,03 mg/m³, sono stati registrati nei periodi invernali (I14-I15) con valori più alti e una maggiore variabilità in I14 (Tabella 75).

I minimi sono stati registrati in P14 nel primo anno ed in E15 nel secondo (Figura 113), con valori simili tra loro e a (circa 0,15 mg/m³) quelli del Bianco (Tabella 75). Nell'estate del primo anno (E14) i valori medi della clorofilla *a* sono più variabili rispetto al Bianco e all'estate 2015 (Tabella 75). Analogamente i tenori sono più variabili e alti in A13 rispetto ad A14 (Tabella 75).

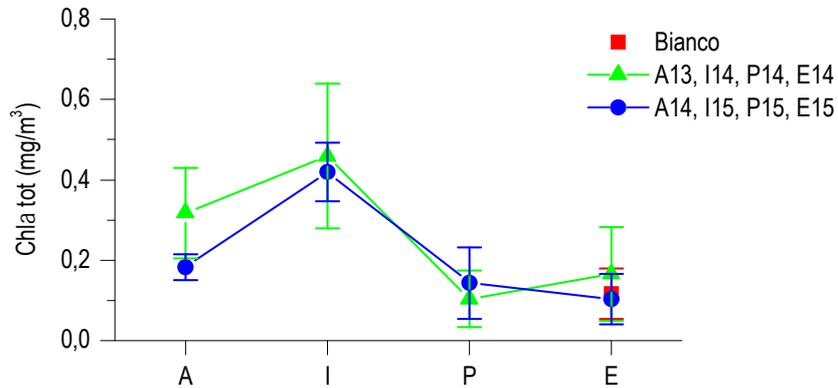


Figura 113 – Variazioni delle concentrazioni medie per campagna (\pm dev. st. N=32) della clorofilla *a*.

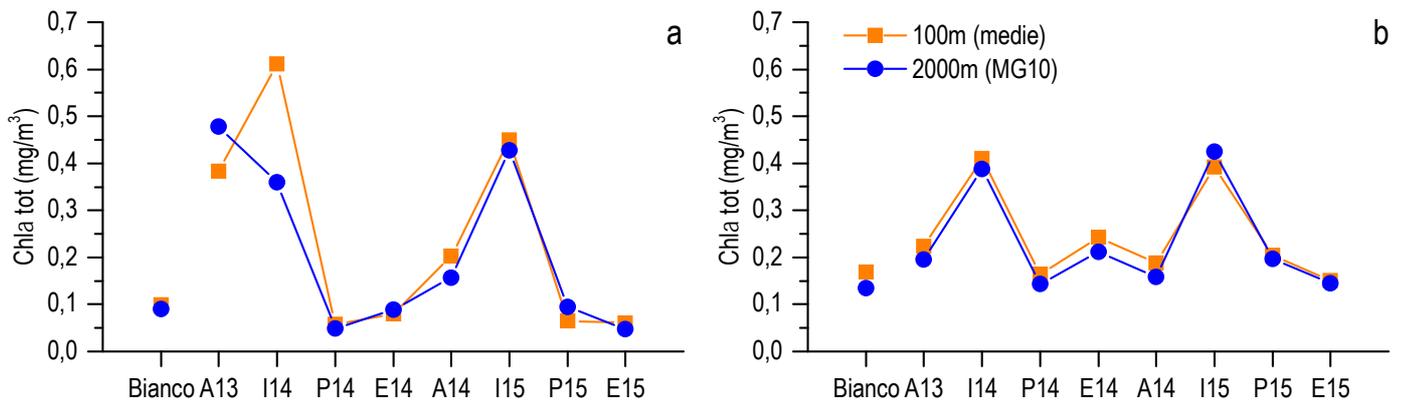


Figura 114 - Confronti tra le concentrazioni medie per campagna della clorofilla *a* delle 4 stazioni (MG6, MG7, MG12, MG13) più vicine al terminale (100m) e della stazione a 1000 m (MG10); a) media tra 0 e 12,5 m; b) media tra 50 e 70 m.

Il confronto fra le stazioni vicine al terminale ed MG10 (Figura 114) evidenzia che gli andamenti e i valori sono praticamente coincidenti, sia da P14 a E15 che nel Bianco. Delle differenze nello strato superficiale si registrano in A13 (Figura 114a), che costituisce il massimo per MG10, ma non per le stazioni prossime al terminale, che lo raggiungono in I14, massimo assoluto dei due anni.

Per quanto riguarda lo strato profondo (Figura 114b) le concentrazioni medie della clorofilla *a* hanno valori e modalità di variazione praticamente identici.

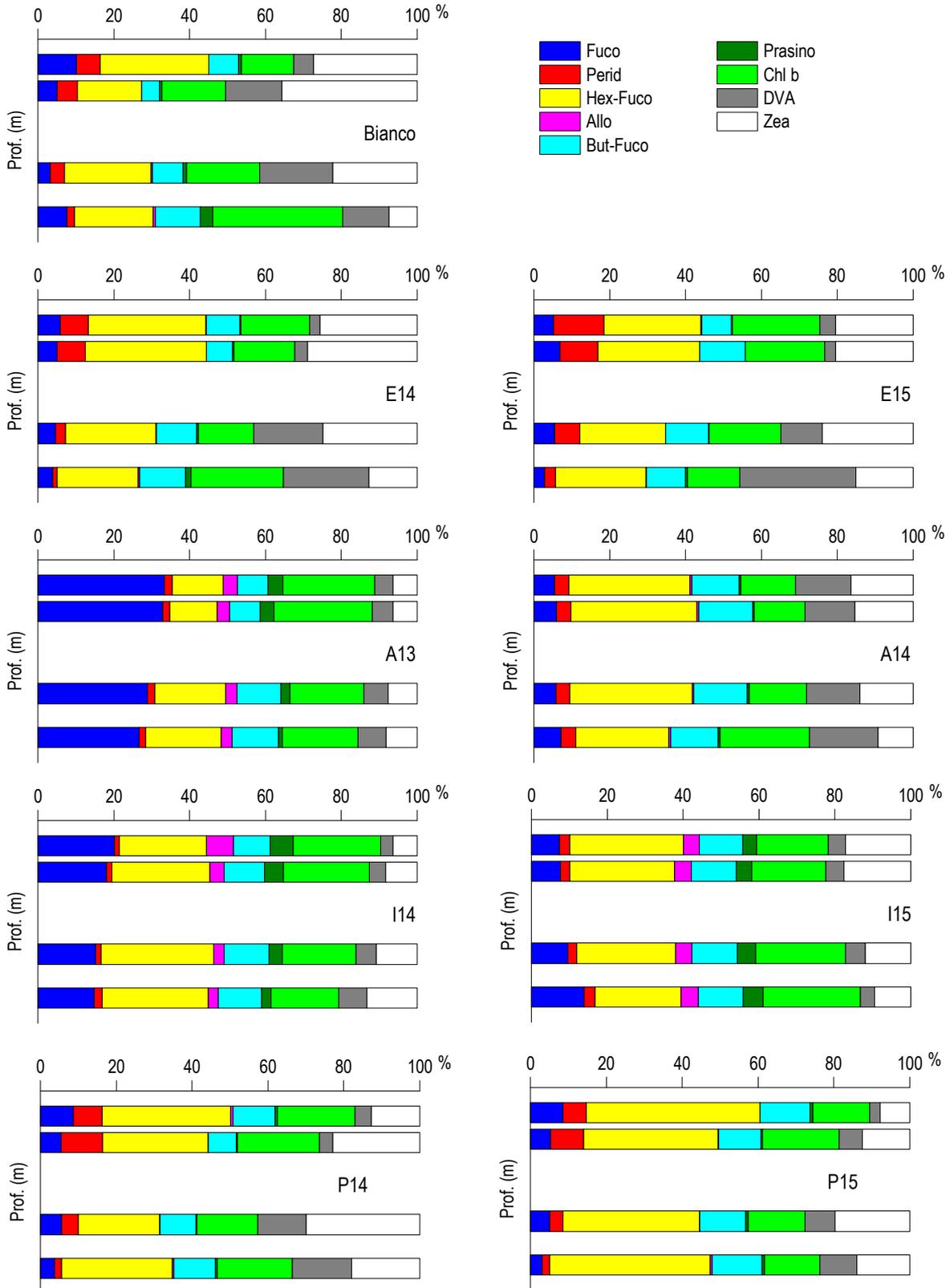


Figura 115 – Istogrammi della composizione percentuale (media per profondità per campagna) di ognuno dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove Pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chlb+DVA+Zea).

La composizione pigmentaria (Figura 115) è caratterizzata nei due anni di indagine da una elevata diversificazione che evidenzia la diversità di composizione tassonomica fitoplanctonica. La composizione pigmentaria presenta una struttura di base caratterizzata da alcuni pigmenti che hanno un peso elevato indipendentemente dalle variazioni stagionali, questi sono in ordine decrescente la Hex-Fuco (Prymnesiophyceae coccolitofori), la Chl b (Chlorophyta) e la But-Fuco (Dictyochophyceae, Chrysophyceae, Prymnesiophyceae non

Coccolitofori). Nelle stagioni la loro presenza varia rimanendo comunque significativa, ma si fa significativa anche la presenza di altri pigmenti caratterizzanti come Fuco (diatomee) e Allo (Cryptophyceae) in inverno-primavera, o come Zea (Cyanobatteri del tipo *Synechococcus*) e DVA (Cyanobatteri del tipo *Prochlorococcus*) che insieme alla Perid (dinoflagellati fotosintetici) caratterizzano maggiormente la composizione pigmentaria in estate.

Nei tre periodi estivi (Bianco, E14 ed E15) la composizione pigmentaria risulta molto simile con significativa presenza di Hex-Fuco ($\geq 20\%$), di Chlb ($10\% \leq \text{Chlb} \leq 40\%$), Zea ($10\% \leq \text{Chlb} \leq 30\%$) e DVA ($5\% \leq \text{Chlb} \leq 30\%$) e con scarsa presenza di Fuco ($< 10\%$). Sia A13 sia I14 risultano caratterizzati da una maggiore presenza di Fuco rispetto alle stesse stagioni del secondo anno (A14, I15). Infatti le Fuco superano il 30 % in A13, mentre non raggiungono il 10% in A14. Queste differenze permangono seppur attenuate nel confronto fra I14 e I15. Nelle primavere di entrambi gli anni (P14, P15) la composizione pigmentaria risulta simile con il contributo prevalente di Hex-Fuco che supera il 50 % in P15.

Tensioattivi, cloroderivati e analisi microbiologiche

Per i tensioattivi non ionici, gli idrocarburi totali e i cloroderivati non sono state osservate anomalie degne di nota.

Per quanto riguarda i tensioattivi anionici i dati suggeriscono che questi contaminanti esibiscono le concentrazioni più elevate durante le stagioni invernali indipendentemente dalla stazione e dal livello considerato. I valori assoluti sono diffusamente bassi. Il picco registrato in A14 MG12 (livello superficiale), osservato anche per i tensioattivi non ionici, rimane un caso isolato e pertanto insufficiente per identificare uno stato di alterazione dell'area.

7.1.2 Saggi eco tossicologici su campioni di acqua

Complessivamente i test ecotossicologici non hanno rilevato, rispetto alla campagna di Bianco, un aumento di tossicità riconducibile alla presenza del Terminale.

Il test MICROTOX® con *V. fischeri* non ha rilevato tossicità in alcun campione analizzato. Analogamente i test condotti con *Pheodactylum tricornutum* e *Dicentrarchus labrax* non hanno rilevato tossicità.

I risultati del test cronico di embriotossicità con il *P. lividus* testimoniano, nell'estate 2015, un miglioramento delle proprietà ecotossicologiche della colonna di acqua rispetto alle campagne precedenti (B, I14, E14). Nell'ultimo survey, infatti, nella maggior parte dei campioni non è stata rilevata tossicità. Una bassa tossicità cronica è stata rilevata nei campioni E15 MG6/0,5, E15 MG12/50, E15 MG13/0,5, E15 MG13/50 e E15 MG5/0,5. Complessivamente, però, le condizioni sono andate migliorando dato che, sia in B sia in E14 era stata rilevata, in alcuni campioni, tossicità media.

7.1.3 Plancton

7.1.3.1 Fitoplancton

Analisi quantitativa e qualitativa del fitoplancton da bottiglia

Le densità fitoplanctoniche medie per campagna (media di tutte le profondità di MG6, MG7, MG10, MG12, MG13 nel secondo anno di attività) presentano un massimo invernale e valori che si mantengono più simili, ma con intervalli di variazione diversi, nelle altre stagioni (Tabella 76). I minimi si osservano in P15 (presenta il minimo assoluto) ed E15 (primavera-estate), abbondanze leggermente superiori si osservano in A14 (autunno) e si raggiunge il massimo in I15, evidenziando un andamento generale riferibile alla tipica variazione stagionale fitoplanctonica delle acque liguro-toscane.

Campagna	Densità totale (cell/ml)			Composizione tassonomica relativa media			
	media \pm d.s.	max	min	Diato	Dino	Cocco	Altro
A14	39,3 \pm 8,7	53,7	20,6	9,47%	22,58%	19,88%	48,08%
I15	75 \pm 10,8	102,2	59,3	16,59%	5,39%	24,24%	53,78%
P15	34,6 \pm 16,5	67,7	8,4	4,66%	35,95%	2,91%	56,48%
E15	34,3 \pm 9,1	47,7	19,9	6,47%	30,06%	22,37%	41,10%
A13	80,0 \pm 28,9	158,4	37,1	40,03%	9,04%	16,94%	33,99%
I14	125,0 \pm 36,9	224,2	68,6	20,57%	4,35%	23,13%	51,95%
P14	64,2 \pm 15,9	102,5	47,3	7,34%	26,70%	16,66%	49,30%
E14	49,0 \pm 11,9	70,4	30,2	8,38%	27,74%	19,40%	44,48%
Bianco	30,7 \pm 9,0	52,1	18,1	8,20%	22,43%	23,09%	46,28%

Osservando la variazione stagionale delle densità fitoplanctoniche durante i due anni di campionamento (Figura 116), emerge una ciclicità che, seppure raggiungendo quantità diverse, si ripete nei due anni, con una fase di aumento dall'autunno verso il massimo invernale e una fase di diminuzione dalla primavera verso i minimi estivi. Si notano una sovrapposizione dei valori del Bianco rispetto ad E14 ed E15 e una maggiore variabilità dei dati nell'intervallo A13 E14 rispetto A14 E15 (Figura 116).

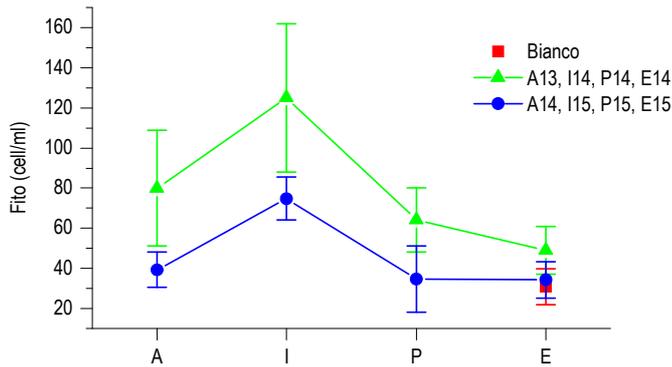


Figura 116 - Variazioni delle densità cellulari medie per campagna (\pm dev. st. N=20) della clorofilla *a*.

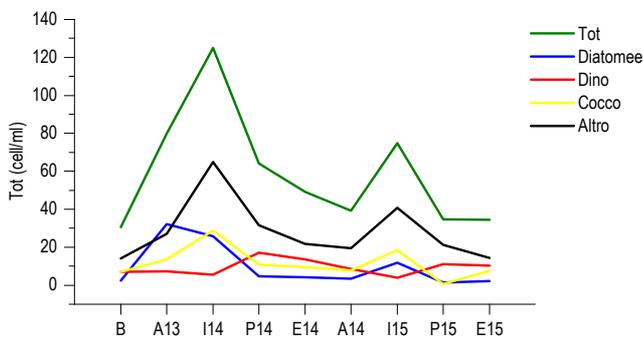


Figura 117 - Variazione stagionale delle densità cellulari medie totali per campagna e dei diversi gruppi fitoplanctonici

La variazione nei due anni della densità totale e dei diversi gruppi fitoplanctonici (Figura 117) mostra la prevalenza della componente "Altro plancton" tranne che in A13, autunno in cui risulta maggiore il contributo delle diatomee.

I dinoflagellati, meno variabili, presentano una fase di aumento in primavera-estate (P14-E14, P15-E15); i coccolitofori contribuiscono ai massimi invernali (I14 ed I15). I valori estivi delle tre campagne (Tabella 76) non mostrano variazioni significative.

Il confronto, a parità di stagione (Tabella 76), evidenzia differenze soprattutto nei valori massimi osservati in A13, I14 e P14, mentre più stabili appaiono le abbondanze estive (Bianco, E14, E15). La composizione tassonomica delle comunità fitoplanctoniche (Figura 118) è caratterizzata da una costante copresenza di molti gruppi che determinano generalmente un alto livello di diversità e presenta sia caratteri comuni sia differenze in accordo al periodo stagionale.

Il raggruppamento "Altro plancton" domina almeno al 40%, costituito dalla componente di nanoflagellati appartenenti a molte classi (Chrysophyceae, Dictyochophyceae, Prasinophyceae, Chlorophyceae, Prymnesiophyceae, Flagellati di incerta determinazione), le diatomee sono scarsamente presenti tranne che in I15 (inverno), i dinoflagellati prevalgono in primavera-estate. Il confronto con la composizione stagionale media dell'anno 2014-2015 mette in evidenza soprattutto le differenze riscontrate in autunno-inverno in quanto in A13 ed I14 la dominanza delle diatomee è maggiore ed è quella che, insieme alla maggior abbondanza di "Altro plancton" e coccolitofori (Figura 117), sostanzialmente differenzia l'andamento autunno-invernale del primo anno rispetto al secondo.

Il raggruppamento in clusters mostrato dal dendrogramma (Figura 119) che compara tutti i campioni analizzati nel Bianco e nei due anni successivi in base alla composizione tassonomica (N= 180, 87 taxa che rappresentano il 96% dell'abbondanza totale, metodo Ward, programma PAST), evidenzia una prima suddivisione tra il cluster di tutti i campioni di primavera (P14, P15), estate (Bianco, E14, E15) e A14 e quello comprendente gli inverni (I14, I15) e A13.

La similarità più alta raggruppa generalmente i campioni di una stessa campagna, particolarmente per i cluster primaverili-estivi. Si può considerare che A13 rappresenti una situazione più spostata verso caratteristiche invernali e A14 sia più simile ad un prolungamento estivo (nella prima le temperature dello strato mescolato superficiale sono intorno a 16°C, nella seconda rimangono intorno a 19°C). Valutando i taxa che principalmente determinano le differenze tra i popolamenti e quindi la percentuale di dissimilarità totale a parità di stagione (SIMPER Test), questa varia tra il 27% (estate) e il 43% (inverno), rivelando in realtà un notevole grado di associazione.

Per le comunità estive (Bianco, E14, E15) e primaverili (P14, P15) i taxa che maggiormente contribuiscono alle differenze sono *Phaeocystis* sp., *Telonema* sp., *Leucocryptos marina*.

Tali specie sono sempre presenti, ma con quantità variabile.

E' invece caratteristica comune la presenza di *Heterocapsa* spp. (dinoflagellato che prevalentemente caratterizza la stagione estiva).

Nelle comunità autunnali (A13, A14) la differenza è attribuibile ad una Cryptophyceae ind., *Cylindrotheca closterium* (diatomea) e *Emiliana huxleyi* (coccolitofore), che contribuiscono con elevate abbondanze alle comunità di A13 differenziate da quanto osservato in A14.

Nei periodi invernali (I14, I15) sono determinanti Cryptophyceae ind., *Plagiotropis* sp. (diatomea) e *Emiliana huxleyi* che maggiormente contribuiscono alle alte abbondanze di I15 rispetto ad I14. I taxa individuati sono tipicamente noti per le acque indagate.

Anche il confronto (Figura 120) tra le stazioni più vicine al terminale (MG6, MG7, MG12, MG13) e la stazione più lontana (MG10) non ha evidenziato differenze apprezzabili né nel ciclo né nella composizione. Si osservano abbondanze moderatamente più alte nelle stazioni a 100 m dal terminale soprattutto durante il primo anno di monitoraggio.

Anche dal confronto con i dati del Bianco non emergono differenze da segnalare.

