

Cliente Enel Produzione SpA - GEM

Oggetto CENTRALE DI TORREVALDALIGA NORD

Monitoraggio relativo agli effetti dello scarico termico e della conversione a carbone della Centrale

Rapporto finale monitoraggio marino anno 2016

Ordine Contratto Aperto 8400101944 del 24.06.2016 Specifica C. Aperto N. 4000424689 dell'11.08.2016

Note Rev. 0 (A1300000353 – lettera B7011364)

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta del CESI.

N. pagine 135 **N. pagine fuori testo** -

Data 26/05/2017

Elaborato Meloni Maria Laura, Moruzzi Letizia
B7010945 3353 AUT B7010945 1719280 AUT

Verificato Sala Maurizio
B7010945 3741 VER

Approvato Granata Tommaso
B7010945 3744 APP

CESI S.p.A.

Via Rubattino 54
I-20134 Milano - Italy
Tel: +39 02 21251
Fax: +39 02 21255440
e-mail: info@cesi.it
www.cesi.it

Capitale sociale € 8.550.000 interamente versato
C.F. e numero iscrizione Reg. Imprese di Milano 00793580150
P.I. IT00793580150
N. R.E.A. 429222

© Copyright 2017 by CESI. All rights reserved

Pag. 1/135

Indice

1	PREMESSA	4
2	LINEAMENTI DEL PIANO SPERIMENTALE	5
2.1	Comunità planctoniche	6
2.1.1	Fitoplancton.....	7
2.1.2	Zooplancton.....	11
2.2	Macrozoobenthos.....	12
2.3	Posidonia oceanica.....	15
2.4	Analisi dei principali parametri di qualità delle acque.....	22
3	ANALISI DEI DATI	24
3.1	Stato di Qualità Ecologica	26
4	RISULTATI	28
4.1	Fitoplancton.....	28
4.1.1	Inverno 2016	29
4.1.2	Primavera 2016	33
4.1.3	Estate 2016.....	37
4.1.4	Autunno 2016.....	40
4.1.5	Valutazioni complessive sulle comunità fitoplanctoniche.....	44
4.1.6	Valutazioni relative al periodo 2014-2016.....	49
4.2	Zooplancton.....	54
4.2.1	Inverno 2016	54
4.2.2	Primavera 2016	58
4.2.3	Estate 2016.....	62
4.2.4	Autunno 2016.....	66
4.2.5	Valutazioni complessive	69
4.3	Macrobenthos.....	76
4.3.1	Composizione tassonomica	76
4.3.2	Indici strutturali di comunità.....	77
4.3.3	Analisi multivariata.....	80
4.3.4	Stato di qualità ecologica.....	83
4.3.5	Valutazioni complessive	93
4.4	Prateria di Posidonia oceanica	97
4.5	Analisi dei principali parametri di qualità delle acque.....	103
5	CONCLUSIONI	108
6	BIBLIOGRAFIA	110
7	APPENDICE	116

ALLEGATI file pdf

- Appendice I Fitoplancton: dati di abbondanza
- Appendice II Fitoplancton: valori degli indici univariati
- Appendice III Fitoplancton: risultati analisi SIMPER
- Appendice IV Fitoplancton: risultati analisi SIMPER

- Appendice I Zooplancton: dati di abbondanza
- Appendice II Zooplancton: valori degli indici univariati
- Appendice III Zooplancton: risultati analisi SIMPER
- Appendice IV Zooplancton: risultati analisi SIMPER

- Appendice I Macrobenthos: lista tassonomica e abbondanze
- Appendice II Macrobenthos: valori media di abbondanza
- Appendice III Macrobenthos: valori medi di abbondanza percentuale
- Appendice IV Macrobenthos: valori degli indici strutturali
- Appendice V Macrobenthos: risultati dell'analisi SIMPER
- Appendice VI Macrobenthos: risultati dell'analisi SIMPER
- Appendice VII Macrobenthos: risultati dell'analisi SIMPER

STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	26/05/2017	B7010945	Prima emissione

1 PREMESSA

Il presente documento riporta i risultati relativi alle indagini effettuate nell'anno 2016 nell'ambito del Piano di monitoraggio nel tratto di mare antistante la Centrale di Torrevaldaliga Nord relativo alla valutazione degli eventuali effetti dovuti alla presenza dello scarico delle acque di raffreddamento dei condensatori e alla conversione a carbone dell'impianto (documento CESI B3033391 "CENTRALE TERMOELETTRICA DI TORREVALDALIGA NORD - Piano di monitoraggio dell'ambiente marino antistante la centrale" 2013).

Il Piano di Monitoraggio marino viene attuato nel tratto di mare antistante la Centrale Enel di Torrevaldaliga Nord in riferimento all'Allegato 2 del Decreto di Autorizzazione del Ministero dello Sviluppo Economico (DEC 55/02/2003 del 24.12.2003) con cui è stata autorizzata la conversione a carbone della centrale stessa sita nel comune di Civitavecchia (RM) e tiene conto anche di quanto espresso nei documenti:

- Parere 855 20/1/2012 CTVIA
- Parere 1200 12/4/2013 CTVIA
- Comunicazione DG Valutazioni Ambientali MATTM 18/7/2013

in merito alle indicazioni sulla prosecuzione delle attività di monitoraggio.

Lo scopo del monitoraggio previsto è quello di individuare e di valutare la presenza di eventuali variazioni, nel breve e nel medio termine, dovute all'esercizio della Centrale Termoelettrica di Torrevaldaliga Nord.

L'attuazione del Piano ha previsto la valutazione di una serie di componenti scelte tra quelle in grado di evidenziare gli eventuali effetti dovuti alla presenza dello scarico termico o che comunque possano dare evidenza di eventuali alterazioni di tipo ambientale. In particolare, è stata valutata la qualità delle acque attraverso la determinazione di parametri chimico-fisici e dei nutrienti.

Inoltre, sono state analizzate le seguenti componenti biologiche:

- fito- e zooplancton,
- *Posidonia oceanica*,
- macrobenthos.

Le cadenze temporali dei vari campionamenti sono state correlate con il tipo di risposta che ciascuna componente biologica può fornire; di conseguenza il Piano di Monitoraggio prevede che le valutazioni chimico-fisiche e l'analisi della componente planctonica, che sono caratterizzate da una risposta a breve termine, vengano effettuate a livello stagionale, mentre lo studio della *Posidonia oceanica* e della popolazione macrobentonica, che rappresentano degli indicatori di impatto a medio termine, sia condotto una volta all'anno nella stagione estiva.

2 LINEAMENTI DEL PIANO SPERIMENTALE

Il Piano di Monitoraggio è stato predisposto per valutare, nel breve e nel medio periodo, gli eventuali effetti della presenza dello scarico delle acque di raffreddamento della Centrale sul tratto di mare antistante l'impianto.

A tale scopo sono state individuate alcune componenti ambientali "sensibili" alla presenza di uno scarico termico che consentono di coniugare la "tempestività" della segnalazione delle eventuali alterazioni ecologiche con la possibilità di evidenziare, piuttosto che fenomeni acuti e transitori, modificazioni di tipo "permanente" (Ioannilli & Franco, 1988; Cironi & coll., 1993).

In particolare, sono state prese in considerazione le seguenti componenti:

- fito e zooplancton,
- *Posidonia oceanica*,
- macrobenthos.

La componente che può fornire tempestive risposte a eventuali effetti antropici nel tratto di mare indagato è la popolazione planctonica, che risulta quindi un indicatore di impatto nel breve termine temporale. Infatti è attraverso l'identificazione strutturale del popolamento fito e zooplanctonico costiero di aree eventualmente soggette allo scarico termico comparate ad aree non impattate che si può fornire tale risposta; di conseguenza il Piano prende in considerazione aree esposte al refluo termico della Centrale e aree di riferimento non esposte ubicate al di fuori dell'area potenzialmente impattata.

Per il monitoraggio a medio termine si ritengono particolarmente adatti i popolamenti macrobentonici di substrato duro presenti nei fondali dell'area indagata e la prateria di *Posidonia oceanica*. Essi sono in grado di integrare l'influenza dei fattori ambientali che caratterizzano l'ecologia di un determinato sito e sono quindi utili per evidenziare la presenza di eventuali alterazioni.

A completamento delle indagini, il Piano prevede la caratterizzazione della qualità delle acque attraverso la determinazione dei principali parametri chimico-fisici.

Di seguito vengono descritte con maggior dettaglio le componenti analizzate, l'ubicazione delle stazioni di campionamento e i relativi metodi per la determinazione dei parametri considerati.

2.1 Comunità planctoniche

Le indagini relative alle comunità costiere fitoplanctoniche e zooplanctoniche sono state condotte, con cadenza stagionale, in quattro stazioni scelte opportunamente in modo tale da caratterizzare le aree eventualmente soggette all'influenza dello scarico termico e poterle quindi comparare con le aree non impattate.

Nello specifico, nel tratto di mare compreso tra Punta S. Agostino (estremo Nord) e Capo Linaro (estremo Sud) sono state individuate le seguenti stazioni ubicate a circa 1 miglio dalla costa (Figura 1):

- stazione A, in prossimità di Punta S. Agostino
- stazione B, in corrispondenza dello scarico a mare delle acque di raffreddamento della Centrale di Torrevaldaliga Nord
- stazione D, presso il Porto di Civitavecchia
- stazione E, in prossimità del Villaggio del Fanciullo.

I campionamenti di fito e zooplancton sono stati effettuati contemporaneamente.



Figura 1: Stazioni di campionamento per fitoplancton e zooplancton (fonte: Google Earth).

2.1.1 Fitoplancton

Il fitoplancton rappresenta l'insieme degli organismi autotrofi fotosintetici presenti nel plancton e svolge un ruolo fondamentale nelle strutture trofiche degli ambienti acquatici, poiché esso rappresenta la via attraverso la quale l'energia fluisce ai livelli trofici superiori.

Nell'ambiente marino, più del 90% della produzione primaria annuale è a carico di organismi appartenenti al fitoplancton che, pertanto, assumono un ruolo fondamentale nei meccanismi di riciclo del carbonio, dei nutrienti (in particolare N e P) e dell'ossigeno sia a livello ecosistemico che a livello globale.

Gli organismi del fitoplancton hanno una struttura cellulare semplice e cicli vitali brevi nell'ordine di alcuni giorni; in condizioni ottimali si può osservare un turnover anche superiore 6-8 volte al giorno (Platt e Fillion, 1973). Per queste caratteristiche fisiologiche e metaboliche, a livello individuale essi sono in grado di rispondere rapidamente a diversi fattori fisici (luce, temperatura e turbolenza), con un metabolismo fortemente accoppiato

alla disponibilità di nutrienti inorganici (principalmente N e P), e a livello di popolazione e corporazione essi sono soggetti ad ampie oscillazioni su scale spazio-temporali anche relativamente ristrette.

Il fitoplancton è composto da organismi procarioti (essenzialmente cianobatteri) e da microalghe eucariote appartenenti a diverse raggruppamenti tassonomici quali Bacillariophyceae, Dinophyceae, Chrysophyceae, Cryptophytceae, Dictyochophyceae, Prymnesiophyceae, Raphidophyceae e Euglenophyceae, Prasinophyceae e Chlorophyceae. Tali raggruppamenti variano per dimensioni, morfologia, fisiologia ed ecologia. Il fitoplancton viene classificato soprattutto sulla base delle caratteristiche strutturali delle cellule e di specifiche caratteristiche biochimiche, come natura e quantità di pigmenti fotosintetici.

Il campionamento di fitoplancton è stato effettuato tramite bottiglia di Ruttner alla profondità di 0.5 m (campionatore con coperchio superiore e inferiore la cui chiusura avviene tramite messaggeri alla profondità desiderata); l'utilizzo della bottiglia ha permesso la cattura degli organismi più piccoli che altrimenti sarebbero sfuggiti anche impiegando reti a maglie molto fitte.

Immediatamente dopo il prelievo, i campioni sono stati fissati con reattivo di Lugol. L'utilizzo di tale reattivo rispetto ad altri fissativi presenta alcuni vantaggi, tra cui:

- non causa la perdita del flagello in molti flagellati, facilitandone il successivo riconoscimento;
- è poco tossico;
- è adeguato per la conservazione dei Dinophyceae, delle Bacillariophyceae e di specie delicate come i piccoli flagellati (Hallfors *et al.*, 1979).

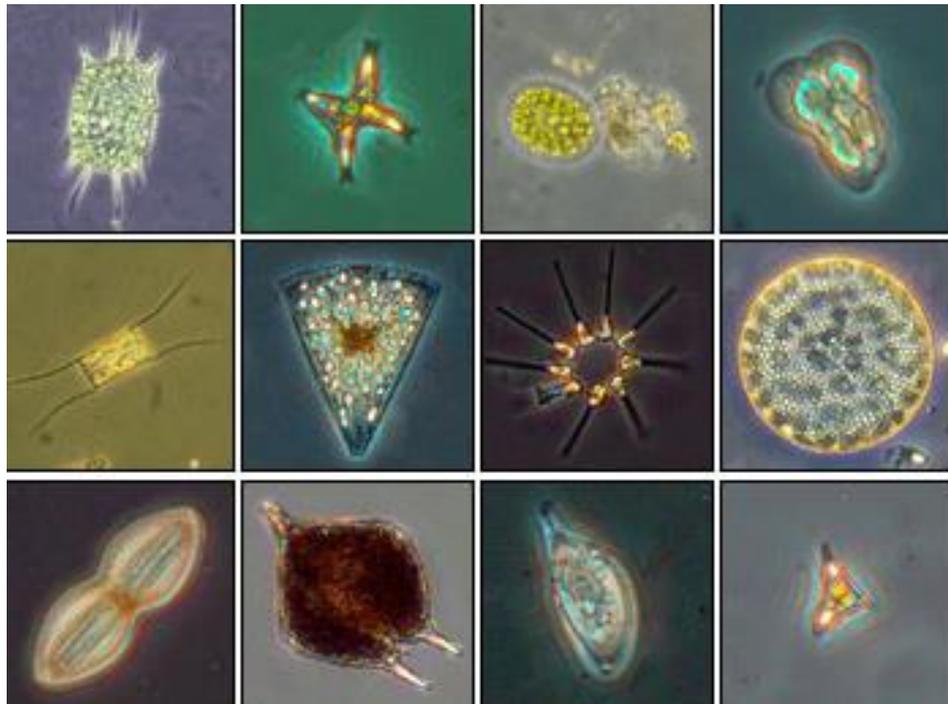


Figura 2: Alge appartenenti al fitoplancton marino.

I campioni sono stati conservati al buio fino al momento delle analisi e successivamente analizzati con microscopio invertito Zeiss Axiovert 10 con obiettivo 400x, basandosi sul metodo Utermöhl, H., 1958. Zur Vervollkomnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. Mitt. Int. Verein. Limnol. 9, 1-38.

Di seguito vengono descritte le tre fasi del metodo (sedimentazione, conteggio e calcolo dell'abbondanza delle cellule fitoplanctoniche), come riportato nel Manuale ISPRA 2010 "Metodologie di studio del plancton marino" edito da Giorgio Socal, Isabella Buttino, Marina Cabrini, Olga Mangoni, Antonella Penna, Cecilia Totti.

Per la *sedimentazione* si usano camere combinate, che consistono in un cilindro di sedimentazione di capacità di 5, 10, 25 ml, accoppiato con una camera di base generalmente di volume di 3 ml, avente un fondo di vetro di spessore pari a quello di un vetrino coprioggetto, (di solito 0,13-0,16 mm), che consente l'osservazione del materiale con microscopio invertito. Prima di versare il campione nei cilindri di sedimentazione, è indispensabile randomizzarlo, capovolgendo la bottiglia almeno 100 volte. Tale operazione va fatta lentamente, per evitare che gli organismi più delicati o coloniali siano danneggiati. Il campione va versato nei cilindri di sedimentazione lentamente evitando la formazione di bolle e il cilindro deve essere chiuso con un coprioggetto, evitando il più possibile la formazione di ulteriori bolle.

Il *conteggio* deve avvenire quando la sedimentazione di tutti gli organismi sia da ritenersi completata. Vengono comunemente ritenuti sufficienti tempi pari a 3–5 ore per ogni centimetro di altezza del cilindro.

Il microscopio invertito o rovesciato è normalmente impiegato per lo studio del fitoplancton. In questo strumento la fonte luminosa (50–100 W) è il condensatore (con un'apertura numerica, NA, di almeno 0,5 e un'altezza di lavoro di circa 3 cm) che illumina il materiale in osservazione dall'alto mentre il revolver con gli obiettivi è posto al di sotto del tavolino traslatore.

Considerando che la taglia della maggior parte degli organismi fitoplanctonici è compresa tra 3 e 20 μm si consiglia di effettuare il conteggio con ingrandimento finale di almeno 400 \times .

Il conteggio delle cellule fitoplanctoniche viene fatto su un certo numero di campi di dimensioni corrispondenti al campo visivo o all'area del reticolo inserito nell'oculare. Il numero di campi da esaminare può essere prefissato oppure vengono esaminati tanti campi fino a contare un numero significativo di cellule (stimato in 200 cellule per campione). La scelta dei campi da analizzare deve essere casuale.

Il *calcolo dell'abbondanza* delle cellule fitoplanctoniche presenti nel campione va effettuato applicando la seguente formula generale:

$$C = N \times \text{fattore} \times 1000/v$$

dove

C = concentrazione fitoplanctonica espressa come cell/l

N = numero di cellule contate

v = volume del campione sedimentato (ml)

fattore = rapporto fra area totale della camera e area esplorata

fattore c campi: $\pi \times r^2 / c \times a$

dove r = raggio della camera di sedimentazione (mm)

a = area del campo visivo (mm^2)

c = numero di campi osservati

2.1.2 Zooplancton

Lo zooplancton costituisce un anello importante nelle reti trofiche degli ecosistemi marini perché rappresenta il primo utilizzatore delle energie accumulate mediante i processi fotosintetici e, al tempo stesso, rappresenta una fonte rilevante di cibo per i consumatori a più alti livelli trofici.

E' costituito da organismi microscopici che si cibano di altri organismi del plancton e sono costituiti da:

- organismi unicellulari quali i protozoi, a cui appartengono foraminiferi e radiolari;
- piccoli crostacei
- stadi larvali di animali, come molluschi e crostacei.

I protozoi sono organismi unicellulari di piccole dimensioni, che hanno spostamenti poco rilevanti nella massa d'acqua, anche se dotati di mezzi di locomozione autonomi.

I rotiferi sono animali pluricellulari, con dimensioni normalmente inferiori al mezzo millimetro, dotati di "cilia" che servono come organo di locomozione, ma anche per garantire il rifornimento di cibo e di ossigeno.

I crostacei costituiscono normalmente il gruppo maggiormente rappresentato dello zooplancton e sono i più importanti consumatori primari. I sottogruppi più comuni nello zooplancton marino sono i Cladoceri, gli eufausiacei e i copepodi.

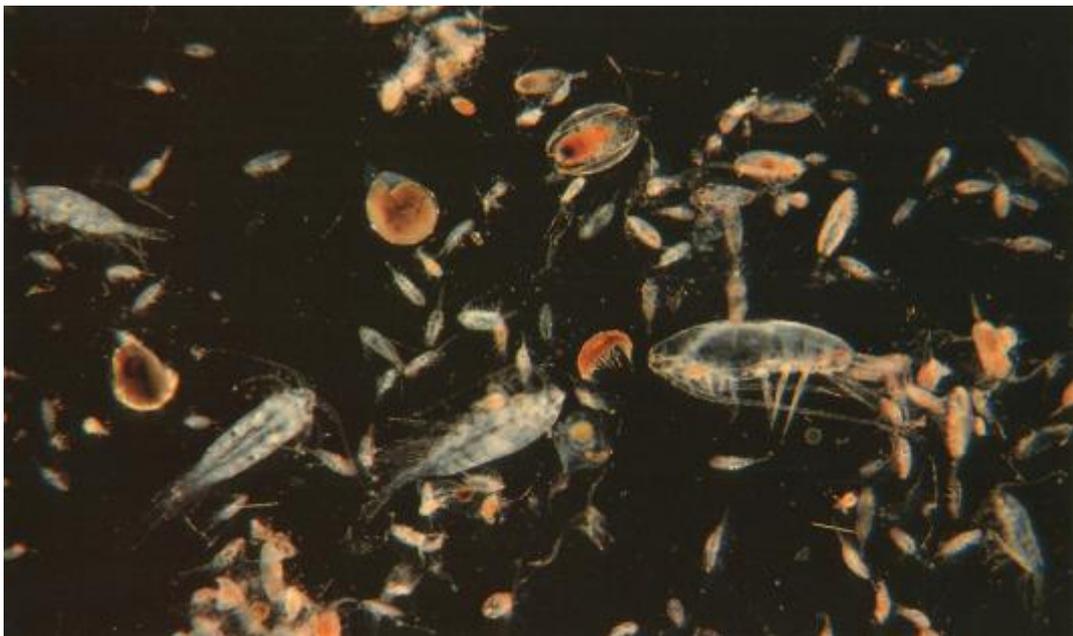


Figura 3: Organismi zooplanctonici marini

Il campionamento di *zooplancton* (1 profilo fino alla profondità di 20 m), è stato effettuato su profili verticali tramite retino provvisto di armatura conica, imboccatura da

40 cm e maglia da 80 μm , in modo da consentire il filtraggio di un volume d'acqua totale di 1.4 m^3 per ciascuna stazione. I campioni sono stati immediatamente fissati in alcool e successivamente in laboratorio ogni campione è stato analizzato allo stereoscopio per effettuare l'analisi quali-quantitativa della comunità meso-zooplanctonica, seguendo la procedura riportata di seguito.

Il campione viene concentrato in un bicchiere il cui fondo è costituito da un retino con maglia di 100 μm , viene così portato a un volume noto (50 ml) e quindi rimescolato accuratamente per rendere omogenea la distribuzione degli animali nel volume d'acqua. Mediante una siringa graduata vengono effettuate rapidamente due rotazioni a destra e due a sinistra, seguite da una croce al cui centro viene prelevata un'aliquota del campione (1 ml) lungo tutta la profondità della coppa. Con la stessa siringa vengono prelevati, in successione, sub-campioni di 1 ml ognuno, che vengono analizzati separatamente (4 subcampioni). Questo tipo di subcampionamento, simile all'utilizzo della pipetta di Hensen-Stempel, produce un coefficiente di variazione del 7-9%, inferiore rispetto ad altri tipi di subcampionamento (tipo Folsom, 6-18%). Il subcampione da 1 ml viene collocato in una camera di conteggio tipo Sedgewick-Rafter. Al termine del conteggio, il campione viene nuovamente risospeso nella soluzione originale di acqua di mare e fissativo, etichettato esternamente con il numero sequenziale del campionamento e la data, per essere archiviato. Per ciascuna categoria tassonomica si risale all'abbondanza, cioè al numero di individui nel volume unitario di riferimento (ind. m^{-3}) con una formula che tiene conto del numero di individui contati nel sub-campione (n), della frazione di campione esaminata (k) e del volume di acqua filtrata dalla rete durante il campionamento (V, m^3):

$$\text{Ind}/\text{m}^3 = (n k) / V$$

A ciascuna delle specie rare identificate nel resto del campione viene attribuito un valore di abbondanza corrispondente alla presenza di almeno 1 individuo nell'intero campione.

2.2 Macrozoobenthos

Per macroinvertebrati bentonici si intendono tutti gli organismi invertebrati con dimensione lineare, misurata sull'asse maggiore, superiore ad un millimetro, che vivono a contatto con il fondo o nel sedimento o fissati a un substrato solido.

Dal punto di vista ecologico, questi organismi svolgono un ruolo fondamentale nei processi funzionali degli ecosistemi acquatici, e hanno una posizione chiave all'interno delle reti trofiche essendo contemporaneamente decompositori e/o filtratori e prede per i livelli trofici superiori. Essi infatti sono in grado di metabolizzare la sostanza organica e di renderla disponibile ai livelli più alti della rete trofica (ad esempio i pesci).

Questa comunità è composta da un gruppo piuttosto eterogeneo di organismi, appartenenti a svariati taxa.

Da alcuni decenni, i macroinvertebrati bentonici vengono utilizzati sia nei programmi di monitoraggio a lungo termine dello stato di salute degli ecosistemi acquatici (WFD 2000/60/EC; D.lgs. 152/06 e s.m.i.; Ferreira *et al.*, 2007), sia per un monitoraggio dei

cambiamenti di stato in relazione agli effetti delle perturbazioni naturali e di origine antropica (Hawkes, 1979; Borja *et al.*, 2000; Salas *et al.*, 2004; Basset *et al.*, 2004; Pinna *et al.*, 2007).

La struttura tassonomica delle comunità di macroinvertebrati bentonici presenti in un sito è il risultato di un insieme di fattori biotici e abiotici che integrano i cambiamenti ambientali nelle caratteristiche fisiche, chimiche ed ecologiche del loro habitat sia su scala spaziale che temporale.

I vantaggi dell'uso dei macroinvertebrati nel biomonitoraggio sono legati principalmente ad alcune loro caratteristiche quali ubiquità, cicli vitali abbastanza lunghi se comparati con quelli di altri gruppi, relativa facilità di campionamento, capacità di risposta a perturbazioni ambientali.



Figura 4: Organismi appartenenti al macrobenthos marino (da <http://www.atlantezoolinv.unito.it/>)

Le stazioni di campionamento (figura 5) di *macrobenthos* sono state collocate sia nelle zone di eventuale perturbazione termica sia in zone limitrofe non esposte alla perturbazione ma con caratteristiche di *habitat* (batimetrica, composizione del substrato, correntometria locale, etc.) simili.

Nello specifico, nel tratto di mare compreso tra Punta S. Agostino (estremo Nord) e Capo Linaro (estremo Sud) sono state individuate nove stazioni di campionamento a tre profondità (-4, -8 e -16 m) lungo tre transetti collocati nelle aree di seguito descritte:

- area A, in corrispondenza di Punta S. Agostino;
- area B, in corrispondenza dello scarico a mare delle acque di raffreddamento della Centrale di Torrevaldaliga Nord;
- area E, circa 2000 m a nord-ovest dello scarico della Centrale.

I campionamenti¹ sono stati effettuati manualmente da un biologo, il quale ha prelevato tre campioni (3 repliche) per ogni stazione in modo da valutarne la variabilità delle grandezze controllate.

I campioni di sedimento sono stati prelevati manualmente da personale subacqueo mediante grattaggio del substrato in un quadrato 20 x 20 cm in tre repliche (1°, 2° e 3°), vagliati su setaccio con maglia di 1 mm e conservati in formaldeide al 4%. In laboratorio sono stati smistati (sorting) nei singoli taxa al microscopio binoculare e successivamente identificati fino al più basso livello tassonomico possibile (la specie per la maggior parte degli esemplari). Gli individui di ciascuna specie sono stati conteggiati e conservati in alcool (70%).

Per la determinazione tassonomica degli individui e le caratteristiche ecologiche delle specie rinvenute sono stati consultati i principali testi di bibliografia ecologico-tassonomica (es. Fauvel, 1923 e 1927; Bouvier, 1923; Tortonese, 1965; Naylor, 1972; Parenzan, 1970, 1974 e 1976; D'Angelo e Gargiullo, 1978; Bianchi, 1981; Bellan-Santini et al., 1982, 1989, 1993; Cottiglia, 1983; Holdich & Jones, 1983; Cossignani et al., 1992; Falciai & Minervini, 1992; Giannuzzi-Savelli et al., 1999, 2001, 2002, 2003; Riedl, 2005) e sono stati utilizzati stereomicroscopi (mod. Wild Heerbrugg - 50x) e microscopi ottici (mod. Optika - 1000x).

¹ Per la selezione del metodo di campionamento si è fatto riferimento ai manuali di bentologia delle serie IBP o FAO (Holme & McIntyre, 1971; Stim, 1981; Gray e coll., 1992).



Figura 5: Stazioni di campionamento per Macrozoobenthos (fonte: Google Earth).

2.3 Posidonia oceanica

La *Posidonia oceanica* è una fanerogama marina presente esclusivamente nel Mediterraneo, bacino nel quale ha trovato le condizioni ambientali ottimali di temperatura, salinità e trasparenza delle acque.

È normalmente distribuita a profondità comprese tra 1 e 30 metri, con il limite inferiore che in genere è funzione della trasparenza delle acque in quanto la luce è il principale fattore limitante; colonizza ampie aree dei fondali mediterranei sabbiosi o detritici formando vere e proprie praterie sommerse, che costituiscono una delle componenti fondamentali dell'equilibrio e della ricchezza dell'ambiente litorale costiero.

La pianta è costituita da un fusto, il rizoma, in grado di svilupparsi sia orizzontalmente (plagiotropo) sia verticalmente (ortotropo), consentendo il primo l'ancoraggio della pianta al suolo anche grazie all'apparato radicale e il secondo l'incremento dell'altezza evitando l'insabbiamento.

Dal rizoma si origina l'apparato radicale che, fissandosi nel substrato, consente l'assorbimento delle sostanze nutritive. Dagli apici vegetativi si sviluppano ciuffi di 6 o 7 foglie nastriformi, larghe circa 1 cm, che possono raggiungere la lunghezza di 1 metro.

Le praterie di *Posidonia* hanno un significato ecologico di elevata importanza in quanto rappresentano un ecosistema di rilievo per la fascia costiera in termini di produzione di biomassa particolarmente elevata (circa 38 tonnellate annue di sostanza secca per ettaro) che si pone alla base di una complessa rete trofica; la produzione è tale da farla ritenere la più forte concentratrice di materia vivente del Mediterraneo.

La *Posidonia*, agendo come barriera, protegge sia le coste sia le spiagge dall'erosione smorzando il moto ondoso. Inoltre è importante per la produzione di ossigeno: è stato stimato che attraverso i processi fotosintetici un metro quadrato di prateria è in grado di produrre giornalmente da 10 a 15 litri di ossigeno.

Nella prateria sono rappresentati quasi tutti i gruppi zoologici (400 specie vegetali e circa 1.000 specie animali), da forme molto semplici come spugne e celenterati a forme più complesse come crostacei, molluschi, echinidi sino a vertebrati come i pesci; costituisce riparo ed è un'area di riproduzione per molti pesci, cefalopodi e bivalvi.

Le modalità di crescita della fanerogama determinano un innalzamento anche di diversi metri del fondo marino dando origine a forme a "terrazzo" (le "matte" secondo il termine francese), che tramite il sovrapporsi di molteplici strati radicali, consentono di intrappolare il sedimento e consolidare il fondale.

La prateria svolge così un ruolo fondamentale nell'edificazione e nella protezione del litorale, di cui garantisce la stabilità, riparandolo dalle correnti e dall'energia del moto ondoso.

Le indagini relative alla *Posidonia oceanica* sono state condotte nella stagione invernale come previsto dal Piano di monitoraggio.

Le stazioni di campionamento per la *Posidonia* (Figura 6) coincidono con quelle del macrobenthos e sono state collocate sia nelle zone eventualmente esposte alla perturbazione termica sia in zone limitrofe non esposte, ma con caratteristiche di *habitat* (batimetrica, composizione del substrato, correntometria locale, etc.) simili.

Pertanto, analogamente al *macrobenthos*, nel tratto di mare studiato sono state individuate nove stazioni di campionamento a tre profondità (-4, -8 e -16 m) lungo tre transetti collocati nelle aree di seguito descritte:

- area A, in corrispondenza di Punta S. Agostino
- area B, in corrispondenza dello scarico a mare delle acque di raffreddamento della centrale di Torrevaldaliga Nord
- area E, circa 2000 m a nord-ovest dello scarico della Centrale.

In ogni stazione di campionamento sono stati prelevati cinque fasci di *Posidonia oceanica* per lo studio fenologico e successivamente è stato effettuato il conteggio "in situ" di tutti

i fasci di *Posidonia oceanica* presenti su area di superficie nota (50 x 50 cm) per la stima della loro densità.