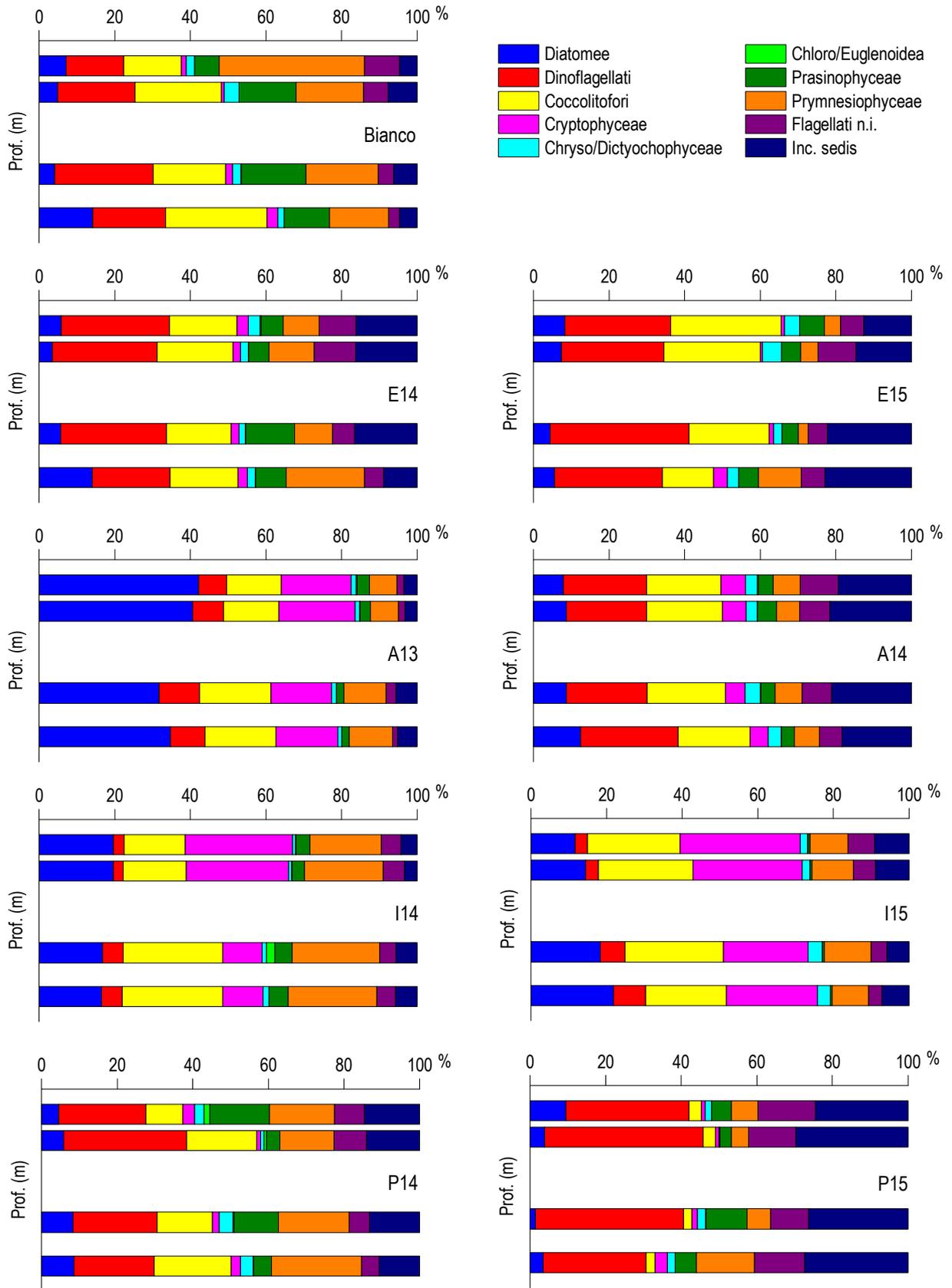


Figura 118 – Abbondanza relativa (media per profondità per campagna) delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda nelle diverse campagne.

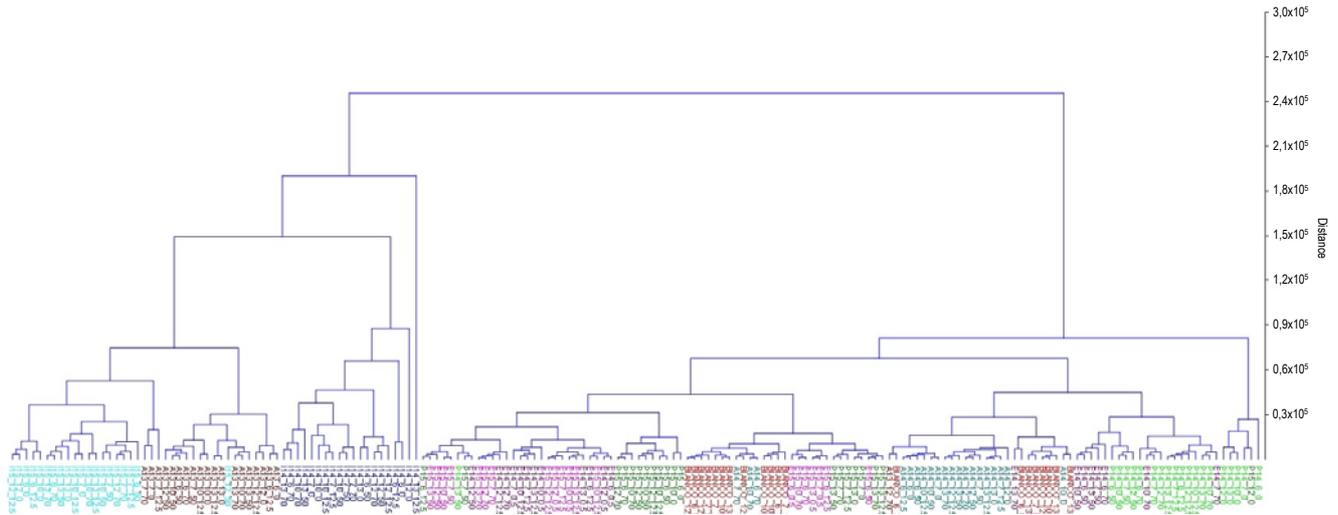


Figura 119 - Classificazione gerarchica dei 180 campioni in base alle densità fitoplanctoniche dei primi 87 taxa. I campioni sono rappresentati da sigle e colori corrispondenti a: campagna (B-rosso, A13-marrone, I14-blu, P14-verde chiaro, E14-viola, A14-verde medio, I15-azzurro, P15-verde scuro, E15-fucsia), numero stazione (6=MG6, 7=MG7, 10=MG10, 12=MG12, 13=MG13) e profondità (0, 12,5, 50, 70 m)

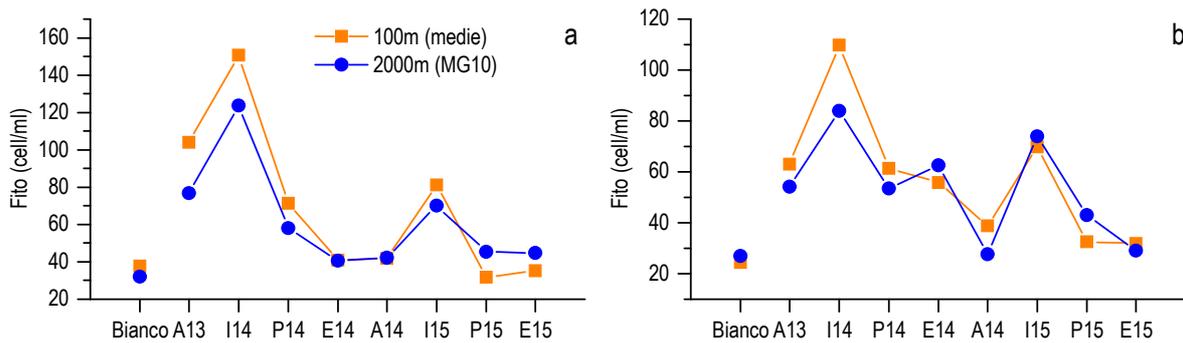


Figura 120 - Variazione stagionale delle densità cellulari totali medie delle stazioni a 100m dal terminale (MG6, MG7, MG12, MG13) e a 2000m (MG10) nei due anni di campionamento; a) media tra 0 e 12,5m; b) media tra 50 e 70m.

Analisi qualitativa del fitoplancton da retino

L'analisi qualitativa del microfitoplancton dei campioni d'acqua raccolti con retino nelle stazioni MG6, MG7, MG10, MG12 e MG13 durante il Bianco (B), e nei due anni di monitoraggio relativi alla fase di esercizio ha permesso di identificare 452 taxa totali (Tabella 77), dai 121 taxa in A13 (valore minimo) ai 211 taxa in A14 (valore massimo). Se si considera come si ripartiscono i taxa tra i diversi gruppi tassonomici, il numero di taxa più elevato appartiene ai dinoflagellati (205), seguito da diatomee (178) e coccolitofori (47).

Gruppi tassonomici	Generale	B	A13	I14	P14	E14	A14	I15	P15	E15
Diatomee	178	48	59	60	63	55	76	55	44	54
Dino	205	64	42	81	104	107	101	65	73	73
Cocco	47	9	17	21	27	24	26	16	17	13
Chryso/Dictyocho	7	3	2	3	1	2	5	5	3	2
Eugleno/Chloro/Prasino	11	1	0	2	5	2	1	0	3	1
Pymnesio non cocco	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0
Altro	3	0	1	1	0	2	2	0	0	0
Totale	452	125	121	169	201	193	211	142	141	143

Le diatomee sono risultate la classe più rappresentata solo in A13 (59 taxa), ed il numero di taxa appartenenti a questa classe è risultato variabile nell'arco dei due anni da 44 (P15) a 76 (A14) taxa individuati. I dinoflagellati sono risultati sempre la classe più ricca in taxa, soprattutto nel periodo primaverile ed estivo (101 in A14, 104 in P14 e 107 taxa in E14, rispettivamente). Nel primo anno di

campionamento, il numero più elevato di taxa si è registrato nel periodo primaverile-estivo (P14-E14); questo pattern non si è confermato nel secondo anno di campionamento, quando durante il periodo autunnale (A14) è stato registrato il numero massimo di taxa, mentre nelle altre tre stagioni il numero di taxa è risultato praticamente lo stesso (Tabella 77). Il numero totale di taxa osservati nell'arco dei due anni di campionamento per ciascuna stazione è compreso tra un minimo di 285 in MG6 ed un massimo di 305 in MG7. Se si considera il numero di taxa osservati in ciascuna stazione nelle singole stagioni si osserva un andamento generale, con un'elevata diversità microalgale nei periodi P14, A14 e E14, al contrario una diversità omogeneamente più bassa nel resto delle stagioni. Per quanto riguarda il numero di taxa nelle singole stazioni, nessun sito si distingue in modo univoco dagli altri (Tabella 78).

Campagna	MG6	MG7	MG10	MG12	MG13
Bianco	71	68	81	60	71
A13	69	78	79	77	46
I14	80	88	92	85	81
P14	128	112	114	122	111
E14	113	79	121	107	82
A14	121	131	119	118	121
I15	65	76	60	85	87
P15	88	72	76	79	74
E15	68	85	80	85	95
Totale	285	305	301	299	297

Nella Tabella 79 è riportato il numero di taxa osservati durante l'intero monitoraggio (frequenza f=9), o solo in 8 stagioni (f=8), solo in 7 stagioni (f=7), e così via, fino ai taxa presenti solo in una delle stagioni (f=1): la maggior parte dei taxa è stata rilevata solo in 1 o poche (da 2 a 4 stagioni, f=1-4), mentre il numero di taxa appartenenti alle diverse categorie tassonomiche comuni a tutti e 9 i campionamenti è molto basso. E' evidente quindi che la presenza della maggior parte dei taxa non è solo fortemente dipendente dalla stagione di campionamento, ma anche che a parità di stagione è presente un numero elevato di specie rare che mostrano variabilità intra-stagionale.

	f=1	f=2	f=3	f=4	f=5	f=6	f=7	f=8	f=9	totale
Diatomee	78	27	20	16	5	10	9	8	5	178
Dinoflagellati	70	27	29	18	12	12	15	11	11	205
Coccolitofori	15	7	3	7	4	1	5	3	2	47
Altro	9	8	1	1	1	1	0	0	1	22
Totale	172	69	53	42	22	24	29	22	19	452

Nella Tabella 80 viene confrontato il numero di taxa microplanctonici rilevati con campionamento da bottiglia con quelli da retino.

microplancton	bottiglia totale	retino totale	comuni	microplancton	bottiglia totale	retino totale	comuni
A13 diatomee	95	59	40	A14 diatomee	67	76	42
A13 dinoflagellati	55	41	20	A14 dinoflagellati	59	100	37
A13 coccolitofori	23	17	10	A14 coccolitofori	31	26	15
A13 altro	7	4	3	A14 altro	11	8	7
totale	180	121	73	totale	168	210	101
I14 diatomee	48	56	22	I15 diatomee	43	55	22
I14 dinoflagellati	49	81	30	I15 dinoflagellati	32	65	18
I14 coccolitofori	21	21	16	I15 coccolitofori	26	16	12
I14 altro	7	8	3	I15 altro	9	6	4
totale	125	166	71	totale	110	142	56
P14 diatomee	59	63	34	P15 diatomee	34	44	16
P14 dinoflagellati	80	104	55	P15 dinoflagellati	39	73	28
P14 coccolitofori	30	27	21	P15 coccolitofori	6	17	3
P14 altro	7	7	3	P15 altro	8	7	4
totale	176	201	113	totale	87	141	51
E14 diatomee	59	55	31	E15 diatomee	32	54	19
E14 dinoflagellati	67	108	48	E15 dinoflagellati	63	73	32
E14 coccolitofori	40	24	22	E15 coccolitofori	28	13	11
E14 altro	5	7	2	E15 altro	9	3	3
totale	171	194	103	totale	132	143	65

Se si confronta, infine, il numero di taxa microplanktonici rilevati con campionamento da bottiglia con quelli da retino, il numero di taxa da retino è generalmente maggiore di quello da bottiglia (Tabella 80). D'altra parte, il numero dei taxa individuati con entrambi i metodi (cioè i taxa 'comuni') mediamente è solo la metà, quindi i due metodi risultano complementari e nessuno dei due può prescindere dall'altro ai fini della valutazione, pur qualitativa, della diversità microplanktonica dei campioni.

7.1.3.2 Zooplancton

Oloplancton

I Crostacei Copepodi si confermano la componente dominante all'interno della comunità oloplanctonica di piattaforma continentale mediterranea, così come emerso dalle analisi effettuate nel precedente *report* annuale (report annuale I) e largamente descritto in bibliografia. In tutti i periodi analizzati i Copepodi rappresentano infatti tra il 60 e il 90% dell'intera biomassa misurata.

Complessivamente nell'arco dei quattro *surveys* sono stati identificati 126 taxa. La componente a Copepodi appare leggermente meno biodiversificata rispetto al precedente anno di campionamento (Figura 121); deve però essere evidenziato come tale differenza sia esclusivamente imputabile al mancato ritrovamento di specie molto rare (identificate come *singleton*) e non alla scomparsa di alcuna specie ad alta rilevanza numerica od ecologica. In contrapposizione sono comunque stati identificati esemplari appartenenti a specie, e talora a generi, non campionati durante il I Anno di monitoraggio (es. *Triconia conifera*, *Candacia varicans*, *Sapphirina bicuspitata*). Anche in tal caso si sottolinea come la presenza di tali specie non indichi una variazione della comunità o dei parametri ecologici della colonna d'acqua. Al termine dei primi 2 anni di monitoraggio i taxa campionati sono 152, pari al 73 % della biodiversità a Copepodi segnalata nelle acque tirreniche. Da tali dati emerge chiaramente come il monitoraggio in atto permetta un fondamentale contributo allo studio della biodiversità dell'area di studio e, in generale, dei mari italiani. Il maggior numero di taxa (92) è stato campionato durante la stagione estiva (Figura 122). Tale dato non è conseguente a un aumento di biomassa nello stesso periodo, ma alla concomitante presenza lungo la colonna di un alto numero di specie con differente gradiente verticale. La rigida stratificazione termica della colonna osservata nell'estate 2015 è associata all'aumento della biodiversità nello strato superficiale, ove famiglie prettamente epiplanktoniche come Pontellidae e Sapphirinidae vengono rappresentate da un maggior numero di specie.

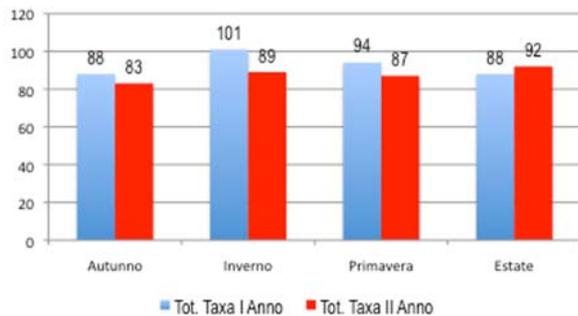


Figura 121 – Copepodi: confronto taxa (n) totali Anno I e Anno II.

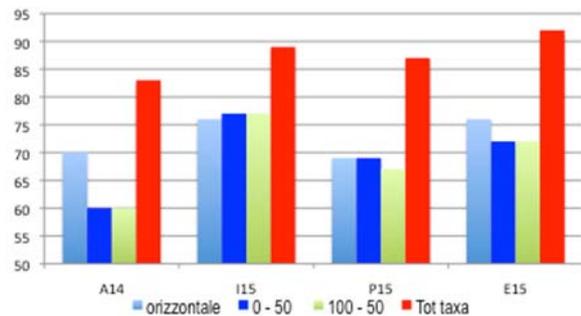


Figura 122 – confronto taxa (n) II Anno e distribuzione verticale.

Dall'osservazione della distribuzione verticale stagionale si evidenzia come sia l'autunno il periodo caratterizzato da minore biodiversità. E' importante inoltre osservare come durante l'inverno la distribuzione lungo la colonna d'acqua dei differenti taxa sia particolarmente omogenea (Orizzale 76 taxa; 0 – 50 m: 77; 100 – 50 m: 77). Durante tale periodo, il raffreddamento degli strati superficiali favorisce l'omeotermia della colonna d'acqua, eliminando la presenza di barriere fisiche che possono influenzare i movimenti verticali della comunità a Copepodi. I campionamenti orizzontali, ad eccezione proprio della stagione invernale, sono caratterizzati da un maggior numero di specie.

Anche analizzando l'andamento quantitativo (individui per m⁻³) della fauna a Copepodi lungo il gradiente verticale, si osserva un andamento stagionale influenzato da temperatura e densità delle diverse frazioni della colonna. Così come per i monitoraggi effettuati nell'anno precedente (I Anno), durante la stagione estiva (E14 ed E15) i Copepodi sono maggiormente concentrati nella porzione più profonda della colonna. Andamento inverso si osserva durante le stagioni tendenti alla condizione di omeotermia della colonna, con la comunità a Copepodi maggiormente concentrata negli strati superficiali, soprattutto in inverno. In conclusione è possibile affermare che nella fauna a Copepodi biomassa e biodiversità sono inversamente proporzionali. L'analisi della distribuzione stagionale media lungo la colonna delle 6 famiglie che maggiormente concorrono alla caratterizzazione dell'area di studio, viene illustrata in Figura 123.

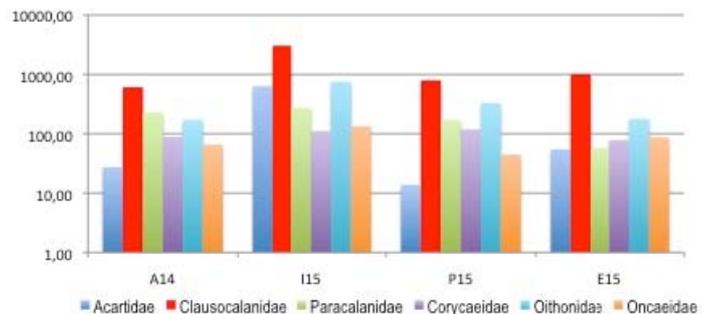


Figura 123 - Abbondanza ind/m³ delle principali famiglie di Copepodi in ciascun survey.

I Clausocalanidi, così come riportato in letteratura e riscontrato durante il monitoraggio del I Anno, sono la famiglia maggiormente rappresentata in tutti i *surveys*, con alternanze dei picchi di abbondanza tra specie congeneriche e una complessiva massima presenza durante il periodo invernale.

Viene di seguito illustrata la variabilità stagionale delle 4 specie dominanti lungo i due anni di monitoraggio (Figura 124).

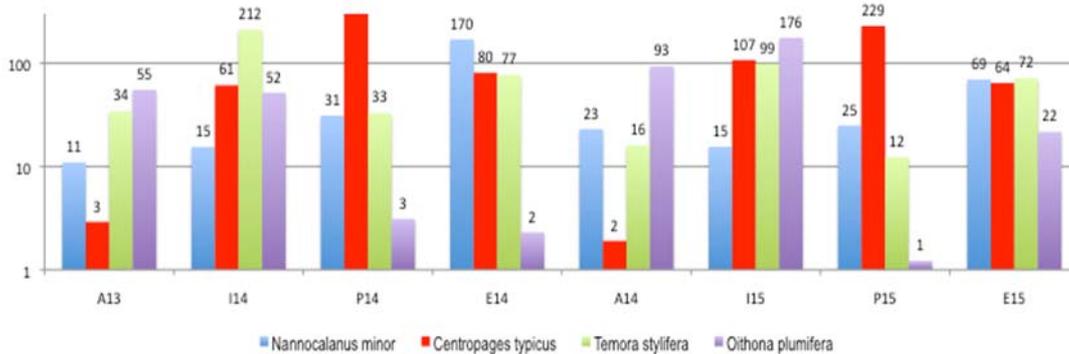


Figura 124 – Andamento stagionale ind/m³ delle specie dominanti I Anno e II Anno.