Figura 6: Stazioni di campionamento per *Posidonia oceanica* (fonte: Google Earth)



Figura 7: Fanerogama marina *Posidonia oceanica*



Figura 8: Campionamento e preparazione dei fasci di Posidonia

I campionamenti e i conteggi relativi alla stima della densità della *Posidonia* sono stati compiuti mediante biologi subacquei.

I dati di densità sono stati anche rapportati alle cinque classi proposte da Giraud (1977). Tale classificazione propone il seguente ordinamento:

Densità fasci m ²	Qualità della prateria
> 700	Molto densa
400 – 700	Densa
300 – 400	Rada
150 – 300	Molto rada
50 – 150	Semi prateria
< 50	Non classificabile

- classe I (prateria molto densa): più di 700 fasci per m²; praterie che hanno una maggioranza di rizomi ad accrescimento verticale e che tendono a svilupparsi in un solo piano; in questa classe si trova la maggior parte delle praterie su matte (mai quelle su sabbia o fango), poste tra 0 e 25 m di profondità, occasionalmente più profonde ma in nessun caso al limite inferiore;
- classe II (prateria densa): da 400 a 700 fasci per m²; praterie all'inizio della degenerazione o alla fine della trasgressione, tendenti progressivamente ad una crescita nel solo piano verticale; anche le praterie appartenenti a questa classe si trovano per la maggior parte tra 0 e 25 m;
- classe III (prateria rada): da 300 a 400 fasci per m²; stadio di transizione in cui le praterie sono in una condizione di rottura dell'equilibrio con tendenza alla regressione o sono in stato di equilibrio dinamico; queste praterie si trovano su tutti i substrati e a tutte le profondità;
- classe IV (prateria molto rada): da 150 a 300 fasci per m²; praterie in regressione (presenza di rizomi sprovvisti di foglie) o in rimaneggiamento (posta su una matte priva di sedimento con i bordi tendenti a crollare) in seguito a un fenomeno d'erosione, oppure praterie in via di colonizzazione del substrato;
- classe V (semi-prateria): da 50 a 150 fasci per m²; in genere queste praterie sono poste al limite inferiore della ripartizione verticale, al di là dei 20 m di profondità su sabbia fangosa o fango; queste praterie hanno la maggiore tendenza alla regressione in quanto situate al limite di tolleranza della specie.

Le indagini fenologiche sono state effettuate su 5 fasci per stazione, attraverso l'utilizzo dei seguenti descrittori morfometrici (figura 9):

- larghezza
- lunghezza totale
- presenza della ligula
- presenza di tessuto bruno
- stato dell'apice.

Le foglie vengono separate nelle seguenti categorie:

- giovanili, lunghe meno di cinque centimetri e senza ligula;
- intermedie, lunghe più di cinque centimetri e senza ligula;
- adulte, con ligula.

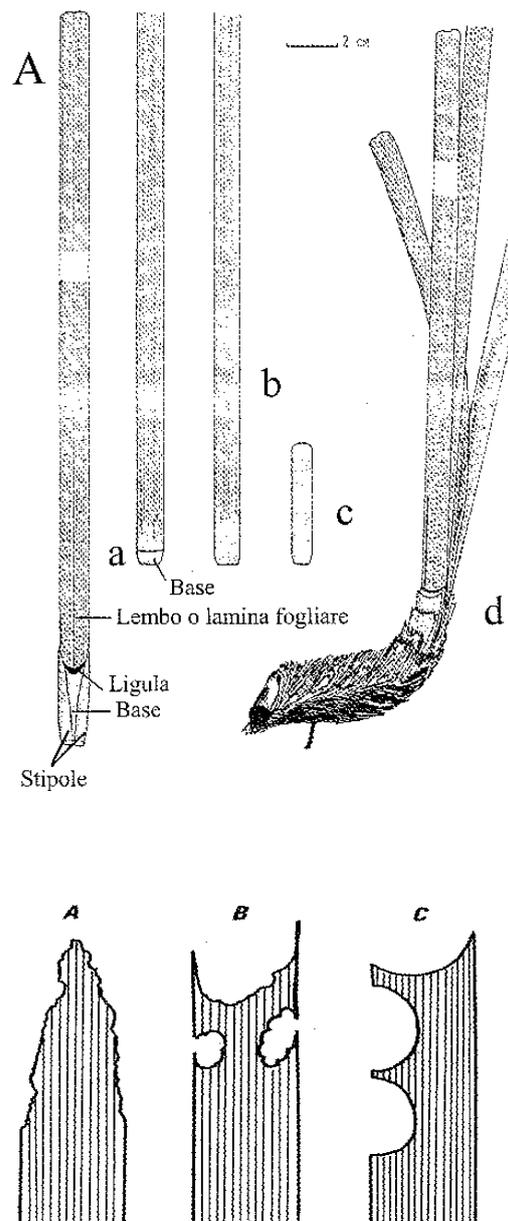


Figura 9: *Posidonia oceanica*:

In alto a) foglia adulta, b) foglia intermedia, c) foglia giovanile; d) rizoma ricoperto da scaglie e fascio fogliare. In basso Tracce di erbivoria (o "pascolo") su foglie di *Posidonia oceanica*: a) *Paracentrotus lividus* e altri echinodermi, b) peracaridi (crostacei), c) *Salpa salpa* (da SIBM – APAT – ICRAM "Manuale di metodologie di campionamento e studio del bentos marino mediterraneo" (2003) Gambi M.C., Dappiano M Ed., - Vol. 10 Suppl.)

Sulla base delle misurazioni effettuate sull'apparato fogliare, sono stati calcolati i seguenti parametri fenologici:

- numero medio di foglie per ciuffo delle varie categorie e in totale;
- lunghezza media delle foglie per categoria e in totale;
- larghezza media delle foglie per categoria e in totale;
- indice fogliare per fascio e per m²;
- coefficiente "A".

Fra questi parametri l'indice fogliare per fascio corrisponde alla superficie di tessuto verde (e quindi fotosintetizzante) per fascio, mentre l'indice fogliare per m² viene ottenuto moltiplicando l'indice fogliare per fascio per la densità dei fasci nella stazione studiata.

Infine, il coefficiente "A" è pari alla frazione di foglie con apice eroso sul numero totale di foglie, ed è spesso il risultato di più fattori, quali l'idrodinamismo, l'età delle foglie e il livello di presenza di erbivori. Dalle tracce, dette *bite marks*, presenti sull'apice dei lembi fogliari, è possibile riconoscere alcuni erbivori responsabili della rottura e, in particolare, distinguere il danno biologico da quello meccanico.

2.4 Analisi dei principali parametri di qualità delle acque

La determinazione dei parametri chimico-fisici eseguita *in situ* mediante sonda multiparametrica, della clorofilla *a* dei nutrienti sono state condotte a cadenza semestrale.

I campionamenti sono stati effettuati in quattro transetti di riferimento (A, B, D, E) a tre diverse distanze dalla costa (500, 1000 e 2000 m, v. figura 14), scelti opportunamente in modo tale da caratterizzare sia aree eventualmente soggette all'influenza dello scarico termico sia aree non impattate.

Nello specifico sono stati rilevati i seguenti parametri:

- temperatura, pH, salinità, trasparenza e ossigeno disciolto
- nutrienti (ortofosfato, fosforo totale, azoto totale, azoto nitrico, azoto nitroso, azoto ammoniacale)
- clorofilla *a*.



Figura 10: Stazioni di campionamento per parametri di qualità delle acque (fonte: Google Earth).

I parametri fisici sono stati rilevati in campo attraverso sonda multiparametrica Seabird 19Plus V2. I campioni per le analisi chimiche sono stati prelevati in superficie con bottiglia di Ruttner e conservati alla temperatura di 4°C.

Le metodiche analitiche applicate sono le seguenti:

Elementi	Metodo analitico	Limiti di rilevabilità
NO ₂ , NO ₃	Spettrofotometria di assorbimento molecolare	0.11 µg/l, 1.40 µg/l
PO ₄	Spettrofotometria di assorbimento molecolare	0.44 µg/l
NH ₄	Spettrofotometria di assorbimento molecolare	0.42 µg/l
N tot, P tot	Spettrofotometria di assorbimento molecolare	1.40 µg/l, 0.44 µg/l

Per la determinazione della clorofilla è stato utilizzato il metodo di Strickland & Parsons (1972).

3 ANALISI DEI DATI

Le strutture delle comunità biologiche sono state descritte tramite i seguenti parametri strutturali e indici ecologici:

- 1) dominanza (D): l'importanza quantitativa delle specie più numerose rinvenute, espressa in percentuale sul totale degli individui raccolti - il numero di specie rinvenute è stato calcolato secondo il principio de minimis, ovvero gli individui identificati come taxon indeterminato sono stati conteggiati solo se non presenti altri esemplari dello stesso taxon a livello sistematico inferiore. Inoltre il numero di individui è stato mediato per le tre repliche e riportato a 1 m² di fondale applicando la formula: $\Sigma (1^\circ, 2^\circ, 3^\circ)/0.12$, cioè dividendo la somma del numero di individui in ciascuna replica per tre volte la superficie di campionamento grattata;
- 2) abbondanza totale (N): il numero complessivo di individui per stazione;
- 3) ricchezza specifica totale (S; Pielou, 1974): il numero totale di specie presenti in ogni stazione;
- 4) diversità di specie: un parametro ottenuto rapportando l'abbondanza totale e la ricchezza specifica tra loro e con i dati relativi all'intero stock campionato; per l'analisi di questo parametro esistono diversi indici, in questo studio è stato applicato l'indice di diversità specifica di Shannon-Weaver (H'; Shannon & Weaver, 1949): $H' = - \Sigma (p_i)(\log_e p_i)$, dove p_i = frequenza numerica della specie i-esima rispetto al totale degli individui = n_i/N ; s = numero di specie;
- 5) Equitabilità di Pielou (J' - Pielou, 1974): misura della distribuzione degli individui tra le specie basata sulla teoria dell'informazione di Shannon-Wiener: $J = H'/H'_{\max}$ dove H'_{\max} = valore massimo di $H' = \log_2 S$ (se $p=1/S$).

Per il calcolo degli indici strutturali (N, S, H', J) sono stati considerati i soli taxa identificati a livello di specie.

I dati sono stati poi elaborati con tecniche di statistica multivariata su matrici quantitative "taxa x stazioni", previa trasformazione (radice quadrata), effettuando il nMDS (nonmetric Multidimensional Scaling) (Shepard, 1962 e Kruskal, 1964) e la Cluster Analysis (algoritmo del legame medio), basate sull'indice di similarità di Bray-Curtis, con il software Primer 6.1.6 (Clarke & Gorley, 2006). Il grado di corrispondenza tra la matrice di similarità e la disposizione dei punti nel diagramma MDS è stato valutato analizzando il coefficiente di stress ritenendo rappresentativa una soglia di stress ≤ 0.2 .

I contributi percentuali delle singole specie alla dissimilarità tra raggruppamenti identificati nel piano di ordinamento, nonché le similarità medie all'interno di ciascun gruppo, sono stati definiti applicando la procedura SIMPER, Similarity Percentage del software Primer 6.1.6 (Clarke & Gorley, 2006).

Le stesse analisi sono state effettuate anche per la comunità planctonica, aggiungendo tra gli indici strutturali anche l'Indice di dominanza di Simpson (D) e l'Indice di ricchezza specifica di Margalef (d), secondo le seguenti formule:

- Indice di Simpson $1-\lambda' = 1 - [\sum_i N_i(N_i-1)] / [N(N-1)]$, dove N è il numero di individui della i-esima specie; λ è la probabilità che due individui di un campione (scelti casualmente) appartengano alla medesima specie; λ è sempre ≤ 1 e assume il valore massimo in corrispondenza di comunità dominate da 1, o pochissime specie; $1-\lambda'$ corrisponde a un ulteriore indice di equitabilità (adeguato per campioni di piccole dimensioni), che assume il valore massimo quando tutte le specie sono presenti con la stessa abbondanza.
- L'indice di ricchezza specifica di Margalef (d) (Margalef, 1958), basato sul rapporto tra il numero di specie e il numero totale di individui.
Si calcola come: $d = (S-1)/\ln(N)$, dove: S= numero delle specie trovate; N= numero degli individui trovati.

La definizione delle biocenosi di appartenenza è stata condotta applicando il modello di Peres & Picard (1964) e Picard (1965). I dati sono stati utilizzati per l'applicazione dell'indice biotico AMBI (Borja et al., 2000) in riferimento all'analisi dell'impatto di sorgenti di perturbazione dell'ecosistema bentonico costiero. Tale metodo si basa sulla classificazione delle specie macrobentoniche in cinque gruppi ecologici in relazione alla loro sensibilità agli stress ambientali. Il punteggio finale dell'indice AMBI viene calcolato considerando la percentuale dell'abbondanza di ogni gruppo ecologico. Il punteggio di AMBI varia da 0 a 6 con 7 che indica sedimento azoico. Con punteggio uguale a 0 si è in una situazione non sottoposta a nessun tipo di stress. In merito all'applicazione di tale indice ai dati ottenuti si fa presente che questo indice è stato specificatamente messo a punto per la valutazione della risposta delle comunità di fondo incoerente alle variazioni di qualità dell'ambiente (Borja & Muxica, 2005). E' quindi possibile che non per tutte le specie della comunità di fondo duro si abbia a disposizione la classificazione in gruppi ecologici; per questo motivo i risultati ottenuti dall'applicazione di AMBI alle comunità di fondo duro saranno interpretati con particolare cautela.

3.1 Stato di Qualità Ecologica

La qualità ecologica delle 9 stazioni è stata valutata mediante l'applicazione dell'indice macrobentonico M-AMBI (Muxika *et al.*, 2007) alla matrici di specie/abbondanza della macrofauna. L'indice M-AMBI consiste in un'analisi statistica multivariata in cui l'analisi fattoriale combina i valori di AMBI, con quelli di diversità di Shannon-Wiener (H') e numero di specie (S). Il software con cui viene calcolato è il medesimo di AMBI (www.azti.es) da applicarsi con l'ultimo aggiornamento già disponibile della lista delle specie.

Si basa sulla classificazione delle specie macrobentoniche in 5 gruppi ecologici (EG) che corrispondono a differenti livelli di sensibilità (Borja *et al.*, 2000). Il gruppo EGI comprende le specie più sensibili; seguendo un gradiente di tolleranza si arriva fino al gruppo EGV, che comprende le specie maggiormente opportuniste, caratteristiche di ambienti fortemente inquinati. L'indice AMBI è calcolato come:

$$\text{AMBI} = [(0 * \% \text{EGI}) + (1,5 * \% \text{EGII}) + (3 * \% \text{EGIII}) + (4,5 * \% \text{EGIV}) + (6 * \% \text{EGV})] / 100$$

Il valore ecologico (EG) dei taxa bentonici è riportato nella libreria di AMBI. Se ad alcune specie non viene assegnato un valore ecologico, in quanto la specie non è presente nella libreria di AMBI, la veridicità del risultato può essere compromessa. Tale situazione si presenta se: a) la percentuale di non assegnati >20%, b) i taxa non appartenenti ad alcun gruppo presentano un elevato numero di individui. Come riportato dagli autori, AMBI sembra perdere efficacia quando il numero di taxa è ridotto (1-3), il numero di individui è esiguo, o in caso di naturale arricchimento organico, situazione tipica degli ambienti di transizione (Borja & Muxika, 2005).

Grazie alla modalità di calcolo l'indice M-AMBI, è in grado di riassumere la complessità delle comunità di fondo mobile, permettendo una lettura ecologica dell'ecosistema in esame. M-AMBI corregge i valori di qualità definiti da AMBI attraverso l'integrazione della diversità e della ricchezza specifica. L'utilizzo di M-AMBI per le acque marino-costiere si è dimostrato di notevole efficacia.

M-AMBI è uno strumento estremamente duttile per la derivazione dell'EQR, in quanto richiede, l'immissione da parte dell'operatore dei valori limite (equivalenti ai valori di riferimento) per H', S e AMBI.

Il valore dell'M-AMBI varia tra 0 e 1 e corrisponde al Rapporto di Qualità Ecologica (RQE).

Nella tabella che segue vengono riportati:

- i valori di riferimento tipo-specifici per ciascuna metrica che compone l'M-AMBI;
- i limiti di classe dell'M-AMBI, espressi in termini di rapporto di qualità ecologica (RQE), tra lo stato Elevato e lo stato Buono, e tra lo stato Buono e lo stato Sufficiente, come previsto dalla normativa vigente.

I valori delle condizioni di riferimento e i relativi limiti Buono/Sufficiente ed Elevato/Buono descritti in tabella devono intendersi relativi al solo macrotipo 3 (bassa stabilità), a ora l'unico ritenuto presente in Italia.

Macrotipo	Valori di riferimento			RQE	
	AMBI	H'	S	Elevato/Buono	Buono/Sufficiente
3	0.5	4	30	0.81	0.61

In assenza di indicazioni relative a valori di riferimento e limiti di classe da utilizzarsi per l'applicazione di M-AMBI su substrato duro, in questo studio si farà riferimento al Macrotipo 3, il solo indicato nel DM 260/2010.

4 RISULTATI

Di seguito sono descritti e commentati i risultati delle indagini eseguite nell'anno 2016, e la tabella seguente riassume le analisi effettuate:

Stagione	Descrittori
Inverno	Plancton (zooplancton e fitoplancton) Qualità delle acque
Primavera	Plancton (zooplancton e fitoplancton)
Estate	Plancton (zooplancton e fitoplancton) Qualità delle acque <i>Posidonia oceanica</i> Macrozoobenthos
Autunno	Plancton (zooplancton e fitoplancton)

4.1 Fitoplancton

Si riportano di seguito i risultati delle quattro campagne stagionali condotte nell'anno 2016 per la valutazione quali-quantitativa della comunità fitoplanctonica.

Nella denominazione dei campioni le diciture I, II e III fanno riferimento rispettivamente al primo, secondo e terzo giorno di campionamento per le stazioni A, B, D ed E.

Le Appendici citate sono riportate nei file allegati al presente rapporto.

4.1.1 Inverno 2016

Nell'Appendice I viene riportata la lista tassonomica e le abbondanze del fitoplancton campionato nell'inverno 2016.

Le abbondanze cellulari di tali campionamenti non hanno evidenziato differenze significative tra le stazioni.

La variabilità tra i campionamenti è stata nel complesso vicina all'errore metodologico del 20%. Non sono riconoscibili andamenti comuni nelle repliche e, data la scarsa variabilità, non sarebbero comunque significativi.

Per quanto riguarda il biovolume e, di conseguenza, le biomasse, la presenza di dinoflagellate ha determinato una maggiore variabilità delle repliche. Tuttavia, la loro abbondanza relativa non ha mai superato il 2% e sono, quindi, da considerare rare.

L'abbondanza cellulare è variata tra 0.47×10^6 cell/L nella stazione Porto D-III (26/03/2016) e 0.85×10^6 cell/L nella stazione Sant'Agostino A-I (24/03/2016).

Qui di seguito il dettaglio delle medie e deviazioni standard per ciascuna stazione:

$$A=0.70 \pm 0.16 \times 10^6 \text{ cell/L;}$$

$$B=0.73 \pm 0.15 \times 10^6 \text{ cell/L (due osservazioni);}$$

$$D=0.54 \pm 0.07 \times 10^6 \text{ cell/L;}$$

$$E=0.64 \pm 0.13 \times 10^6 \text{ cell/L.}$$

Le abbondanze relative delle diatomee sono variate tra 43.4% e 76.3% e, solo in due campionamenti (A-III ed E-III), sono state inferiori al 50%. La restante parte della comunità era costituita da nanoflagellate (forme flagellate di piccole dimensioni, circa 5 μm), per le quali con la corrente tecnica di analisi non è possibile un maggior dettaglio tassonomico. Il contributo delle altre classi, Cryptophyceae e Dinophyceae, è risultato trascurabile. Non si rilevano particolari differenze tra le quattro stazioni in termini di specie. *Asterionellopsis glacialis* è risultata sempre dominante e contributi significativi sono stati registrati per *Chaetoceros* spp. e *Pseudonitzschia* spp. Solo nella stazione TVN B-II (25/03/2016) c'è stato un contributo al 23.6% di *Thalassiosira* cf. *minima*, mentre nel resto dei campioni è stato <1.50%.

Le forme osservate sono tutte caratteristiche di ambienti pelagici e solo sporadicamente sono state rinvenute specie tipicamente bentoniche, soprattutto in Sant'Agostino A e TVN B, a indicazione di una minore profondità e di fenomeni di risospensione.

Le figure seguenti riportano i valori degli indici strutturali di comunità a ciascuna stazione nell'inverno 2016.

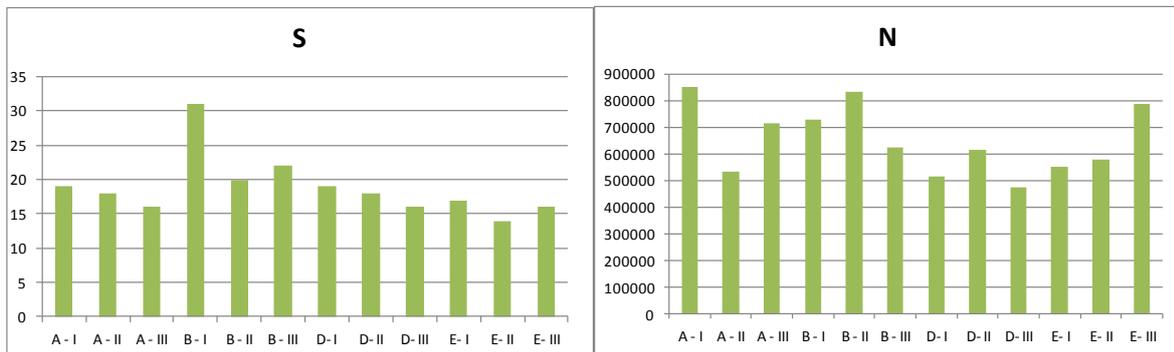


Figura 11: Valori del numero di taxa (S) e dell'abbondanza di individui (N) nelle 12 stazioni

Il numero di taxa (S, Fig. 11) risulta essere compreso tra 14 e 31, e non si notano variazioni notevoli tra giorno e giorno di campionamento. I più elevati valori di abbondanza (N, Fig. 11) sono stati registrati in A-I e B-II (oltre 800000 cells/L). Nelle restanti stazioni la densità fitoplanctonica oscilla tra 780000 (E-III) e 470000 (D-III) cells/L.

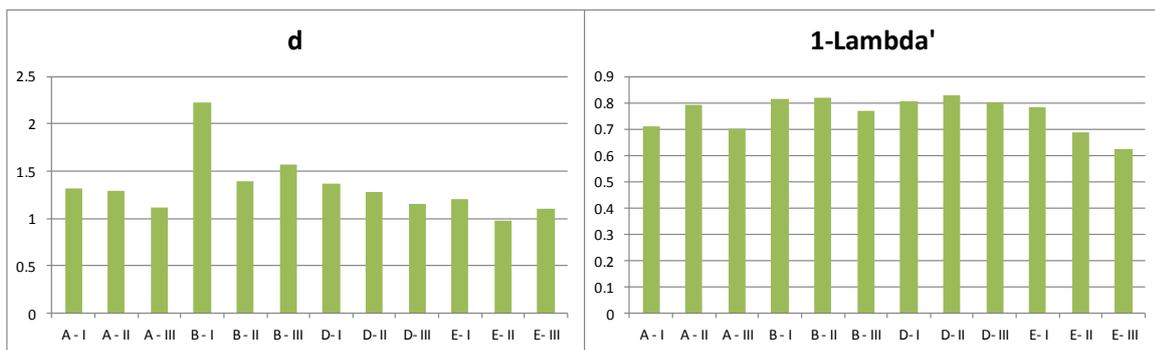


Figura 12. Valori dell'indice di ricchezza specifica di Margalef (d) e dominanza di Simpson ($1/\lambda'$) nelle 12 stazioni

L'indice di ricchezza specifica di Margalef (d, Fig. 12), in accordo con il valore di S, raggiunge il valore massimo in B-I; i restanti punti evidenziano una notevole omogeneità sia entro che tra le stazioni. I valori di ricchezza specifica variano da 2.22 in B-I a 0.98 in E-II. Il valore di dominanza di Simpson risulta maggiore in D-II (0.83) e minore in E-III (0.62).

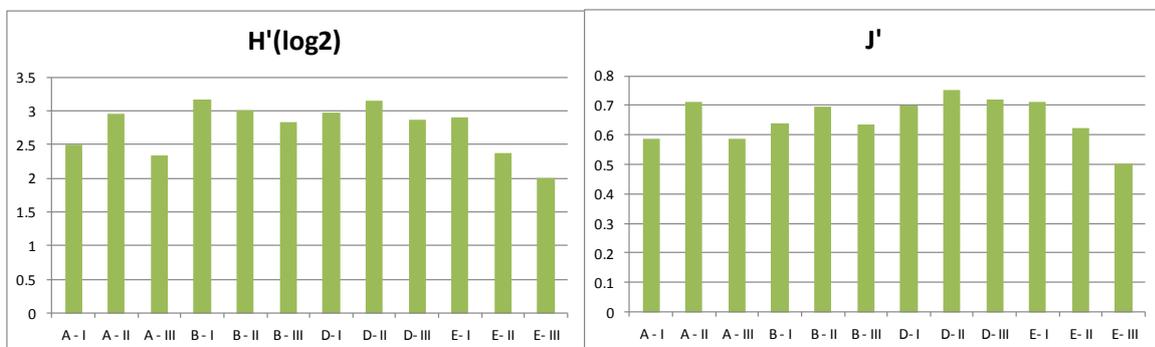


Figura 13: Valori dell'indice di diversità di Shannon-Wiener (H') e di evenness di Pielou (J') nelle 12 stazioni

L'indice di diversità di Shannon (H', Figura 13) presenta una bassa variabilità tra le stazioni di aree differenti, variando da un minimo di 2 in E-III a un massimo di 3.1 in D-II.

L'indice di evenness di Pielou (J') presenta in generale valori relativamente elevati: l'indice varia da 0.5 in E-III a 0.75 in D-II.

Nell'Appendice II vengono riassunti i valori degli indici strutturali di comunità.

Le Figure 14 e 15 mostrano i diagrammi di classificazione mediante cluster-analysis e di ordinamento mediante nMDS.

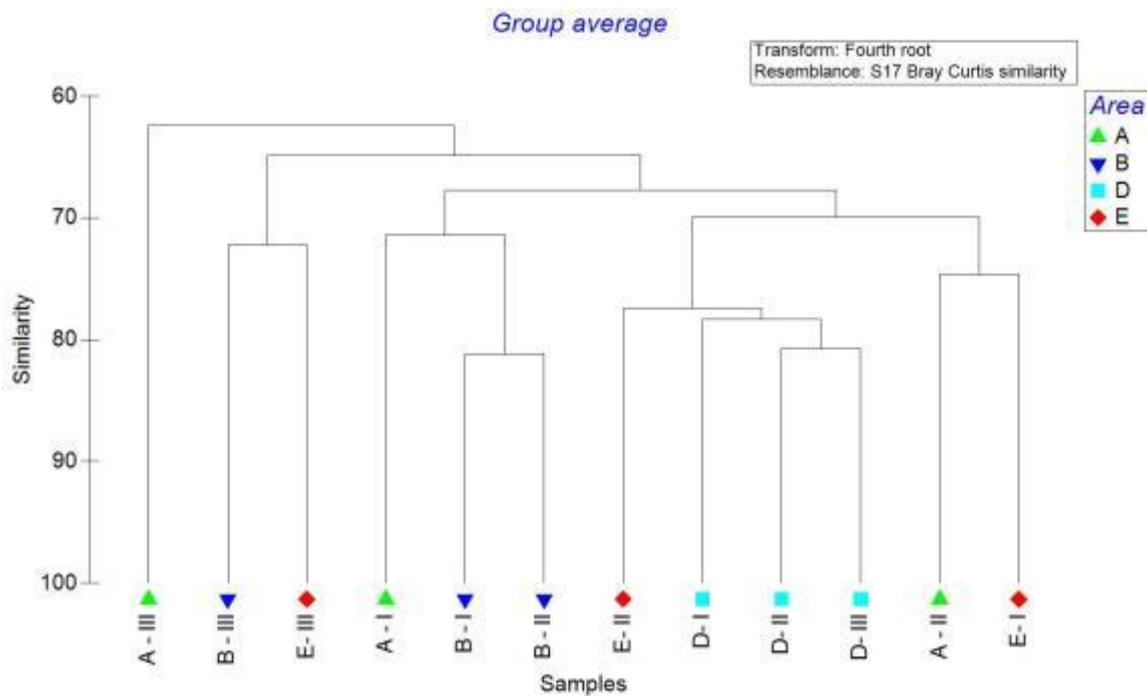


Figura 14: cluster-analysis.

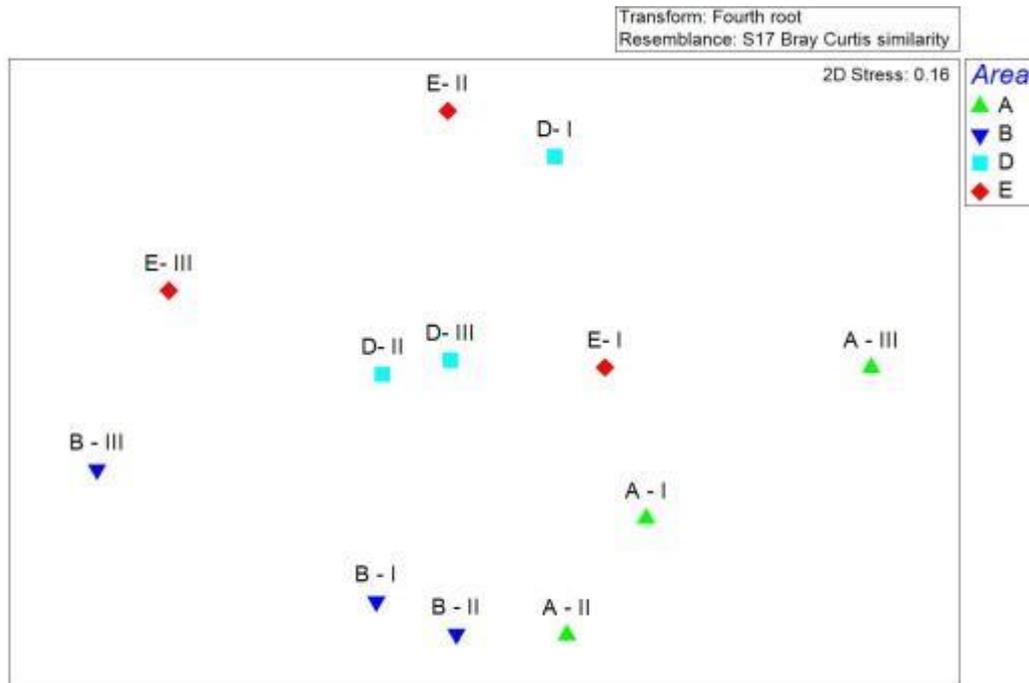


Figura 15: nMDS.

Nel raggruppamento mediante cluster-analysis (Fig. 14), confermato dal diagramma del nMDS (Fig. 15) si nota come i punti stazione si aggregano in maniera non ben definita: aree e giorni risultano sovradispersi tra loro, fatta eccezione forse per la stazione V.Fanciullo, i cui punti segregano nel medesimo cluster.

L'analisi SIMPER (Appendice III) evidenzia come, in inverno, la similarità tra ed entro stazioni sia abbastanza elevata.

La maggior omogeneità di struttura della comunità fitoplanctonica nelle varie stazioni si riscontra per l'area Porto (similarità: 79.2%), seguita da TVN (similarità: 72.4%), da V. Fanciullo (similarità: 66.9%), mentre la più bassa viene riscontrata nell'area P.S. Agostino (similarità: 66.6%).