I picchi riproduttivi stagionali delle specie in esame si distribuiscono con regolarità in diversi periodi dell'anno, strategia che permette una minore competizione trofica interspecifica. L'andamento del II Anno non evidenzia un cambiamento nei cicli biologici delle diverse specie. *Nannocalanus minor* si conferma specie prettamente estiva, *Centropages typicus* primaverile e *Temora stylifera* invernale. Durante il I Anno di monitoraggio *Oithona plumifera* raggiunge picchi di abbondanza quasi equivalenti in autunno e inverno, mentre nel II Anno ha caratteristiche prettamente invernali. Viene regolarmente registrata, se pur con valori di abbondanza sempre piuttosto contenuti, la presenza del Miracide *Distiocolus minor*, segnalato per la prima volta nei mari italiani in occasione del primo monitoraggio effettuato nell'area (fase di Bianco). Il suo andamento stagionale e la sua distribuzione verticale lungo la colonna viene costantemente monitorata, dimostrando ancora una volta come attraverso lo studio dello specchio acqueo interessato dalla presenza del terminale di rigassificazione, si ottengano dati di rilevante valenza scientifica. Da evidenziare inoltre il campionamento della specie *Triconia conifera* durante l'estate 2015; questo copepode Onceidae in letteratura regolarmente segnalato nel Mar Tirreno settentrionale non era mai stato identificato nei precedenti *surveys*. *T. conifera* ha distribuzione strettamente profonda (100 – 50m), con massimi valori di abbondanza nella porzione della colonna prossima al fondale e nessun ritrovamento nelle pescate orizzontali superficiali. I dati ottenuti sulla sua distribuzione trovano conferma in letteratura, dove viene descritta come specie bioluminescente epiplanctonica – subsuperficiale di tendenza pelagica, caratteristica di piattaforma nel periodo primaverile – estivo. In Figura 125 vengono illustrati mediante *Cluster Analysis* i dati di similarità intra ed interannuale delle 5 stazioni di monitoraggio. Appare evidente come la variabile stagionalità contribuisca alla caratterizzazione dello *species pool* dell'area, differenziando i popolamenti secondo un gradiente temporale intrannuale. La similarità appare comunque più stretta tra i periodi "caldi", quali primavera ed estate, rispetto alle stagioni "fredde". Complessivamente l'elevato grado di similarità della medesima stagione nei due anni di campionamento dimostra come al momento la comunità a Copepodi appaia ben strutturata e non disturbata da fattori esterni di natura antropica.

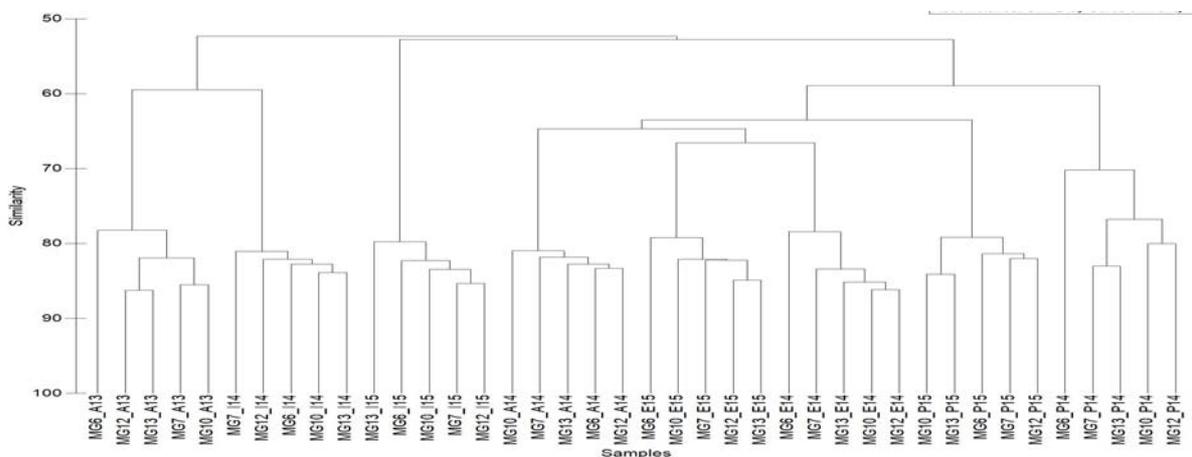


Figura 125 – *Cluster analysis* dei dati di abbondanza, calcolati lungo tutta la colonna, della comunità a Copepodi investigata durante gli 8 *surveys* relativi al I e II anno di monitoraggio.

L'analisi del sedimentato e la restituzione dei dati relativi alla biomassa della componente oloplanctonica raggiungono valori massimi nella stagione invernale (Figura 126) così come avvenuto per il monitoraggio del I Anno (Figura 127).

Da un attento confronto dell'andamento stagionale delle biomasse campionate nel corso dei due anni di monitoraggio, si ottiene una esaustiva caratterizzazione della componente a Copepodi di piattaforma continentale. Si osserva una regolare sovrapposizione dei picchi di abbondanza, raggiunti sempre durante il *survey* invernale. Tale picco è principalmente riconducibile all'aumento del contributo di alcune tra le famiglie di copepodi dominanti (Clausocalanidae, Acartidae e Oithonidae) e al netto incremento dei Crostacei Misidacei ed Eufausiacei, componenti principali del krill. Anche i rapporti di abbondanza stagionali tra i 2 anni rimangono invariati, con valori decrescenti in primavera, autunno ed estate, nell'ordine. In termini puramente quantitativi va segnalato come durante il II Anno i valori di biomassa risultino superiori al I Anno in tre stagioni (+ 42% inverno, + 5% autunno e + 4% estate).

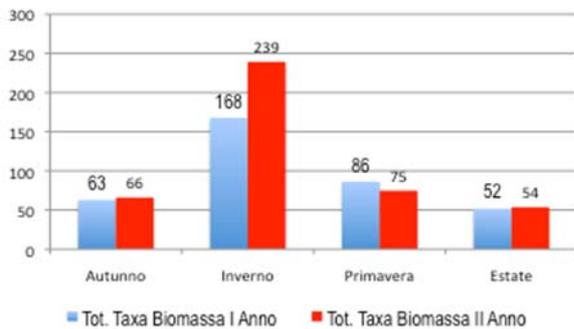


Figura 126 - Biomassa oloplanctonica (ml): confronto stagionale tra i due anni di indagine.

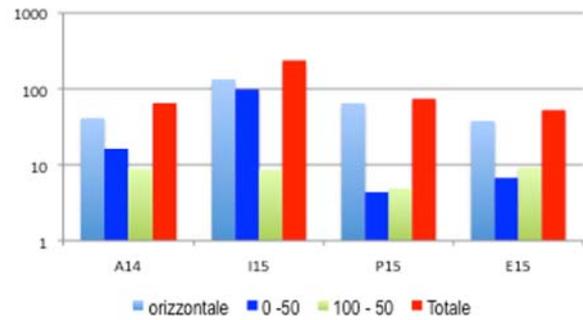


Figura 127 - Biomassa oloplanctonica (ml): confronto tra i livelli relativamente al secondo anno di indagine.

Meroplancton

Le quattro campagne stagionali di monitoraggio (A14, I15, P15, E15) relative al secondo anno di campionamento nelle acque interessate dalla presenza del terminale di rigassificazione FSRU Toscana, hanno permesso l'identificazione di 104 *taxa* appartenenti alla frazione meroplanctonica riconducibile a 6 gruppi di invertebrati marini: Cnidari (3) Molluschi (3), Nemertini (1), Policheti (9), Crostacei (70), Echinodermi (17) e Foronidei (1). Fra i *taxa* identificati 54 comparivano già nei *survey* del primo anno.

La Figura 128 mostra, per ciascuna campagna stagionale, il risultato relativo al numero di *taxa* identificati nei due anni di monitoraggio.

La differenza che emerge in tre delle quattro campagne di monitoraggio è attribuibile al differente numero di *taxa* di Crostacei Decapodi presenti nei campioni. Il dato strettamente quantitativo indica la maggiore presenza di *taxa* in P14 rispetto a P15, (46 vs 35), mentre nelle campagne invernali ed estive i *taxa* identificati sono stati rispettivamente 28 in I14 e 41 in I15 e 25 in E14 e 42 in E15.

Nel II anno di monitoraggio la stagione I15 (Figura 129) ha registrato il maggior numero di *taxa* (69); seguono E15 con 64, A14 (56) e P15 (55). Il dato mostra la generale omogeneità di risultati, confrontando fra loro la stagione fredda ed estiva e le due campagne cosiddette intermedie, autunnale e primaverile. Nel complesso le quattro campagne di monitoraggio del II anno pongono in evidenza come nei campionamenti orizzontali si concentri regolarmente il maggior numero di *taxa*, il valore tende a decrescere spostandosi lungo l'asse verticale, con valori minimi nei campionamenti condotti tra -100m e -50m durante la campagna P15.

Questo risultato conferma la spiccata caratteristica delle larve meroplanctoniche a compiere migrazioni verticali circadiane, concentrando in superficie, durante le ore notturne, la frazione maggiore del popolamento zooplanctonico.

L'osservazione dell'andamento dei valori indicati in Figura 130 conferma quindi indirettamente l'importanza della temperatura quale fattore determinante nella distribuzione e dispersione spaziale delle larve.

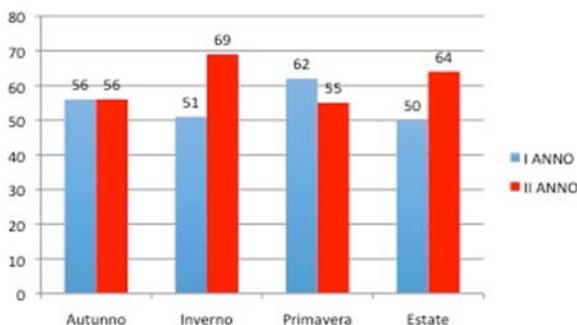


Figura 128 - Numero totale (n) di taxa meroplanctonici nel I e II anno in ciascuna stagione.

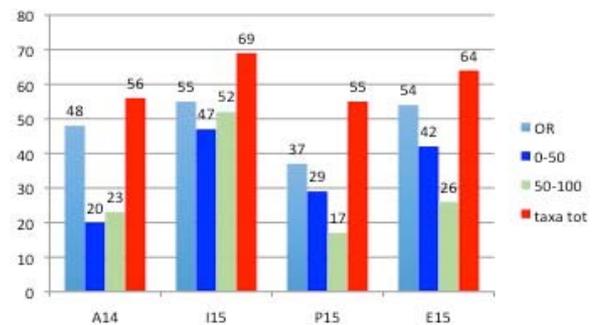


Figura 129 - II anno: distribuzione dei taxa meroplanctonici in ciascuno dei livelli investigati.

Nella stagione E15, quando l'acqua in superficie raggiunge la massima temperatura media registrata nell'anno 2015 (24,8°C di notte, oltre 26°C di giorno), il meroplankton tende a concentrarsi preferibilmente nelle fasce superficiali, raggruppandosi in prevalenza tra la superficie e la batimetrica di - 50 m. Il fenomeno è in larga parte attribuibile alla presenza del termoclino che determina la variazione di densità delle masse d'acqua, impedendo di fatto ai popolamenti zooplanctonici di attraversare le porzioni più fredde e dense della colonna d'acqua sottostante. Al contrario, durante l'inverno, le temperature in superficie oscillano, di notte, tra 12,5°C e 13,5°C.

Le condizioni di omeotermia della colonna d'acqua nella stagione I15 (temperatura in superficie = 13,2°C e a - 93m = 13,6°C) consentono la maggiore distribuzione delle larve lungo tutto il transetto batimetrico, come testimoniato dal numero di *taxa* identificati nelle tre stazioni a differente profondità.

Il gruppo largamente dominante nel II anno di monitoraggio è rappresentato dai Crostacei Decapodi che con 67 *taxa* assommano il 64,4% dei *taxa* del campione totale (Figura 130). Il risultato conferma quanto già evidenziato nell'anno I (Figura 131), nel quale il gruppo rappresentava il 66,1% dei *taxa* identificati; 28 *taxa* sono comuni ad entrambe le campagne.

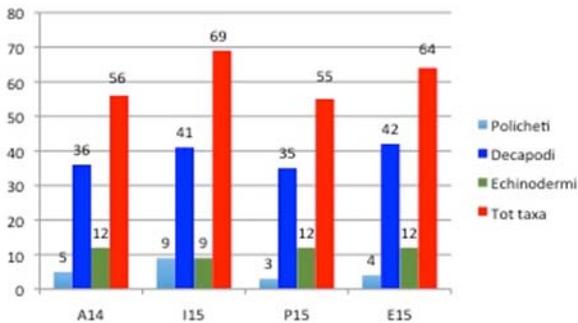


Figura 130 - Principali *taxa* meroplanktonici e loro numero (n).

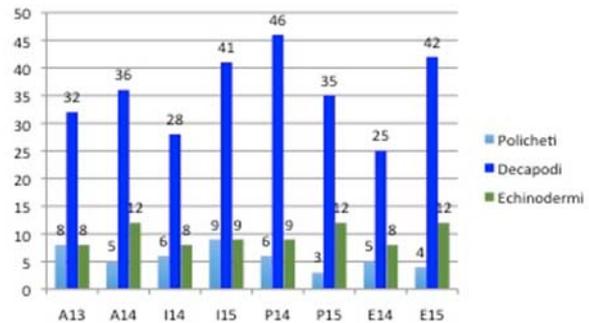


Figura 131 - Numero (n) dei principali *taxa* meroplanktonici nelle stagioni del I e del II anno.

La distribuzione dei Crostacei Decapodi nei *surveys* del II anno (Figura 132), suggerisce che anche per questo importante gruppo le larve si distribuiscano preferenzialmente nei primi metri della colonna d'acqua, come confermano i dati quali-quantitativi. Anche questo risultato era ampiamente emerso in tutti i *surveys* del I anno (Figura 133). Le larve di Crostacei Decapodi identificate nel II anno possono essere suddivise in ulteriori 3 gruppi come segue: 28 (41,8%) *taxa* in rappresentanza dei Natanti, 28 (41,8%) dei Brachiuri e 11 (16,4%) degli Anomuri.

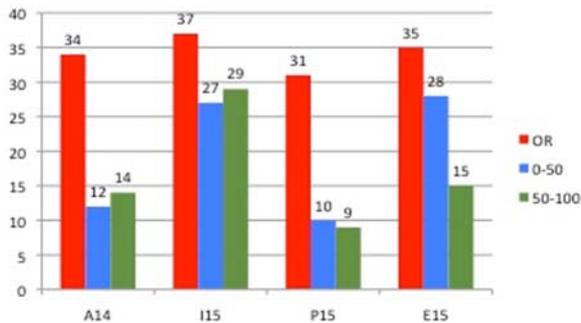


Figura 132 - Distribuzione delle larve di Decapodi in ciascuno dei livelli batimetrici investigati.

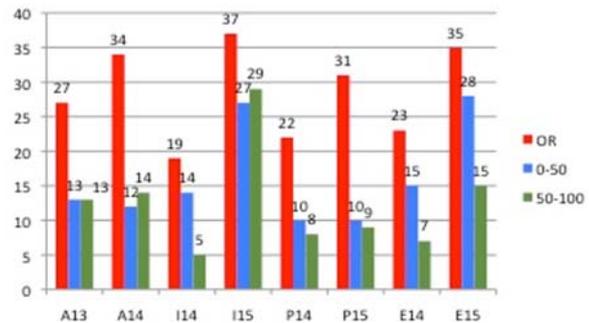


Figura 133 - Distribuzione delle larve di Decapodi nel I e II anno.

Tra le specie più rappresentate il Carideo appartenente alla famiglia Alpheidae *Alpheus glaber* è il dominante. Presente in tutte le campagne (I anno e II anno) e in tutte le stagioni, risulta più abbondante nei campioni raccolti nei retinaggi orizzontali.

Da segnalare per la prima volta nelle acque del settore biogeografico 1 dei mari italiani la presenza, nel campione autunnale (A14), delle larve del brachiuro Grapsidae *Percnon gibbesi*, specie alloctona segnalata in altri settori biogeografici a partire dal 1999.

L'incremento nel numero di *taxa* identificati nei campioni del II anno è stato confermato anche per il gruppo degli Echinodermi. In tre campagne del II anno sono stati identificati 12 *taxa*, indicando anche per questo gruppo una certa omogeneità nella dispersione temporale delle larve. Differente invece la distribuzione lungo la colonna d'acqua. Anche in questo caso, come in precedenza osservato per i Crostacei Decapodi, la temperatura sembrerebbe essere la discriminante principale per la dispersione delle larve.

Gli Echinodermi tendono a concentrarsi nelle fasce più profonde della colonna d'acqua durante le stagioni nelle quali la temperatura dell'acqua è omogenea dalla superficie fino a -100m, ovvero in inverno e primavera, mentre tornano a essere presenti anche in superficie quando compare il termoclino estivo e fino alla sua permanenza in tardo autunno.

Nella Figura 134 sono riportati i risultati della *Cluster analysis* sulla base della similarità di *Bray Curtis* nella quale sono state analizzate per ciascuna stagione tutte le stazioni di campionamento nell'arco di due anni di monitoraggio dall'autunno 2013 (A13) all'estate 2015 (E15).

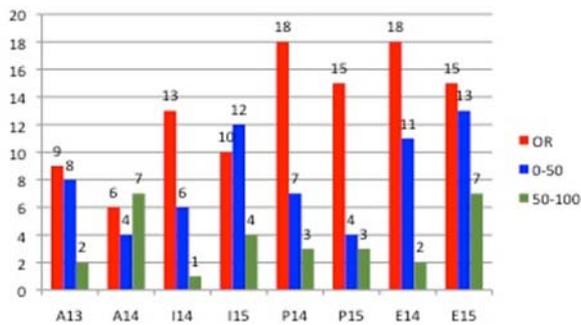


Figura 137 - Numero (n) di taxa ittioplanctonici nel I e II anno.

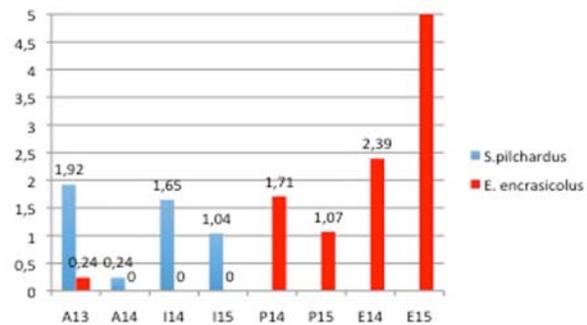


Figura 138 - Distribuzione delle specie ittioplanctoniche più abbondanti nell'arco di due anni di monitoraggio.

Le due specie dominanti alternano perfettamente la loro presenza nei campioni in funzione della variabile temporale-stagionale; d'inverno e autunno prevale *S. pilchardus*, durante la primavera e l'estate *E. encrasicolus* è la specie largamente dominante. Così come precedentemente mostrato per la frazione meroplanctonica dello zooplancton anche la *Cluster analysis* condotta su tutti i campioni ittioplanctonici conferma quanto già emerso dall'analisi quali-quantitativa (Figura 139). Essa dimostra quindi la presenza di un gradiente stagionale che divide i popolamenti in due principali modelli di ordinamento: le stagioni autunnali e invernali separate da quella primaverile-estiva.

Anche in questo caso a determinare la maggiore dissimilarità tra campioni è senza dubbio lo stesso dato quali-quantitativo analizzato in precedenza, ovvero la forte alternanza stagionale dei cicli riproduttivi di sardina e acciuga.

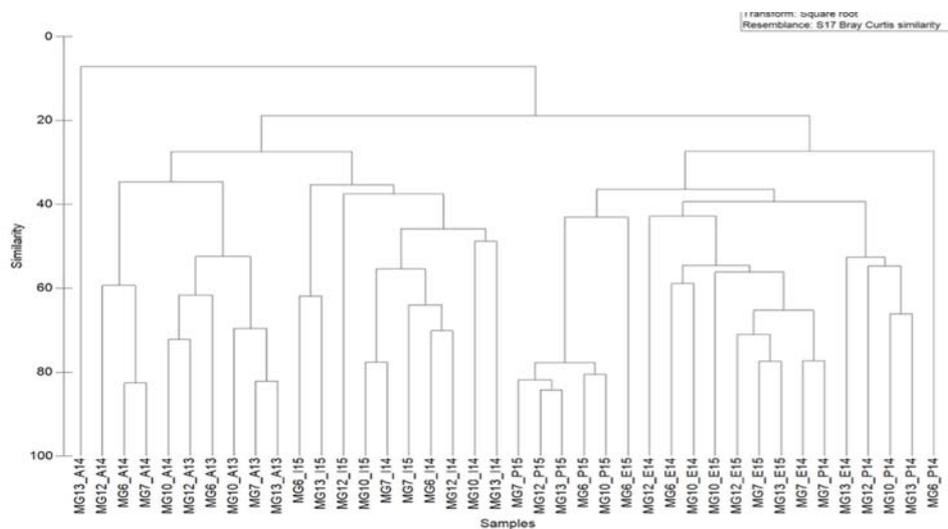


Figura 139 – Risultati della Cluster analysis relativa all'ittioplancton nelle stagioni del I e del II anno.

In conclusione per la componente meroplanctonica e ittioplanctonica dello zooplancton, in riferimento al secondo anno di monitoraggio, non si riscontrano né si segnalano variazioni nella distribuzione spazio-temporale dei popolamenti ascrivibili all'esercizio dell'impianto di rigassificazione FSRU Toscana.

7.2 SEDIMENTI

Per una corretta interpretazione dei dati, occorre premettere che l'area in cui è stato collocato il Terminale è stata, in passato, sede di sversamenti dei fanghi di dragaggio portuale. Pertanto, come già stato osservato nella fase di Bianco, le concentrazioni dei contaminanti possono mostrare un'elevata variabilità spaziale ed esibire tenori talvolta maggiori del livello chimico di base indicato nel Manuale per la Movimentazione dei Sedimenti marini (Icram, Apat, MATTM).

7.2.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

Le differenti frazioni granulometriche non mostrano un andamento temporale ben definito e sono presenti percentuali simili di ghiaia, sabbia ed argilla nelle tre differenti campagne di monitoraggio (Bianco, E14 ed E15). Soltanto il silt, dal Bianco all'estate 2014, aumenta leggermente per poi decrescere nuovamente nella campagna estiva del 2015. Unica eccezione a questo trend è rappresentata la stazione MG7 in cui non si osserva un andamento analogo. L'area intorno al rigassificatore non mostra un trend comune nella tessitura del sedimento delle differenti stazioni di monitoraggio (MG6, MG7, MG12, MG13). Tale andamento è comunque in linea con quanto osservato nelle stazioni di controllo (MG9 e MG10).

Per quanto riguarda i metalli l'unico dato da segnalare è l'incremento dello zinco nel campione E15 MG7. Tuttavia tale comportamento non è stato osservato nelle altre stazioni in prossimità dell'FSRU. Ad oggi, rimane, pertanto, un caso isolato insufficiente per identificare uno stato di contaminazione dell'area. Inoltre il valore osservato non si discosta sostanzialmente dai tenori registrati nella fase di Bianco ad indicare che la provenienza di questo metallo non può essere legata alla presenza del Terminale.

Non ci sono anomalie da segnalare riguardo agli IPA che, nell'E15 esibiscono un diffuso decremento.

Anche per quanto riguarda i cloroderivati non sono stati osservati cambiamenti da ricondurre alla presenza dell'FSRU. Infatti se da un lato sono comparsi composti non segnalati in precedenza, come bromodichlorometano, dibromoclorometano e tetracloroetilene, dall'altro si è verificata la scomparsa di acido dibromoacetico e acido monobromoacetico. Si tratta in tutti i casi di concentrazioni molto basse.

7.2.2 Saggi eco tossicologici su campioni di sedimento

Il test effettuato con *V. fischeri* sul sedimento tal quale non aveva rilevato tossicità durante la campagna di Bianco. Questo risultato è stato confermato anche nelle successive campagne (E14, E15) condotte nella fase di esercizio.

I risultati del test cronico con gli organismi *C. orientale* hanno mostrato che già prima dell'arrivo del terminale l'area, tranne la stazione B MG9, era caratterizzata da un livello medio di tossicità.

In prossimità del Terminale, nell'estate successiva, nei campioni E14 MG12 e E14 MG13 era stato osservato un miglioramento analogamente ai controlli. Al contrario non era stata osservata alcuna variazione nelle altre stazioni vicine all'FSRU. Nell'ultimo survey (E15) si è verificata una inversione di tendenza. Infatti nelle stazioni E15 MG6 e E15 MG7 si è verificata una riduzione di tossicità, in particolare in E15 MG6 essa è risultata assente. Nelle restanti stazioni prossime al rigassificatore (E15 MG12 e E15 MG13), invece, si è verificato un peggioramento, in particolare nella stazione E15 MG12 dove è stata osservata una tossicità alta. Questi dati testimoniano una elevata variabilità dei risultati nell'intorno del Terminale. Tale variabilità è presumibilmente legata ai pregressi sversamenti dei fanghi portuali effettuati nella zona. Infatti anche il test di embriotossicità condotto con *P. lividus* aveva rilevato uno stato di tossicità bassa già prima dell'arrivo dell'FSRU. Questo stato è confermato dai dati dell'E15 con la sola eccezione della stazione E15 MG6 unico caso in cui si osserva assenza di tossicità.

7.3 BIOTA

7.3.1 Macrozoobenthos

Confrontando i dati dell'intero periodo di studio emerge che, nell'area di indagine, complessivamente i valori di abbondanza totale (N) risultano piuttosto variabili anche all'interno della medesima stagione in particolare nei periodi autunnali e invernali.

Rispetto al Bianco il numero di individui ossia l'abbondanza totale ha mostrato un incremento in A13 e I14 seguito da un generale decremento tanto che in E15 sono stati campionati circa il 50% degli individui rispetto al Bianco (Figura 140).

Anche il numero di specie ha esibito, seppur in misura più contenuta, evidenti variazioni temporali. Tuttavia il numero di specie campionato in E15 (N=155) è del tutto confrontabile con quello del Bianco (N=154).

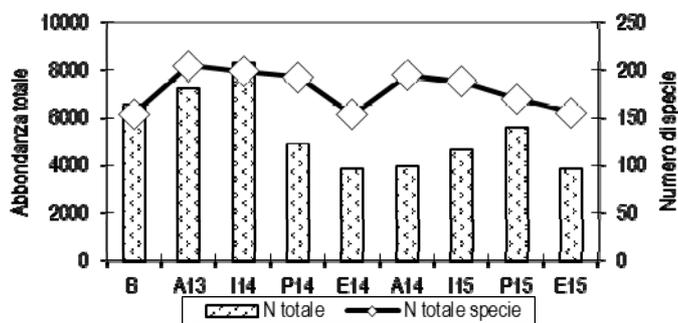


Figura 140 – Andamento dell'abbondanza totale e del numero di specie totali nell'arco dell'intero periodo di studio.

Il panorama faunistico complessivo risulta dominato, per l'intero periodo di studio, dai policheti (Figura 141) i cui valori di abbondanza (N) hanno seguito il trend generale appena descritto. Questo gruppo domina la lista faunistica anche in termini di numero di specie (S).

Il numero massimo di specie campionato risale all'autunno 2014. Nelle campagne successive questo gruppo esibisce un graduale decremento, raggiungendo, nell'estate 2015 un valore del tutto confrontabili con il Bianco e l'estate 2014.

Il secondo gruppo in ordine di importanza è quello dei crostacei. Essi hanno esibito un picco di abbondanza nell'inverno 2014 ed il più elevato numero di specie nell'autunno 2013. Nell'estate 2015 sono stati osservati valori confrontabili con quelli del Bianco e con quelli dell'estate 2015. Il medesimo pattern, sia per S sia per N, osservato per i crostacei è stato rilevato anche per i molluschi. Infine gli echinodermi hanno rappresentato per l'intero periodo di indagine la frazione meno cospicua del popolamento.

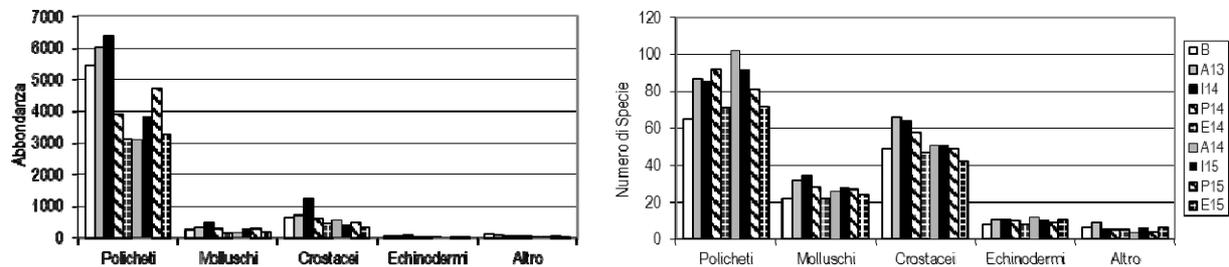


Figura 141 – Andamento dell'abbondanza totale (N) e del numero di specie (S) dei principali taxa nella campagna di Bianco (B) e nelle successive campagne di monitoraggio condotte nella "fase di esercizio".

Dall'analisi multivariata condotta tramite n-MultiDimensional Scaling (n-MDS), applicata alla matrice di presenza/assenza, con i dati del primo anno della fase di esercizio era emerso che lungo l'asse delle x i punti stazione erano distribuiti in accordo al periodo stagionale, rispecchiando, pertanto, la naturale dinamica temporale dei popolamenti bentonici (Figura 142).

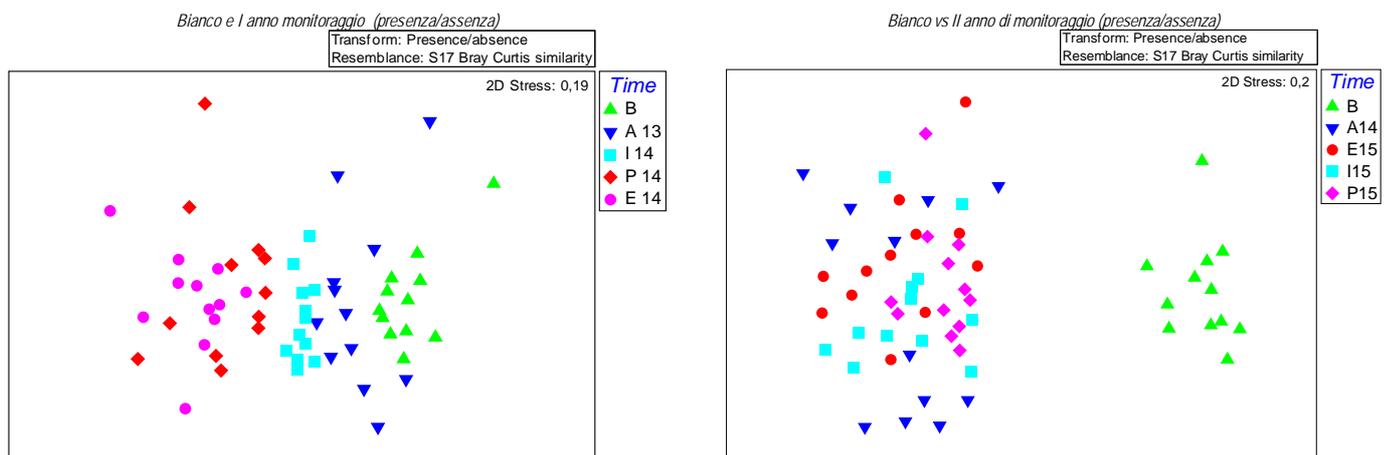


Figura 142 - Piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS. Le analisi sono state effettuate con i dati di presenza/assenza considerando la campagna di Bianco (B) e i il primo (sx) ed il secondo (dx) anno di monitoraggio della "fase di esercizio". La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.

Dalla medesima analisi condotta con i dati relativi al secondo anno di esercizio si evince che complessivamente le condizioni dell'area si stanno modificando rispetto al Bianco. Nel piano di ordinamento, infatti, i punti che rappresentano il Bianco sono situati nel lato destro del plot e nettamente separati da tutti gli altri punti. Questi ultimi costituiscono una nuvola dove non sono chiaramente distinti i quattro periodi stagionali. Tale comportamento accomuna sia i siti prossimi all'FSRU sia tutti gli altri escludendo un diretto effetto del Terminale sul pattern osservato.

Per valutare meglio le eventuali variazioni riconducibili alla presenza del terminale l'analisi è stata rifatta utilizzando unicamente i dati acquisiti nella medesima stagione del Bianco, ossia E14 e E15.

Dal piano di ordinamento (Figura 143) si evince che i popolamenti del Bianco risultano differenti da quelli delle due stagioni estive successive. Il fattore deriva temporale, appare, in questo caso, più importante nel determinare la dinamica dei popolamenti rispetto al fattore stagione. Per calcolare per ciascuna stazione, la dissimilarità tra i due survey, è stata utilizzata la Simper analysis. Le stazioni sono state quindi raggruppate sulla base della distanza dall'FSRU: dai più vicini ai più lontani sono stati definiti i seguenti gruppi: FSRU (MG6, MG7, MG12, MG13), Intermedi (MG4, MG1, MG8, MG4), Controlli (MG1, MG2, MG9, MG10). Da questo calcolo di evince che il popolamento presente nelle stazioni prossime al rigassificatore si modifica nel tempo di più rispetto a quello delle stazioni più lontane (Figura 144). Questo dato, potrebbe essere ricondotto alla naturali fluttuazioni interannuali oppure potrebbe indicare che nelle immediate vicinanze del terminale si possano creare delle condizioni in grado di modificare la dinamica del popolamento. Confrontano i dati E14 e E15 con il B si vede che la dissimilarità del gruppo FSRU rimane pressoché identica (B vs E14 = 58,71 ± 5,9%; B vs E15 = 56,2 ± 5,3%). Questo risultato indica che ad oggi il popolamento non si sta progressivamente modificando rispetto al Bianco.

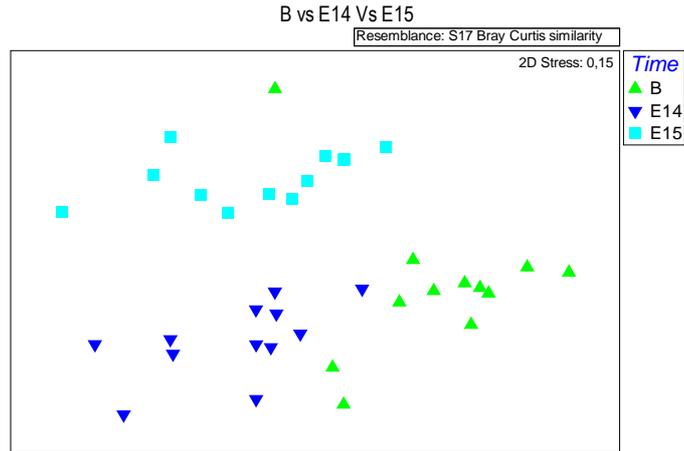


Figura 143 - Piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS. Le analisi sono state effettuate senza alcuna trasformazione dei dati considerando le campagne estive: Bianco, E14, E15. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.

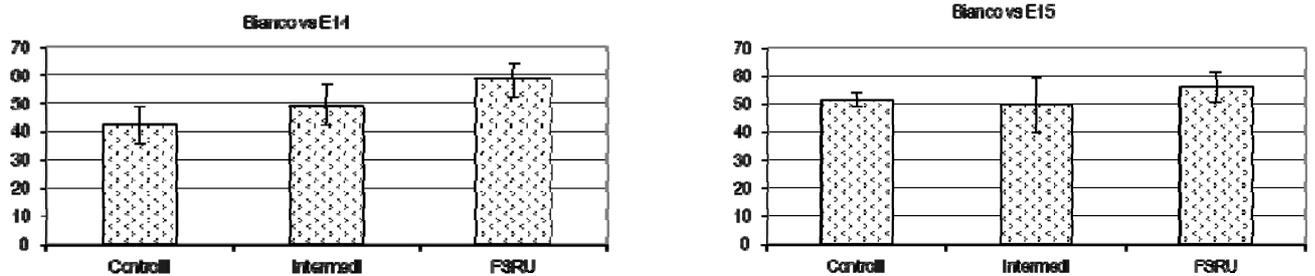


Figura 144 – Dissimilarità media calcolata tra gruppi di stazioni FSRU (MG6, MG7, MG12, MG13), Intermedi (MG4, MG1, MG8, MG4), Controlli (MG1, MG2, MG9, MG10) confrontando il Bianco vs E14 e Bianco vs E15.

Per quanto riguarda gli aspetti strutturali è stata applicata l'ANOVA a due vie considerando il fattore Tempo (B, E14, E15) e il fattore Sito (C, I, FSRU) per testare il numero di specie e l'abbondanza totale.

Dal test è emerso che il Tempo è significativo ad indicare che questi fattori cambiano nel tempo, come evidenziato in Figura 145. Tuttavia, dall'ANOVA, risulta non significativa l'interazione Tempo x Sito ad indicare che le variazioni osservate nei tre siti sono simili nelle tre campagne analizzate. Pertanto il popolamento intorno all'FSRU non cambia in termini di numero di specie e di abbondanza diversamente dagli altri siti investigati.

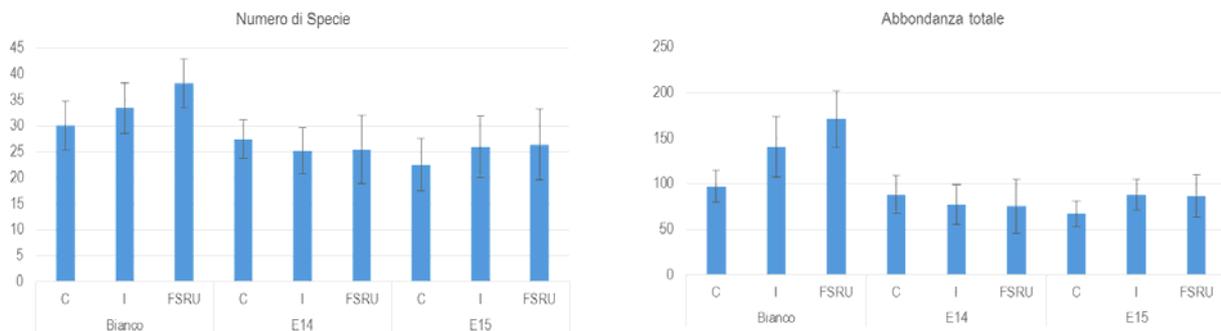


Figura 145 – Numero di specie e abbondanza totale calcolate tra gruppi di stazioni FSRU (MG6, MG7, MG12, MG13), Intermedi (MG4, MG1, MG8, MG4), Controlli (MG1, MG2, MG9, MG10) confrontando il Bianco vs E14 e Bianco vs E15.

7.3.2 Meiobenthos

Nell'inverno 2015 sono stati rinvenuti organismi appartenenti a 23 gruppi tassonomici, di cui solo tre presenti in tutte le stazioni: Nematodi, Policheti e Turbellari. I Copepodi e i loro stadi giovanili, Nauplii, sono assenti in un unico sito. Dei rimanenti taxa, alcuni, come Ostracodi, Chinorinchi, Bivalvi e Nemertini sono abbastanza frequenti, risultando assenti solo in poche stazioni, al contrario di Loriciferi, Rotiferi, Cumacei, Scafopodi, Gasteropodi e Ofiuroidi rinvenuti in singole stazioni e in numeri molto bassi. La densità media totale dell'area

investigata è pari a $216,5 \pm 142,4$ ind./10 cm². I Nematodi sono risultati il taxon dominante, con una densità media complessiva di $177,2 \pm 114,8$, pari a circa l'82% del popolamento totale, seguiti da Policheti (densità media = $15,2 \pm 11,5$ ind./10 cm²; 7,0%), Copepodi ($9,6 \pm 10,7$ ind./10 cm²; 4,4%) e Nauplii ($7,2 \pm 9,1$ ind./10 cm²; 3,3%). I primi quattro gruppi costituiscono globalmente oltre il 96% della biocenosi. Gli altri diciannove taxa sono presenti con abbondanze e percentuali molto basse, fornendo un valore di densità complessiva pari al 3,3% dell'intero popolamento meiobentonico; nessuno di questi raggiunge l'1% della biocenosi (Tabella 81). Nel complesso, due stazioni, I15 MG9 e soprattutto I15 MG2, si distinguono dalle altre per la povertà della fauna ospitata sia in termini di densità sia di taxa rinvenuti.

Nella campagna successiva del medesimo anno (E15) sono stati rinvenuti organismi appartenenti in totale a 19 gruppi tassonomici, di cui cinque presenti in tutte le stazioni: Nematodi, Copepodi, Nauplii, Policheti e Tanaidacei. Dei rimanenti taxa, alcuni, come Ostracodi, Chinorinchi e Bivalvi sono abbastanza frequenti, risultando assenti solo in poche stazioni, al contrario di Priapulidi, Cumacei, Solenogastri, Ofiuroidi e Ciliati rinvenuti solamente in una o due stazioni e in numero molto basso di esemplari. La densità media totale dell'area investigata è pari a $257,2 \pm 156,1$ ind./10 cm². I Nematodi sono risultati il taxon dominante, con una densità media complessiva di $220,4 \pm 135,1$, pari all'85,7% del popolamento totale, seguiti nell'ordine dai Copepodi (densità media = $15,3 \pm 15,8$ ind./10 cm²; 5,9%), dai Policheti ($11,8 \pm 9,6$ ind./10 cm²; 4,6%) e infine dai Nauplii ($4,6 \pm 5,7$ ind./10 cm²; 1,8%). I primi quattro gruppi costituiscono nel complesso circa il 98% della biocenosi. Gli altri 15 taxa sono presenti con abbondanze e percentuali molto basse, fornendo un apporto complessivo pari al 2,0% dell'intero popolamento meiobentonico; nessuno di questi raggiunge l'1% della comunità. Nel complesso non emergono differenze faunistiche significative tra le diverse stazioni anche se le densità riscontrate in E15 MG4, E15 MG9 e E15 MG14 appaiono relativamente basse.