La composizione strutturale tra aree risulta omogenea e caratterizzata da bassi valori di dissimilarità nei confronti appaiati. La maggior dissimilarità tra stazioni si riscontra tra P. S. Agostino e TVN (dissimilarità: 36.1%).

4.1.2 Primavera 2016

Nell'Appendice I viene riportata la lista tassonomica e le abbondanze del fitoplancton campionato nella primavera 2016.

Le abbondanze cellulari hanno evidenziato differenze statisticamente significative (one-way ANOVA per $p < 0.05$) tra la stazione Porto D e le altre tre aree di studio.

La variabilità tra i campionamenti giornalieri in ciascuna stazione è stata sempre inferiore all'errore metodologico del 20%. Nelle stazioni A e B non sono riconoscibili andamenti comuni nelle repliche e, data la scarsa variabilità, non sarebbero comunque significativi. Un lieve andamento crescente nelle tre giornate è stato, invece osservato alle stazioni D e E.

Per quanto riguarda il biovolume e, di conseguenza, le biomasse, la presenza di dinoflagellate ha determinato una maggiore variabilità delle repliche delle stazioni A e B, con un picco nella seconda giornata per entrambe le aree. Tuttavia, la loro abbondanza relativa non ha mai superato il 1.5% e sono, quindi, da considerare rare.

L'abbondanza cellulare (Fig. 16) è variata tra 4.41×10^6 cell/L nella stazione Porto D-I (03/06/2016) e 10.9×10^6 cell/L nella stazione TVN B III (05/06/2016). Qui di seguito il dettaglio delle medie e deviazioni standard per ciascuna stazione:

$$A = 8.31 \pm 0.60 \times 10^6 \text{ cell/L};$$

$$B = 9.48 \pm 1.36 \times 10^6 \text{ cell/L};$$

$$D = 5.06 \pm 0.60 \times 10^6 \text{ cell/L};$$

$$E = 7.55 \pm 1.42 \times 10^6 \text{ cell/L}.$$

Le abbondanze relative delle diatomee sono variate tra 58.7% e 83.72%. La restante parte della comunità era costituita da nanoflagellate (forme flagellate di piccole dimensioni, circa 5 μm), per le quali con la corrente tecnica di analisi non è possibile un maggior dettaglio tassonomico. Il contributo delle altre classi, Cryptophyceae e Dinophyceae, è risultato trascurabile.

Non si rilevano particolari differenze tra le quattro stazioni in termini di specie data la forte dominanza di *Leptocylindrus convexus*. La comunità ha presentato forme coloniali dei generi *Chaetoceros*, *Guinardia* e *Pseudonitzschia* ma con contributi trascurabili rispetto alla fioritura di *L. convexus*. Le forme osservate sono tutte caratteristiche di ambienti pelagici e solo sporadicamente sono state rinvenute specie tipicamente bentoniche o epifite.

Il numero di taxa (Fig. 16) risulta compreso tra i valori di 16 (B-II) e 10 (B-I).

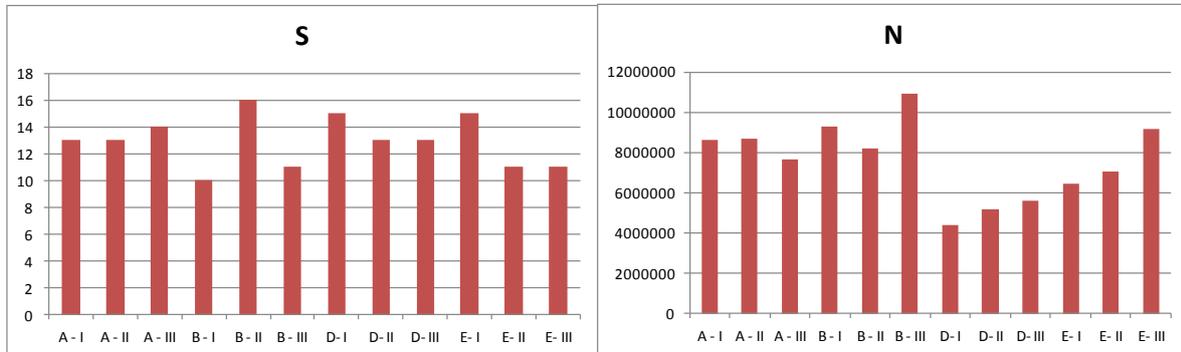


Figura 16. Valori del numero di taxa (S) e dell'abbondanza di individui (N) nelle 12 stazioni

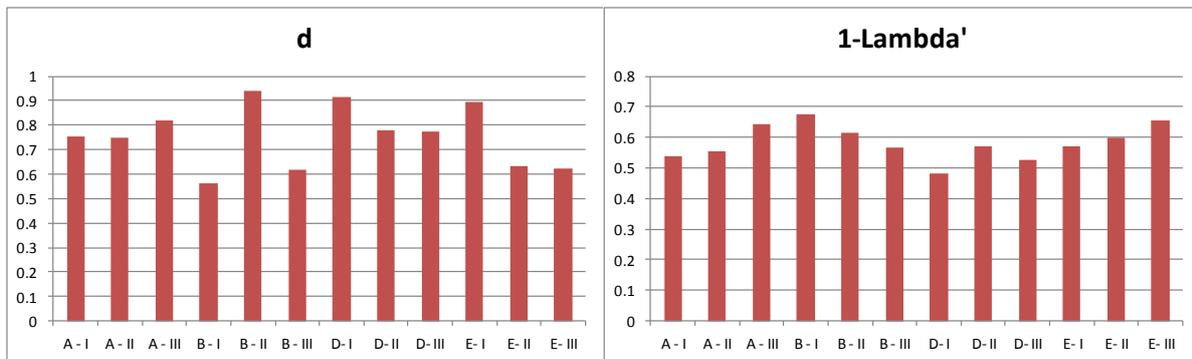


Figura 17. Valori dell'indice di ricchezza specifica di Margalef (d) e dominanza di Simpson (1-λ') nelle 12 stazioni

L'indice di ricchezza specifica di Margalef (d, Fig. 17), evidenzia una certa disomogeneità in particolar modo entro B, ove si riscontra il valore minimo pari a 0.56 (B-I). I valori di ricchezza specifica più elevati vengono registrati alle stazioni B (B-II: 0.94) e D (D-I: 0.91). La dominanza di Simpson (Fig. 17) risulta relativamente omogenea per tutte le stazioni compresa tra i valori di 0.48 (D-I) e 0.68 (B-I).

La Fig. 18 riporta i valori di diversità di Shannon-Wiener (H') e di equiripartizione di Pielou (J'). La diversità varia tra un valore minimo di 1.64 (A-II), e valori massimi attorno a 2.1 (A-III, B-II). La evenness è relativamente bassa, e oscilla tra 0.44 (D-I) e 0.6 (B-I).

Nell'Appendice II vengono riassunti i valori degli indici strutturali di comunità.

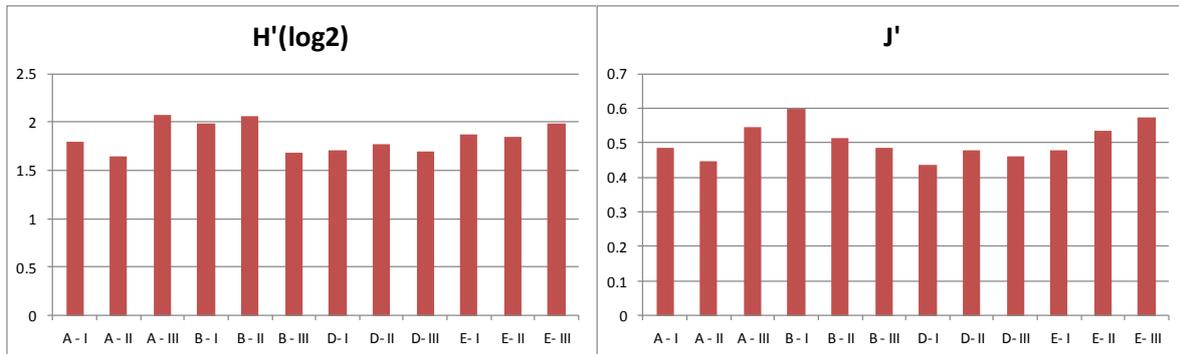


Figura 18 Valori dell'indice di diversità di Shannon-Wiener (H') e di evenness di Pielou (J') nelle 12 stazioni

Le Figure 19 e 20 mostrano i diagrammi di classificazione mediante cluster-analysis e di ordinamento mediante nMDS.

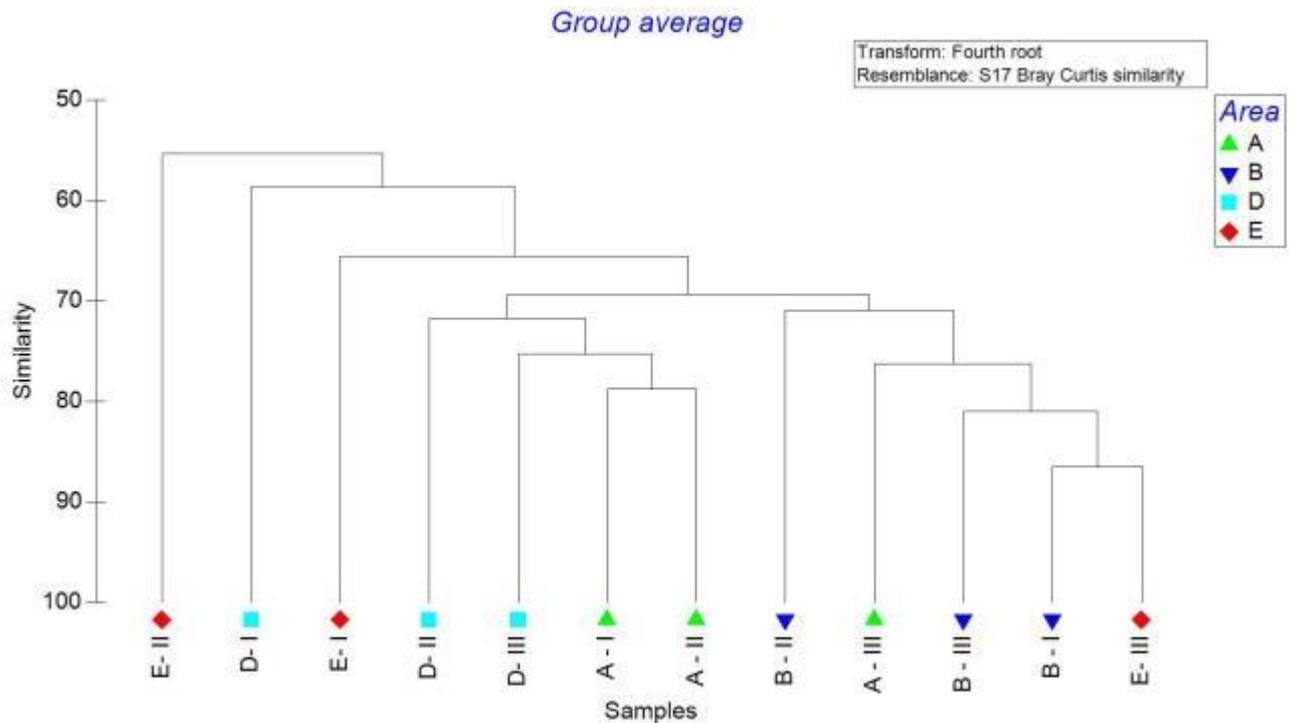


Figura 19. Primavera 2016: cluster-analysis.

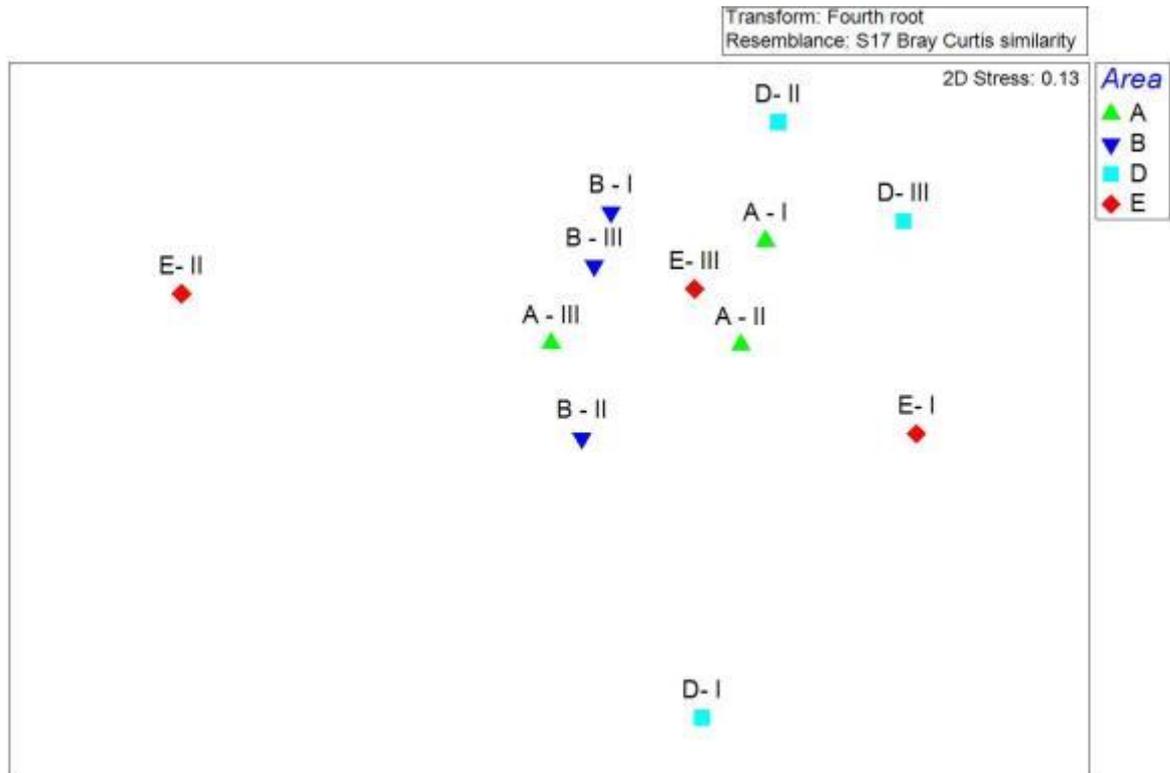


Figura 20. Primavera 2016: nMDS.

L'analisi di classificazione e ordinamento mostra una sostanziale omogeneità nella struttura di comunità del fitoplancton. Da questo quadro si discostano marginalmente i punti E-II e D-I.

L'analisi SIMPER (Appendice III) evidenzia come in primavera si riscontri una notevole omogeneità all'interno di ciascuna area, fatta forse eccezione per V.Fanciullo (E, similarità: 59.5%). La omogeneità nella struttura della comunità fitoplanctonica risulta maggiore per le aree P. S.Agostino (A, similarità: 74.2%), seguite da TVN (B, similarità: 72.2%), e infine Porto (D, similarità: 63.2%). La minor dissimilarità tra aree si riscontra tra P. S.Agostino e TVN (dissimilarità: 26.5%), mentre la maggiore tra TVN e V. Fanciullo (dissimilarità: 37.95%).

4.1.3 Estate 2016

Nell'Appendice I viene riportata la lista tassonomica e le abbondanze del fitoplancton campionato nel Luglio 2016.

Considerando tutte le stazioni insieme le abbondanze cellulari dei campionamenti del mese di luglio 2016 hanno evidenziato differenze statisticamente significative (one-way ANOVA per $p < 0.001$). Confrontando le stazioni a coppie solo le stazioni TVN B e Porto D sono risultate simili in termini di abbondanze. La variabilità tra i campionamenti giornalieri in ciascuna stazione è stata inferiore all'errore metodologico del 20% nelle stazioni A, D ed E, mentre le repliche nella stazione B hanno presentato differenze significative. In nessuna stazione sono riconoscibili andamenti comuni nelle repliche e, data la scarsa variabilità, anche in questo caso non sarebbero comunque significativi.

Per quanto riguarda il biovolume e, di conseguenza, le biomasse, la presenza di dinoflagellate ha determinato una maggiore variabilità delle repliche delle stazioni A, B ed E. Rispetto alle altre osservazioni relative alle stagioni precedenti, la loro abbondanza relativa è stata più alta fino ad arrivare al 6,48%.

L'abbondanza cellulare è variata tra 1.05×10^6 cell/L nella stazione V.Fanciullo E-III (13/07/2016) e 5.55×10^6 cell/L nella stazione TVN B I (11/07/2016).

Qui di seguito il dettaglio delle medie e deviazioni standard per ciascuna stazione:

$$A = 1.95 \pm 0.13 \times 10^6 \text{ cell/L};$$

$$B = 4.87 \pm 1.01 \times 10^6 \text{ cell/L};$$

$$D = 3.98 \pm 0.49 \times 10^6 \text{ cell/L};$$

$$E = 1.08 \pm 0.02 \times 10^6 \text{ cell/L}.$$

Le abbondanze relative delle diatomee sono variate tra 24.5% e 63.8%. Tuttavia quasi tutte le osservazioni hanno evidenziato valori inferiori al 40% e solo in AI DIII ed EI il contributo delle diatomee è stato del 46.8%, 42.9% e 63.8%, rispettivamente.

La restante parte della comunità era costituita, in ordine decrescente, da nanoflagellate (forme flagellate di piccole dimensioni, circa 5 μm), Cryptophyceae, Dynophyceae e Chlorophyceae. Rispetto a precedenti campionamenti le abbondanze di Cryptophyceae e Dynophyceae sono state significativamente maggiori.

Tra le diatomee, la comunità delle 4 stazioni è risultata caratterizzata, in ordine decrescente, da *Nitzschia frustulum*, diatomea pennata solitaria di piccole dimensioni (ca. 15-20 μm), da *Chaetoceros tenuissimus*, diatomea centrica solitaria anch'essa di piccole dimensioni (ca. 10 μm) e da *Cylindrotheca closterium*, diatomea pennata solitaria di dimensioni ca. 25-30 μm .

Il contributo di forme pelagiche di grandi dimensioni coloniali, come *Chaetoceros*, *Guinardia*, *Leptocylindrus* e *Pseudonitzschia* è stato sporadico e solo occasionalmente maggiore del 2% dell'intera comunità.

La Figura 21 mostra l'andamento del numero di specie (S) e dell'abbondanza registrata (N), mentre la Fig. 22 mostra gli andamenti di ricchezza specifica (d) e dominanza di Simpson.

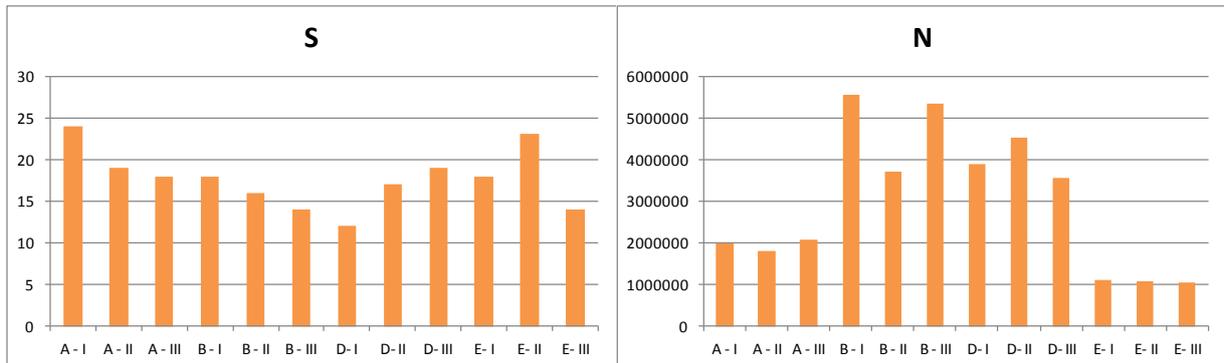


Figura 21. Valori del numero di taxa (S) e dell'abbondanza di individui (N) nelle 12 stazioni

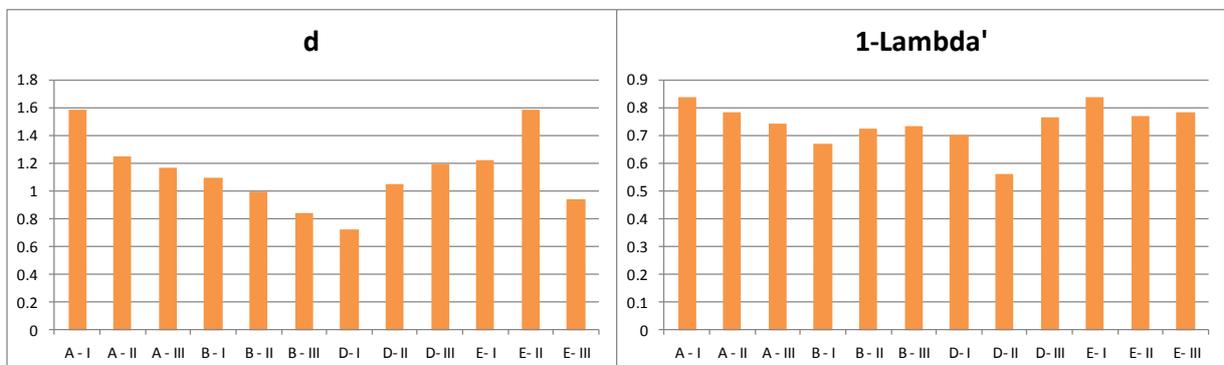


Figura 22. Valori dell'indice di ricchezza specifica di Margalef (d) e dominanza di Simpson ($1-\lambda'$) nelle 12 stazioni

Il numero di specie è risultato compreso tra 12 (D-I) e 24 (A-I). Le stazioni A ed E hanno mostrato abbondanze significativamente inferiori rispetto a B e D. La ricchezza specifica di Margalef è compresa tra 0.72 (D-I) e 1.6 (A-I, E-II), mentre la dominanza di Simpson è abbastanza omogenea e presenta un valore minimo in D-II (0.56).

Le variazioni strutturali in tutte le stazioni sono state evidenziate dai valori dell'indice di diversità di Shannon-Wiener e di evenness di Pielou (Fig. 23).

Nell'Appendice II vengono riassunti i valori degli indici strutturali di comunità.

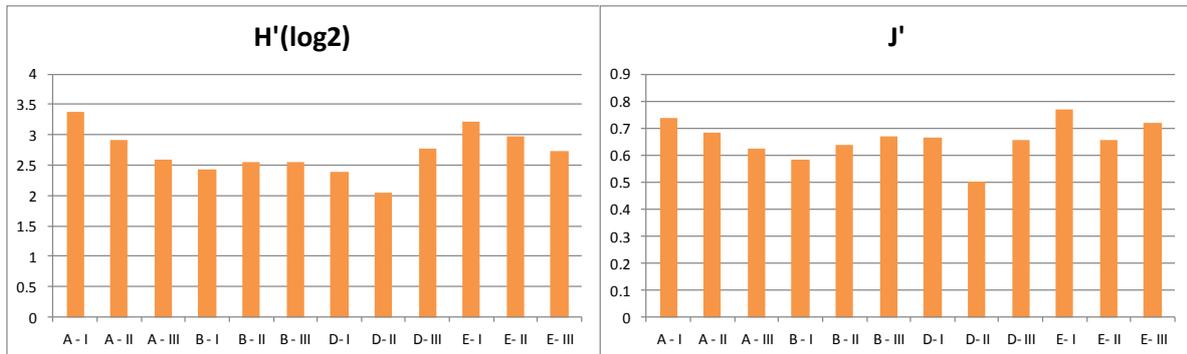


Figura 23 Valori dell'indice di diversità di Shannon-Wiener (H') e di evenness di Pielou (J') nelle 12 stazioni

Le Figure 24 e 25 mostrano i diagrammi di classificazione mediante cluster-analysis e di ordinamento mediante nMDS.

Le stazioni B e D da un lato, e le stazioni A ed E dall'altro paiono segregare leggermente a parte, confermando le differenze strutturali evidenziate dall'analisi degli indici univariati.

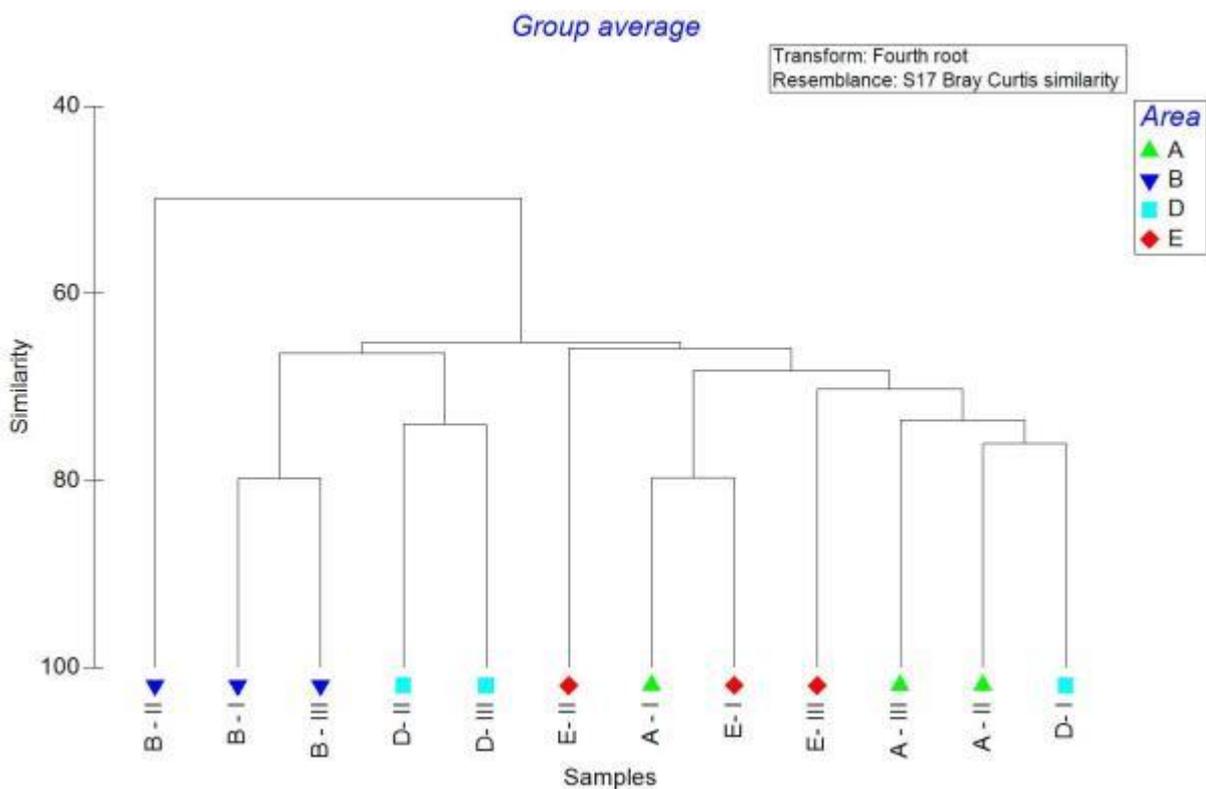


Figura 24. Estate 2016: cluster-analysis.

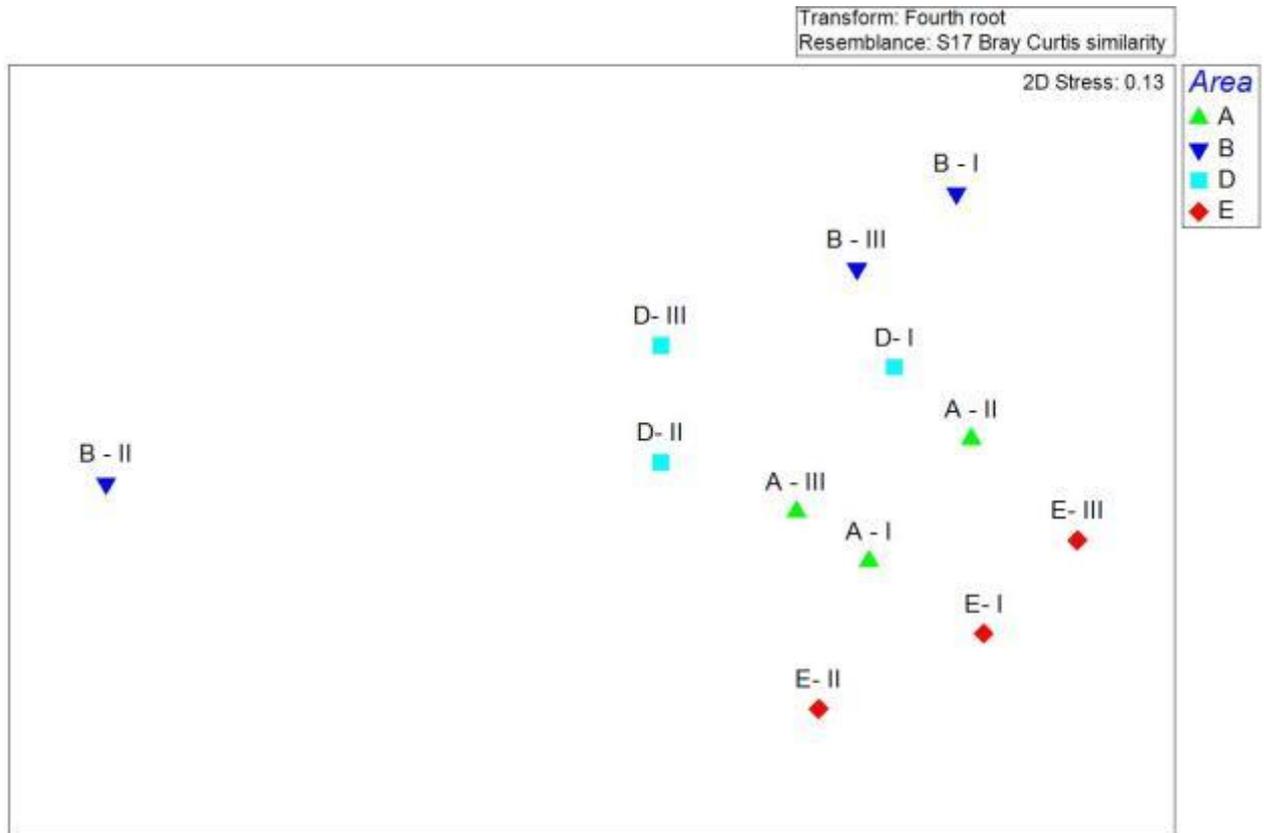


Figura 25. Estate 2016: nMDS.

L'analisi SIMPER (Appendice III) mostra una relativa omogeneità di struttura intra area, con valori di similarità compresi tra 73.4% (Porto) e 57.6% (TVN). Vi è una discreta omogeneità anche tra aree, con valori riscontrati di dissimilarità compresi tra 29.9% (S. Agostino vs V. Fanciullo), e 39.4% (S. Agostino vs TVN), mentre nel confronto tra TVN e V. Fanciullo la dissimilarità è leggermente superiore (44.6%).

4.1.4 Autunno 2016

Nell'Appendice I viene riportata la lista tassonomica e le abbondanze del fitoplancton campionato nell'autunno 2016.

Considerando tutte le stazioni insieme le abbondanze cellulari dei campionamenti del mese di ottobre 2016 non hanno evidenziato differenze statisticamente significative (one-way ANOVA $p > 0.05$).

Confrontando le stazioni a coppie solo le stazioni TVN B e V. Fanciullo E sono risultate statisticamente diverse in termini di abbondanze (one-way ANOVA $p < 0.05$). La variabilità tra i campionamenti giornalieri in ciascuna stazione è stata inferiore all'errore metodologico del 20% in tutte le stazioni. In nessuna stazione sono riconoscibili andamenti comuni nelle repliche e, data la scarsa variabilità, non sarebbero, anche in questo caso, comunque significativi.

Per quanto riguarda il biovolume e, di conseguenza, le biomasse, la presenza di dinoflagellate ha determinato una maggiore variabilità delle repliche delle stazioni B e D.