Dall'analisi congiunta della fauna rinvenuta durante le due campagne del 2015 (I15, E15) emerge che la comunità meiobentonica è costituita globalmente da organismi appartenenti a 24 gruppi tassonomici, dei quali 18 presenti in entrambe le campagne. Gasteropodi, Scafopodi, Sipunculidi, Rotiferi e Loriciferi risultano presenti nella sola fase invernale, mentre gli Acari sono stati rinvenuti solo in estate (Tabella 81). Il rinvenimento o meno di questi taxa nei campioni prelevati in ciascuna campagna è verosimilmente legato più alla rarità di questi organismi, caratteristica che ne rende occasionale il prelievo, che ad altre cause.

Tabella 81 - Confronto dati campagne Esercizio I15 e E15. Struttura della comunità meiobentonica dell'area interessata dal posizionamento del terminale rigassificatore, incluse le stazioni di controllo. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo rinvenuto. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.				
Taxon	I15		E15	
	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%
Nematodi	177,2 \pm 114,8	81,9	220,4 \pm 135,1	85,7
Copepodi	9,6 \pm 10,7	4,4	15,3 \pm 15,8	5,9
Nauplii	7,2 \pm 9,1	3,3	4,6 \pm 5,7	1,8
Policheti	15,2 \pm 11,5	7,0	11,8 \pm 9,6	4,6
Turbellari	1,5 \pm 1,8	0,7	0,6 \pm 1,3	0,2
Chinorinchi	0,6 \pm 1,3	0,3	0,9 \pm 1,6	0,4
Tanaidacei	0,4 \pm 0,8	0,2	0,8 \pm 1,2	0,3
Ostracodi	1,2 \pm 1,8	0,5	0,8 \pm 1,5	0,3
Anfipodi	0,2 \pm 0,6	0,1	0,2 \pm 0,7	0,1
Isopodi	0,1 \pm 0,5	0,1	0,4 \pm 1,7	0,2
Cumacei	0,1 \pm 0,3	<0,1	0,1 \pm 0,3	<0,1
Gasteropodi	0,1 \pm 0,3	<0,1	-	-
Bivalvi	0,6 \pm 1,1	0,3	0,4 \pm 0,7	0,1
Scafopodi	0,1 \pm 0,2	<0,1	-	-
Solenogastri	0,1 \pm 0,3	<0,1	0,1 \pm 0,3	<0,1
Acari	-	-	0,1 \pm 0,4	<0,1
Nemertini	1,3 \pm 4,8	0,6	0,3 \pm 1,1	0,1
Priapulidi	0,1 \pm 0,5	0,1	0,1 \pm 0,3	<0,1
Loriciferi	0,1 \pm 0,2	<0,1	-	-
Oligocheti	0,6 \pm 1,3	0,3	0,2 \pm 0,7	0,1
Sipunculidi	0,1 \pm 0,5	<0,1	-	-
Ofiuroidi	0,1 \pm 0,2	0,0	0,1 \pm 0,2	<0,1
Rotiferi	0,1 \pm 0,2	<0,1	-	-
Ciliati	0,2 \pm 0,7	0,1	0,2 \pm 1,0	0,1
Altri (Σ Tur-Cil)	7,2 \pm 6,7	3,3	5,1 \pm 4,6	2,0
Meiofauna totale	216,5 \pm 142,4	-	257,2 \pm 156,1	-

Dai confronti statistici univariati tra le due campagne (ANOVA) non emergono variazioni statisticamente significative riguardo alle densità medie della meiofauna totale e dei singoli taxa con l'eccezione dei Copepodi che risultano significativamente più abbondanti in estate (E15) rispetto all'inverno (I15). L'incremento numerico registrato in estate dai Copepodi li porta a diventare il gruppo codominante, scalzando da questa posizione i Policheti che la occupavano in inverno. Una ipotesi di lavoro vede il generalizzato aumento dei Copepodi legato a fattori stagionali. Il dendrogramma ottenuto tramite Cluster Analysis mostra la stazione I15 MG2 nettamente separata dalle altre (similarità 50%) a causa della scarsa densità e dalla bassa diversità faunistica ivi riscontrata (Figura 148).

La successiva dicotomia si riscontra intorno ad un valore di similarità faunistica prossimo al 70%: le stazioni risultano suddivise in due clusters. Il cluster minore include 4 stazioni I15 MG 9, E15 MG4, E15 MG9 e E15 MG14 anch'esse, come la precedente, caratterizzate da relativa povertà faunistica; tuttavia, tale condizione appare persistere nella sola stazione MG9. Il cluster maggiore raccoglie le rimanenti 19 stazioni raggruppate senza una evidente relazione con la posizione geografica o fase di monitoraggio considerata.

Le informazioni appena riportate sono riflesse anche nel piano di ordinamento bidimensionale ottenuto dall'analisi nMDS, riportato in Figura 146. Anche in questo caso la disposizione delle stazioni prescinde dalla loro collocazione geografica e dalla fase di monitoraggio considerata. Complessivamente nei due periodi investigati non emergono sostanziali e perduranti differenze tra le stazioni investigate, con l'unica eccezione della MG9, caratterizzata in entrambi i periodi da una comunità meiobentonica relativamente povera.

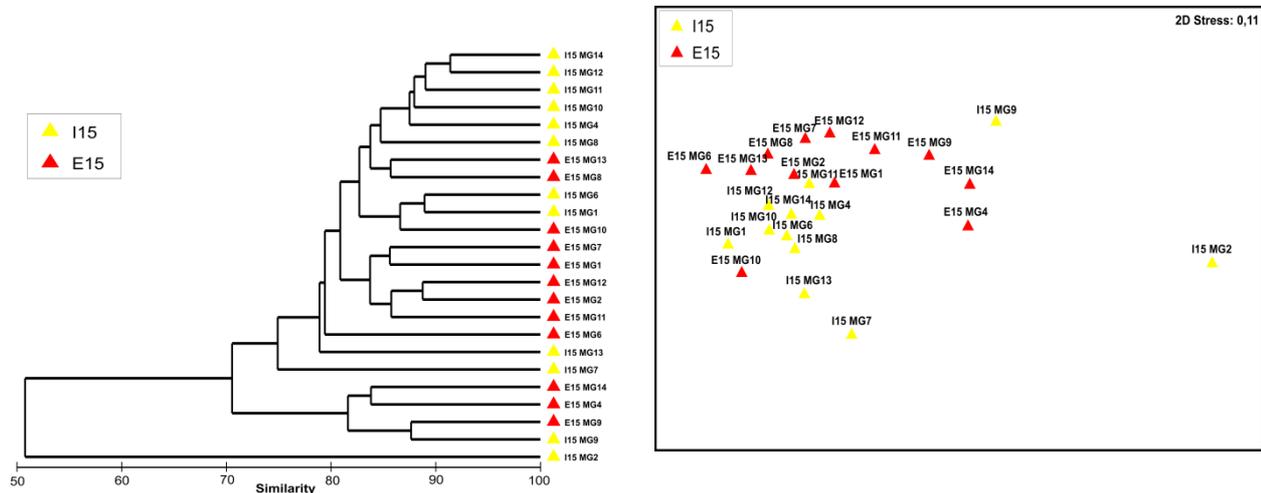


Figura 146 - Confronto dati Esercizio I15 e E15. A sinistra dendrogramma per il raggruppamento gerarchico delle stazioni basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati. A destra piano di ordinamento ottenuto dal non-metric Multi Dimensional Scaling (n-MDS), basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati.

Per avere un quadro completo della dinamica temporale del popolamento vengono confrontati unicamente i dati acquisiti nella stagione estiva ossia Bianco, E14, E15.

Nella fase di Bianco nell'area investigata sono stati rinvenuti in totale organismi appartenenti a 19 gruppi tassonomici di cui otto presenti in tutte le stazioni; quattro di questi, Nematodi, Copepodi, Nauplii e Policheti sono risultati di gran lunga più abbondanti, seguiti in ordine di importanza numerica da Ciliati, Ostracodi, Turbellari ed Anfidodi. Dei rimanenti taxa, alcuni, come Chinorinchi, Tanaidacei e Bivalvi, sono abbastanza frequenti, risultando assenti solo in poche stazioni, al contrario di Gastrotrichi, Loriciferi, Gasteropodi e Caudofoveati rinvenuti in singole stazioni ed in numeri molto bassi. La densità media totale dell'area investigata è pari a $358,8 \pm 168,3$ ind./10 cm². I Nematodi sono risultati il taxon dominante, con una densità media complessiva di $272,0 \pm 118,8$ ind./10 cm², pari a circa 76% del popolamento totale, seguiti nell'ordine dai Copepodi (densità media = $34,9 \pm 28,7$ ind./10 cm²; 9,7%), dai Policheti ($18,4 \pm 8,9$ ind./10 cm²; 5,1%) ed infine dai Nauplii ($15,2 \pm 14,8$ ind./10 cm²; 4,2%). I restanti gruppi sono presenti con densità e percentuali molto basse, ad eccezione dei Ciliati e degli Ostracodi che superano l'1% al popolamento totale. La somma dei taxa meno abbondanti fornisce un valore di densità complessiva di circa $18,2 \pm 9,1$ ind./10 cm², pari a oltre il 5% dell'intero popolamento meiobentonico.

Nella campagna E14 sono stati rinvenuti organismi appartenenti in totale a 20 gruppi tassonomici, di cui solo tre presenti in tutte le stazioni: Nematodi, Nauplii e Policheti. I Copepodi sono risultati assenti in un unico sito. Dei rimanenti taxa, alcuni, come Chinorinchi, Tanaidacei e Ostracodi, normalmente abbastanza frequenti, sono assenti solo in poche stazioni, al contrario di Ciliati, Rotiferi, Sipunculidi e Priapulidi, rinvenuti in singoli siti e con densità molto basse. L'abbondanza media totale dell'area investigata è pari a $260,7 \pm 161,6$ ind./10 cm². I Nematodi sono risultati il taxon dominante, con una densità media complessiva di $212,2 \pm 133,8$ pari a oltre l'81% del popolamento totale, seguiti nell'ordine dai Copepodi (densità media = $19,2 \pm 18,7$ ind./10 cm²; 7,4%), dai Policheti ($13,9 \pm 11,0$ ind./10 cm²; 5,3%) e infine dai Nauplii ($8,2 \pm 10,0$ ind./10 cm²; 3,1%). I primi quattro gruppi costituiscono nel complesso oltre il 97% della biocenosi. Gli altri taxa sono presenti con abbondanze e percentuali molto basse, fornendo un valore di densità complessiva pari al 2,8% dell'intero popolamento meiobentonico. Tra questi solo gli Ostracodi raggiungono quasi l'1% della biocenosi (Tabella 82).

Nell'estate 2015 sono stati rinvenuti organismi appartenenti globalmente a 19 gruppi tassonomici, di cui cinque presenti in tutte le stazioni: Nematodi, Copepodi, Nauplii, Policheti e Tanaidacei. Tra i restanti taxa, alcuni, come Ostracodi, Chinorinchi e Bivalvi sono abbastanza frequenti, risultando assenti solo in poche stazioni, al contrario di Priapulidi, Cumacei, Solenogastri, Ofiuroidi e Ciliati rinvenuti in uno o due siti e in numeri molto bassi. La densità media totale dell'area investigata è pari a $257,2 \pm 156,1$ ind./10 cm². I Nematodi sono il taxon dominante, con una densità media complessiva di $220,4 \pm 135,1$, pari all'85,7% del popolamento totale, seguiti da Copepodi (densità media = $15,3 \pm 15,8$ ind./10 cm²; 5,9%), Policheti ($11,8 \pm 9,6$ ind./10 cm²; 4,6%) e Nauplii ($4,6 \pm 5,7$ ind./10 cm²; 1,8%). I primi quattro gruppi costituiscono insieme circa il 98% della biocenosi. I rimanenti taxa sono rinvenuti con abbondanze e percentuali molto basse, fornendo un valore di densità complessiva pari al 2,0% dell'intero popolamento meiobentonico; nessuno di essi raggiunge l'1% della biocenosi.

Dall'analisi congiunta della fauna rinvenuta durante le tre campagne estive (Bianco, E14, E15) emerge una comunità meiobentonica costituita globalmente da organismi appartenenti a 25 gruppi tassonomici maggiori dei quali 15 presenti in tutte le fasi di monitoraggio. Gastrotrichi, Caudofoveati e Loriciferi risultano presenti nella sola fase di Bianco mentre Rotiferi, Oligocheti, Sipunculidi, Solenogastri, Acari e Ofiuroidi vengono rinvenuti in una o entrambe (Solenogastri) le fasi di Esercizio; i Gasteropodi sono stati rinvenuti nella fase di Bianco e nella prima fase di esercizio. Il rinvenimento o meno di questi 10 taxa nei campioni delle diverse fasi è verosimilmente legato di più alla loro rarità, caratteristica che ne rende occasionale il prelievo, che ad altre cause. La densità media totale dell'area investigata è variata da $358,8 \pm 168,3$ ind./10 cm², durante il Bianco, a $260,7 \pm 161,6$ ind./10 cm² nella fase E14, e a $257,2 \pm 156,1$ ind./10 cm² nella fase E15. I Nematodi sono risultati sempre il taxon dominante (range: 212-272 ind./10 cm²), con percentuali variabili tra il 75,8% del Bianco e l'85,7% della fase E15, seguiti nell'ordine da Copepodi (range: 15-34 ind./10 cm²; 5,9-9,7%), Policheti (range: 11-18 ind./10 cm²; 4,6-5,3%) e infine Nauplii (range: 4-15 ind./10 cm²; 1,8-4,2%). I primi quattro gruppi costituiscono nel complesso e a seconda delle campagne il 95-98% della biocenosi. Gli altri taxa sono presenti con densità e percentuali molto basse, fornendo un valore di abbondanza variabile tra il 2,0% (E15) e il 5,1% (B) dell'intero popolamento meiobentonico. Tra questi solo Ostracodi, Turbellari e Ciliati raggiungono in alcune occasioni l'1% della biocenosi.

L'analisi della varianza (ANOVA) ha evidenziato una generalizzata differenza, statisticamente significativa, della densità media dei gruppi saggiati nel passaggio tra le diverse fasi, in particolare nel passaggio tra la fase di Bianco e le fasi di esercizio (E14 e E15). Non emergono invece differenze significative nel confronto tra le due fasi di esercizio (E14 vs E15). Nello specifico, la Meiofauna totale, Copepodi, Nauplii, Policheti e taxa meno abbondanti (Altri) mostrano una riduzione delle abbondanze dal Bianco alle fasi E14 e E15. La densità dei Nematodi appare ridursi significativamente solo tra la fase di Bianco e la prima fase di esercizio (E14) ma non tra B e E15.

La riduzione generalizzata delle abbondanze verificatasi tra il Bianco e le campagne di esercizio (E14, E15) risulta particolarmente accentuata nei siti lontani dal terminale (ad esempio E14 MG9) e quindi verosimilmente non influenzati da eventuali effetti stressogeni da esso generati. E' pertanto possibile ipotizzare che le variazioni osservate siano legate a fattori indipendenti dalla presenza dell'FSRU. Una precedente ipotesi di lavoro (vedi rapporto marzo 2014), legava la riduzione delle densità faunistiche rilevate durante la prima campagna condotta in fase di esercizio (E14), rispetto alla fase di Bianco, a naturali variazioni inter-annuali; l'assenza di differenze statisticamente significative tra la densità dei Nematodi in B vs E15 emersa dal presente studio sembra supportare questa ipotesi. Un possibile scenario alternativo imputa l'impoverimento faunistico riscontrato ad un effetto acuto del terminale seguito da progressivo miglioramento da parte della comunità meiobentonica.

Tabella 82 - Confronto dati tra le campagne Bianco e fasi di esercizio (E14, E15). Struttura della comunità meiobentonica dell'area interessata dalla presenza del terminale, incluse le stazioni di controllo. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo rinvenuto. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.

Taxon	Bianco		E14		E15	
	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%
Nematodi	272,0 \pm 118,8	75,8	212,2 \pm 133,8	81,4	220,4 \pm 135,1	85,7
Copepodi	34,9 \pm 28,7	9,7	19,2 \pm 18,7	7,4	15,3 \pm 15,8	5,9
Nauplii	15,2 \pm 14,8	4,2	8,2 \pm 10,0	3,1	4,6 \pm 5,7	1,8
Policheti	18,4 \pm 8,9	5,1	13,9 \pm 11,0	5,3	11,8 \pm 9,6	4,6
Turbellari	3,5 \pm 2,7	1,0	0,7 \pm 2,0	0,3	0,6 \pm 1,3	0,2
Chinorinchi	1,2 \pm 1,1	0,3	1,2 \pm 1,9	0,5	0,9 \pm 1,6	0,4
Tanaidacei	1,1 \pm 0,9	0,3	1,0 \pm 1,5	0,4	0,8 \pm 1,2	0,3
Ostracodi	4,5 \pm 3,6	1,3	2,2 \pm 3,1	0,9	0,8 \pm 1,5	0,3
Anfipodi	0,7 \pm 0,3	0,2	0,2 \pm 0,7	0,1	0,2 \pm 0,7	0,1
Isopodi	0,2 \pm 0,4	<0,1	0,3 \pm 0,7	0,1	0,4 \pm 1,7	0,2
Cumacei	0,1 \pm 0,1	<0,1	0,2 \pm 0,5	0,1	0,1 \pm 0,3	<0,1
Acari	-	-	0,1 \pm 0,4	<0,1	0,1 \pm 0,4	<0,1
Gasteropodi	0,1 \pm 0,1	<0,1	0,1 \pm 0,6	0,1	-	-
Bivalvi	1,0 \pm 1,0	0,3	0,4 \pm 1,0	0,2	0,4 \pm 0,7	0,1
Solenogastri	-	-	0,2 \pm 0,6	0,1	0,1 \pm 0,3	<0,1
Caudofoveati	0,2 \pm 0,5	<0,1	-	-	-	-
Nemertini	0,1 \pm 0,1	<0,1	0,5 \pm 2,2	0,2	0,3 \pm 1,1	0,1
Priapulidi	0,1 \pm 0,2	<0,1	0,1 \pm 0,2	<0,1	0,1 \pm 0,3	<0,1
Loriciferi	0,1 \pm 0,2	<0,1	-	-	-	-
Gastrotrichi	0,1 \pm 0,1	<0,1	-	-	-	-
Ofiuroidi	-	-	-	-	0,1 \pm 0,2	<0,1
Oligocheti	-	-	-	-	0,2 \pm 0,7	0,1
Sipunculidi	-	-	0,1 \pm 0,2	<0,1	-	-
Rotiferi	-	-	0,1 \pm 0,2	<0,1	-	-
Ciliati	5,7 \pm 3,0	1,6	0,1 \pm 0,2	<0,1	0,2 \pm 1,0	0,1
Altri (Σ Tur-Cil)	18,2 \pm 9,1	5,1	7,2 \pm 7,0	2,8	5,1 \pm 4,6	2,0
Meiofauna totale	358,8 \pm 168,3	-	260,7 \pm 161,6	-	257,2 \pm 156,1	-

Il dendrogramma ottenuto dalla Cluster Analysis, mostra la stazione E14 MG9 nettamente separata dalle altre (similarità 45%) a testimonianza delle anomale differenze quali-quantitative della fauna ivi riscontrata (Figura 147). La successiva dicotomia si riscontra intorno ad un valore di similarità faunistica superiore al 70% e vede le stazioni suddivise in due cluster di ampiezza diversa e in relazione al

numero di stazioni che aggregano, 14 stazioni in uno e 21 nell'altro. In ambedue i cluster, le stazioni più prossime all'FSRU relativi alla campagna di Bianco risultano aggregati fra loro e distanti dai terminali relativi alle campagne di esercizio (E14 e E15). Inoltre, dato alquanto rilevante, la stessa stazione indagata nelle diverse fasi risulta quasi sempre collocata nel medesimo cluster, a testimonianza del fatto che le variazioni faunistiche nel corso delle tempo, se intervenute, risultano di piccola entità. Quanto appena indicato viene confermato anche dal piano di ordinamento bidimensionale ottenuto dall'analisi nMDS, riportato in Figura 147. Anche in questo caso la disposizione delle stazioni appare in relazione alla campagna di campionamento (B vs Esercizio) ma prescinde dalla loro collocazione geografica.

In conclusione, le analisi mostrano delle variazioni a carico della comunità meiobentonica nell'area indagata in particolare nel passaggio dalla fase di Bianco alle successive fasi di Esercizio. Le variazioni sono di lieve entità e verosimilmente legate a fluttuazioni inter-annuali.

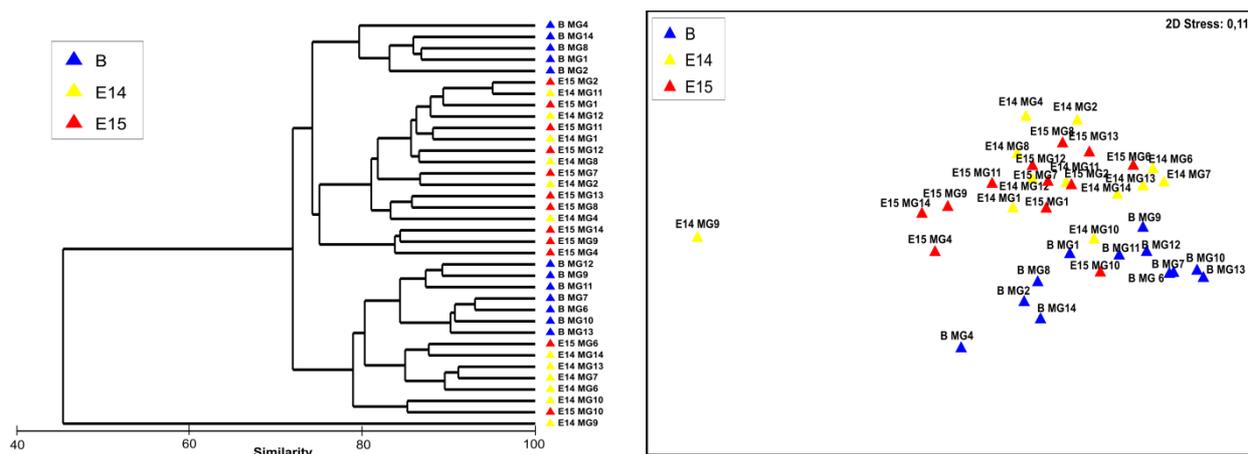


Figura 147 – Confronto dati Bianco e fasi di esercizio (E14, E15). A sinistra dendrogramma per il raggruppamento gerarchico delle stazioni basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati. A destra piano di ordinamento ottenuto dal non-metric Multi DimensionalScaling (n-MDS), basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati.

7.3.3 Bioaccumulo

Non ci sono segni evidenti di processi di bioaccumulo in atto. Inoltre non sono stati rilevati segnali di contaminazione fecale.

7.3.4 Biomarkers

Neutral Red Retention (Time NRRT)

Il tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro nei lisosomi di mitilo ha mostrato modeste fluttuazioni nel corso del periodo monitorato (Figura 148).

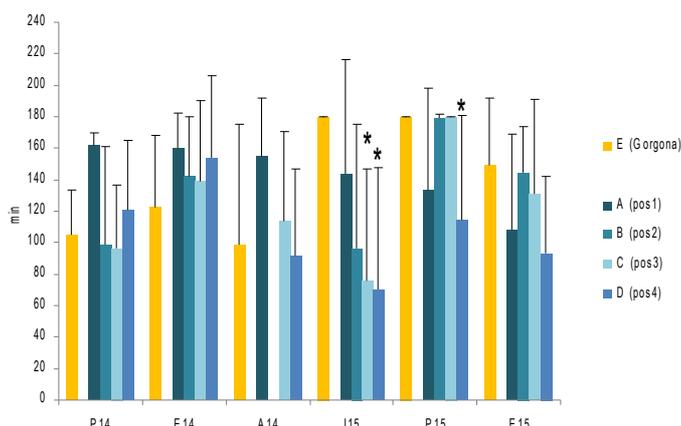


Figura 148 - Valutazione del tempo di ritenzione del Rosso Neutro (NRRT) nei lisosomi di mitilo; valori più bassi sono indicativi di danno cellulare. Gli asterischi indicano riduzioni significative rispetto ai mitili di controllo.

Inoltre, nella maggior parte delle campagne, non sono state rilevate differenze significative tra i mitili di controllo (stazione E Gorgona) e quelli posizionati lungo il terminale FRSU.

Diversamente, durante le campagne I15 e P15 è stata osservata una riduzione significativa del parametro NRRT nei mitili del terminale rispetto ai controlli ($p < 0,05$). Nel caso della campagna I15 la differenza significativa ha riguardato le stazioni C (Pos 3) e D (Pos 4); mentre nella campagna P15 la riduzione significativa del parametro NRRT è stata osservata solo per la stazione D (Pos 4).

Comet assay

Anche il grado di frammentazione del DNA ha mostrato modeste fluttuazioni nel periodo monitorato (Figura 149). Gli unici incrementi significativi ($p < 0,01$) di danno al DNA rispetto ai controlli sono stati osservati durante la campagna E14 ed hanno riguardato le stazioni C (Pos 3) e D (Pos 4). Tuttavia, questa significatività non è dovuta tanto ad un valore particolarmente elevato del grado di frammentazione nei mitili del terminale, quanto al fatto che i controlli hanno presentato un valore medio di danno ed una deviazione standard piuttosto bassi in occasione della campagna E14.

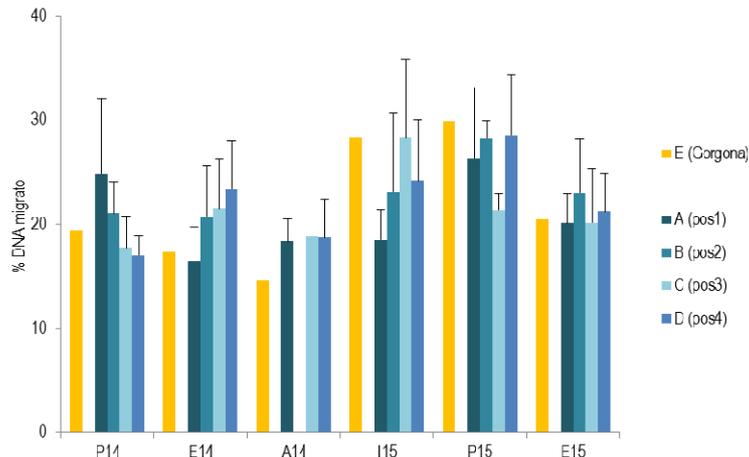


Figura 149 - Valutazione del grado di frammentazione del DNA (Comet assay) nelle cellule branchiali di mitilo; valori più alti sono indicativi di un livello di danno più elevato.

Analisi istologica del tessuto branchiale

L'analisi istologica della branchie ha fornito risultati sostanzialmente coerenti con gli altri due parametri ed in particolare con i dati NRRT (Figura 150); infatti, il punteggio calcolato è risultato basso (indice di una condizione di integrità delle branchie) durante gran parte del periodo monitorato, ad eccezione della campagna invernale e primaverile 2015.

Infatti, durante la campagna I15, la condizione dell'apparato branchiale dei mitili posti lungo il terminale FRSU è risultata significativamente deteriorata nelle stazioni A (Pos 1), B (Pos 2) e D (Pos 4) ($p < 0,01$), mentre durante la campagna P15 la differenza significativa rispetto ai controlli ha riguardato le stazioni C (Pos 3) e D (Pos 4).

Il risultato dell'analisi istologica per la stagione I15 evidenzia un danno che suggerisce l'esistenza di un effetto del terminale sui mitili limitatamente all'inverno 2015.

Diversamente, la significatività osservata in occasione della campagna P15 è da imputare principalmente ad un valore basso della media e deviazione standard osservate nei mitili di controllo e pertanto non è riconducibile alla presenza dell'FRSU.

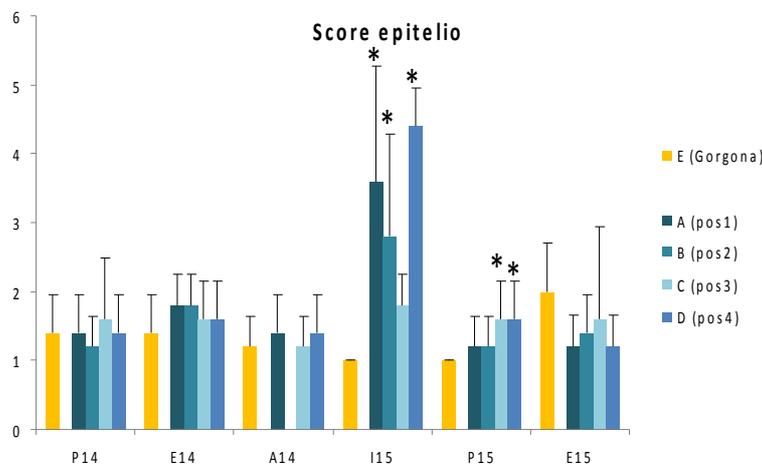


Figura 150 - Valutazione del grado di integrità del tessuto branchiale (analisi istologica) di mitilo; valori più alti dello score sono indicativi di un maggior grado di danno tissutale. Gli asterischi indicano aumenti significativi rispetto ai mitili di controllo.

7.3.5 Fauna ittica bentonectonica

Reti a strascico

Il confronto tra le due campagne di Bianco (B ed BP), le due campagne dell'anno 2014 (I14 ed E14) e le due campagne dell'anno 2015 (I15 ed E15), per quanto riguarda le specie catturate, ha mostrato una tendenza alla diminuzione, con il valore massimo nella campagna di Bianco B ed il valore minimo nell'ultima campagna svolta (E15) (Tabella 83).

Non emergono però sostanziali differenze tra i siti trattamento (T) e controllo (C). La differenza tra campagne è invece imputabile alla dinamica stagionale del popolamento ittico, che mostra una maggiore ricchezza nel periodo estivo rispetto a quello invernale: infatti confrontando le percentuali stimate per le campagne estive non si evidenziano sostanziali differenze. Lo stesso può essere detto per il confronto delle percentuali stimate per le due campagne invernali.

Tabella 83 - Numero totale di specie catturate per campagna. Reti a strascico.						
STRASCICO						
	B	BP	I14	E14	I15	E15
Specie Totali (T+C)	80	68	60	63	57	53
Specie comuni	51%	41%	35%	45%	37%	51%
Specie esclusive del trattamento	41%	46%	55%	41%	53%	38%
Specie esclusive del controllo	8%	13%	10%	14%	11%	11%

Va inoltre ricordato che nella campagna E12 il numero delle cale effettuate è stato doppio rispetto a quello delle due campagne successive.

Gli indici strutturali del popolamento ittico (Figura 151) non mostrano sostanziali differenze tra le stazioni trattamento ed il controllo, né particolari differenze tra le campagne, fatta eccezione per le 2 campagne invernali I14 e I15, in cui è possibile osservare un numero totale di individui più elevato.

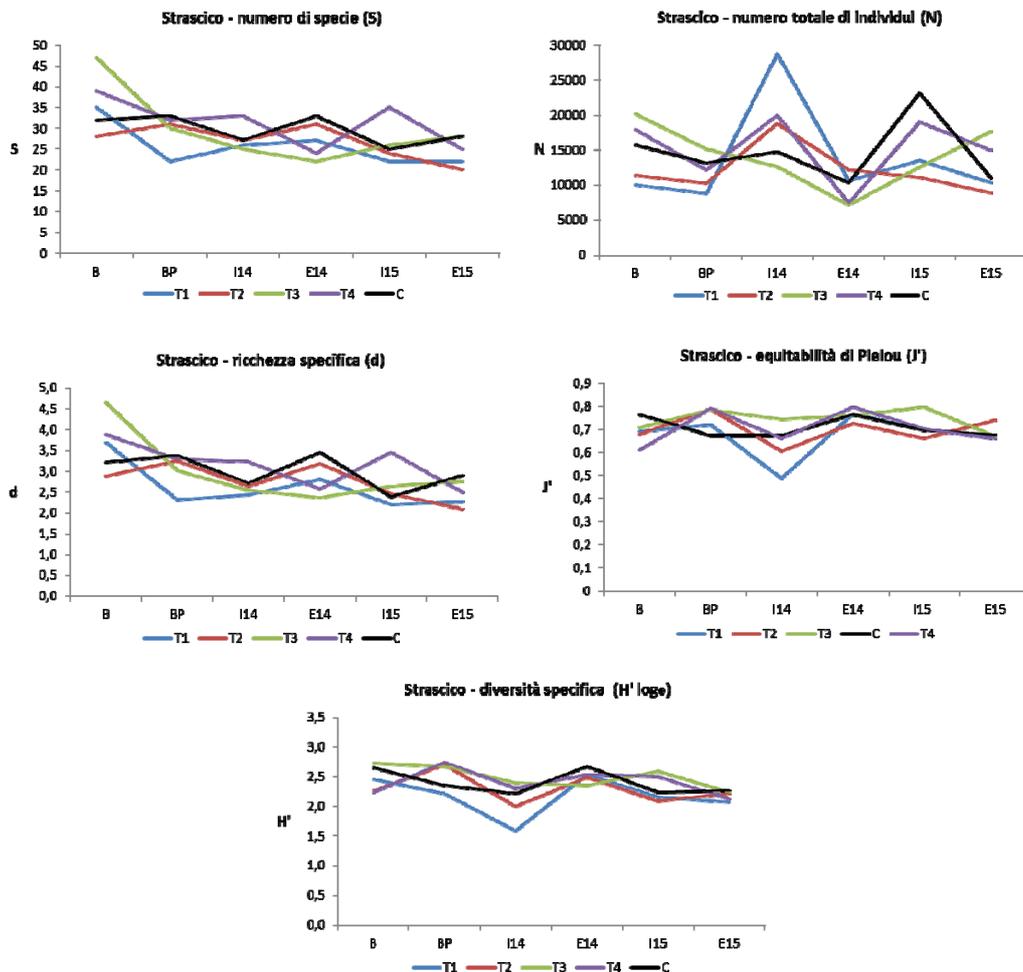


Figura 151 – Indici strutturali relativi ai popolamenti ittici catturati con reti a strascico.

Le stazioni campionate con rete a strascico hanno mostrato un'elevata similarità, come si può vedere dal dendrogramma di Figura 152; le stazioni hanno un grado di similarità complessivo di circa il 55%. Dall'analisi della rappresentazione n-MDS è possibile affermare che non esistono sostanziali differenze tra i siti di trattamento (T) ed i siti di controllo (C). Inoltre è possibile evidenziare una separazione tra i campionamenti invernali rispetto a quelli estivi (Figura 153).

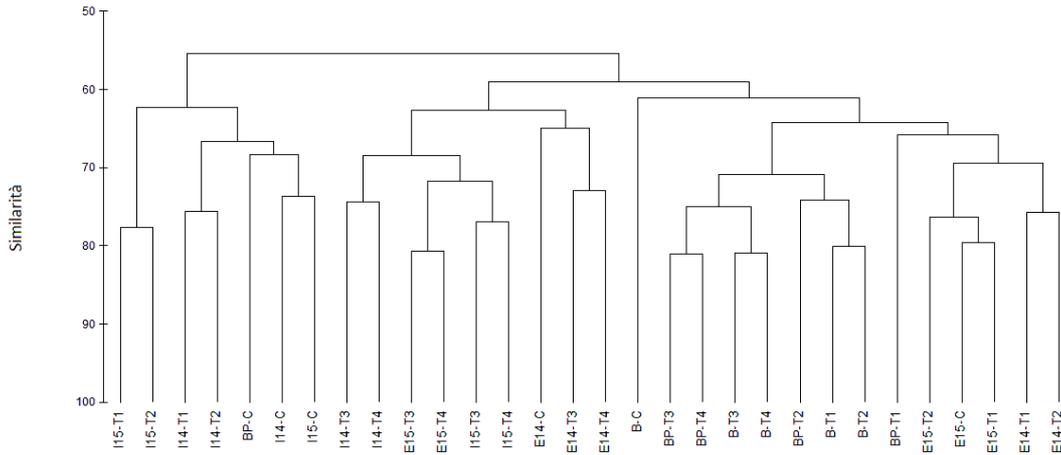


Figura 152 - Dendrogramma delle stazioni effettuate con reti a strascico. Le analisi sono state effettuate considerando le due campagne di Bianco (B e BP), le due campagne del 2014 (I14 ed E14) e le due campagne del 2015 (I15 ed E15) del periodo di monitoraggio “fase di esercizio”.

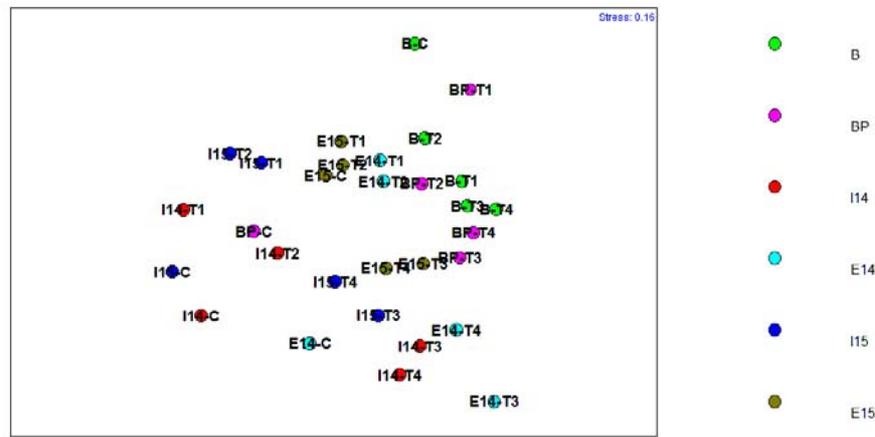


Figura 153 – Ordinamento n-MDS delle stazioni effettuate con reti a strascico. Le analisi sono state effettuate considerando le due campagne di Bianco (B e BP), le due campagne del 2014 (I14 ed E14) e le due campagne del 2015 (I15 ed E15) del periodo di monitoraggio “fase di esercizio”.

Sono state comparate anche le campagne effettuate nella stessa stagione: le due campagne di Bianco, B e BP, e quelle estive E14 ed E15 relative alla “fase di esercizio” dell'FSRU. Il dendrogramma ottenuto dall'analisi delle 4 campagne estive effettuate con la rete a strascico ha evidenziato un'elevata similarità complessiva tra le stazioni (Figura 154) come risulta evidente anche dall'ordinamento n-MDS (Figura 155). Non risultano apprezzabili differenze né tra trattamenti e controlli né tra le stazioni delle due campagne.

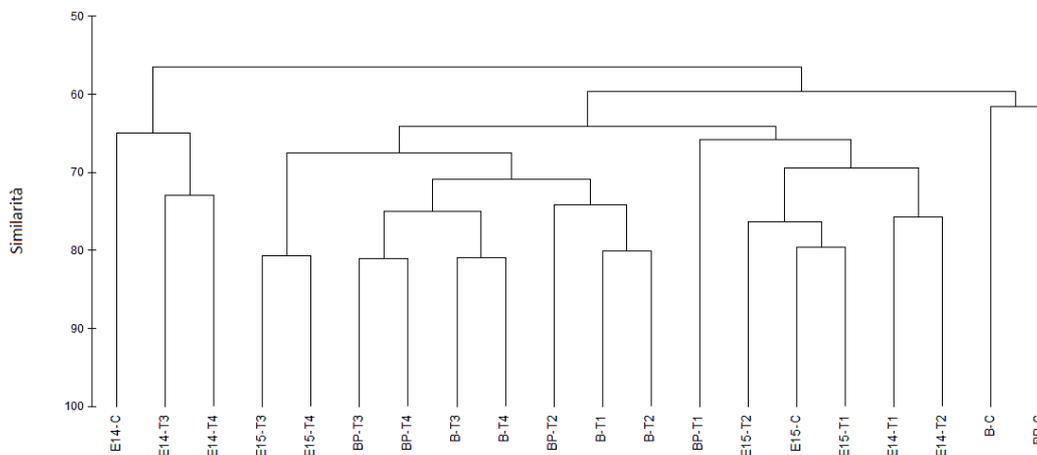


Figura 154 – Dendrogramma delle stazioni effettuate con reti a strascico. Le analisi sono state effettuate considerando le due campagne di Bianco, B e BP, e le due campagne estive, E14 ed E15.

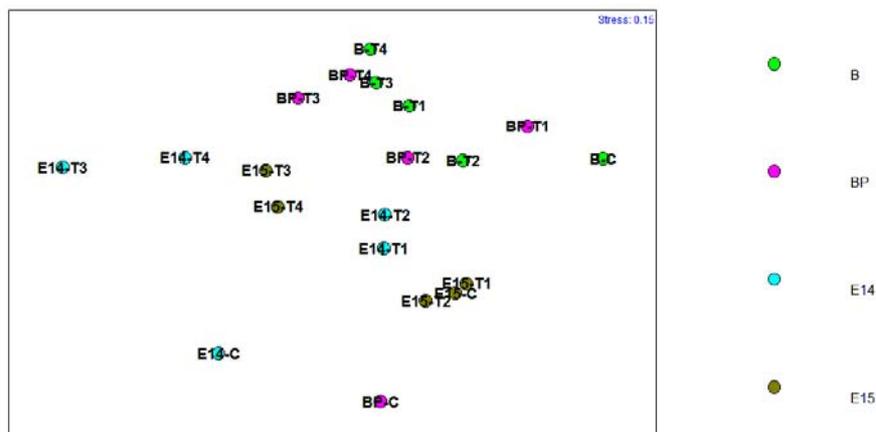


Figura 155 – Ordinamento n-MDS delle stazioni effettuate con reti a strascico. Le analisi sono state effettuate considerando le due campagne di Bianco, B e BP, e le due campagne estive, E14 ed E15.

Reti da posta

Il confronto tra le due campagne di Bianco (B e BP), le campagne invernale ed estiva 2014 (I14 ed E14) e le campagne invernale ed estiva 2015 (I15 ed E15) relative ai campionamenti effettuati con le reti da posta ha mostrato, per quanto riguarda il numero totale di specie catturate, alcune fluttuazioni, con un numero maggiore di specie nelle campagne estive (30, 26 e 27) rispetto a quello registrato nelle campagne invernali (19 specie) (Tabella 84). Questo andamento riflette la dinamica stagionale dei popolamenti ittici, che mostrano una maggiore ricchezza nel periodo estivo rispetto a quello invernale.

Non sono apprezzabili differenze sostanziali tra stazioni controllo e trattamento, fatta eccezione per un incremento delle specie esclusive del sito di controllo registrato nel campionamento estivo E15.