L'abbondanza cellulare è variata tra 0.34×10^6 cell/l nella stazione Sant'Agostino A I (17/10/2016) e 0.49×10^6 cell/l nella stazione Fanciullo E I (17/10/2016).

Qui di seguito il dettaglio delle medie e deviazioni standard per ciascuna stazione:

$$A = 0.40 \pm 0.07 \times 10^6 \text{ cell/L};$$

$$B = 0.36 \pm 0.01 \times 10^6 \text{ cell/L};$$

$$D = 0.42 \pm 0.05 \times 10^6 \text{ cell/L};$$

$$E = 0.44 \pm 0.05 \times 10^6 \text{ cell/L}.$$

Le abbondanze relative delle diatomee sono variate tra 57.4% e 79.2%. La restante parte della comunità era costituita, in ordine decrescente, da nanoflagellate (forme flagellate di piccole dimensioni, circa 5 μm), Cryptophyceae, Dynophyceae e Chlorophyceae. Le abbondanze relative di Chlorophyceae, Cryptophyceae e Dynophyceae non hanno superato il 6% e sono state mediamente inferiori al 2%.

La comunità nelle 4 stazioni è risultata molto simile e le abbondanze confrontabili.

Tra le diatomee, in tutte le quattro stazioni il genere dominante è stato *Chaetoceros*, caratterizzato prevalentemente da forme coloniali (sebbene siano state rinvenute spesso anche un paio di specie solitarie). Nel complesso ne sono state identificate 16, ma ne erano presenti altre non facilmente distinguibili.

Cylindrotheca closterium, diatomea pennata solitaria di dimensioni ca. 25-30 μm è stata la seconda specie in ordine di abbondanza. Sono poi risultate comuni diatomee tipicamente pelagiche e coloniali, come *Dactyliosolen*, *Guinardia*, *Leptocylindrus* e *Pseudonitzschia*. Il contributo di forme bentoniche o epifite è stato poco significativo.

La Figura 26 mostra l'andamento del numero di specie (S) e dell'abbondanza registrata (N), mentre la Figura 27 mostra gli andamenti di ricchezza specifica (d) e dominanza di Simpson.

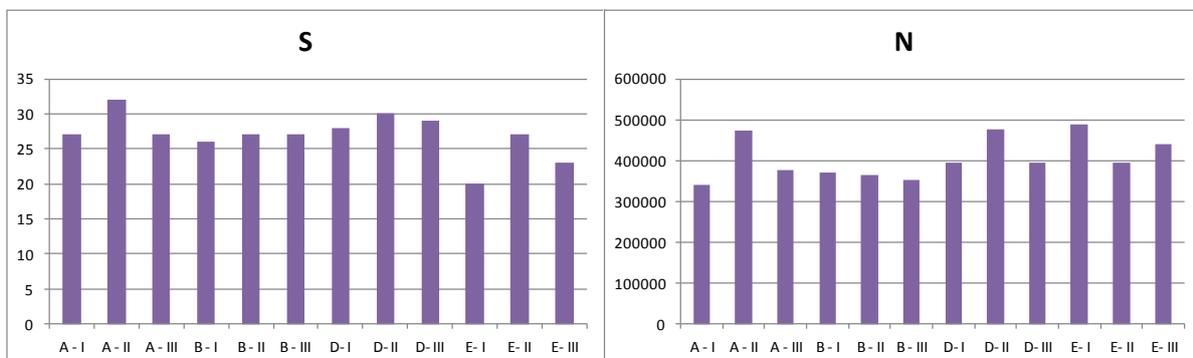


Figura 26. Valori del numero di taxa (S) e dell'abbondanza di individui (N) nelle 12 stazioni

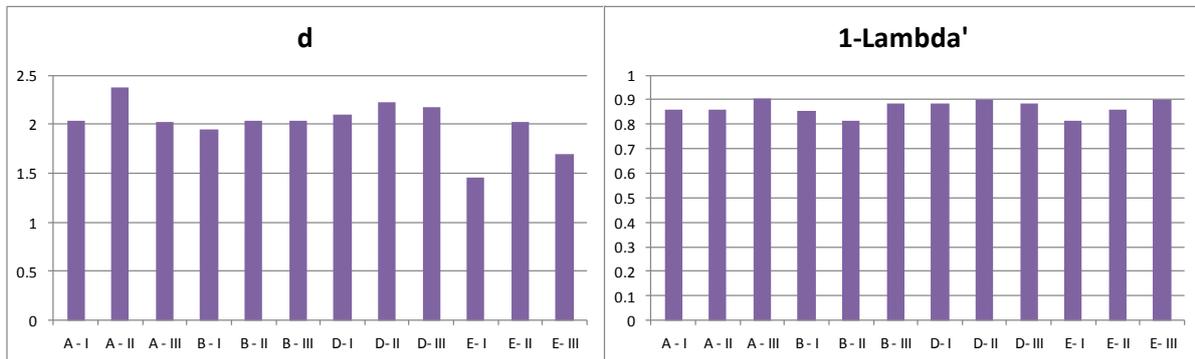


Figura 27. Valori dell'indice di ricchezza specifica di Margalef (d) e dominanza di Simpson (1-λ') nelle 12 stazioni

I valori di diversità (H') e di equiripartizione (J') sono risultati relativamente omogenei tra ed entro stazioni (Figura 28).

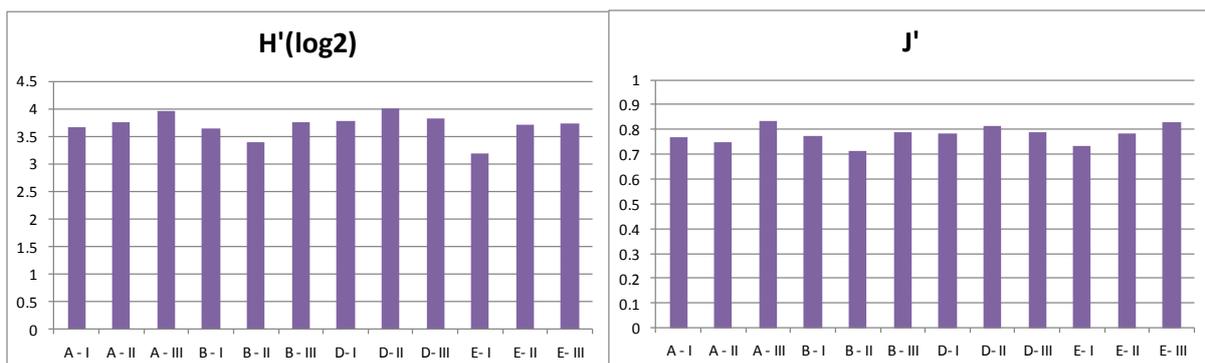


Figura 28. Valori dell'indice di diversità di Shannon-Wiener (H') e di evenness di Pielou (J') nelle 12 stazioni

Nell'Appendice II vengono riassunti i valori degli indici strutturali di comunità.

Le Figure 29 e 30 mostrano i diagrammi di classificazione mediante cluster-analysis e di ordinamento mediante nMDS.

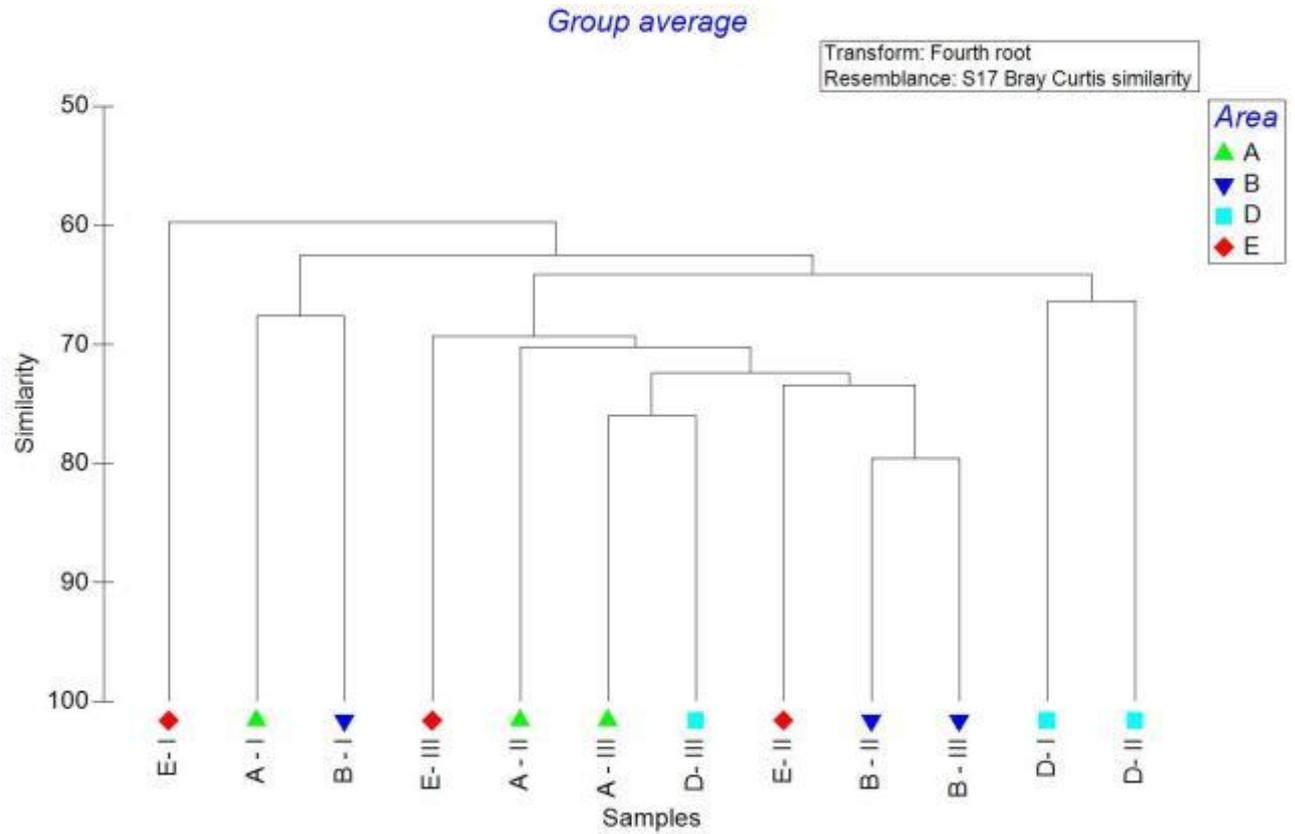


Figura 29. Autunno 2016: cluster-analysis.

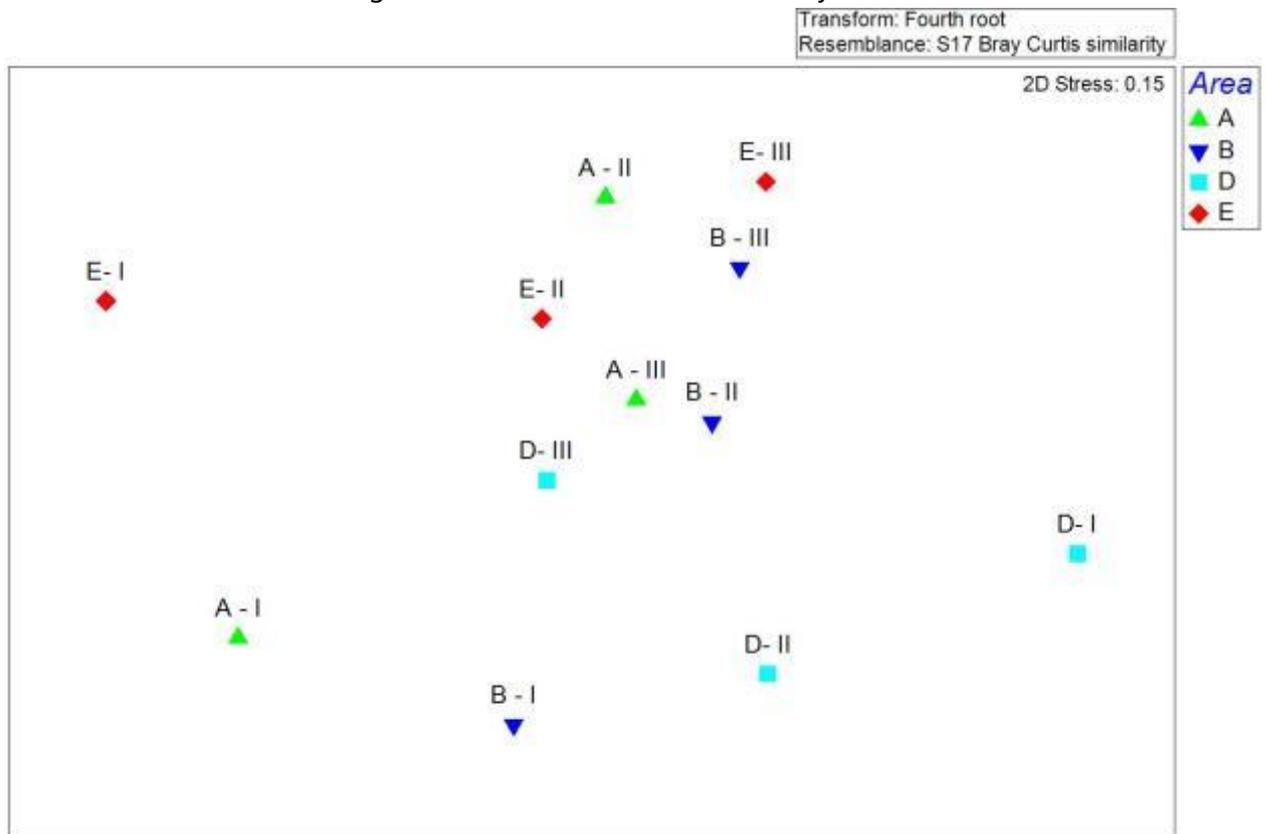


Figura 30. Autunno 2016: nMDS.

Anche per i campioni dell'Autunno 2016, il quadro che emerge è quello di una sostanziale omogeneità nella struttura e composizione della comunità fitoplanctonica alle quattro aree. Solamente D-I e D-II tendono a segregare autonomamente rispetto agli altri punti.

Durante l'autunno la similarità intra area (SIMPER analysis, Appendice III) è elevata e compresa tra il 67.9% (TVN) e 62.4% (V. Fanciullo). La dissimilarità tra aree risulta relativamente bassa e costante, e compresa nell'intervallo tra 37.9% (Porto vs V. Fanciullo) e 32.5% (TVN vs Porto).

4.1.5 Valutazioni complessive sulle comunità fitoplanctoniche

Gli andamenti medi delle 4 stazioni (Fig. 31) sono risultati simili con un picco di abbondanze durante il campionamento di giugno, e i minimi sia in inverno (marzo) che autunno (ottobre).

Nella stazione Porto, il picco è risultato meno marcato (circa metà che nelle altre aree) ma la fioritura ha persistito su valori simili anche al campionamento di luglio.

I valori minimi di inverno e autunno sono risultati molto simili per tutte le aree.

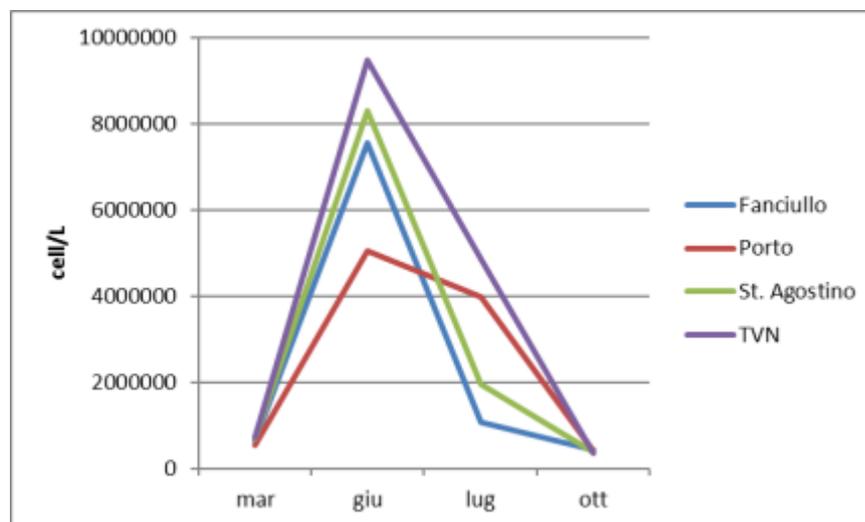


Figura 31. Andamenti medi (media delle 3 osservazioni di ogni mese)

Le diatomee sono state generalmente dominanti per la presenza di forme tipicamente pelagiche e coloniali come *Leptocylindrus* spp., *Cerataulina pelagica*, *Chaetoceros* spp. e *Pseudonitzschia* spp.

Le caratteristiche della comunità indicano ambienti pelagici senza contributi di risospensione di sedimenti dal fondale.

Le nanoflagellate (forme flagellate di piccole dimensioni, circa 5 µm) hanno rappresentato l'altra importante componente della comunità, contribuendo mediamente per circa il 30-35%, con una variabilità tra 15 e 65%. In tutte le stazioni, nei giorni 26/03/2016, 11/07/2016 e 18/10/2016 si è osservata una riduzione dell'abbondanza relativa

delle diatomee a favore di un incremento delle Cryptophyceae, che altrimenti sono state trascurabili. Le dinoflagellate sono risultate, nel complesso, trascurabili, e le concentrazioni di forme potenzialmente tossiche non allarmanti.

Il calcolo parziale delle metriche per l'applicazione dell'indice MPI (Multimetric Phytoplankton Index per le acque di transizione e non verificato per le acque costiere, Facca et al., 2014) indica condizioni simili in tutte le stazioni. Tali conclusioni differiscono da quelle osservate per gli anni precedenti perché è risultata una maggiore uniformità di condizioni sebbene, nel complesso, la qualità delle acque sembra mantenersi molto simile per le quattro aree considerate.

Confrontando le singole metriche calcolate per il 2014, il 2015 e il 2016, il lieve peggioramento della qualità delle acque registrato nel 2015, non è stato confermato nel 2016, al contrario le condizioni sono tornate ai valori osservati nel 2014.

Nel 2014, dal confronto dei singoli campionamenti non emergevano andamenti definiti o comparabili tra le varie stazioni, perché è stata osservata un'elevata variabilità tra le repliche. Nel 2015, erano state osservate repliche molto simili tra loro nelle stazioni S. Agostino e Fanciullo, con poche eccezioni. Mentre, in TVN e Porto, le differenze tra le repliche erano più accentuate nei campionamenti primaverile ed estivo. Nel 2016, si confermano tali andamenti, con l'unica eccezione che anche a Fanciullo in giugno c'è stato un incremento nei valori della terza replica (Fig. 32).

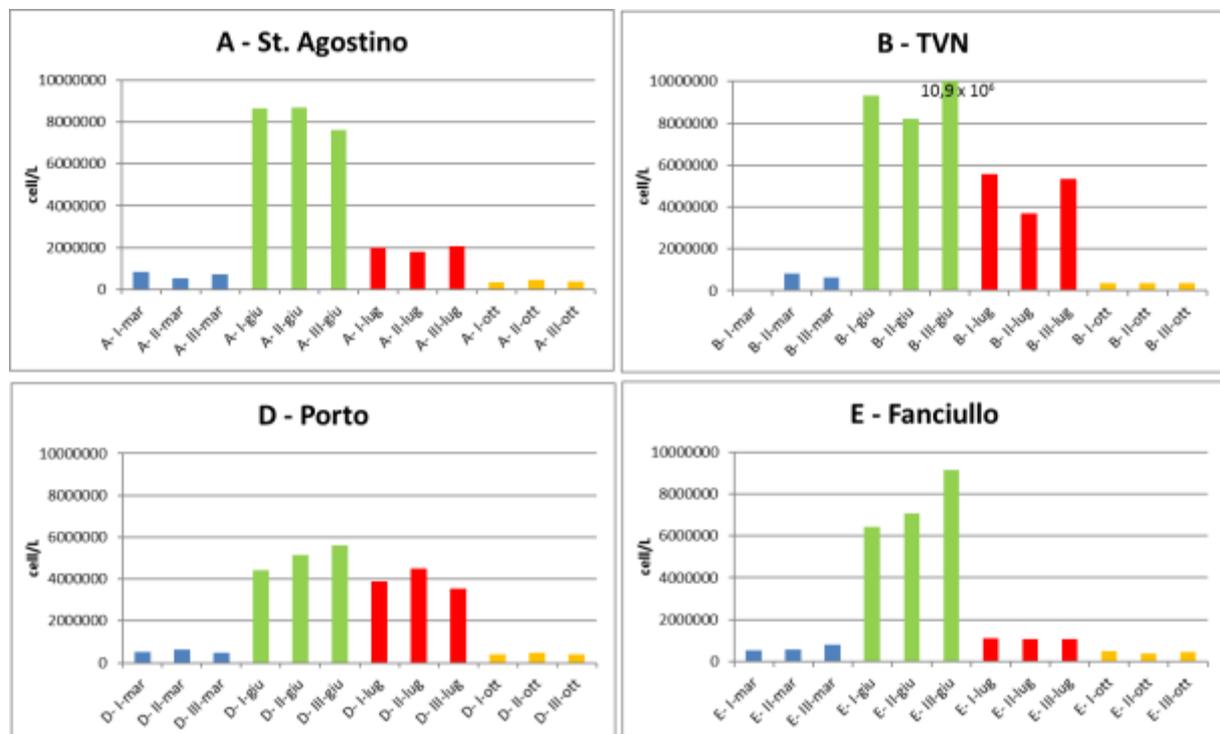


Figura 32 Valori delle abbondanze di ciascuna replica, monitoraggio 2016.

In conclusione, nel 2016, dal punto di vista della composizione tassonomica e della struttura di comunità le stazioni sono risultate praticamente indistinguibili.

Le principali differenze sono emerse in funzione dell'abbondanza cellulare che è stata inferiore nella stazione Porto e nettamente maggiore nella stazione TVN soprattutto durante la fioritura.

L'analisi della varianza sui dati di tutto l'anno non ha però rilevato differenze statisticamente significative (one-way ANOVA $p > 0,05$).

Infine è stata eseguita un'analisi multivariata di classificazione e ordinamento considerando sia le abbondanze (cells/L) che le biomasse ($\mu\text{g C/L}$) fitoplanctoniche sul data set 2016 complessivo aggregato a livello di classe.

Questa analisi consente di riassumere se e quanto la comunità fitoplanctonica dell'area TVN si discosti, per struttura e composizione, dalla comunità degli altri siti indagati.

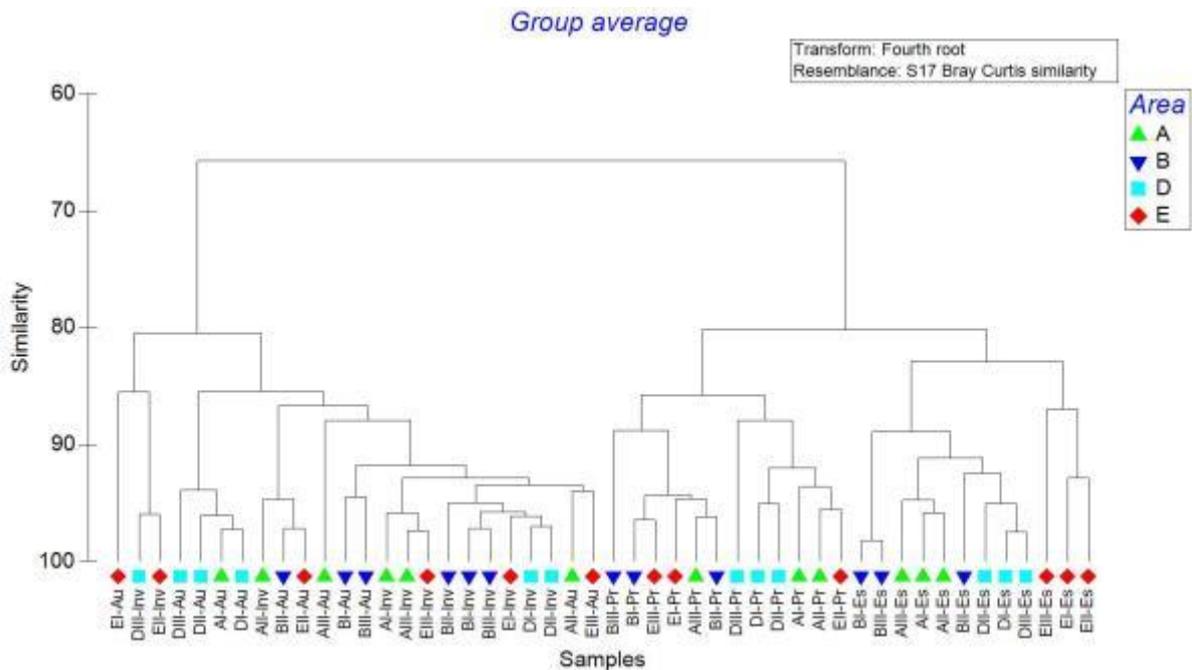


Figura 33. Classificazione mediante cluster-analysis sulle abbondanze

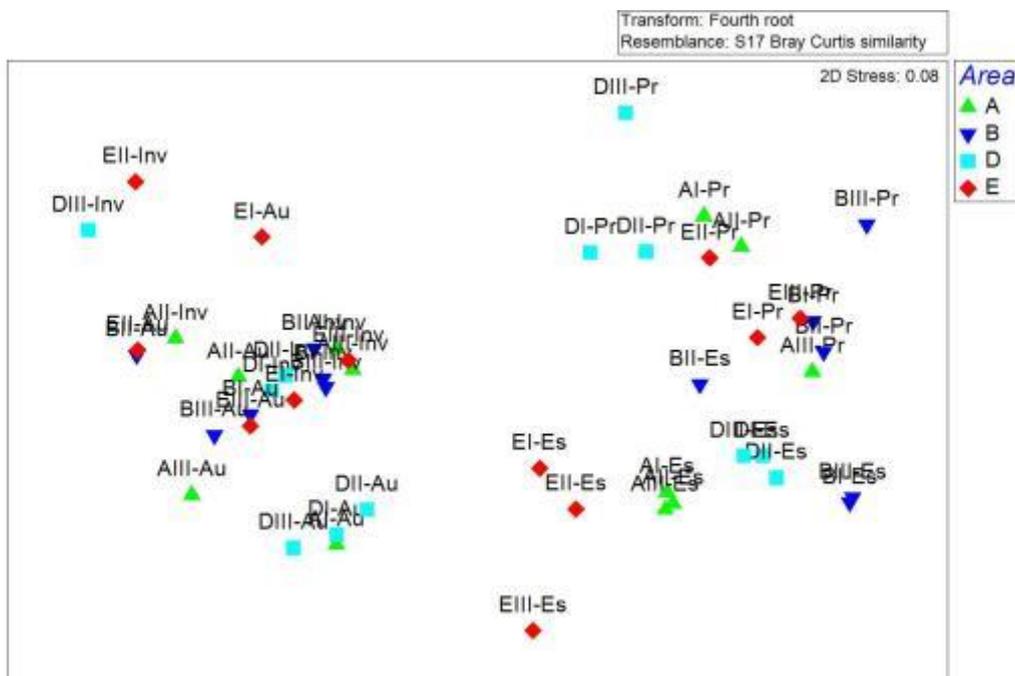


Figura 34 Ordinamento mediante nMDS sulle abbondanze

La cluster-analysis (Fig. 33) e il nMDS (Fig. 34) eseguiti sulla matrice di abbondanza aggregata a livello di classe mostrano come i punti stazione segreghino in due cluster/nuvole principali riferibili alla stagionalità: da una parte i punti relativi alla primavera/estate, dall'altra quelli relativi all'autunno/inverno.

All'interno di questi cluster stagionali, la stazione B (TVN) non segrega in maniera indipendente.

Questa separazione su base stagionale viene confermata dall'analisi multivariata eseguita utilizzando la biomassa fitoplanctonica (Figg. 35 e 36).

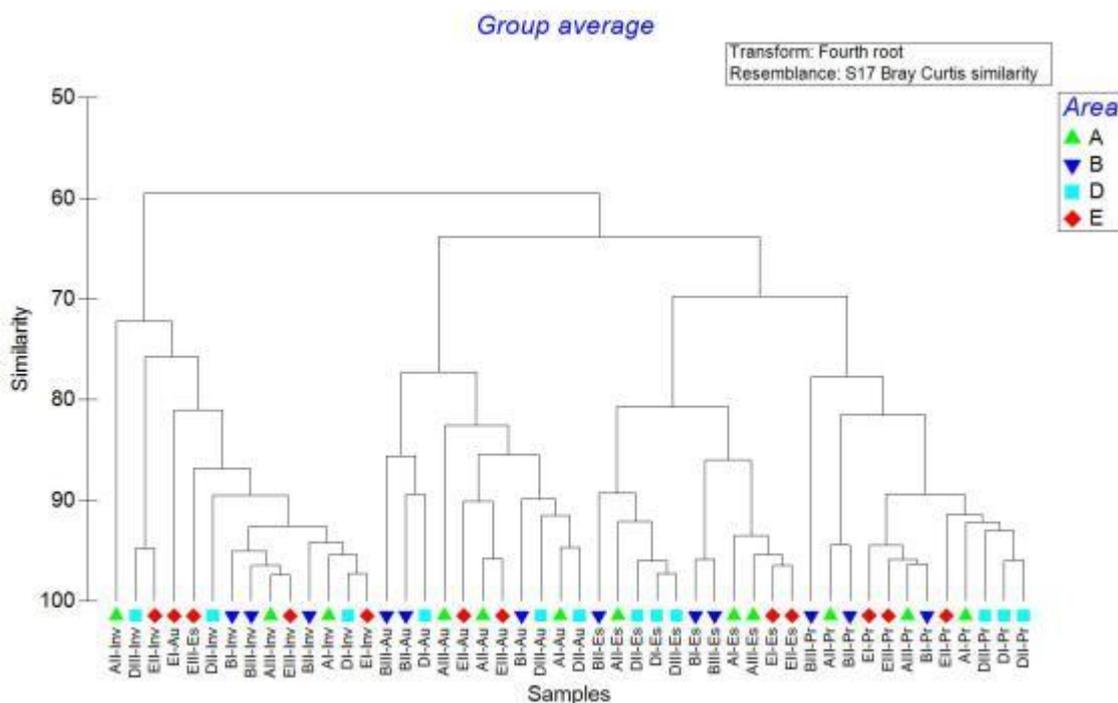


Figura 35. Classificazione mediante cluster-analysis sulle biomasse

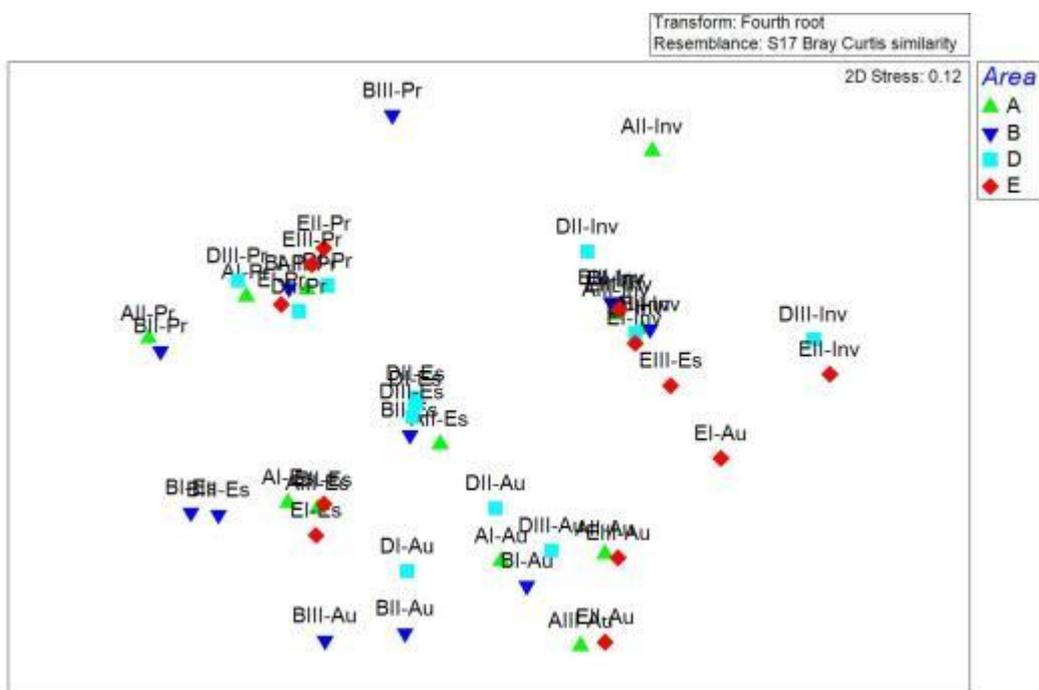


Figura 36 Ordinamento mediante nMDS sulle biomasse

In entrambi i diagrammi relativi alle biomasse, la stazione TVN (B) segrega assieme alle altre stazioni a seconda del periodo termico, come riscontrato nei diagrammi relativi alle abbondanze.

Come già menzionato sopra, la discriminante stagionale è principalmente dovuta all'alternanza di blooms demografici di Diatomee in primavera-estate, e Nanoflagellate in autunno-inverno.

L'analisi delle similarità percentuali (SIMPER analysis) eseguita sulla matrice annuale delle abbondanze al livello della classe (Appendice IV) evidenzia come la similarità intra area assuma valori simili per tutte le quattro aree indagate.

I valori di similarità sono: stazione P. S.Agostino: 75.8%;
 stazione TVN: 72.9%;
 stazione Porto: 74.9%;
 stazione V. Fanciullo: 75.4%.

Anche la dissimilarità tra le varie aree risulta costante, con valori compresi tra 25.7% (TVN vs V.Fanciullo) e 23.7% (P.S.Agostino vs V.Fanciullo).

Questo dato ulteriormente conferma l'estrema similarità della composizione e struttura della comunità fitoplanctonica nell'area TVN rispetto alle altre aree.

4.1.6 Valutazioni relative al periodo 2014-2016

Il dettaglio dei valori delle abbondanze cellulari (numero di cellule per litro, cell/L) dei campionamenti da marzo 2014 a ottobre 2016 sono riportati in Figura 37.

Per ogni sessione di campionamento sono riportate le singole repliche in modo da evidenziare sia le differenze spaziali che temporali.

Generalmente le tre repliche di ciascuna sessione di campionamento sono state all'interno dell'errore metodologico, con alcune sporadiche eccezioni come nei casi di P. S.Agostino (A) a marzo 2015 e TVN (B) a maggio 2015.

Gli andamenti temporali delle 4 stazioni di campionamento sono stati poi confrontati nelle Figure 38, 39 e 40. La Figura 38 contiene tutti i dati, ma data la numerosità delle repliche e la loro scarsa variabilità, per evidenziare gli andamenti stagionali in Figura 39 sono riportati i valori mediati per ciascuna sessione di campionamento.

Nel 2014, non è stato possibile riconoscere un andamento comune per le quattro stazioni:

- nelle stazioni P. S.Agostino (A) e TVN (B) la fioritura è stata in primavera;
- nella stazione Porto (D) la fioritura è stata in estate;
- nella stazione V. Fanciullo (E) sono stati osservati due modesti picchi, uno in inverno ed uno in autunno.

Nel 2015 i minimi sono stati registrati in tutte le stazioni in inverno e in autunno, mentre i picchi di abbondanza sono stati:

- nelle stazioni Porto (D) e V. Fanciullo (E) la fioritura è stata in estate;
- nella stazione TVN (B) la fioritura è stata in primavera;
- nella stazione P. S. Agostino (A) la fioritura è risultata persistente tra primavera ed estate.

Nel 2016 gli andamenti sono stati identici nelle stazioni P. S. Agostino (A), TVN (B) e V. Fanciullo (E) con il picco in primavera (inizio mese di giugno), mentre nella stazione Porto (D) la fioritura è risultata persistente tra primavera ed estate anche se di più modeste abbondanze.

Rimarcando che non sono state rilevate differenze statisticamente significative tra le stazioni (one-way ANOVA $p > 0,05$), sia confrontandole tutte assieme sia a coppie con tutti i dati dei tre anni, sia confrontando le singole annate per ciascuna stazione, quello che emerge da Fig. 40, che contiene gli andamenti con i valori medi di ciascuna stagione, è che:

- la stazione V. Fanciullo (E) ha abbondanze più modeste;
- la stazione Porto (D) ha valori confrontabili con quelli di S. Agostino (A) ma la fioritura tende ad essere in ritardo rispetto alle altre tre stazioni;
- la stazione TVN (B) ha le abbondanze maggiori;
- i valori autunnali sono inferiori a quelli invernali del mese di marzo.

Alle latitudini temperate il fitoplancton ha solitamente due fioriture, una principale nel periodo primaverile (quella registrata in questi campionamenti) e una più modesta tardo estiva, che però data la disponibilità di solo 4 sessioni di campionamento, non è stato possibile descrivere con questi dati, per questo motivo l'andamento della Figura 40 è unimodale.

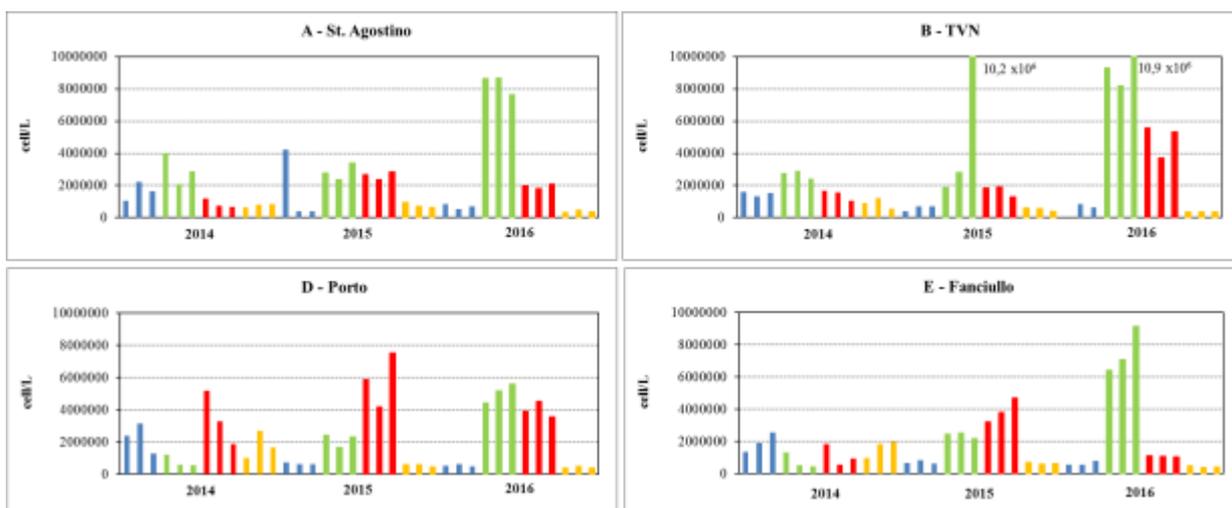


Figura 37. In grafico i valori di abbondanza registrati tra marzo 2014 e ottobre 2016. I colori indicano le diverse stagionalità.

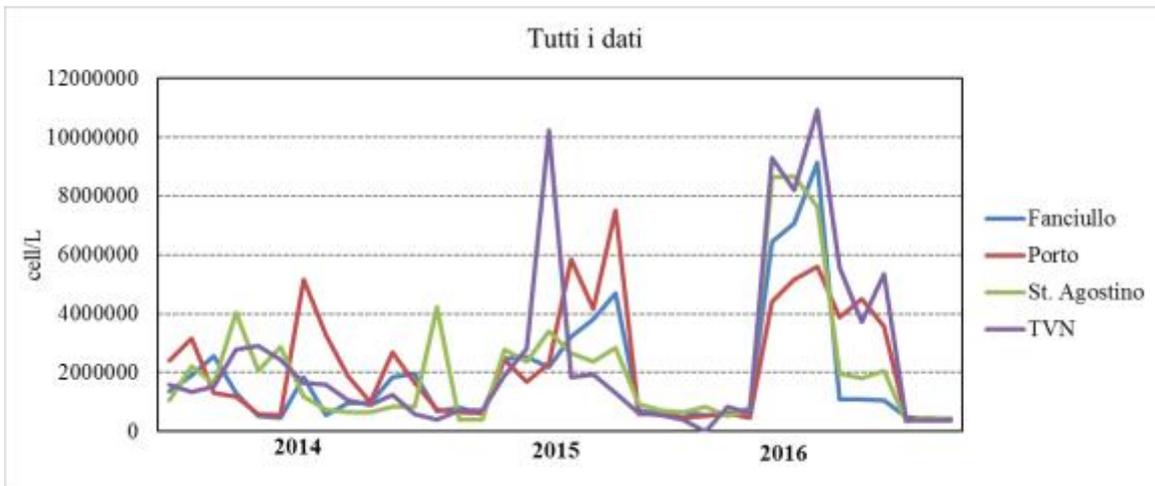


Figura 38. Valori di abbondanza registrati tra marzo 2014 e ottobre 2016 per un confronto diretto tra le 4 aree.

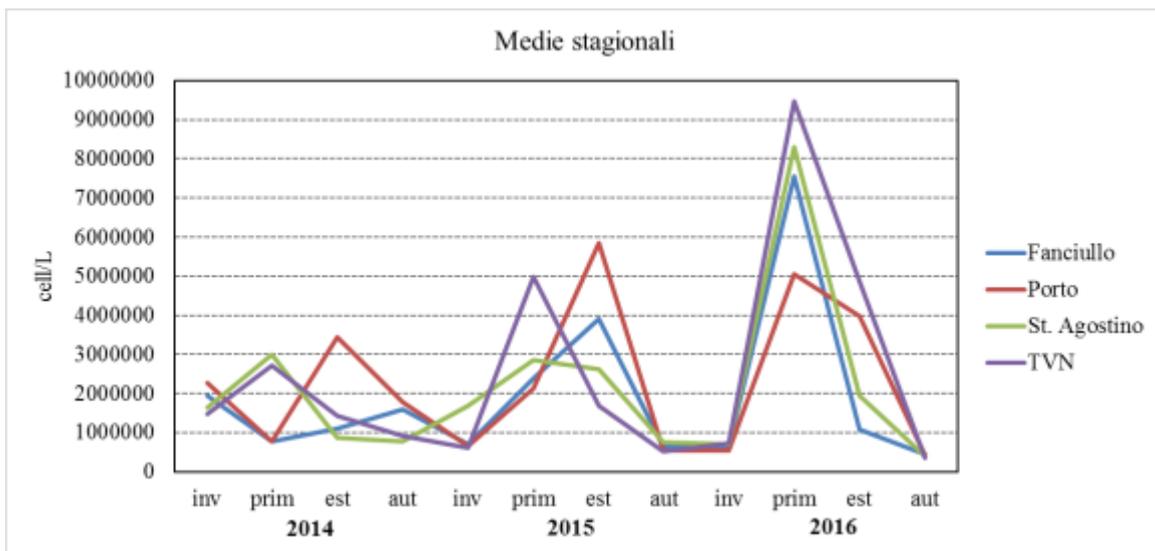


Figura 39. Valori medi (per ogni campionamento sono state calcolate le medie delle tre repliche) degli andamenti stagionali da marzo 2014 a ottobre 2016.

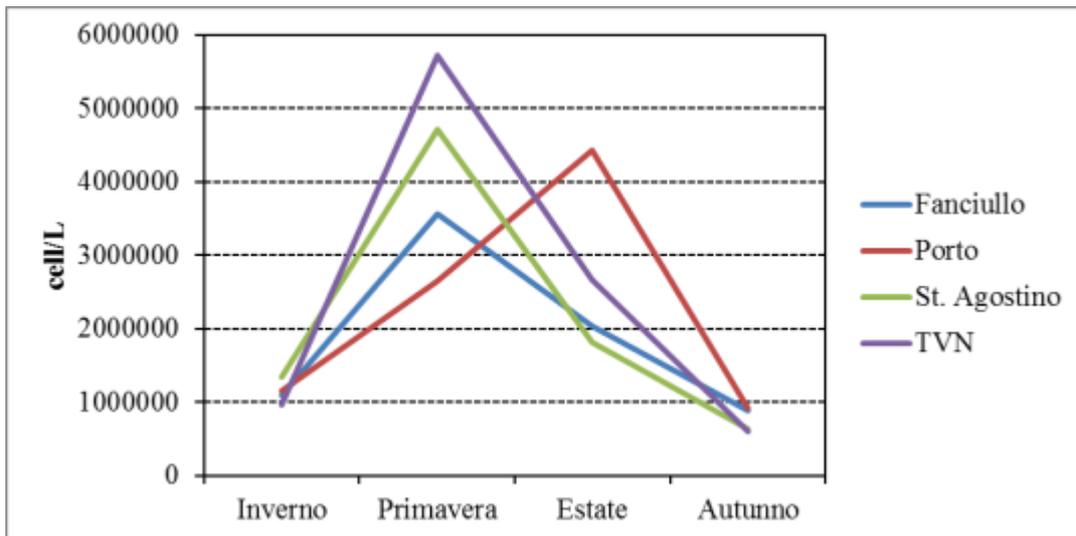


Figura 40. Per ciascuna stazione sono state calcolate le medie delle abbondanze osservate nelle tre annualità: inverno=marzo 2014-2015-2016; primavera= maggio 2014-2015 e giugno 2016; estate= luglio 2014-2015-2016; autunno= ottobre 2014-2016 e novembre 2015.

In termini di composizione tassonomica la comunità è risultata composta da Diatomee e forme flagellate di piccole dimensioni (nanoflagellate). Sporadicamente è stato importante il contributo di Cryptophyceae, mentre sono state sporadiche Chlorophyceae e Dynophyceae e rare Euglenophyceae e Dictyochophyceae.

In Figura 41 è riportata l'abbondanza relativa dei principali gruppi tassonomici, da cui non è possibile individuare andamenti ripetitivi nei tre anni. Non è possibile individuare una stagione in cui si ripete con la stessa costanza la predominanza di uno o dell'altro taxa. Verificando le abbondanze cellulari dei due taxa principali (Fig. 42), si può tuttavia notare che spesso le quattro stazioni hanno valori e andamenti simili tra loro.

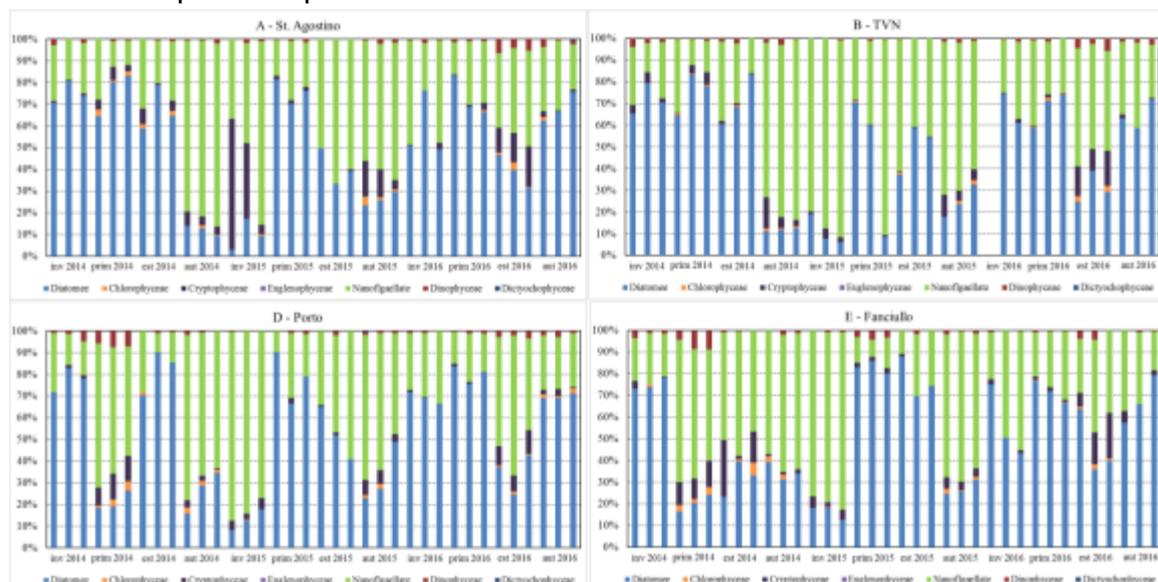


Figura 41. Composizione tassonomica in termini di abbondanza relativa, per tutte le osservazioni.

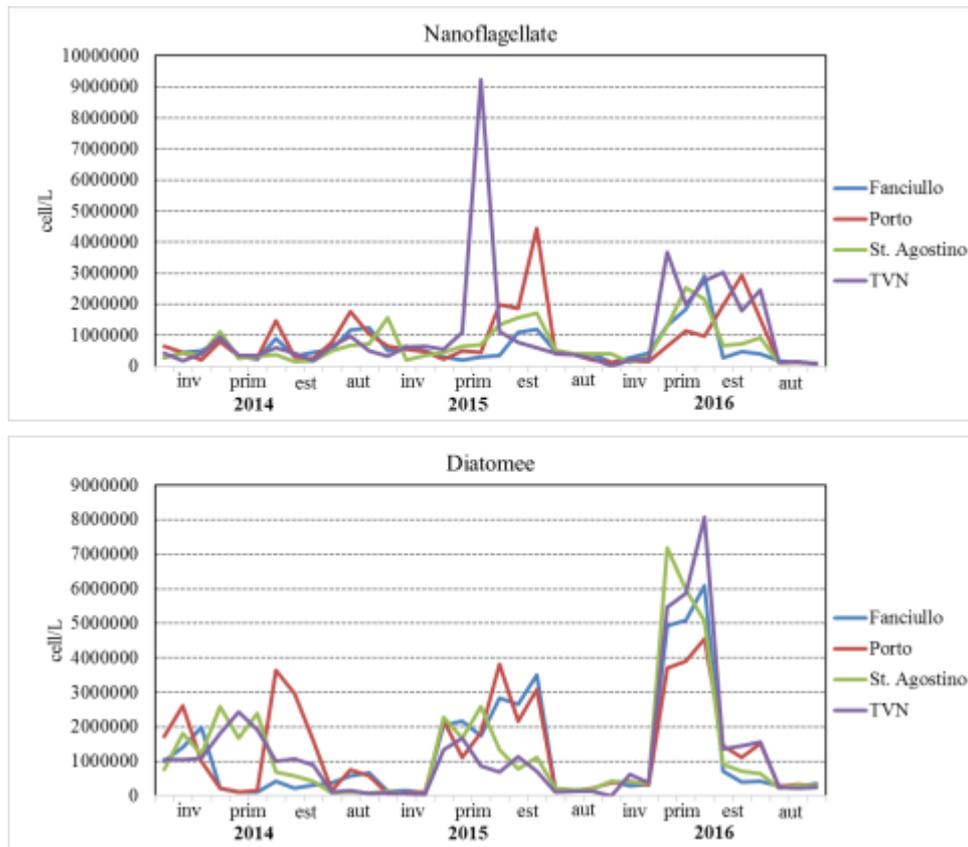


Figura 42. Andamenti di nanoflagellate e diatomee.

La tabella seguente riporta i valori di media, deviazione standard (Dev. Std.), minimi (Min) e massimi (Max) nelle 4 stazioni divisi per annate e di tutto il triennio.

cell/L x 10 ⁶		A - P.S.Agostino	B - TVN	D - Porto	E - V.Fanciullo
2014	Media	1.56	1.64	2.07	1.35
	Dev. Std.	1.06	0.73	1.35	0.67
	Min	0.64	0.59	0.56	0.46
	Max	4.03	2.92	5.16	2.55
2015	Media	1.98	1.95	2.30	1.91
	Dev. Std.	1.30	2.72	2.36	1.45
	Min	0.41	0.41	0.46	0.59
	Max	4.23	10.24	7.52	4.69
2016	Media	2.84	4.14	2.50	2.43
	Dev. Std.	3.37	3.99	2.17	3.16
	Min	0.34	0.35	0.39	0.40
	Max	8.68	10.92	5.60	9.15
Tutti i dati	Media	2.13	2.53	2.29	1.90
	Dev. Std.	2.18	2.91	1.96	2.03
	Min	0.34	0.35	0.39	0.40
	Max	8.68	10.92	7.52	9.15

4.2 Zooplancton

Si riportano di seguito i risultati delle quattro campagne stagionali condotte nell'anno 2016 per la valutazione quali-quantitativa della comunità zooplanctonica.

Nella denominazione dei campioni le diciture I, II e III fanno riferimento rispettivamente al primo, secondo e terzo giorno di campionamento per le stazioni A (Punta Sant'Agostino), B (Centrale di Torrevaldaliga Nord), D (Porto di Civitavecchia), E (Villaggio del Fanciullo).

Le Appendici citate sono riportate nei file allegati al presente rapporto.

4.2.1 Inverno 2016

Nell'Appendice I viene riportata la lista tassonomica e le abbondanze dello zooplancton campionato nell'Inverno 2016.

Sono stati rinvenuti in totale 38 taxa. I gruppi tassonomici maggiormente rappresentati in termini di abbondanza sono risultati gli Harpacticoida (29.5% dell'abbondanza totale), le forme giovanili di Copepoda (26.7% dell'abbondanza totale), ed i Calanoida (18.3%), seguiti da larve di Bivalvia (13.8% dell'abbondanza totale), Poecilostomatoida (3% dell'abbondanza totale), Cyclopoida (2.8% dell'abbondanza totale), forme giovanili di Cirripedia (2.4% dell'abbondanza totale), e larve di Polychaetes (1% dell'abbondanza

totale). Gruppi meno rappresentati in termini di abbondanza sono stati i Tintinnida (0.7%), e larve di Gastropoda (0.6% dell'abbondanza totale).

A livello di specie, il taxon maggiormente rappresentato è risultato l'arpacticoido *Euterpina acutifrons* (con un valore medio di oltre 2300 ind m⁻³), seguito da calanoide *Paracalanus parvus* (con un valore medio di 450 ind m⁻³), dal genere *Calanus* (con un valore medio di 300 ind m⁻³), da *Acartia clausi* (con un valore medio di 220 ind m⁻³), e dal ciclopoide *Oithona similis* (con un valore medio di 210 ind m⁻³).



Figura 43. *Euterpina acutifrons* (Copepoda Harpacticoida)

Le figure seguenti riportano i valori degli indici strutturali di comunità a ciascuna stazione nell'Inverno 2016.

Il numero medio di taxa (S, Fig. 44) risulta massimo in A2 (24.7 taxa), seguito da D1 (23 taxa), e da A3 e A1 (20 taxa), mentre i valori minimi sono riscontrati in B3 (16 taxa).

In nessuna stazione si osservano variazioni considerevoli tra giorno e giorno di campionamento. L'abbondanza media (N, Fig. 44) maggiore è stata registrata in B1, D1 ed E1 (oltre 17000 ind m⁻³) seguita da A1 (oltre 9000 ind m⁻³). Nelle restanti stazioni le densità zooplanctoniche oscillano tra oltre 7000 ind m⁻³ (A3), e circa 2400 ind m⁻³ (B3).

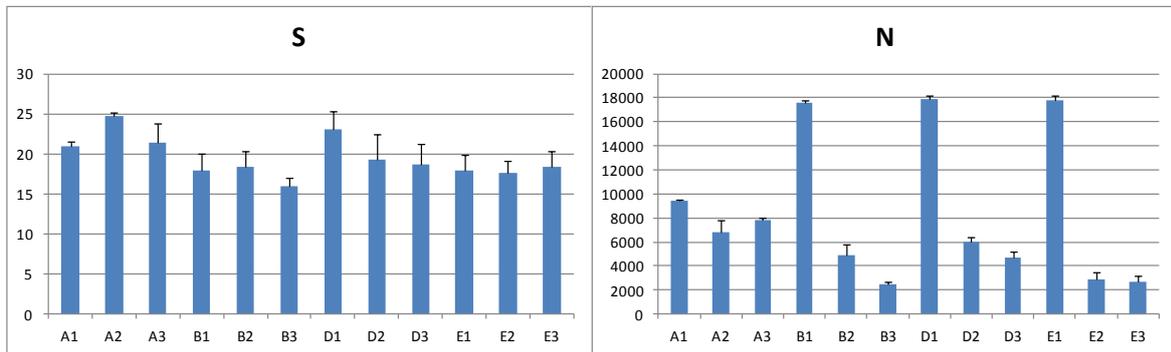


Figura 44. Valori del numero di taxa (S) e dell'abbondanza di individui (N) nelle 12 stazioni

L'indice di ricchezza specifica di Margalef (d , Fig. 45), in accordo con il valore di S , raggiunge il valore massimo nelle stazioni A2 e D1, ed evidenzia una notevole omogeneità entro le stazioni. I valori di ricchezza specifica risultano comunque elevati, e compresi tra 2.7 in A2 e 1.7 in B1 ed E1.

Il valore di dominanza di Simpson risulta alquanto omogeneo tra ed entro stazioni, risultando maggiore in D3 (0.83) e minore in A3 (0.76).

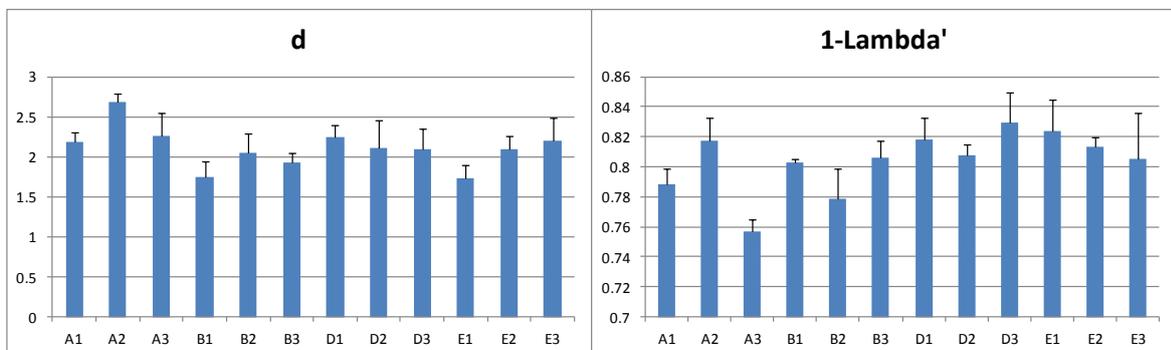


Figura 45. Valori dell'indice di ricchezza specifica di Margalef (d) e dominanza di Simpson ($1-\lambda'$) nelle 12 stazioni

L'indice di diversità di Shannon-Wiener (H' , Fig. 46) risulta sempre abbastanza elevato e presenta scarsa variabilità tra le stazioni di aree differenti, variando tra un valore minimo di 2.6 in A3 e un valore massimo di 3.1 in D1.

L'indice di evenness di Pielou (J') presenta in generale valori non particolarmente elevati a causa della predominanza numerica di Harpacticoida e larve di Copepoda in tutti le aree: l'indice varia da 0.6 in A3 a 0.7 in B3.

Nell'Appendice II vengono riassunti i valori degli indici strutturali di comunità.

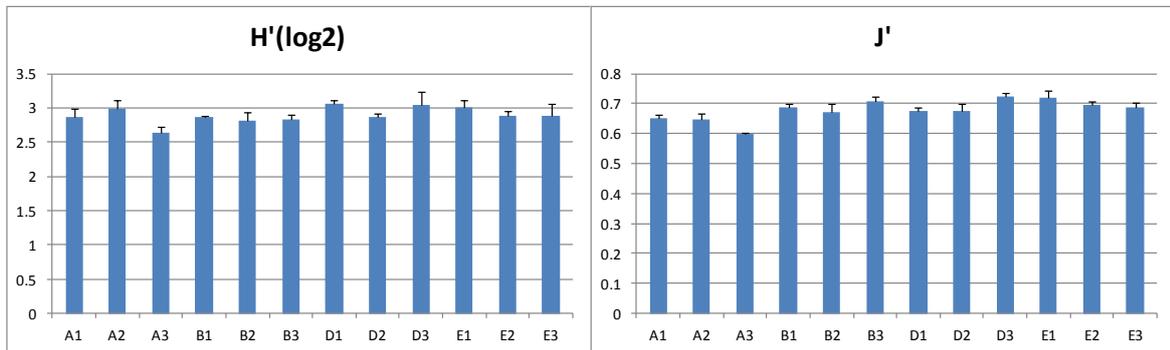


Figura 46 Valori dell'indice di diversità di Shannon-Wiener (H') e di evenness di Pielou (J') nelle 12 stazioni

Le Figg. 47 e 48 mostrano i diagrammi di classificazione mediante cluster-analysis e di ordinamento mediante nMDS per la comunità zooplanctonica nell'Inverno 2016.

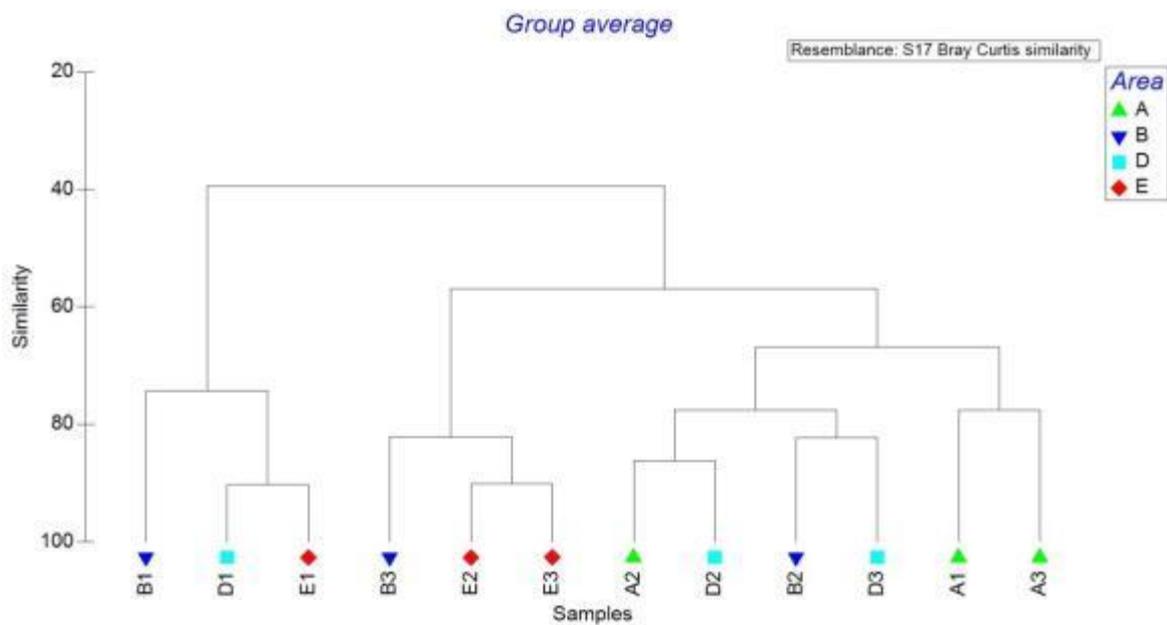


Figura 47 Inverno 2016: cluster-analysis

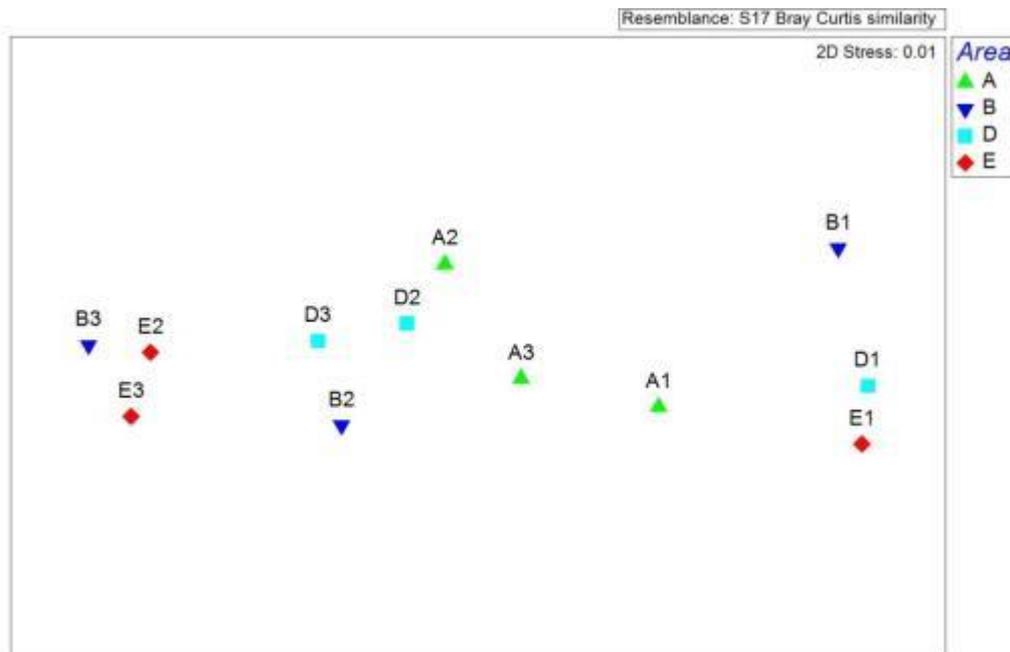


Figura 48 Inverno 2016: nMDS.