Tabella 84 - Numero totale di specie catturate per campagna. Reti da posta.						
POSTA	B	BP	I14	E14	I15	E15
Specie Totali (T+C)	30	22	19	26	19	27
Specie comuni	40%	36%	21%	34%	21%	19%
Specie esclusive del trattamento	50%	59%	79%	58%	74%	52%
Specie esclusive del controllo	10%	5%	0%	8%	5%	30%

Per quanto riguarda l'evoluzione degli indici strutturali del popolamento ittico campionato con le reti da posta, dai grafici di Figura 156 non emergono differenze sostanziali tra le stazioni trattamento ed il controllo. Per quanto riguarda il numero di specie, il numero di esemplari e la ricchezza specifica, è possibile osservare valori più bassi per le campagne invernali I14 e I15 rispetto alle campagne estive E14 ed E15. Questo aspetto è collegato con la maggiore ricchezza in specie e numero degli organismi osservati nel popolamento estivo. Va tenuto presente che un aspetto ricorrente della pesca con reti da posta è il basso numero sia di specie sia di esemplari catturati, e soprattutto l'elevata variabilità dei rendimenti. In tutte le campagne sinora effettuate, le catture con reti da posta hanno fatto registrare la dominanza, sia in numero che in peso, del condroitto *S. canicula*.

La Figura 157 mostra il dendrogramma, mentre la Figura 158 l'ordinamento n-MDS delle stazioni effettuate con le reti da posta, ottenuti sulla base della matrice di similarità di Bray Curtis.

I grafici mostrano un'elevata similarità tra le stazioni, dovuta all'omogeneità della loro composizione specifica. Tuttavia è possibile individuare dei raggruppamenti delle stazioni sulla base della loro affinità stagionale; in particolare la maggior parte delle stazioni relative alle due campagne invernali (I14 e I15) si differenziano maggiormente dalle altre. Infine non appaiono evidenti differenze tra i siti di trattamento ed il controllo.

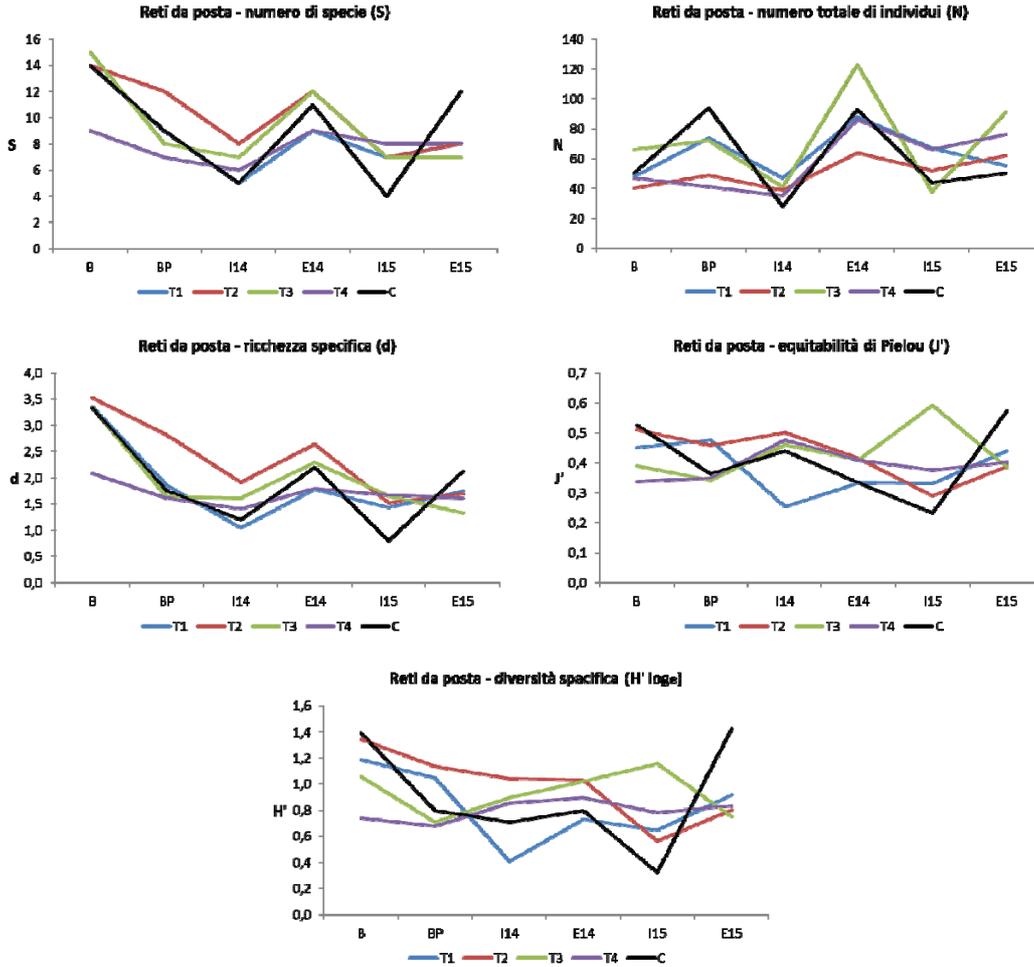


Figura 156 – Indici strutturali relativi ai popolamenti ittici catturati con reti da posta.

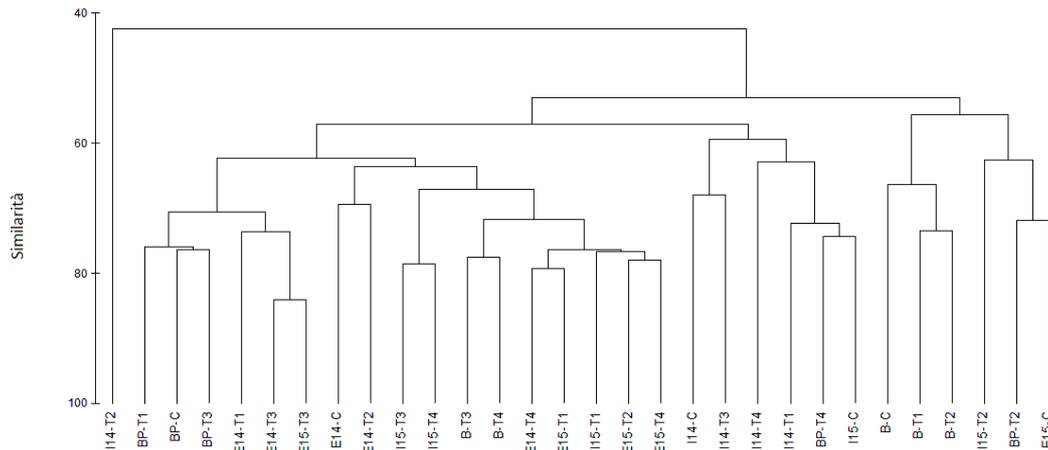


Figura 157 – Dendrogramma delle stazioni effettuate con reti da posta. Le analisi sono state effettuate considerando le due campagne di Bianco (B e BP), le due campagne del 2014 (I14 ed E14) e le due campagne del 2015 (I15 ed E15) del periodo di monitoraggio "fase di esercizio".

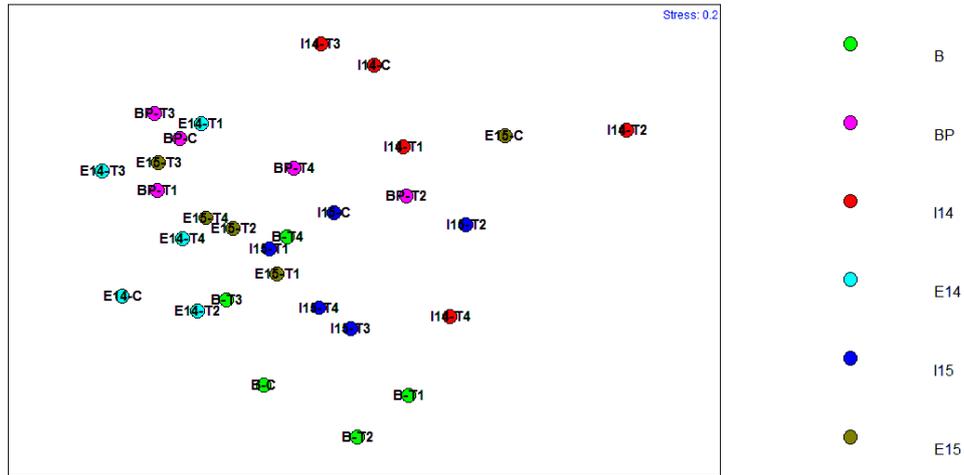


Figura 158 – Ordinamento n-MDS delle stazioni effettuate con reti da posta. Le analisi sono state effettuate considerando le due campagne di Bianco (B e BP), le due campagne del 2014 (I14 ed E14) e le due campagne del 2015 (I15 ed E15) del periodo di monitoraggio “fase di esercizio”.

La Figura 159 e la Figura 160 mostrano rispettivamente il dendrogramma e l’ordinamento n-MDS ottenuti analizzando le due campagne di Bianco, B e BP, e le due campagne estive, E14 ed E15, effettuate con le reti da posta. Anche in questo caso emerge un’elevata similarità tra le stazioni prese in considerazione; non sono apprezzabili raggruppamenti definiti, né tra stazioni di differenti campagne, né tra stazioni trattamento e controllo.

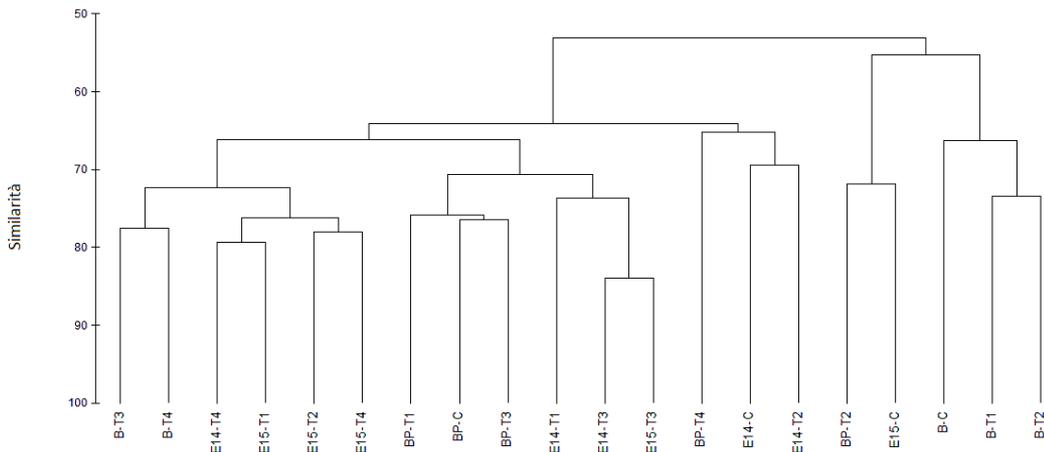


Figura 159 – Dendrogramma delle stazioni effettuate con reti da posta. Le analisi sono state effettuate considerando le due campagne di Bianco, B e BP, e le due campagne estive, E14 ed E15.

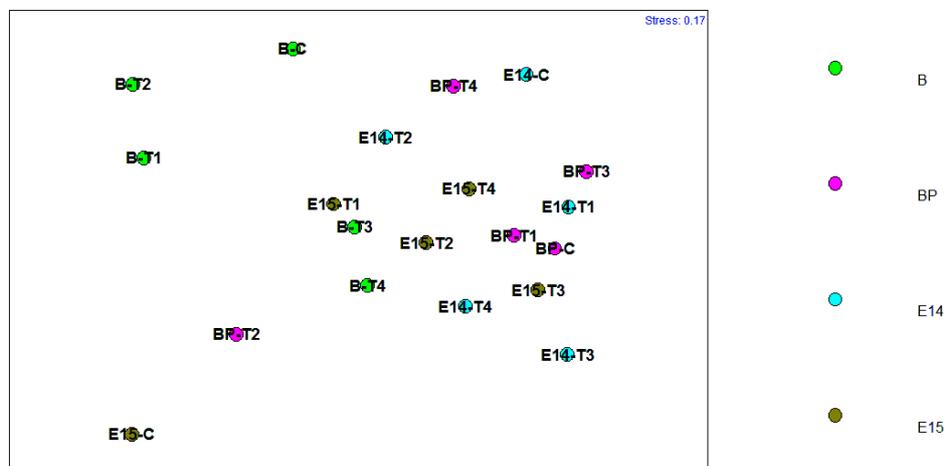


Figura 160 – Ordinamento MDS delle stazioni effettuate con reti da posta. Le analisi sono state effettuate considerando le due campagne di Bianco, B e BP, e le due campagne estive, E14 ed E15.

7.3.6 Fauna ittica pelagica

Gli scarsi risultati ottenuti nello studio della fauna ittica pelagica sono da mettere in relazione con le caratteristiche di questo tipo di pesca e delle specie che si vanno a studiare. La concentrazione degli esemplari in genere è molto bassa ed organizzata in branchi che non hanno una distribuzione continua. Queste caratteristiche richiederebbero l'applicazione di uno sforzo di pesca molto intenso in termini di giornate di campionamento, ma troppo elevato in termini di tempo e costi. L'impiego di reti più lunghe rispetto agli attuali 2000m utilizzati non risulta compatibile con la scala spaziale che si deve investigare.

7.3.7 Cetacei e tartarughe marine

L'area scelta per il posizionamento del Terminale FSRU Toscana ricade all'interno del Santuario Pelagos e quindi il monitoraggio della presenza di cetacei e tartarughe risale agli anni 2000. Nella Figura 161 sono riportati gli avvistamenti antecedenti alla campagna di Bianco condotta nell'estate 2012. Al termine della campagna di Bianco (B12) gli avvistamenti sono stati effettuati principalmente nelle zone Est e Sud all'interno delle 6 nm dal Terminale e Sud-Ovest all'esterno dell'area (Figura 162).

Nel 2° anno di monitoraggio (A14-I15-P15-E15) sono stati effettuati avvistamenti di tursiopi a Nord-Est ed Est al limite e all'esterno dell'area e di una tartaruga a Nord a 1nm dal terminale (Figura 163).

Rispetto alle precedenti 4 campagne è stata riscontrata una riduzione degli incontri e del numero degli individui.



Figura 161 - Presenza di cetacei antecedenti del terminale

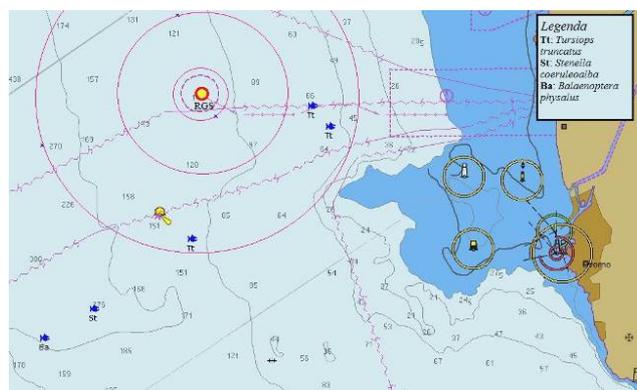


Figura 162 - Avvistamenti nella campagna di Bianco B12.

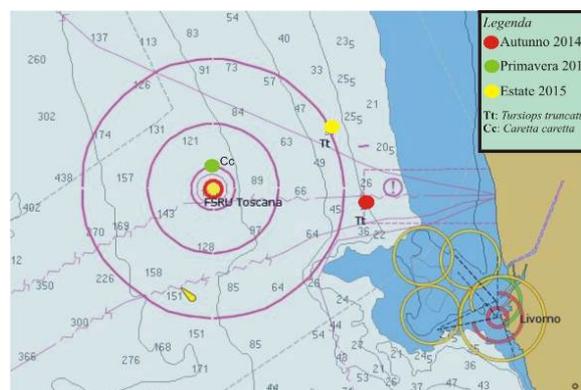


Figura 163 - Avvistamenti dopo 4 campagne A14-I15-P15-E15.

Gli spostamenti del gruppo di delfini tursiopi appartenenti al Gruppo ALFA avvengono in funzione della ricerca del cibo e della normale vita sociale (vedi pubblicazioni allegate). Alcuni di tali spostamenti sono il risultato di comportamenti appresi dai delfini nell'interazione con le attività di pesca sia a strascico che con reti fisse, rappresentando una facilitazione durante la ricerca del cibo (alimentazione opportunistica). La presenza del Terminale e della corrispondente area di interdizione alla navigazione e alla pesca potrebbero influenzare gli spostamenti proprio per l'assenza di attività, in particolare per la mancanza dell'attività di pesca che notoriamente attira i mammiferi marini.

7.4 INDAGINI GENERALI

7.4.1 Misura del rumore

Per uniformità con la relazione annuale 2013-2014, sono stati selezionati i dati acquisiti in ognuna delle quattro campagne di indagine (A14, I15, P15, E15) nelle stazioni di misura a 100 m e a 1000 m dal punto del Terminale, alla profondità di 55m sulla direttrice Est. Le misure sono state confrontate con quelle di "Bianco" condotto nell'estate 2012 (B). Le due distanze più vicine al Terminale sono state scelte per avere livelli di segnale più significativi. I grafici descrivono il livello di rumore mediante la funzione di densità spettrale di potenza (PSD) nel dominio delle frequenze, con rappresentazione dei dati in terzi d'ottava, che è ritenuta più adeguata per un confronto di sintesi. I confronti sono mostrati in Figura 164 e Figura 165.

Dal confronto delle curve in Figura 164 si evince che nella stazione E100 i rilevamenti durante tutto l'anno mostrano un andamento simile, caratterizzato da un generale innalzamento di livello di rumore rispetto a quella del Bianco in tutta la banda tra 60 Hz e 25,4 kHz. Tale innalzamento varia in frequenza, ed è massimo (con un valore di circa 15 dB) intorno ai 10 kHz. Come già sottolineato, questo non significa necessariamente che il Terminale emetta rumore in tutta questa banda, poiché la presenza di imbarcazioni e di passaggi di navi nella zona influenzano maggiormente i valori di rumore nella banda inferiore ad 1000-2000 Hz. Le curve in Figura 165 relative alla stazione E1K sono tutte in accordo eccetto la misura E15, molto influenzata dal passaggio di una barca medio-piccola vicina, come dimostra un marcato innalzamento dei livelli per tutta la banda di misura tra 80 Hz e 15 kHz. Per le altre tre curve l'innalzamento medio rispetto al Bianco si verifica tra 157 Hz e 16 kHz ed è più limitato che nella stazione E100. Il fatto che tale aumento di livelli, più evidente per la banda tra 6 kHz e 14 kHz, possa essere dovuto ad emissioni del Terminale, verrebbe confermato dalla perdita di segnale tra le due stazioni, causata dalla "Transmission Loss" del rumore in un canale di propagazione (in questo caso in condizioni di acque basse).

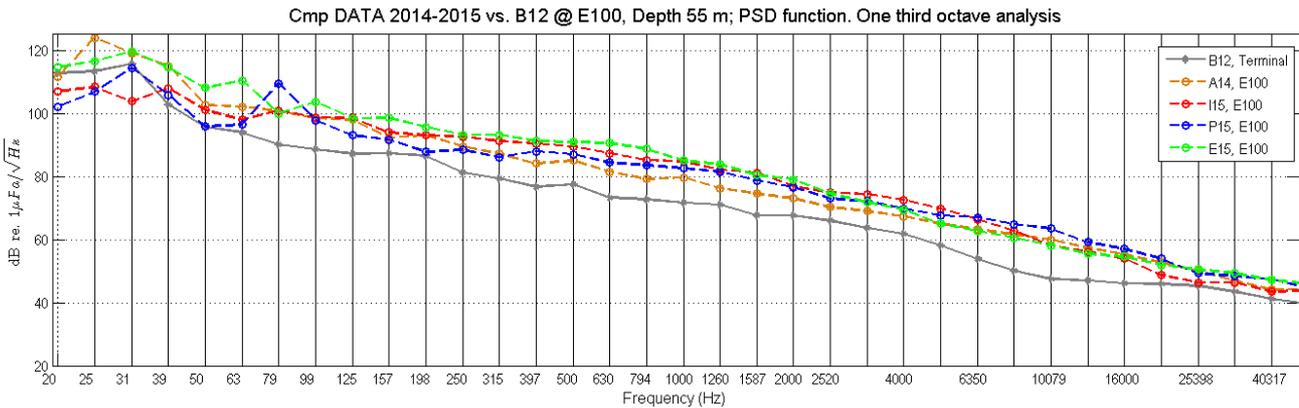


Figura 164 - Confronto dei dati delle ultime 4 campagne (2014-2015) con i dati di "Bianco" B12 nella stazione E100 a 55m di profondità.