Nel raggruppamento mediante cluster-analysis (Fig. 47), confermato dal diagramma del nMDS (Fig. 48) si nota come i punti stazione si aggregano principalmente in due nuvole: da una parte B1, D1 ed E1, dall'altra tutti gli altri punti stazioni con strutturazione non ben definita, in quanto aree e giorni risultano interdipersi tra loro.

L'analisi della similarità percentuale (SIMPER Analysis, Appendice III, Inverno) mostra come la similarità intra-area sia maggiore in A, con un valore del 71.52%, e minore in B (42.01%). Le altre aree mostrano discreta similarità (D: 53.65%; E: 45.71%) nella composizione e struttura della comunità zooplanctonica nei tre giorni di indagine. I confronti appaiati indicano che la comunità zooplanctonica è estremamente simile tra tutte le aree indagate, con valori di dissimilarità compresi tra 33.29% (P. S. Agostino vs V. Fanciullo) e 48.77% (P. S. Agostino vs Porto).

Leggere differenze nelle abbondanze di *Euterpina acutifrons* e delle forme giovanili di Copepoda determinano le maggiori percentuali di dissimilarità in tutti i confronti appaiati.

4.2.2 Primavera 2016

Nell'Appendice I viene riportata la lista tassonomica e le abbondanze dello zooplancton campionato nella Primavera 2016.

Nel campionamento sono stati rinvenuti complessivamente 46 taxa.

I gruppi tassonomici maggiormente rappresentati in termini di abbondanza sono nuovamente risultati le forme giovanili di Copepoda (40.2% dell'abbondanza totale), assieme al gruppo dei Calanoida (18%), seguiti dagli Harpacticoida (15.6% dell'abbondanza totale), dal gruppo dei Cyclopoida (6.9% dell'abbondanza totale), dalle

larve di Cirripedia (3.8% dell'abbondanza totale), dalle larve di Bivalvia (3% dell'abbondanza totale), dal gruppo dei Tintinnida (1.4% dell'abbondanza totale), e larve di Gastropoda (1.4% dell'abbondanza totale), e dai Cladocera (1% dell'abbondanza totale).

A livello di specie, il taxon maggiormente rappresentato è risultato il calanoide *Acartia* (con un valore medio di 300 ind m⁻³), dal Cyclopoida *Oithona similis* (con un valore medio di 82 ind m⁻³), dall'arpacticoide *Euterpina acutifrons* (con un valore medio di 81 ind m⁻³), da *Oithona decipiens* (con un valore medio di 50 ind m⁻³), dal genere *Calanus* (con un valore medio di 48 ind m⁻³), dal poecilostomatoida *Oncaea* (con un valore medio di 39 ind m⁻³) e dal Cladocero *Podon* (con un valore medio di 24 ind m⁻³).

Le figure seguenti riportano i valori degli indici strutturali di comunità a ciascuna stazione nella Primavera 2016.

Il numero medio di taxa (S, Fig. 49) è maggiore rispetto all'inverno precedente, e risulta massimo in B2 (25 taxa), immediatamente seguito da D3 (22.7 taxa), e da D2 (22 taxa), mentre i valori minimi sono riscontrati in B1 ed E2 (14.3 taxa). In tutte le stazioni le variazioni tra giorno e giorno di campionamento risultano minime.

L'abbondanza media (N, Fig. 49) maggiore è stata registrata in B2 (oltre 5400 ind m⁻³). Nelle restanti stazioni le densità zooplanctoniche oscillano tra oltre 2800 ind m⁻³ (D3), e circa 1300 ind m⁻³ (B1, E2).

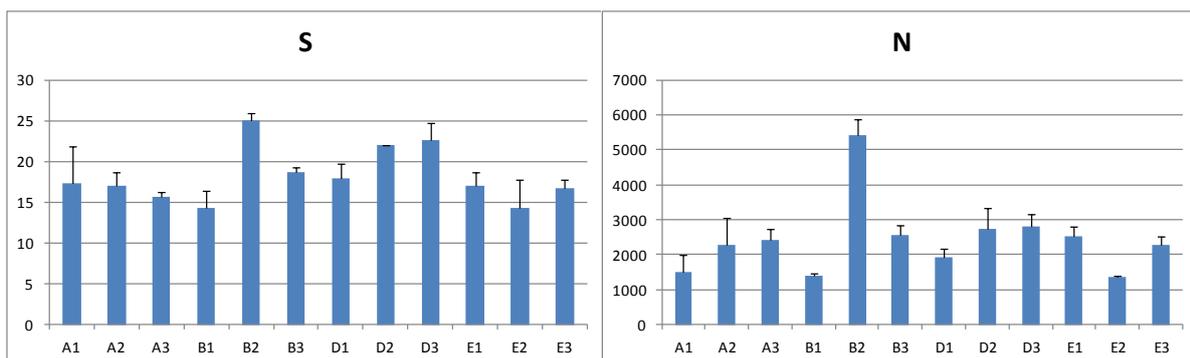


Figura 49. Valori del numero di taxa (S) e dell'abbondanza di individui (N) nelle 12 stazioni

L'indice di ricchezza specifica di Margalef (d, Fig. 50) è generalmente elevato, raggiungendo il valore massimo nelle stazioni B2 (d=2.8), D3 (d=2.7), e D2 (d=2.65), ed evidenzia una discreta omogeneità entro le stazioni. Il valore minimo viene raggiunto in B1 ed E2 (d=1.8).

Il valore di dominanza di Simpson (Fig. 50) risulta molto omogeneo ed è massimo in D1 (0.82).

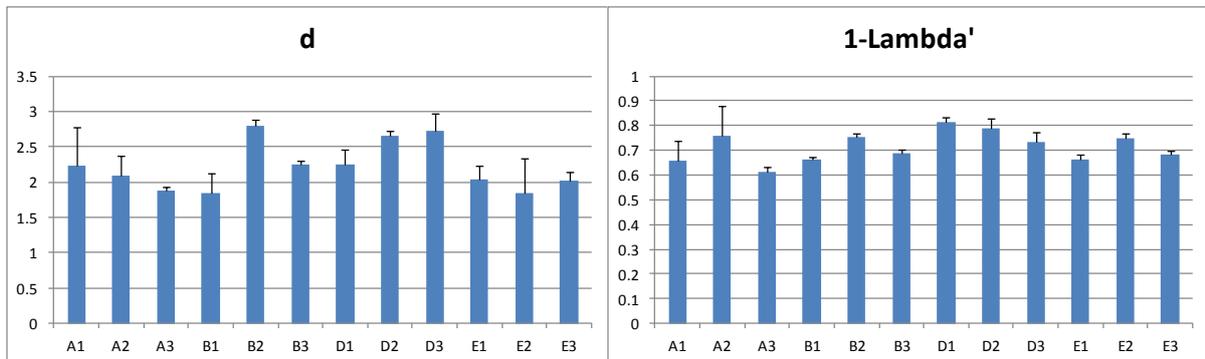


Figura 50. Valori dell'indice di ricchezza specifica di Margalef (d) e dominanza di Simpson (1-λ') nelle 12 stazioni

L'indice di diversità di Shannon-Wiener (H' , Fig. 51) è elevato e presenta scarsa variabilità tra le stazioni di aree differenti: si va da un valore minimo di 2.3 in E1, ad un valore massimo di 3.1 in D1.

L'indice di evenness di Pielou (J') risulta abbastanza omogeneo, con un valore massimo presso D1 (0.74).

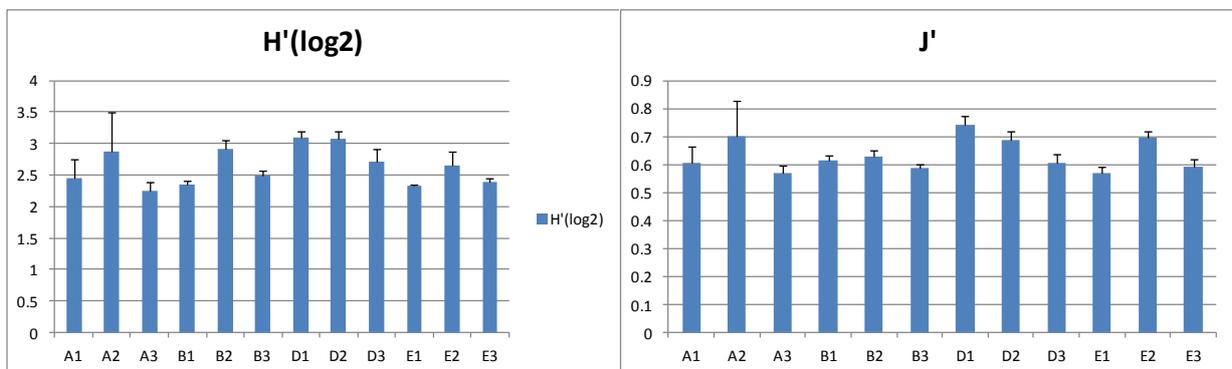


Figura 51 Valori dell'indice di diversità di Shannon-Wiener (H') e di evenness di Pielou (J') nelle 12 stazioni

Nell'Appendice II vengono riassunti i valori degli indici strutturali di comunità.

Le Figure 52 e 53 mostrano i diagrammi di classificazione mediante cluster-analysis e di ordinamento mediante nMDS per la comunità zooplanctonica nella Primavera 2016.

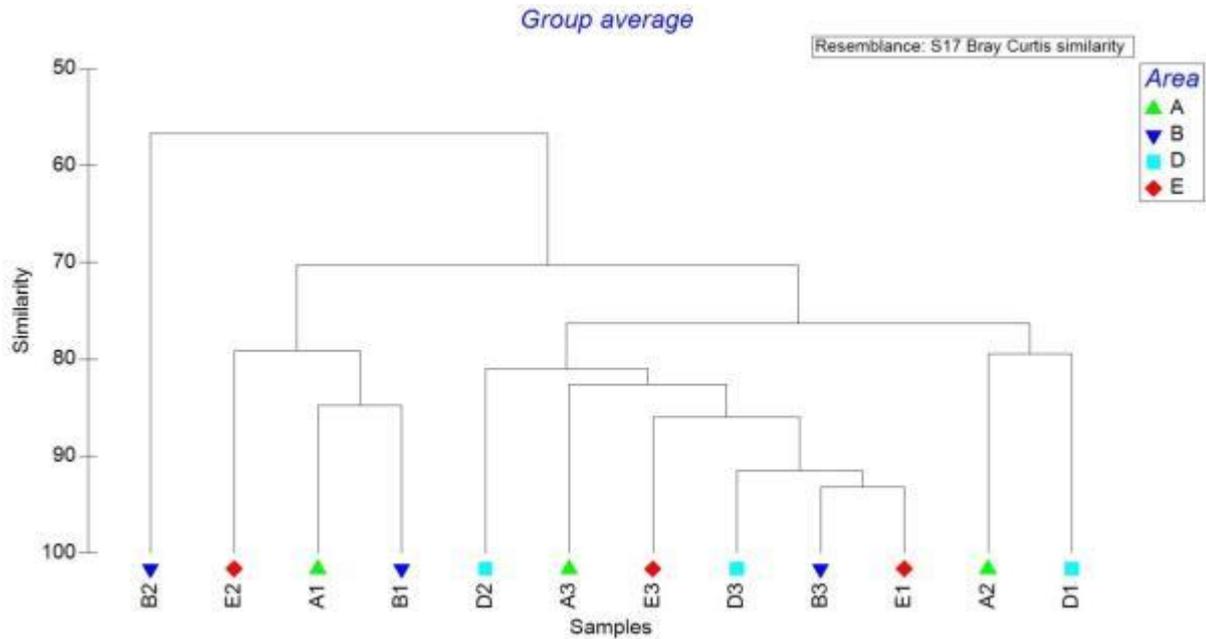


Figura 52. Primavera 2016: cluster-analysis.



Figura 53. Primavera 2016: nMDS.

L'analisi multivariata mostra come i punti stazione abbiano struttura e composizione molto simile tra loro. Si discosta B2, per l'elevata abbondanza di forme larvali di Copepoda (oltre 2400 ind m⁻³) e del Calanoida *Acartia tonsa* (quasi 1000 ind m⁻³).

L'analisi della similarità percentuale (SIMPER Analysis, Appendice III, Primavera) indica come l'area TVN (B) abbia mostrato notevoli differenze di struttura di comunità tra i giorni di prelievo, esibendo una similarità intra-area solo pari a 58.26%. Questa

relativamente alta disomogeneità era stata riscontrata anche nella campagna primaverile del 2015. Le altre aree oscillano tra 78.35% (Porto, D) e 74.48% (V. Fanciullo, E).

I confronti appaiati mostrano una minor dissimilarità tra aree rispetto alla stagione precedente, compresi tra 30.17% (TVN vs V.Fanciullo) e 22.26% (Porto vs V.Fanciullo). Variazioni nelle abbondanze di forme giovanili di Copepoda determinano tali dissimilarità.

4.2.3 Estate 2016

Nell'Appendice I viene riportata la lista tassonomica e le abbondanze dello zooplancton campionato nel Luglio 2016.

Complessivamente sono stati censiti 45 taxa.

I gruppi tassonomici maggiormente rappresentati in termini di abbondanza sono risultati nuovamente gli Harpacticoida (31.6% dell'abbondanza totale), seguiti dai Cyclopoida (25.3% dell'abbondanza totale), dalle forme giovanili di Copepoda (17.9% dell'abbondanza totale), dal gruppo dei Calanoida (12.4% dell'abbondanza totale), da forme giovanili di Cirripedia (4.1% dell'abbondanza totale), Cladocera (3.3% dell'abbondanza totale), e da larve di Bivalvia (2.1% dell'abbondanza totale). Altri gruppi tassonomici rappresentati sono i Poecilostomatoida (1.3% dell'abbondanza totale) e forme giovanili di Gastropoda (1% dell'abbondanza totale).

A livello di specie, il taxon maggiormente rappresentato è risultato il Cyclopoida *Oithona similis* (con un valore medio di 590 ind m⁻³), seguito da Calanoida *Acartia tonsa* (con un valore medio di 217 ind m⁻³). Sempre notevole l'abbondanza degli arpacticoidi, con gli Harpacticoida indet. (valore medio di oltre 1000 ind m⁻³), ed *Euterpina acutifrons* (con un valore medio di quasi 200 ind m⁻³).

Le figure seguenti riportano i valori degli indici strutturali di comunità a ciascuna stazione nell'Estate 2016.

Il numero medio di taxa (S, Fig. 54) risulta massimo in A3 e B3 (26 taxa), immediatamente seguito da D2 (24.7 taxa), e B2 (24 taxa), mentre il valore minimo si registra in D3 ed E2 (17.7 taxa). In nessuna area sono evidenti variazioni notevoli tra giorno e giorno di campionamento.

L'abbondanza media (N, Fig. 54) maggiore è stata registrata in A3 (oltre 6000 ind m⁻³), seguita da D2 (oltre 5600 ind m⁻³). Nelle restanti stazioni le densità zooplanctoniche oscillano tra oltre 5000 ind m⁻³ (A2), e circa 1000 ind m⁻³ (D1).

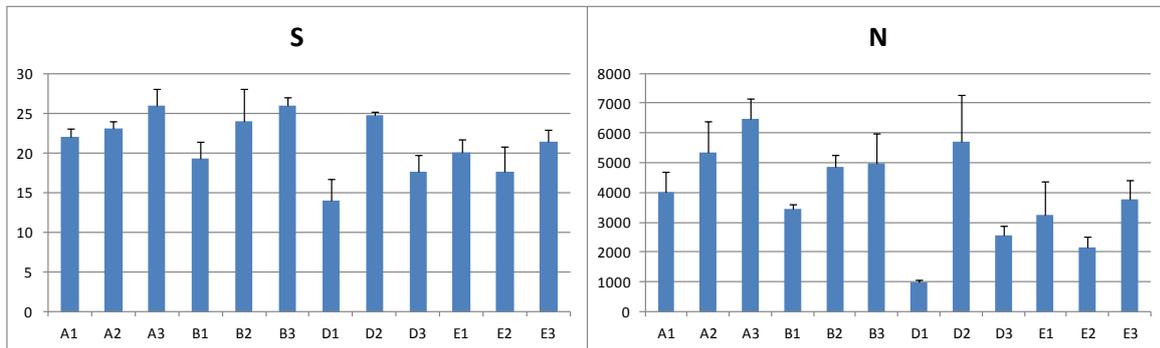


Figura 54 Valori del numero di taxa (S) e dell'abbondanza di individui (N) nelle 12 stazioni

L'indice di ricchezza specifica di Margalef (d , Fig. 55) è generalmente elevato e presenta una bassissima variabilità, essendo compreso tra il valore di 2.9 (B3) ed il valore di 1.9 (B1).

La dominanza di Simpson (Fig. 13) è pure molto omogenea risultando compresa tra il valore di 0.87 (E2) ed il valore di 0.8 (A2).

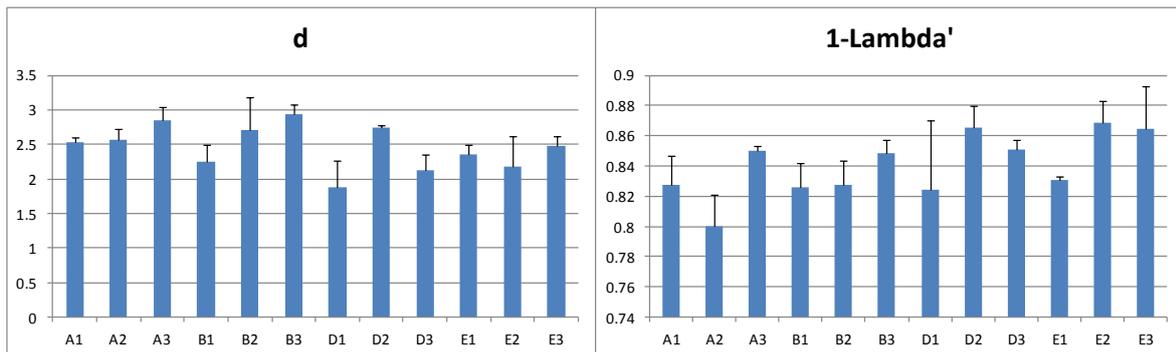


Figura 55. Valori dell'indice di ricchezza specifica di Margalef (d) e dominanza di Simpson ($1-\lambda'$) nelle 12 stazioni

L'indice di diversità di Shannon-Wiener (H' , Fig. 56) risulta elevato e presenta scarsa variabilità tra le stazioni di aree differenti: si va da un valore minimo di 3 in A2 e D1 ad un valore massimo di 3.4 in E3.

Anche la evenness di Pielou (J') è elevata ed omogenea, risultando compresa tra 0.65 (A2) e 0.8 (E2).

Nell'Appendice II vengono riassunti i valori degli indici strutturali di comunità.

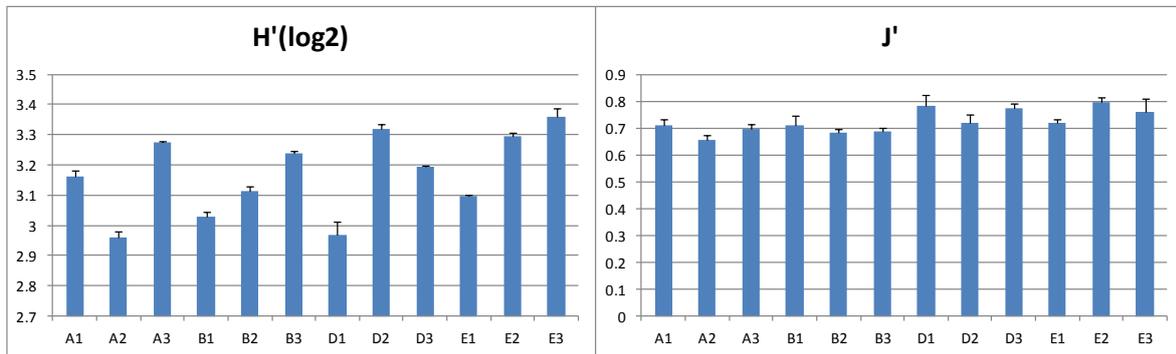


Figura 56 Valori dell'indice di diversità di Shannon-Wiener (H') e di evenness di Pielou (J') nelle 12 stazioni

Le Figure 57 e 58 mostrano i diagrammi di classificazione mediante cluster-analysis e di ordinamento mediante nMDS per la comunità zooplanctonica nell'Estate 2016.

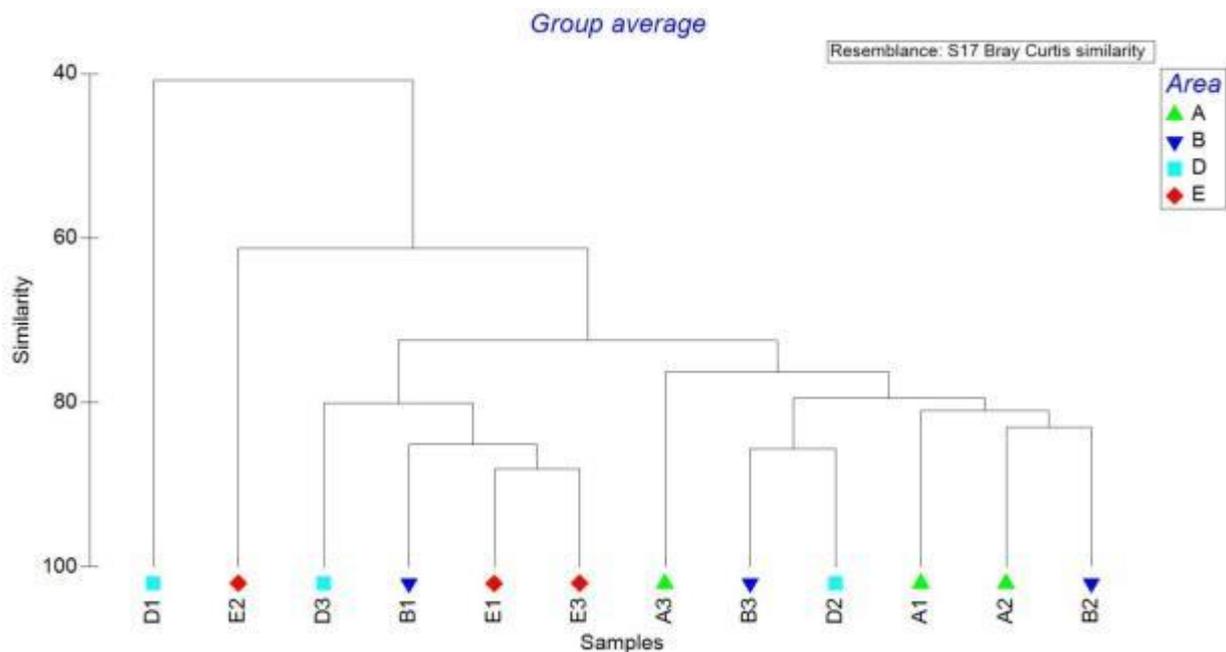


Figura 57. Estate 2016: cluster-analysis.

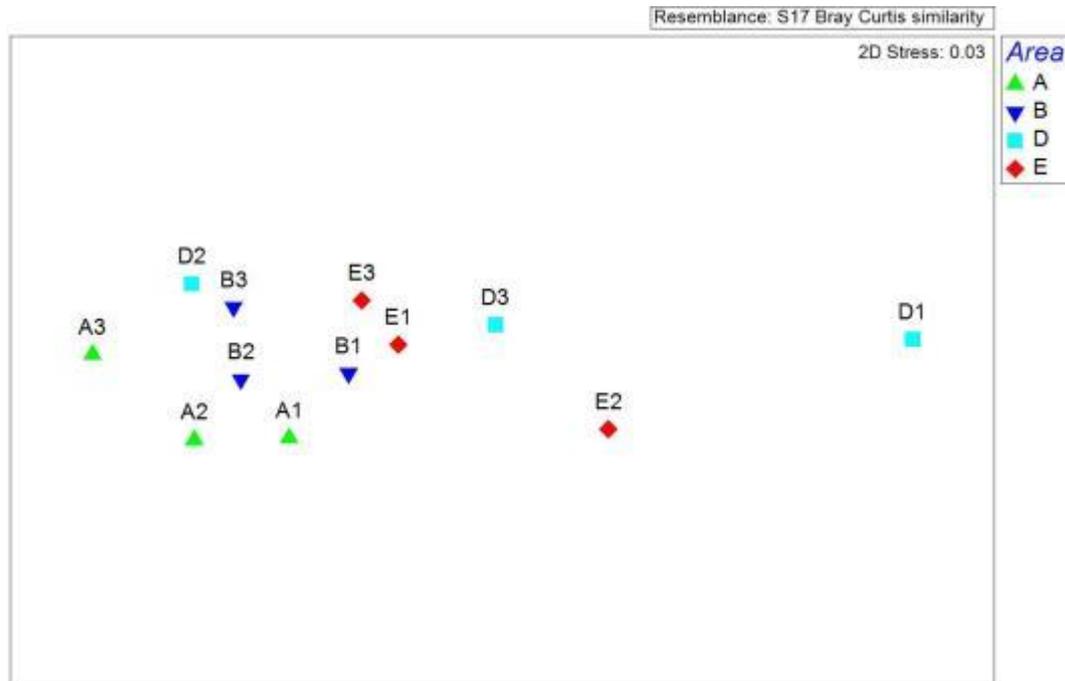


Figura 58. Estate 2016: nMDS.

I vari punti stazione segregano in un unico cluster, e ciò è indicativo di un'elevata omogeneità spazio-temporale della comunità zooplanctonica, con la sola stazione D1 che segrega a parte per le minori abbondanze riscontrate.

L'analisi della similarità percentuale (SIMPER Analysis, Appendice III, Estate) indica l'area Porto (D) come quella in cui la comunità zooplanctonica è maggiormente diversificata nei tre giorni di monitoraggio, con un valore di similarità intra-area pari a 49.77%. Le altre aree oscillano tra 82.25% (TVN, B) e 76.7% (V.Fanciullo, E). Copepodi e arpacticoidi sono gli elementi dominanti.

I confronti appaiati mostrano una relativamente bassa dissimilarità tra aree. In particolare, le maggiori differenze sono state riscontrate tra P.S.Agostino e V.Fanciullo (42.35%). La dissimilarità nel confronto tra le altre aree è bassa, indicativa di comunità zooplanctoniche alquanto omogenee, e compresa tra 22.29% (P.S.Agostino vs TVN) e 36.66% (TVN vs Porto).

4.2.4 Autunno 2016

Nell'Appendice I viene riportata la lista tassonomica e le abbondanze dello zooplancton campionato nell'Autunno 2016.

Sono stati censiti complessivamente 46 taxa.

I gruppi tassonomici maggiormente rappresentati in termini di abbondanza sono risultati le forme giovanili di Copepoda (33.6% dell'abbondanza totale), seguiti dagli Harpacticoida (15.8% dell'abbondanza totale), dai Calanoida (12.7% dell'abbondanza totale), e larve di Cirripedia (10.2% dell'abbondanza totale). Altri gruppi ben rappresentati in autunno sono le forme giovanili di Bivalvia (10% dell'abbondanza totale), i Cyclopoida (6.3% dell'abbondanza totale), i Tintinnida (2.7% dell'abbondanza totale), le larve di Polychaetes (1.7% dell'abbondanza totale), i Cladocera (1.3% dell'abbondanza totale), e le larve di Gastropoda (1.1% dell'abbondanza totale).

A livello di specie, i taxa maggiormente rappresentati sono risultati gli Arpacticoidi *Euterpina acutifrons* (con un valore medio di circa 140 ind m⁻³), e Harpacticoida indet. (con un valore medio di oltre 100 ind m⁻³), seguiti da *Acartia tonsa* (con un valore medio di 100 ind m⁻³).

Le figure seguenti riportano i valori degli indici strutturali di comunità a ciascuna stazione nell'Autunno 2016.

Il numero medio di taxa (S, Fig. 59) risulta massimo in B3 (25 taxa), seguiti da A1 e B1 (22 taxa), mentre il valore minimo si registra in E2 (6 taxa).

L'abbondanza media (N, Fig. 59) maggiore è stata registrata in B3 (quasi 3000 ind m⁻³), seguita da B1 (oltre 2300 ind m⁻³). Nelle restanti stazioni le densità zooplanctoniche oscillano tra oltre 2000 ind m⁻³ (A1, B1), e circa 500 ind m⁻³ (E2).

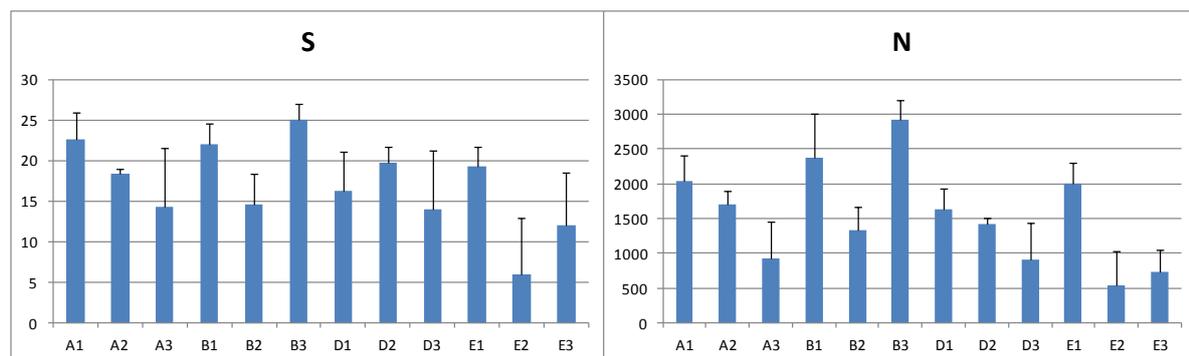


Figura 59. Valori del numero di taxa (S) e dell'abbondanza di individui (N) nelle 12 stazioni

L'indice di ricchezza specifica di Margalef (d, Fig. 60) presenta una notevole variabilità, essendo compreso tra il valore di 3.0 (B3) e il valore di 0.7 (E2). La dominanza di Simpson (Fig. 18) oscilla tra il valore di 0.60 (E2) e il valore di 0.85 (E1).

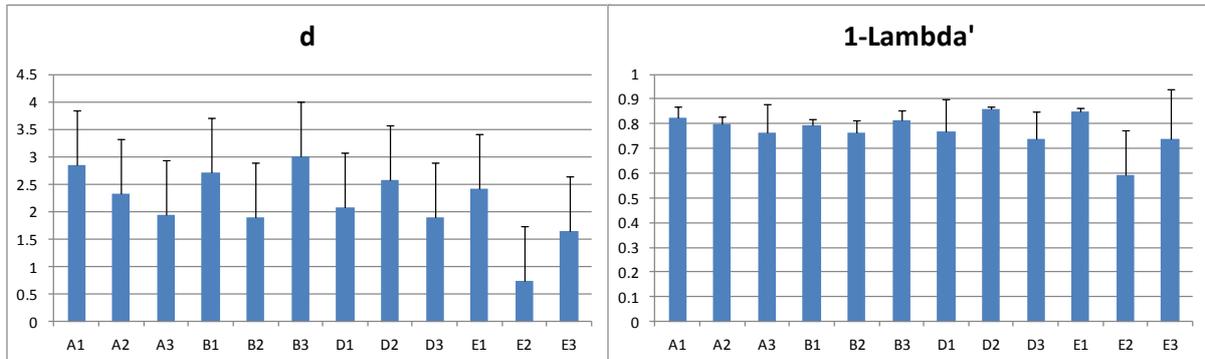


Figura 60. Valori dell'indice di ricchezza specifica di Margalef (d) e dominanza di Simpson (1- λ') nelle 12 stazioni

L'indice di diversità di Shannon-Wiener (H' , Fig. 61) presenta pure notevole variabilità tra le stazioni di aree differenti: si va da un valore minimo di 1.6 in E2 a un valore massimo di 3.4 in D2. L'indice di evenness di Pielou (J') si mostra abbastanza omogeneo, compreso tra un valore minimo di 0.7 (B1) e un valore massimo di 0.91 in E2.

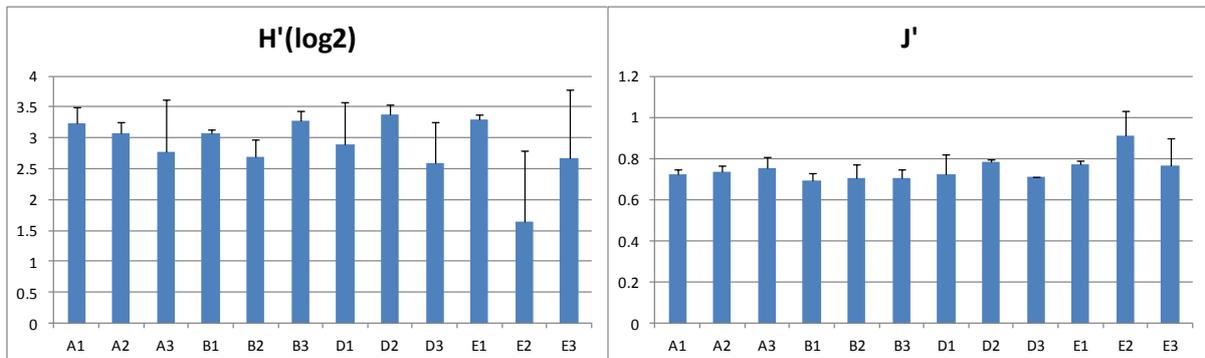


Figura 61 Valori dell'indice di diversità di Shannon-Wiener (H') e di evenness di Pielou (J') nelle 12 stazioni

Nell'Appendice II vengono riassunti i valori degli indici strutturali di comunità.

Le Figure 62 e 63 mostrano i diagrammi di classificazione mediante cluster-analysis e di ordinamento mediante nMDS per la comunità zooplanctonica nell'Autunno 2016.

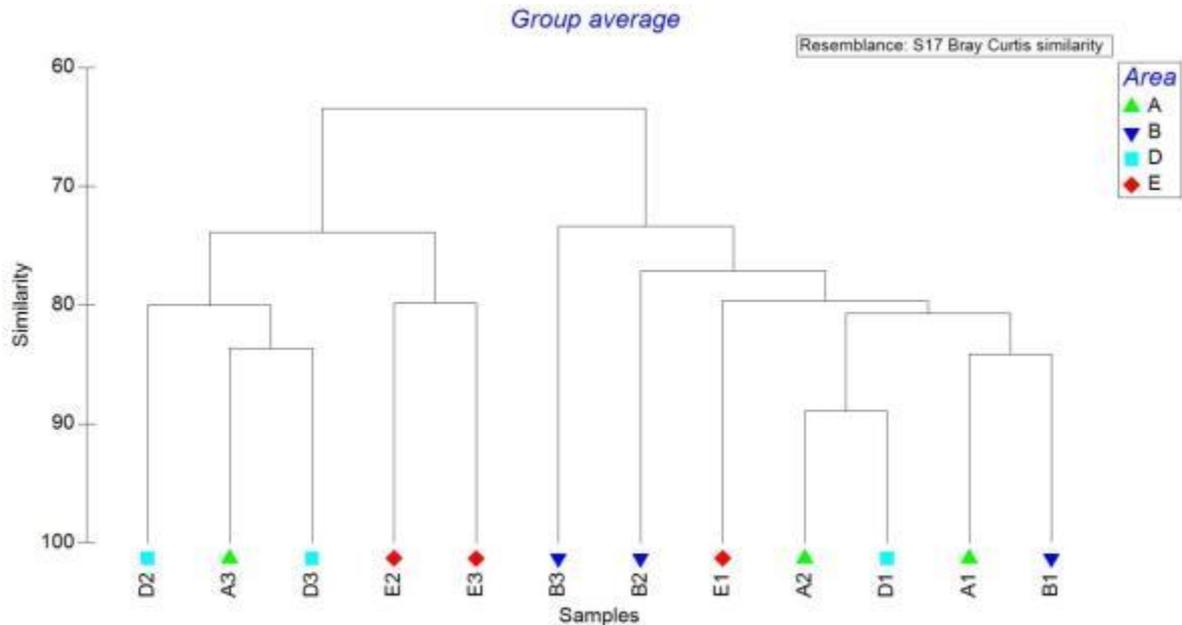


Figura 62. Autunno 2016: cluster-analysis.

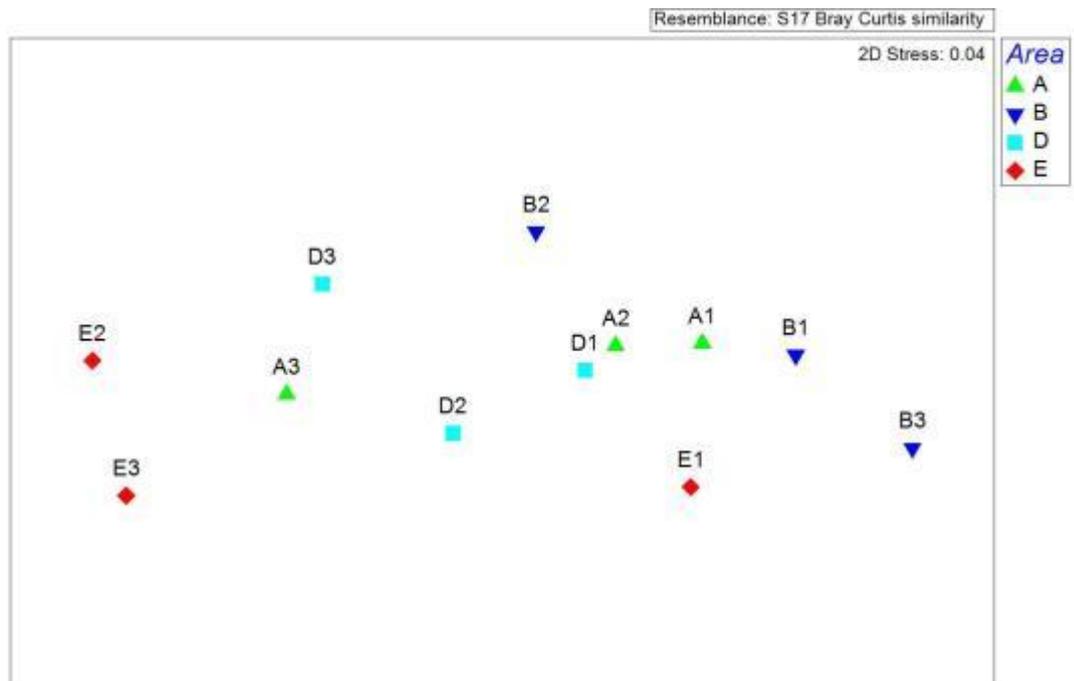


Figura 63. Autunno 2016: nMDS.

L'analisi multivariata mostra due cluster principali che però segregano a una elevata similarità (circa 75%). Approssimativamente una nuvola comprende i punti relativi alle stazioni A e B (ma con inclusioni di D1 ed E1), e l'altra i punti stazione relativi a D ed E (ma con inclusione di A3).

L'analisi della similarità percentuale (SIMPER Analysis, Appendice III, Autunno) mostra che l'area V. Fanciullo (62.23%) esibisce la maggior variabilità intra-area, mentre Porto (76.75%) risulta la più costante in termini di composizione della comunità nei tre giorni di monitoraggio.

I confronti appaiati mostrano differenze di composizione tra la comunità di TVN e V. Fanciullo (40.19%). La dissimilarità nel confronto tra le altre aree è inferiore, compresa tra 32.48% (P. S. Agostino vs V. Fanciullo), e 22.01% (P. S. Agostino vs Porto), indicativa di comunità zooplanctoniche alquanto omogenee.

4.2.5 Valutazioni complessive

Seppur non espressamente richiesto né dal D.Lgs. 152/06 né dal successivo D.M. 260/10, l'impiego dello zooplancton come elemento di qualità biologica ai fini della caratterizzazione dello stato ambientale è argomento dibattuto da molto tempo; a oggi non sono ancora disponibili dati sufficienti per poter definire la modalità o lo strumento da utilizzare affinché il segnale fornito da questa componente fondamentale dell'ecosistema possa essere registrato coerentemente in termini di qualità ambientale.

Il mesozooplancton oggetto di questo studio risulta composto quantitativamente in larga parte da Copepoda (adulti e forme larvali), Cirripeda (forme larvali), e Cladocera.

La predominanza del gruppo dei Copepoda concorda con quanto osservato da Di Capua & Mazzocchi (2009) e Cataletto et al. (2014).

I taxa osservati presentano tutti un'ampia distribuzione geografica e sono caratterizzati da una marcata variabilità stagionale della loro abbondanza. I Copepoda rappresentano la comunità più abbondante dello zooplancton sia dell'ambiente di costa sia oceanico, costituendo generalmente più del 20% del mesozooplancton totale, ma raggiungendo anche densità superiori al 40% durante i blooms primaverili ed autunnali (Daly Yahia et al., 2004). Per questa loro importante presenza, la variabilità della loro abbondanza nel tempo e nello spazio è di fondamentale importanza nelle dinamiche che caratterizzano le catene alimentari marine. I Copepoda, infatti, ricoprono una posizione chiave nella catena trofica marina essendo considerati i maggiori produttori secondari degli oceani.

Tra i principali generi di Copepoda riscontrati vi sono ben sette specie di *Oithona* (Cyclopoida), con specie di acque aperte, neritiche ma anche salmastre a spiccata stagionalità (Mazzocchi & Ribera d'Alcalà, 1995); *Calanus*, *Centropages*, *Clausocalanus*, *Paracalanus*, *Temora* e *Acartia* (Calanoida), che includono sia specie neritiche che eurialine, molto comuni nel Mediterraneo; *Euterpina* e *Microsetella* (Harpacticoida), species epipelagiche, neritiche, presenti in acque costiere, aperte e salmastre e comuni tutto l'anno. I Cyclopoida sono rappresentati dal genere *Oithona* in tutte le aree: le specie rinvenute di questo genere sono risultate *Oithona decipiens*, *O. longispina*, *O. similis*, *O. nana*, *O. setigera*, *O. plumifera*, *O. tenuis*, specie ben adattate alla vicinanza a costa e, di conseguenza, agli apporti di inquinanti antropici (Paffenhöfer, 1993).

Il genere *Oithona* ha una distribuzione spaziale molto ampia ed è in grado di adattarsi in molti ambienti marini, dagli estuari al mare aperto, dall'Artico e Antartico al Mediterraneo (Mazzocchi e Ribera d'Alcalà, 1995) ed alle acque tropicali e sub-tropicali. Questa ampia distribuzione spaziale è in parte dovuta al fatto che alcune specie hanno

una buona capacità di adattamento a condizioni eurialine, euriterme, oltre ad avere bassi tassi metabolici e di respirazione (Paffenhöfer, 1993).

Altro genere ben rappresentato è *Acartia*, che è risultato diversificato in termini di abbondanza nelle quattro aree. Questo genere è riportato fra i dominanti, soprattutto in ambiente d'altura. *Acartia* è risultata sempre presente in tutte le quattro aree, in relazione al suo adattamento alla vicinanza a costa e, di conseguenza, agli apporti di inquinanti antropici, presentando una strategia r ed essendo caratterizzata da elevati tassi di produttività e di produzione di uova. Le numerose specie trovate (*Acartia tonsa*, *A. bifilosa*, *A. clausii*, *A. italica*, *A. discaudata*) sono euriecie ed opportunistiche, adattate ad ambienti ad alta trofia, quando le condizioni diventano sfavorevoli possono produrre delle uova durature che si depositano sul fondo per schiudersi al momento opportuno, costituiscono così una elevata frazione della componente zooplanctonica in ambienti costieri ed estuarini (Paffenhöfer, 1993).

Clausocalanus è un genere sempre presente in tutte le stazioni e su tutto il periodo annuale, con picchi di densità nel periodo primaverile. L'andamento di *Paracalanus* mostra un decremento in densità nel periodo più caldo, per poi mantenersi più o meno stabile tutto l'anno ed in tutte le aree. Le minori densità estive si sono rilevate, in generale, in tutte le quattro aree. Le specie più rappresentative di questo genere sono *Paracalanus parvus* e *Paracalanus nanus*. *Centropages* è un genere presente sia nelle acque neritiche sia nelle acque offshore, oltre la piattaforma.

Centropages, ed in particolare *C. typicus*, è presente con elevate densità nel Mar Mediterraneo, ha un ciclo annuale caratterizzato da un marcato trend stagionale, con un minimo di densità rilevabile nei periodi freddi e più picchi di densità riscontrabili nei periodi più caldi, soprattutto in aprile-giugno (Mazzocchi e Ribera d'Alcalà, 1995).

Più rara è risultata la presenza di Cladocera, rappresentati principalmente da *Penilia*, *Evadne* e *Podon*, specie eurialine ed euriterme, tipiche di acque costiere, e che generalmente presentano massimi stagionali nel periodo estivo e autunnale.

Ben rappresentata anche la parte meroplanctonica, costituita da giovanili di Polychaeta, Sipunculida, Decapoda, Mollusca (Lamellibranchia e Gastropoda), Echinodermata e infine Tintinnida e Cnidaria.

La Fig. 64 riassume i valori medi di abbondanza zooplanctonica rilevati alle quattro aree durante la campagna 2016. Non sono evincibili andamenti temporali né spaziali che possano interpretare tali variazioni nelle abbondanze, se non la stocasticità della distribuzione dello zooplancton nella colonna d'acqua e la casualità del campionamento.

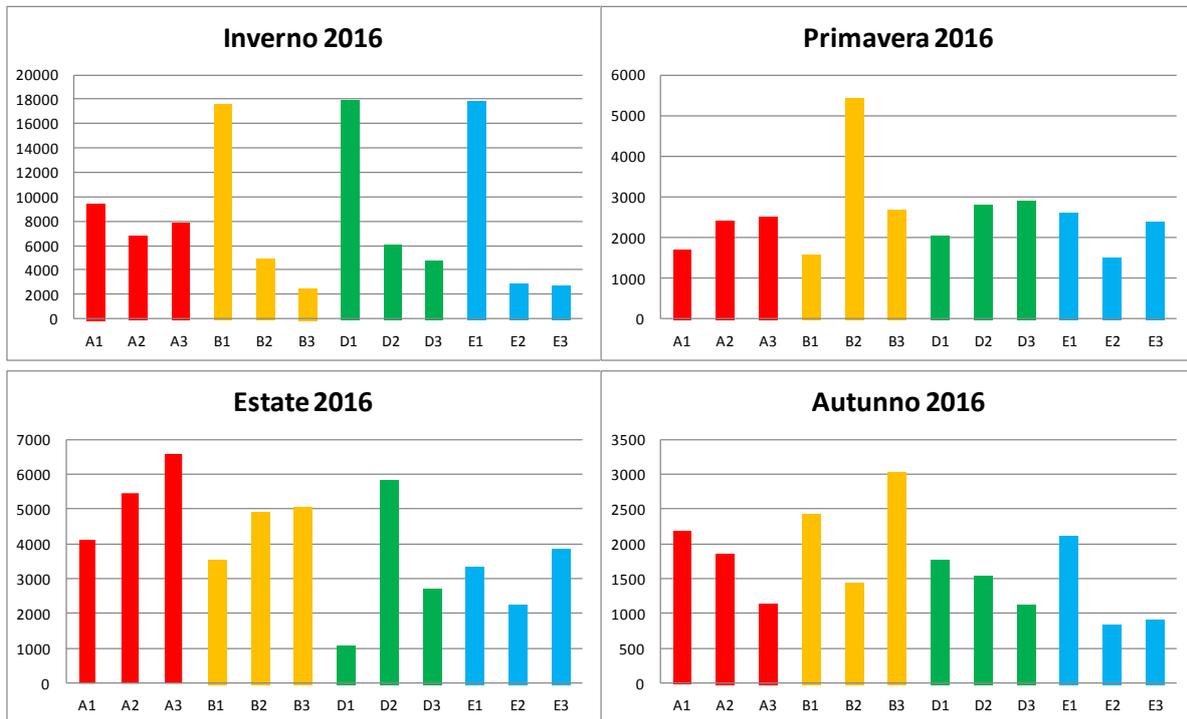


Figura 64. Abbondanza media dello zooplancton

Tutti gli indici strutturali presentano una bassa variabilità tra stazioni, a testimonianza di una comunità zooplanctonica abbastanza omogenea nel tratto di mare in questione. Le stazioni di campionamento presentano valori di diversità e di evenness relativamente elevati, dando indicazione di una buona strutturazione della comunità. Malgrado ciò, è evidente la predominanza di uno o pochi taxa, come suggerito dall'indice di equitabilità e da quello di dominanza, che in tutte le stazioni si discostano dal loro valore massimo di 1. Tale risultato è dovuto spesso alla predominanza numerica di forme giovanili di Copepoda e Cirripeda.

E' stata inoltre eseguita l'analisi multivariata (Cluster e nMDS) sul data set 2016 complessivo. Questa analisi consente di riassumere se e quanto la comunità zooplanctonica dell'area TVN si discosti, per struttura e composizione, dalla comunità degli altri siti indagati.

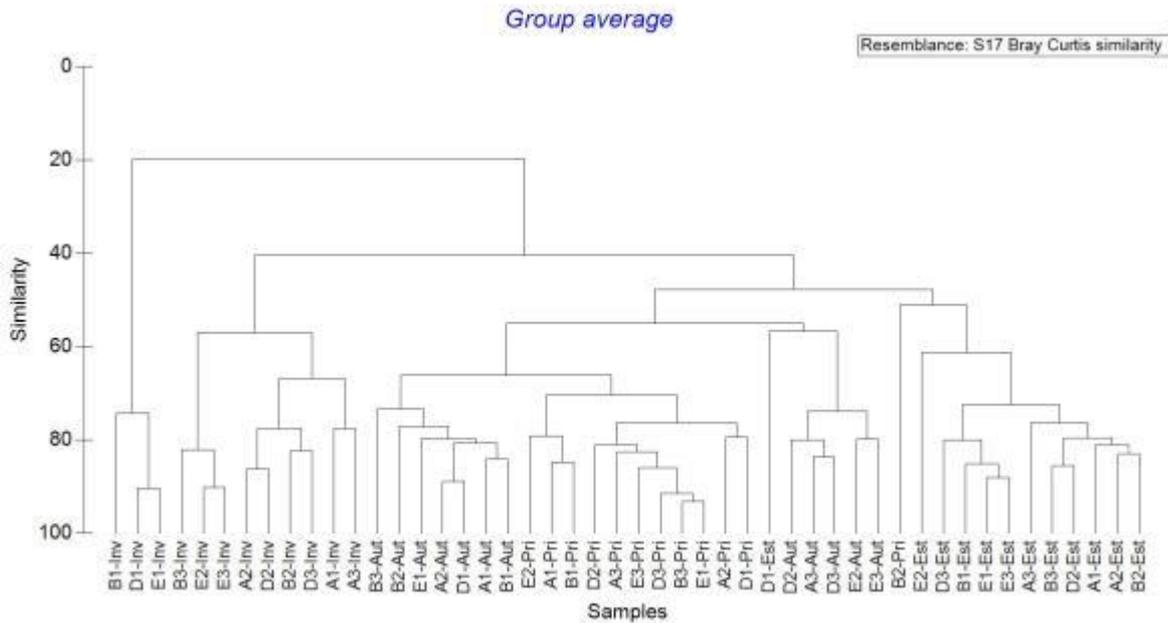


Figura 65 Classificazione mediante cluster-analysis

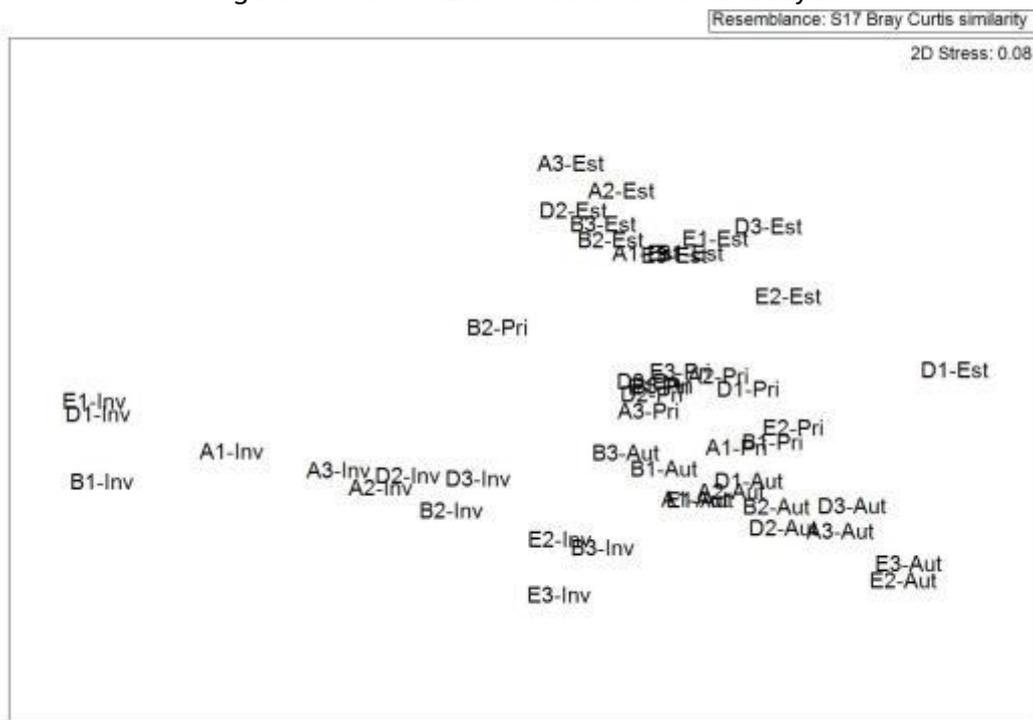


Figura 66 Ordinamento mediante nMDS

La classificazione mediante cluster-analysis (Fig. 65) e l'ordinamento mediante nMDS (Fig. 66), eseguiti sulla matrice di abbondanza aggregata a livello annuale, mostrano come i punti stazione segreghino in cluster/nuvole principali riferibili alla stagionalità: da una parte i punti relativi all'inverno, un grande cluster centrale relativo alle "mezze stagioni" (primavera-autunno), un cluster relativo al periodo estivo. All'interno di questi cluster stagionali, la stazione B (TVN) non segrega in maniera indipendente.

L'analisi delle similarità percentuali (SIMPER analysis, Appendice IV) eseguita sulla matrice annuale delle abbondanze evidenzia come la similarità intra area assuma valori simili per tutte le quattro aree indagate ma indicativi di variazioni stagionali abbastanza cospicue.

I valori di similarità sono:

- stazione P.S. Agostino (A): 47.25%;
- stazione TVN (B): 50.43%;
- stazione Porto (D): 45.81%;
- stazione Villaggio Fanciullo (E): 46.26%.

La dissimilarità spaziale tra le varie aree risulta relativamente bassa e costante, con valori compresi tra 48.82% (P.S. Agostino vs TVN) e 53.10% (P.S. Agostino vs Villaggio Fanciullo). Questo dato ulteriormente conferma la similarità della composizione e struttura della comunità zooplanctonica nell'area TVN rispetto alle altre aree.

L'Appendice IV riassume i valori di dissimilarità (Avg diss) nei confronti appaiati tra aree, assieme al contributo percentuale (Contrib%) e cumulativo (Cum%) dei taxa che causano tale dissimilarità.

Le seguenti Figure (da 67 a 70) riassumono su base stagionale la composizione e struttura della comunità zooplanctonica alle quattro aree.

In conclusione, la comunità zooplanctonica in prossimità dello scarico a mare della Centrale di Torrevaldaliga Nord non mostra differenze strutturali riconducibili all'eventuale disturbo provocato dallo scarico della Centrale. Le comunità zooplanctoniche in quel tratto di Mare Tirreno sono simili e presentano variazioni di tipo stagionale. Si distinguono chiaramente una stagionalità nella composizione delle comunità. L'alternanza nella dominanza di differenti specie, altrove riscontrata, risulta difficile da cogliere a causa della tempistica dei campionamenti (uno a stagione), che ne impedisce il riconoscimento.