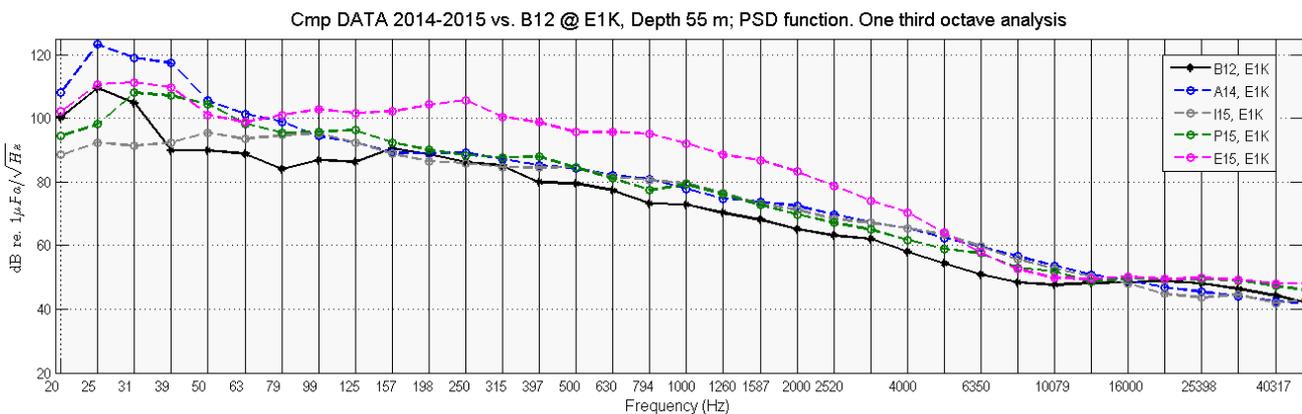


Figura 165 - Confronto dei dati delle ultime 4 campagne (2014-2015) con i dati di "Bianco" nella stazione E1K a 55m di profondità.

Come già indicato nell'analisi dei dati acquisiti nel primo anno di monitoraggio della fase di esercizio, si conferma che l'innalzamento di livello in particolare nella banda intorno a 7-16 kHz possa prevalentemente attribuirsi al rumore emesso dal Terminale.

Il calo di livelli causato dalla Trasmission Loss man mano che ci si allontana dalla sorgente di rumore è stato confermato dalle simulazioni realizzate per ogni campagna nelle diverse condizioni ambientali di propagazione acustica. Prendendo come riferimento il valore di 12 kHz come quello più significativo nella banda di interesse, il valore medio di rumore a 100m dal Terminale su tutte le campagne del secondo anno di esercizio è circa 57 dB re 1 uPa/√Hz (dato confrontabile con quello del primo anno di esercizio, ovvero 60 dB).

Considerando poi i risultati delle simulazioni ottenute con il modello acustico Bellhop per ogni campagna nelle stazioni a 100m il modello calcola sempre una Trasmission Loss tra 38 e 39 dB a 55m di profondità, a 100 m di distanza dalla sorgente rappresentata dal Terminale.

In ogni campagna le simulazioni tengono conto dell'effettivo profilo di velocità del suono in funzione delle condizioni ambientali realmente verificate durante le misure. Misurando un livello di rumore di 57 dB re 1 uPa/√Hz a 12 kHz per le stazioni a 100 m, ed una caduta di segnale di 38/40 dB su 100 m, si può dedurre che il Source Level medio di emissione da parte del Terminale sia tra i 95 e i 96 dB re 1 uPa @ 1m. Questo valore medio è molto vicino a quello stimato nell'anno 2013-14 (98-100 dB).

Il source level stimato alla frequenza di 12kHz per le singole campagne conferma valori costanti con un margine di 5-7 dB. E' presente una certa variabilità dovuta ad eventi transitori sicuramente derivanti in parte da sorgenti esterne e non significative, mentre non è possibile stabilire se e in che misura tali variazioni di livello siano anche connesse ad attività in corso sul Terminale al momento delle misure. Non appare invece nessun trend nel confronto dei livelli misurati per i due anni.

Sulla base delle "Linee Guida" di ISPRA (2011) la tipologia di rumore a cui riferirsi in questo caso di studio, è il rumore non impulsivo per il quale, ISPRA, fornisce valori soglia di 100-110 dB per "cetacei a media frequenza" quali quelli presenti nell'area (v. materiali e metodi volume I paragrafo "Misura del rumore"). Il livello di emissione medio del Terminale essendo intorno ai 95-97 dB rimane al di sotto del valore soglia.

Il documento di "Valutazione previsionale di impatto acustico subacqueo" redatto nella fase progettuale prevedeva un valore stimato per eccesso fortemente cautelativo con una pressione acustica stimata di 148 dB re 1 uPa @ 1 m, mentre i livelli misurati, ascrivibili all'attività del Terminale, sono dell'ordine dei 95-96 dB re 1 uPa @ 1m per il primo anno di esercizio, mentre per il secondo variano tra 98-100 dB. I livelli di rumore del Terminale in esercizio misurati sperimentalmente appaiono quindi notevolmente inferiori a quanto ipotizzato nell'analisi di progetto. Le misure di rumore ambientale di fondo eseguite per lo studio preliminare riportano valori confrontabili con quelli rilevati nella campagna di Bianco.

Si conferma inoltre un'elevata variabilità alle basse frequenze dovuta al traffico marittimo. La banda limitata a 8 kHz dello studio preliminare non permette confronti con le analisi compiute nel presente studio e con le frequenze più elevate (7-16 kHz) oggetto di interesse.

8 CONCLUSIONI

Il presente documento si riferisce allo studio dei potenziali impatti prodotti dal Terminale "FSRU Toscana" sull'ambiente marino circostante. Lo studio è stato condotto con un approccio multidisciplinare prendendo in considerazione sia il comparto biotico sia quello abiotico relativi alla colonna d'acqua e ai sedimenti ed è stato redatto sulla base del Piano di Monitoraggio dell'Ambiente Marino predisposto da CIBM su incarico di OLT, in accordo con ISPRA (ex ICRAM), sulla base del quadro di riferimento progettuale e delle indicazioni contenute nelle prescrizioni n. 26 del Decreto VIA e n.7 del Provvedimento MATTM DVA-2010-0025280 del 20/10/10. In particolare, la Prescrizione n°7 del Provvedimento del MATTM integrava quanto previsto nel primo Decreto VIA, come di seguito riportato:

"In accordo con ISPRA e con costi a carico del proponente, dovranno essere definiti ed attuati, prima dell'arrivo della nave-terminale (per definire l'ante operam) e durante tutto il periodo di funzionamento del terminale, i seguenti monitoraggi in mare con cadenza almeno trimestrale:

- a. misura delle componenti chimico-fisiche-biotiche su 4 punti a distanza di 100 m da terminale ad intervalli regolari su tutta la colonna d'acqua;*
- b. verifica delle biocenosi esistenti sul fondo del mare lungo due transetti ortogonali fino ad una distanza di almeno 200 m dal terminale e monitoraggio della loro evoluzione nel tempo;*
- c. misura del rumore in acqua su due profili perpendicolari dalla distanza di 100 m fino a una distanza di 5 km dal terminale sia durante il funzionamento normale che durante i periodi di massima rumorosità al fine di verificare quanto affermato nello studio ambientale preliminare;*
- d. verifica visiva della presenza/passaggio di cetacei fino ad una distanza di almeno un miglio dal terminale; verifica della presenza di cetacei tramite idrofoni posti su due transetti ortogonali a 5 e 10 km dal terminale;*
- e. verifica dell'eventuale risospensione dei sedimenti di fondo nei periodi considerati critici a causa del getto di acqua di riscaldamento emesso dalla nave."*

(omissis)

Di seguito è riportata la sintesi dei risultati ottenuti dal confronto interannuale tra l'estate 2014 (E14), l'estate 2015 (E15) e il "Bianco" (B) condotto nell'estate 2012. Per eliminare l'effetto stagionalità i dati del Bianco sono stati elaborati unitamente a quelli dei periodi estivi. Inoltre al fine di effettuare un confronto completo interstagionale ed annuale, sono stati confrontati i dati ottenuti nelle varie stagioni (Autunno, Inverno, Primavera ed Estate) del primo e secondo anno di esercizio.

A. CONFRONTO INTERANNUALE ESTATI (BIANCO 2012, ESTATE 2014, ESTATE 2015)

Dal confronto tra l'estate 2012 (Bianco) e i primi due anni della fase di esercizio del terminale (E14, E15), si può concludere che non ci sono variazioni apprezzabili o comunque imputabili alla presenza del Terminale.

B. CONFRONTO INTERANNUALE E STAGIONALE

Dal confronto tra le stagioni (estate, autunno, inverno e primavera), relative alla prima e seconda campagna di esercizio del Terminale dei due anni indagati, si evince che i cambiamenti temporali sono riconducibili alla naturale variabilità annuale e interstagionale e non sono imputabili alla presenza del Terminale.

Con riferimento alle Prescrizioni n. 26 e n. 7 sopra menzionate, vengono qui discussi nel dettaglio i principali risultati ottenuti per i comparti ambientali indagati.

Colonna d'acqua

Come atteso, le variazioni maggiori osservate tra il Bianco e l'Estate 2015 in colonna d'acqua sono sostanzialmente riconducibili ai cambiamenti stagionali o alla variabilità interannuale.

La Temperatura è il parametro che maggiormente risente delle fluttuazioni stagionali, esibendo modesti cambiamenti nelle tre campagne estive (B, E14, E15) ed ampliando il range di variazione nelle altre stagioni.

La Salinità, mostra un ampio range di variazione nel periodo estivo a causa nella naturale stratificazione delle acque che tipicamente si verifica nella stagione calda. Nei periodi caratterizzati da rimescolamento delle acque questo parametro mostra valori maggiormente costanti.

La stratificazione delle acque è ben evidente nei Diagrammi T/S (Temp/Sal) dove viene chiaramente raffigurata la presenza del termocline.

I restanti parametri (pH, ORP, DO%, Clorofilla, Z_{eu}) esibiscono variazioni più o meno marcate, ma in tutti i casi riconducibili alla variabilità stagionale.

La Torbidità e l'irradiazioni spettrali ascendenti non evidenziano particolari situazioni legate alla presenza dell'FSRU.

L'analisi dei nutrienti condotta nel secondo anno di attività conferma, come già evidenziato nel corso del primo anno di monitoraggio, che l'area è caratterizzata da una situazione di oligo-mesotrofia della zona, come era stato già evidenziato nel corso del primo anno di

campionamento. Si conferma, inoltre, una situazione di azoto carenza, come in altri casi riscontrato nelle acque liguro-tirreniche e più in generale in diverse aree del Mediterraneo.

Nel complesso i valori nutrienti come quelli della Sostanza organica disciolta cromoforica nella fase di esercizio non si discostano in maniera significativa da quelli del Bianco.

Il popolamento fitoplanctonico risulta caratterizzato da una elevata diversità di composizione tassonomica come risulta dai risultati della composizione pigmentaria.

Lo studio dello zooplankton conferma i risultati conseguiti nell'estate 2014. La composizione del popolamento e le sue caratteristiche strutturali non risultano modificate per la presenza del Terminale.

Complessivamente non si registrano variazioni sostanziali delle concentrazioni dei contaminanti nella colonna d'acqua. Questo dato risulta coerente con le indagini condotte sui mitili nei quali non sono stati rilevati particolari danni cellulari o fisiologici, né accumulo di contaminanti.

Anche dai test ecotossicologici effettuati su organismi appartenenti a diversi livelli della catena trofica della colonna d'acqua non emergono particolari criticità attribuibili alla presenza dell'FSRU. Sostanzialmente le fasi di esercizio di entrambi gli anni di indagine confermano quanto osservato nella campagna di Bianco. In tutti i survey è stata osservata assenza totale di effetti sia nei saggi di tossicità acuta con i pesci (*D. labrax*) sia con i batteri bioluminescenti (*V. fischeri*). Similmente, il saggio di tossicità cronica effettuato con alghe unicellulari (*P. tricornutum*) ha mostrato assenza di tossicità della colonna d'acqua per l'intero periodo di studio, tranne un campione relativo alla campagna E14 in cui è stata osservata tossicità bassa. I risultati ottenuti con il saggio cronico di embriotossicità con *P. lividus* indicano tossicità cronica già nella campagna di Bianco, confermata nei survey successivi.

Sedimenti

L'indagine condotta sui sedimenti ha rilevato una ampia variabilità nei comportamenti delle varie stazioni. Non si individuano pattern esclusivi nelle stazioni prossime all'FSRU riconducibili alla presenza di quest'ultimo.

Anche i risultati delle analisi ecotossicologiche testimoniano una elevata variabilità nell'intorno del Terminale. Tale variabilità è presumibilmente legata ai pregressi sversamenti dei fanghi portuali effettuati nella zona, come testimonia la presenza di tossicità già nella fase di Bianco.

Biota

Lo studio del benthos ha mostrato che la dinamica temporale delle comunità presenti nelle stazioni prossime al Terminale è differente da quelle delle altre stazioni. In particolare le stazioni prossime al Terminale mostrano, tra il Bianco e l'estate 2014, e tra il Bianco e l'Estate 2015 una variazione maggiore rispetto a quella osservata per le altre stazioni. In percentuale, però, la dissimilarità è rimasta pressoché invariata nel tempo. Questo risultato indica che ad oggi il popolamento non si sta progressivamente modificando rispetto al Bianco.

Per quanto concerne la meiofauna, invece, si assiste ad una riduzione generalizzata di questa componente bentonica dal Bianco alla fase di esercizio, fatto osservato sia in E14 sia in E15. Tuttavia, la diminuzione delle densità è stata riscontrata anche nelle stazioni lontane dal Terminale (ad esempio MG9) e quindi verosimilmente poco o affatto influenzate da eventuali effetti stressogeni da esso generati, facendo ipotizzare che le variazioni osservate siano legate ad altre cause come, ad esempio, alla variabilità interannuale dei popolamenti.

Lo studio dei popolamenti ittici non evidenzia effetti del Terminale su questa componente. Dalle analisi effettuate emerge un'elevata similarità tra le stazioni senza particolari differenze tra siti più vicini al terminale e quelli di controllo. Le principali differenze osservate sono legate alle dinamiche stagionali dei popolamenti. In aggiunta nell'intorno del Terminale non è stato evidenziato l'effetto FAD (Fish Aggregation Device); l'aumento dell'abbondanza di alcune specie indicatrici (quali ad esempio il gattuccio *S. canicula*) potrebbe essere invece imputabile all'interdizione della pesca nell'area circostante il Terminale.

Indagini generali

Per quanto riguarda il rumore, con riferimento al documento di "Valutazione previsionale di impatto acustico subacqueo" redatto nella fase progettuale (verifica esclusione VIA 2010), lo stesso chiarisce l'impossibilità di un rilievo puntuale delle singole sorgenti di rumore subacqueo, ed adotta quindi un'analisi basata sulla potenza complessiva installata, approccio che appare fortemente cautelativo. In tale relazione sono riportati i valori di pressione acustica stimata di 148 dB re 1uPa @ 1 m (a 100 metri dal Terminale) mentre i livelli misurati, ascrivibili all'attività del Terminale, sono dell'ordine dei 60 dB re 1uPa @ 1m (a 100 metri dal Terminale). I livelli di rumore del Terminale in esercizio misurati sperimentalmente appaiono quindi notevolmente inferiori a quanto ipotizzato nell'analisi di progetto e a quanto autorizzato con relativo Provvedimento VIA.

Lo studio relativo al secondo anno di esercizio conferma quanto emerso dal primo anno e ha consentito di individuare alcune frequenze nelle quali l'aumento del livello di rumore nell'area è riconducibile al Terminale e alle sue attività. Questa indagine non è inficiata dalla stagionalità in quanto le analisi vengono eseguite tenendo conto delle condizioni ambientali e delle caratteristiche di propagazione del suono presenti al momento della misura. In particolare sulla banda di frequenze larga circa 12 kHz e centrata intorno a tale frequenza, è stata individuata un'emissione valutabile intorno a sia tra i 95 e i 96 dB re 1 uPa @ 1m. Questo valore medio è molto vicino a quello stimato nell'anno 2013-14 (98-100 dB).

Se confrontiamo i valori medi misurati con il Terminale in esercizio alla distanza di 1000m con il livello di rumore a 12 kHz misurato nella campagna di Bianco 2012, quindi in condizioni meteo marine ottimali ed utilizzando il modello di propagazione Bellhop per calcolare l'attenuazione, possiamo ipotizzare che a circa 1300 m dal Terminale il livello di emissione dello stesso raggiunga il livello di rumore ambiente del mare (con mare calmo e senza vento) e quindi non sia più distinguibile.

Tali valori emessi dal Terminale sono, comunque, ben al di sotto delle soglie di sicurezza per i mammiferi marini e anche al di sotto della soglia stabilita dalle Linee Guida per rumori capaci di originare le prime significative risposte comportamentali nei cetacei.

Per quanto riguarda gli avvistamenti occorre ricordare che la presenza dei pescatori rappresenta un forte richiamo per i mammiferi marini. Intorno all'FSRU la pesca è interdetta e pertanto la riduzione di presenze dei cetacei, osservata in E14 e confermata in E15 rispetto alla fase di Bianco, potrebbe essere correlabile anche a tale interdizione.

CONCLUSIONE GENERALE

I risultati delle Campagne oggetto della presente Relazione, permettono di asserire che non si sono verificate durante i primi due anni di esercizio del Terminale, situazioni di rischio per la flora e la fauna marina.

9 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Bonaglia S., Nascimento F. J. A., Bartoli M., Klawonn I., Brüchert V. 2014. Meiofauna increases bacterial denitrification in marine sediments. *Nat. Commun.* 5: 5133. doi:10.1038/ncomms6133.
- Carman K. R., Fleeger J. W., Means J. C., Pomarico S., McMillin D. J. 1995. Experimental investigation of the effects of polynuclear aromatic hydrocarbons on an estuarine sediment food web. *Mar. Environ. Res.* 40: 289-318.
- Clarke K. R., Warwick R. M. 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 2nd edition, Primer-E, Plymouth, UK.
- Clarke K. R., Gorley R. N. 2006. PRIMER v.6: User Manual/Tutorial. Primer-E, Plymouth, UK.
- Curini-Galletti M., Artois T., Delogu V., De Smet W. H., Fontaneto D., Jondelius U., Leasi F., Martinez A., Meyer-Wachsmuth I., Nilsson K. S., Tongiorgi P., Worsaae K., Todaro M. A. 2012. Patterns of Diversity in Soft-Bodied Meiofauna: Dispersal Ability and Body Size Matter. *PLoS ONE* 7, e33801. doi:10.1371/journal.pone.0033801.
- Dal Zotto M., Santulli A., Todaro M. A. 2015. Organic enrichment effects on a marine meiofauna community, with a focus on Kinorhyncha. *Zool. Anz.* (in press).
- Danovaro R., Gambi C., Mirto S., Sandulli R., Ceccherelli V. U. 2003. Meiofauna. In: Gambi M. C., Dappiano M., (eds), Manuale di metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo. *Biol. Mar. Medit.* 10 (suppl.): 61-108.
- Giere O. 2009. Meiobenthology. The Microscopic Motile Fauna of Aquatic Sediments, pp.1-328. Springer-Verlag, Berlin.
- Meadows A. S., Ingels J., Widdicombe S., Hale H., Rundle S. D. 2015. Effects of elevated CO² and temperature on an intertidal meiobenthic community. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 469: 44-56.
- Pfannkuche O., Thiel H. 1988. Sampling processing. In: R. P. Higgins & H. Thiel (eds), Introduction to the Study of Meiofauna. Smithsonian Institution Press, Washington D.C. pp. 134-145.
- Salvini-Plawen L. von. 1977. Caudofoveata (Mollusca), Priapulida und apode Holothurien (*Labidoplax*, *Myriotrochus*) bei Banyuls und im Mittelmeer allgemein. *Vie Milieu* 27: 55-81.
- Semprucci F., Frontalini F., Sbrocca C., du Chatelet E. A., Bout-Roumazelles V., Coccioni R., Balsamo M. 2015. Meiobenthos and free-living nematodes as tools for biomonitoring environments affected by riverine impact. *Environ. Monit. Assess.* 187, doi: 10.1007/s10661-015-4493-7.
- Todaro M. A., Virno-Lamberti C., Pulcini M., Pellegrini D., De Ranieri S. 2001. Monitoring of a dredged material disposal site: evidence of rapid meiofaunal recolonization of the dumped sediments. *Biol. Mar. Medit.* 8: 1-10.
- Todaro M. A., Virno-Lamberti C., Pulcini M., Pellegrini D., De Ranieri S. 2002. Meiofauna of a dredging disposal site. *Biol. Mar. Medit.* 9: 647-650.
- Warwick R. M., Platt H. M., Clarke K. R., Agard J., Gobin J. 1990. Analysis of macrobenthic and meiobenthic community structure in relation to pollution and disturbance in Hamilton Harbour, Bermuda. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 138: 119-142.
- Zeppilli D., Sarrazin J., Leduc D., Martinez-Arbizu P., Fontaneto D., Fontanier C., Gooday A.J., Kristensen R. M., Ivanenko V. N., Sørensen M. V., Vanreusel A., Thébault J., Mea M., Allio N., Andro T., Arvigo A., Castrec J., Danielo M., Foulon V., Fumeron R., Hermabessiere L., Hulot V., James T., Langonne-Augen R., Le Bot T., Long M., Mahabror D., Morel Q., Pantalos M., Pouplard E., Raimondeau L., Rio-Cabello A., Seite S., Traisnel G., Urvoy K., Van Der Stegen T., Weyand M., Fernandes D. 2015. Is the meiofauna a good indicator for climate change and anthropogenic impacts? *Mar. Biodiv.* doi10.1007/s12526-015-0359-z.