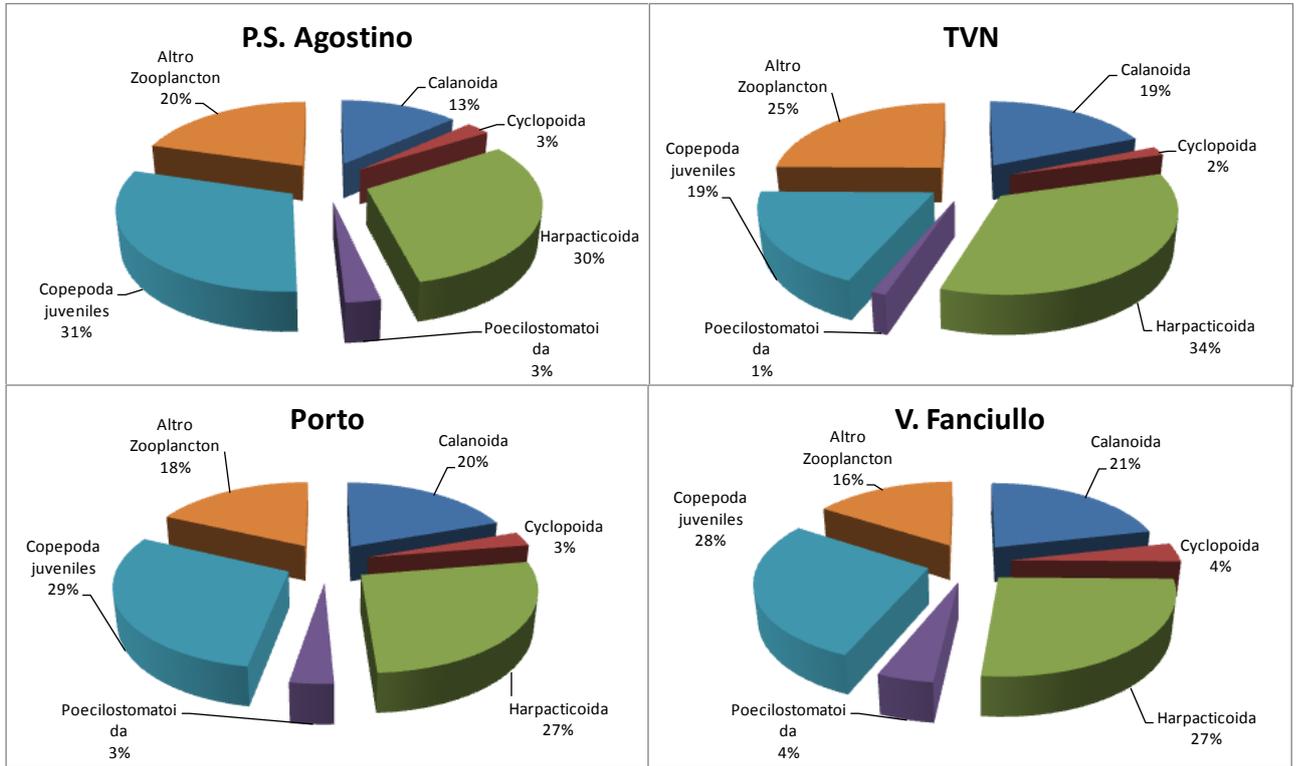


Figura 67. Inverno 2016

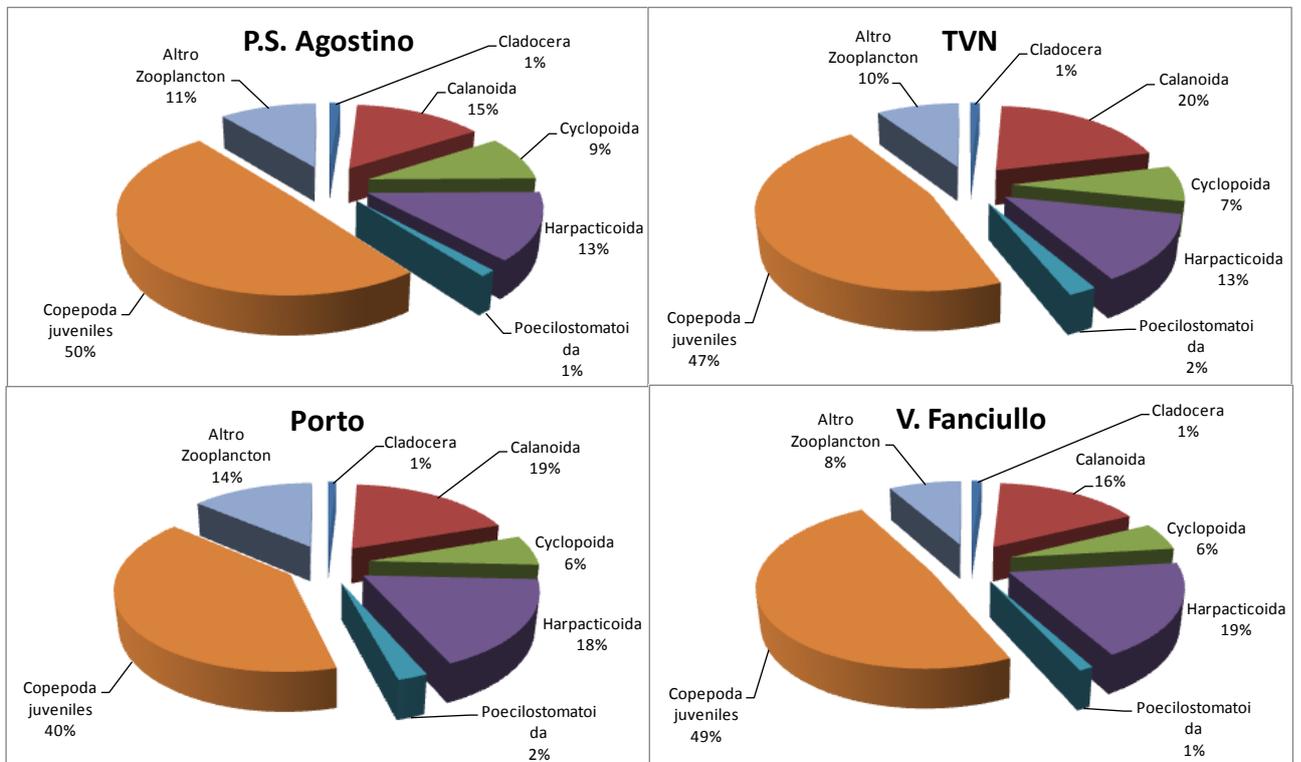


Figura 68. Primavera 2016

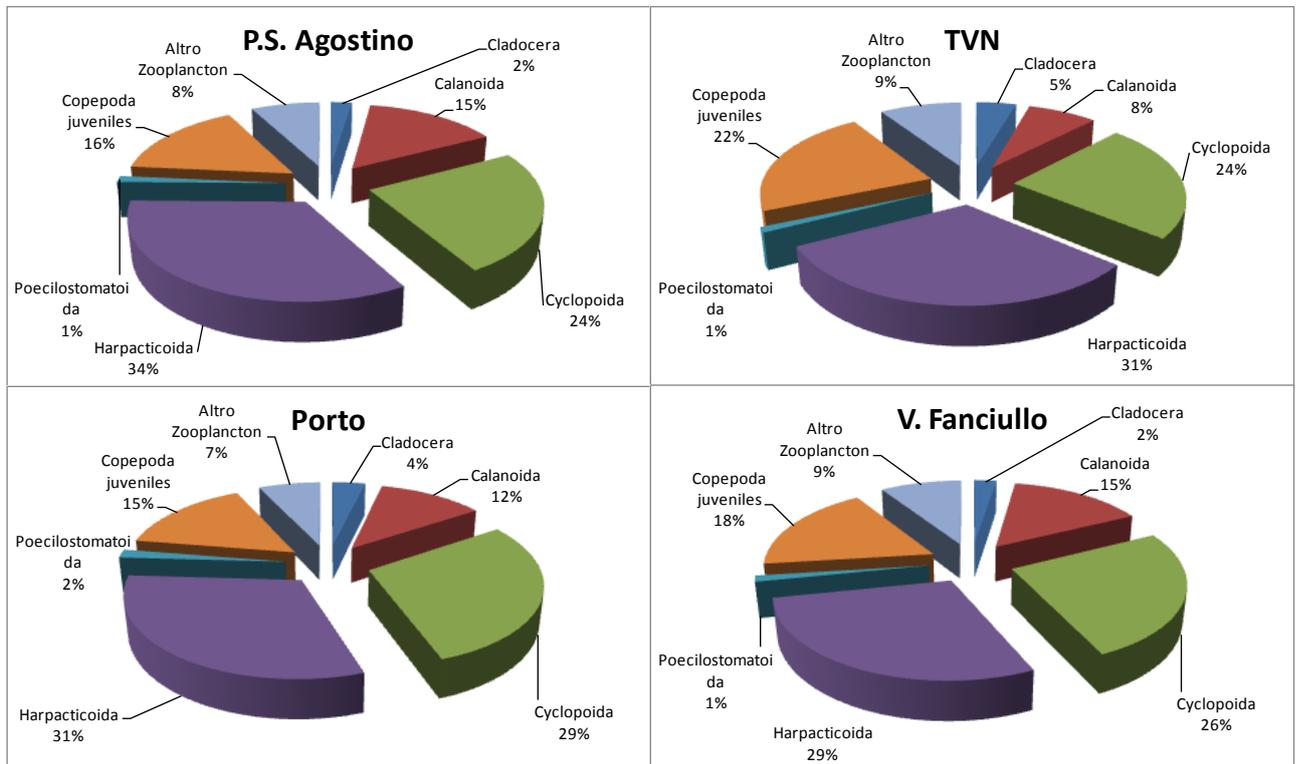


Figura 69. Estate 2016

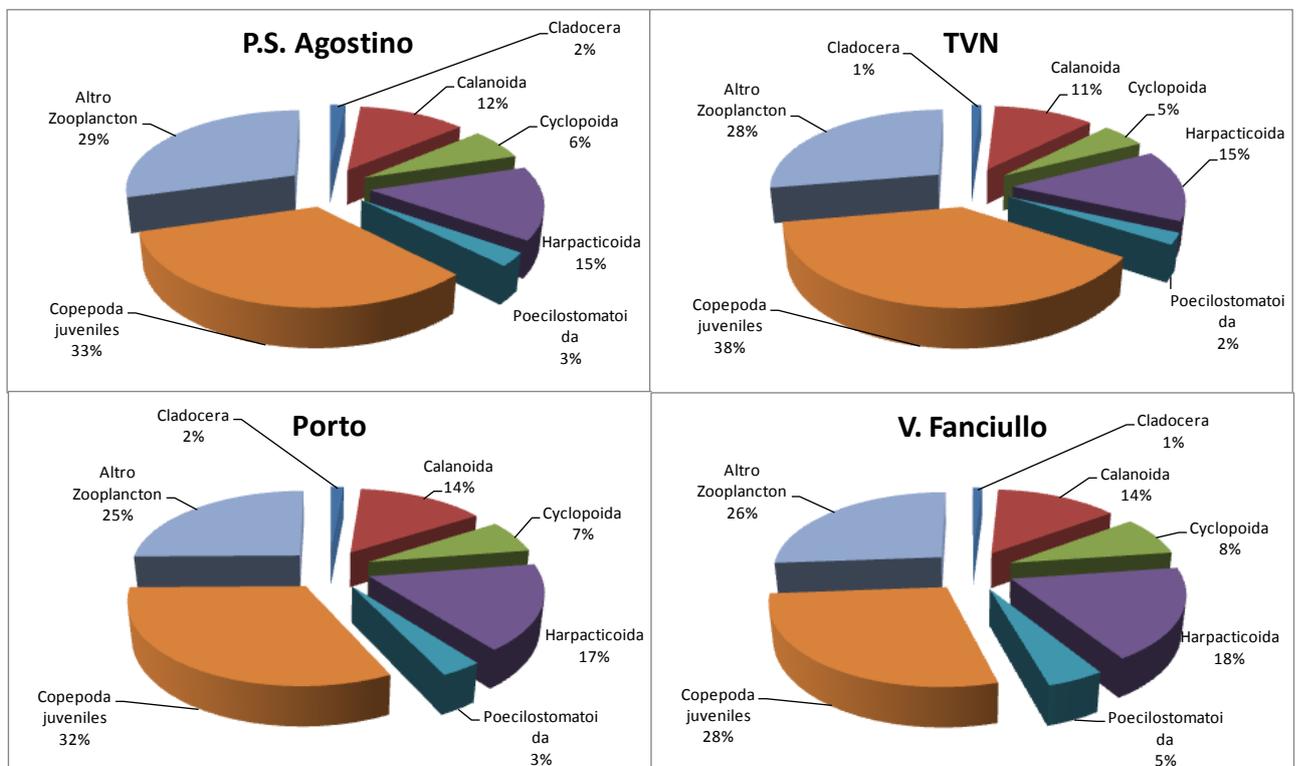


Figura 70. Autunno 2016

4.3 Macrobenthos

Di seguito vengono riportati i risultati relativi alle indagini effettuate sulla componente macrobentonica, eseguite nei punti di campionamento riportati in figura 5.

Nel tratto di mare studiato sono state individuate nove stazioni di campionamento a tre profondità (-4, -8 e -16 m) lungo tre transetti collocati nelle aree di seguito descritte:

- area A, in corrispondenza di Punta S. Agostino
- area B, in corrispondenza dello scarico a mare delle acque di raffreddamento della centrale di Torrevaldaliga Nord
- area E, circa 2000 m a nord-ovest dello scarico della Centrale.

Complessivamente sono stati censiti 27 campioni di macrofauna. I dati raccolti sono stati organizzati in una matrice di specie/abbondanza, dove per ogni replica viene riportata la lista tassonomica e le relative abbondanze (Appendice I, allegata al documento).

In Appendice II sono riportati i valori di abbondanza media di ciascuna specie, e il rispettivo valore ecologico secondo la libreria di M-AMBI, nelle 9 stazioni.

In Appendice III infine sono stati riportati i valori di abbondanza percentuale di ciascuna specie nelle 9 stazioni, al fine di poterne meglio evidenziare l'importanza numerica nella caratterizzazione delle comunità.

4.3.1 Composizione tassonomica

Durante il campionamento dell'estate 2016 sono stati rinvenuti e identificati 12898 individui, corrispondenti ad un totale di 227 taxa (classificati a livello di specie ogni qualvolta possibile), appartenenti a 194 generi, 125 famiglie, 49 ordini, 16 classi, 8 phyla.

Il gruppo tassonomico maggiormente rappresentato è quello degli Arthropoda (47,5% dell'abbondanza totale), seguito dagli Annelida (37,3%) e dai Mollusca (13,1% del totale).

Tra gli Arthropoda, predominano gli Amphipoda (27,0% dell'abbondanza totale), seguiti da Tanaidacea (15,9%), Isopoda (3,2%) e Decapoda (1,3%), mentre Pycnogonida (0,05%), Insecta (0,03%), Cumacea (0,02%), Mysida (0,02%) e Sessilia (0,008%) costituiscono una componente estremamente ridotta. I Mollusca sono costituiti principalmente da Bivalvia (11,4% dell'abbondanza totale di individui), seguiti da Polyplacophora (1,4%) e Gastropoda (<0,3%).

Infine vi sono i seguenti phyla: Sipunculida (1%), Nemertea (0,7%), Echinodermata (0,3%), Platyhelminthes (0,1%) e Cnidaria (0,02%).

4.3.2 Indici strutturali di comunità

Di seguito sono riportati i grafici relativi ai valori medi degli indici strutturali nelle nove stazioni di campionamento (Fig. 71-75).

Tra le stazioni si osserva in generale una certa variabilità nel numero di specie e di individui; il numero di individui presenta una marcata variabilità anche tra le repliche delle singole stazioni, in particolare in quelle a 4 metri di profondità. Nelle tre aree si osserva un minor numero di specie e di individui nelle stazioni a 16m; all'aumentare della profondità si registra infatti un progressivo decremento delle abbondanze ed incremento del valore di evenness.

Il maggior numero di taxa (S , Fig. 71) si registra in E8 ($S=86.0+8.2$ DS), mentre quello minore in A16 ($S=21.7+1.5$ DS).

Il maggior numero di individui (N , Fig. 72) si osserva in E4 ($N=1189.0+253.5$ DS), quello minore in A16 ($54.3+9.9$ DS).

L'indice di Pielou (evenness, J' , Fig. 73) presenta il valore maggiore in B16 con $J'=0.87$ ($+0.04$ DS), mentre quello meno elevato si osserva in E4 con $J'=0.64$ ($+0.02$ DS).

Il valore di diversità di Shannon-Wiener (H' log_e, Fig. 74) più elevato si osserva in B8 con H' log_e =3.5 ($+0.2$ DS); il valore minore di diversità si riscontra invece in E4 con H' log_e =2.6 ($+0.1$ DS).

L'indice di dominanza di Simpson (D , Fig. 75) infine varia da $D=0.85$ ($+0.05$ DS) in A4 a $D=0.95$ ($+0.01$ DS) in B8.

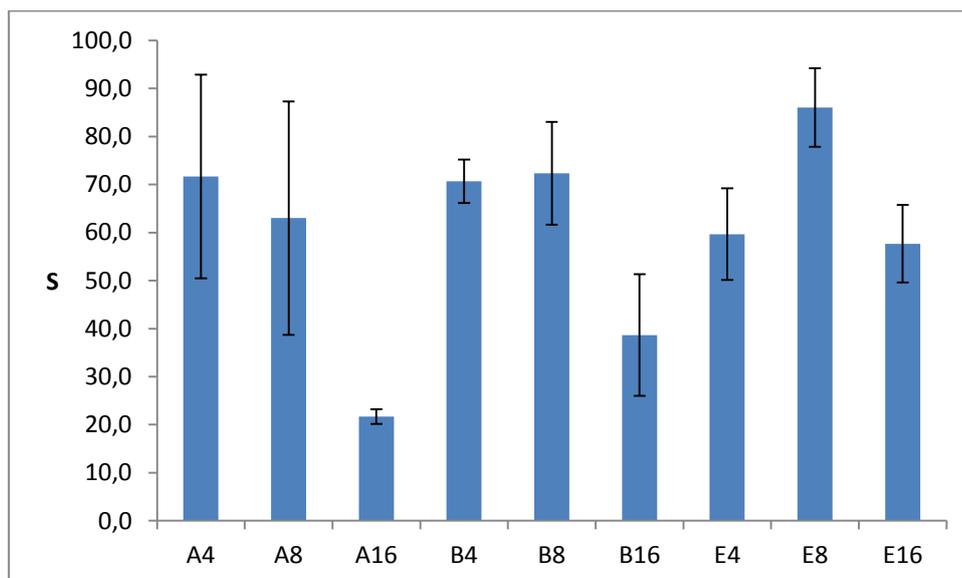


Figura 71 Valori medi del numero di taxa (S) e deviazione standard nelle 9 stazioni.

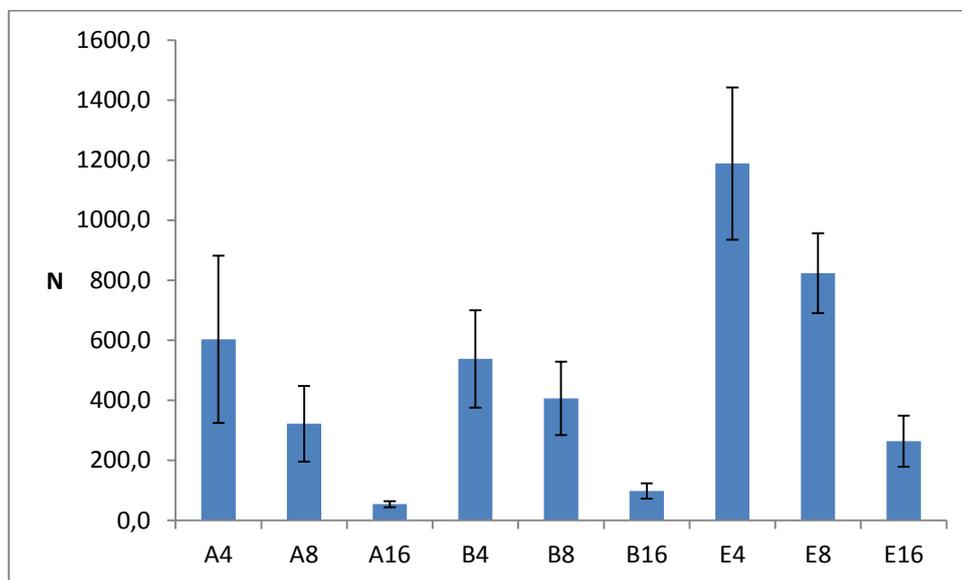


Figura 72. Valori medi dell'abbondanza di individui (N) e deviazione standard nelle 9 stazioni.

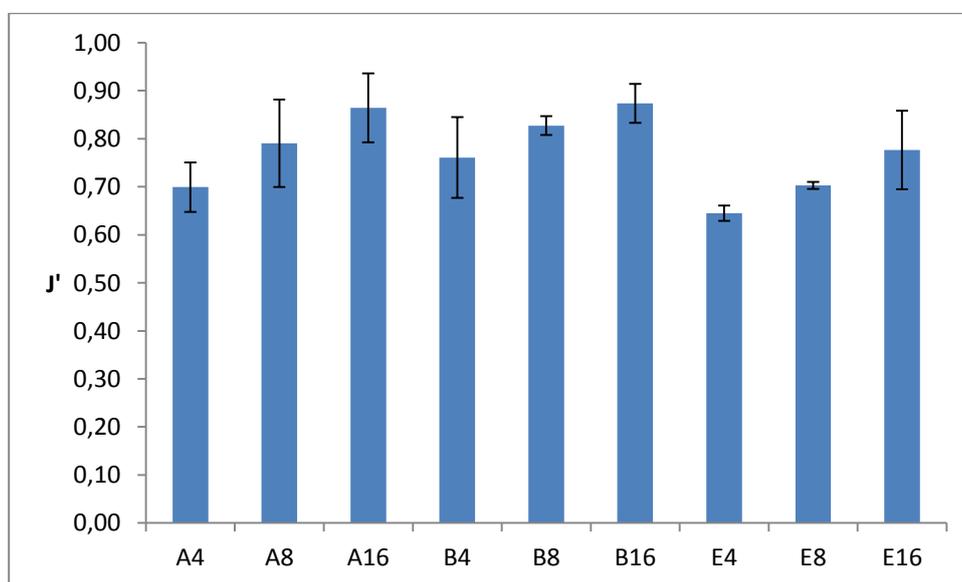


Figura 73. Valori medi dell'indice di Pielou (J') e deviazione standard nelle 9 stazioni.

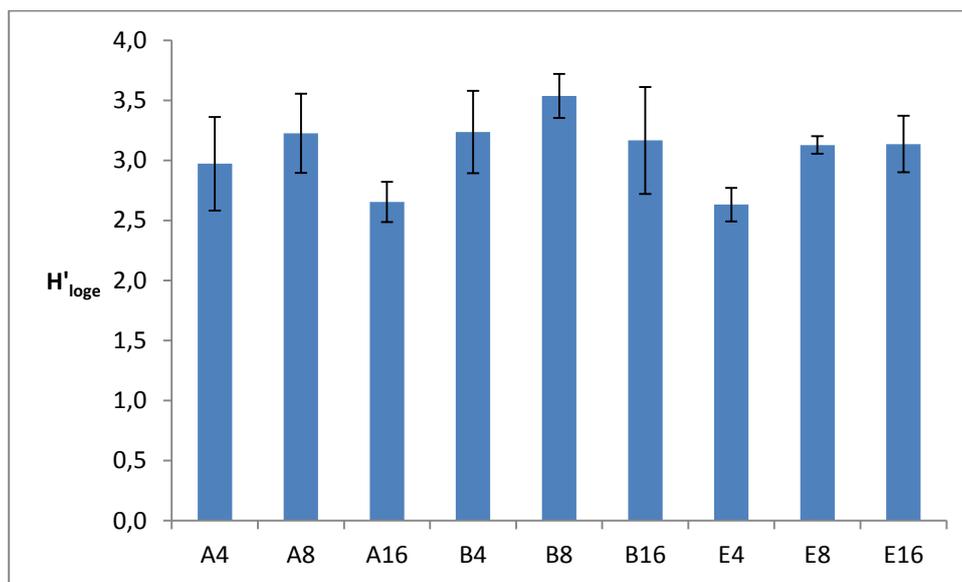


Figura 74. Valori medi dell'indice di diversità di Shannon-Wiener ($H'_{\log e}$) e deviazione standard nelle 9 stazioni.

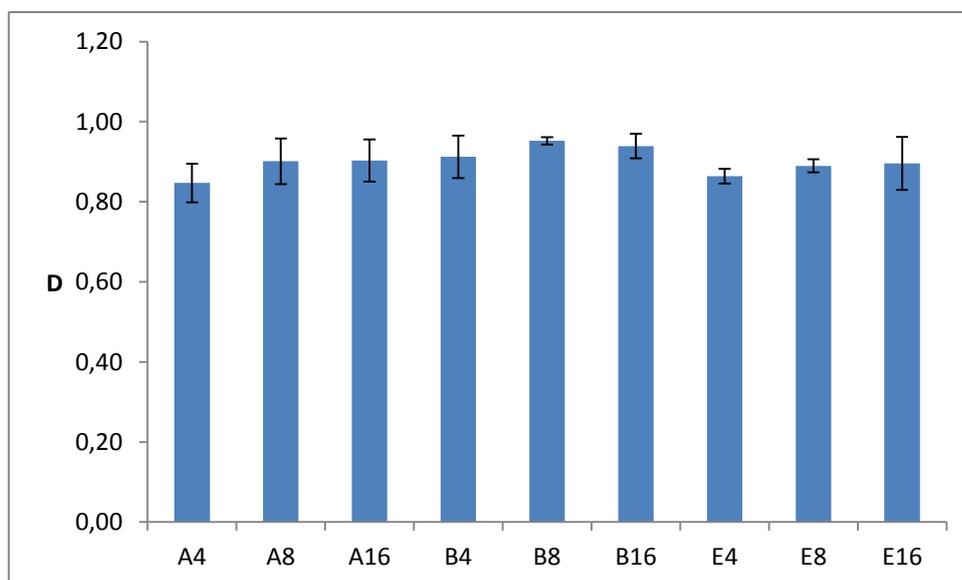


Figura 75. Valori medi dell'indice di dominanza di Simpson (D) e deviazione standard nelle 9 stazioni.

In Appendice IV per ciascuna stazione sono riportati i valori degli indici strutturali univariati nelle 3 repliche di ogni stazione, la loro media e deviazione standard (ds).

I dati di abbondanza sono relativi all'unità di campionamento.

4.3.3 Analisi multivariata

Dall'ordinamento mediante MDS (Fig. 76) si osserva che i punti stazione di questo studio segregano in funzione di due principali batimetrie. Sul lato sinistro del plot troviamo un'ampia nuvola di punti costituita dalle stazioni localizzate alle batimetrie dei 4m e 8m, a cui si unisce anche la stazione E16. Tra queste, si osserva una maggior segregazione verso il lato sinistro della stazione E4. Sul lato destro del plot invece segregano insieme le stazioni a 16m: A16 e B16.

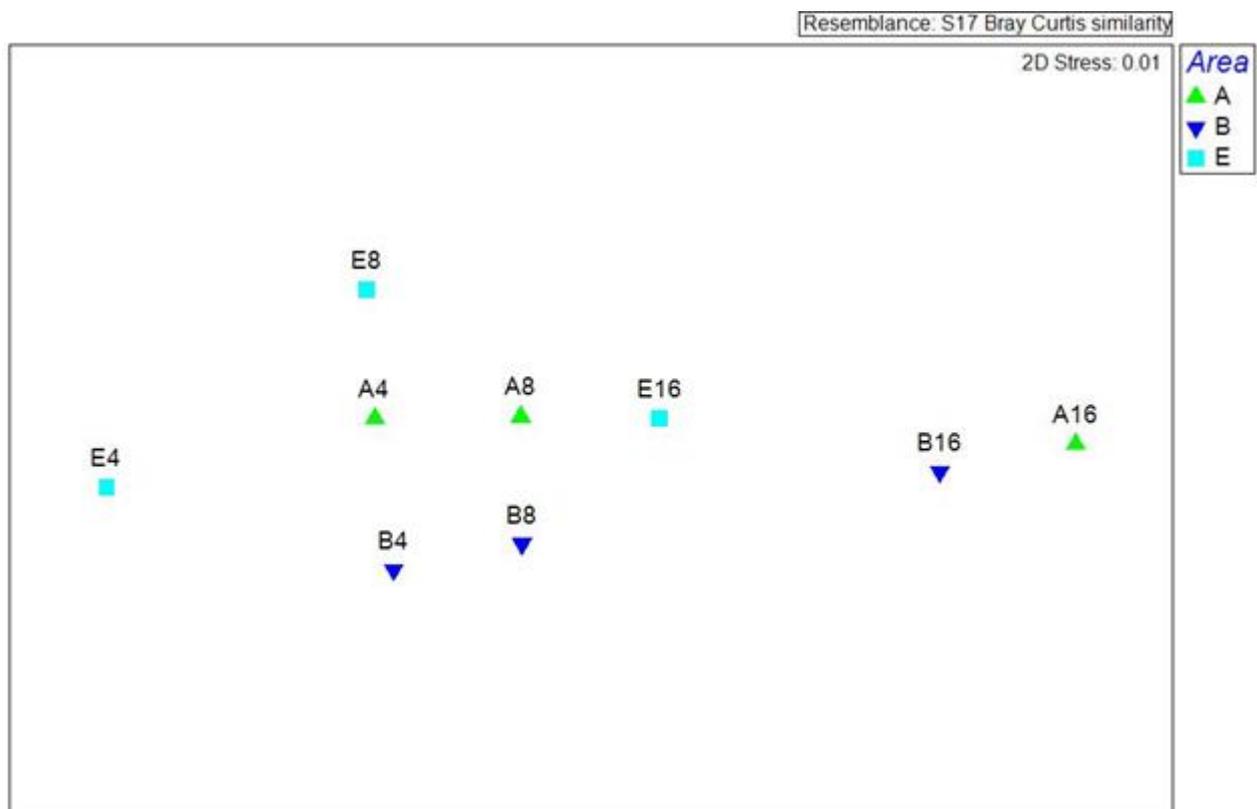


Figura 76. Ordinamento mediante Multi-dimensional scaling (MDS) delle repliche delle 9 stazioni, del luglio 2016. Acronimi: le lettere A, B ed E rappresentano le Aree di campionamento, i numeri rappresentano le profondità.

Questo risultato sembra essere comunque confermato dal raggruppamento mediante Cluster Analysis (Fig. 77), nel quale appaiono evidenti due raggruppamenti principali, di cui: uno, sulla destra del plot, costituito dalle stazioni alla profondità di 4m e 8m (cui si unisce la stazione E16), aggregate ad una similarità del 30.69%, ed un secondo sulla sinistra, costituito dalle stazioni A16 e B16 (aggregate al 54.03% di similarità). Questi due raggruppamenti si aggregano tra loro ad una similarità del 19.59%. Nell'ambito del primo raggruppamento (a destra) si osserva una maggior similarità tra le stazioni A4 ed E8 (63.1% di similarità) ed A8 e B8 (59.63% di similarità). Appare dunque evidente una principale separazione delle stazioni in funzione della batimetria. Tuttavia, a ciascuna delle tre batimetrie (4m, 8m e 16m), la dissimilarità (Appendice V) tra la comunità

dell'area A e quella dell'area E (A-E), e tra quella dell'area B e quella dell'area E (B-E), è maggiore di quella osservata tra la comunità dell'area A e quella dell'area B (A-B).

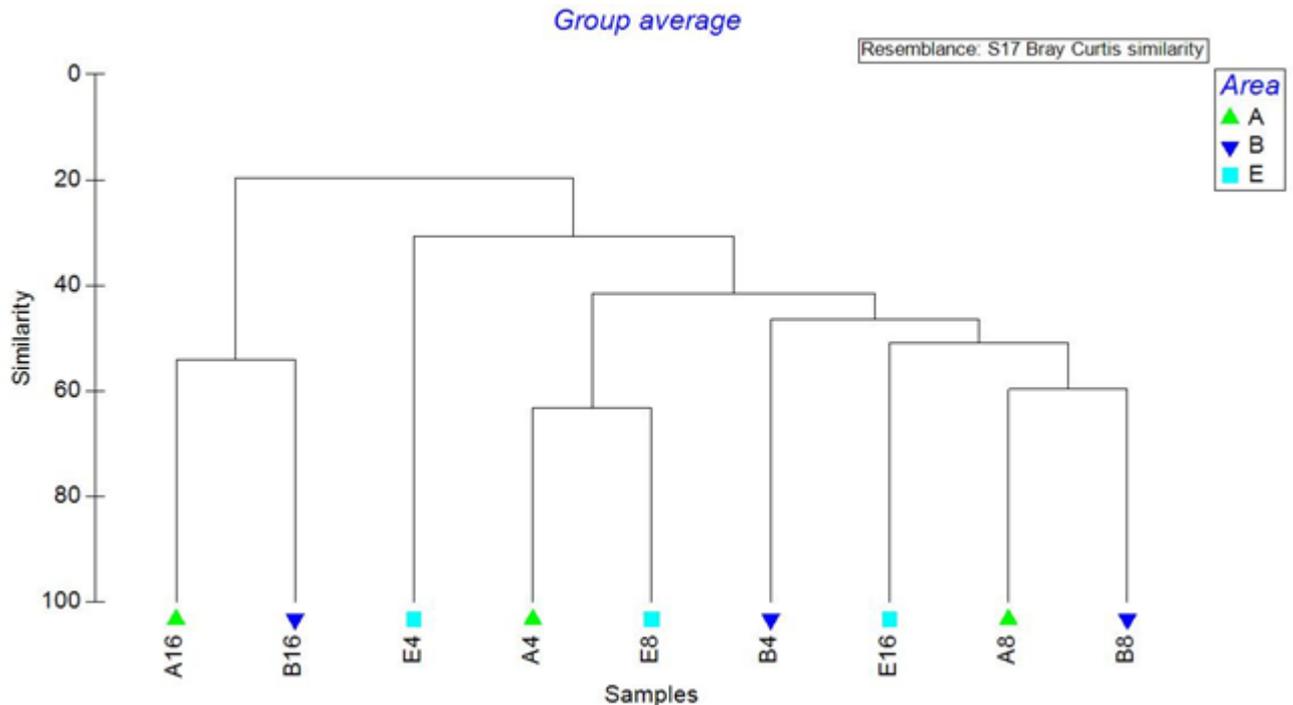


Figura 77. Raggruppamento mediante Cluster Analysis delle 9 stazioni, nel periodo del luglio 2016.

In Appendice V sono riportati i valori di dissimilarità tra le stazioni, ottenuti mediante l'analisi SIMPER; sono inoltre riportate le specie che contribuiscono a tale dissimilarità tra stazioni; in Appendice VI sono invece riportati i valori di similarità (ottenuti mediante analisi SIMPER) all'interno di ciascuna stazione e le specie che caratterizzano ciascuna stazione.

La maggior dissimilarità (Appendice V) si osserva tra A16 ed E4 (95.67%), tra A16 e E8 (91.94%), mentre quella minore si osserva tra A4 ed E8 (49.67%). Tale dissimilarità tra stazioni è sempre dovuta a un elevato numero di specie (Appendice V), presenti con differenti abbondanze nelle varie stazioni; le specie presenti solo in una o nell'altra stazione hanno un ruolo più rilevante nel differenziare le stazioni che presentano una dissimilarità maggiore del 65%.

Le specie 'uniche' cioè osservate con un unico individuo, e dunque esclusive di una sola stazione, sono ben 39 (Appendice I).

I valori di similarità all'interno di ciascuna stazione (Appendice VI) variano dal 76% in E4 al 21.61% in A16.

In Appendice VI sono infine riportate le specie caratterizzanti di ciascuna stazione.

In tutte le stazioni, il gruppo tassonomico maggiormente caratterizzante è rappresentato dai policheti della famiglia Syllidae, il cui contributo percentuale varia da stazione a stazione.

Nelle stazioni a 8m A8 e B8 i tre principali taxa caratterizzanti della comunità sono infatti i policheti Syllidae ed i bivalvi *Striarca lactea* e *Musculus discors*. Le stazioni B4 ed E16, che si aggregano ad A8 e B8, hanno in comune con queste ultime due stazioni le specie seguenti caratterizzanti: Syllidae, e i bivalvi *S. lactea*, *M. discors* e *Lithophaga lithophaga*, a cui si aggiungono in B4 l'anfipode *Quadrinemaera inaequipes*, il tanaidaceo *Leptocheilia savignyi*, il polichete *Vermiliopsis striaticeps* ed i Polyplacophora, come in A8 e B8, mentre in E16 il bivalve *Hiatella rugosa*, il polichete *Amphiglena mediterranea* e l'anfipode *Ampelisca rubella*, come in A8.

Il gruppo di stazioni A4 ed E8 ha in comune le seguenti specie caratterizzanti, oltre ai Syllidae: i policheti *A. mediterranea* e *Platynereis dumerilii*, gli anfipodi *Microdeutopus chelifer* e *Leptocheirus guttatus* ed il tanaidaceo *L. savignyi*. La stazione E4 si differenzia da tutte le altre stazioni per la presenza dei Syllidae al secondo posto tra le specie caratterizzanti, anziché al primo; presenta alcune specie caratterizzanti in comune con A4, quali: i tanaidacei *L. savignyi* e *Paradoxapseudes intermedius* e gli anfipodi *M. chelifer*, *Q. inaequipes* ed *Elasmopus pocillimanus*.

Infine le comunità a 16m, in A16 e B16, sono caratterizzate da un numero differente di taxa, di cui tuttavia i principali sono presenti in entrambe le stazioni; questi sono: i policheti della famiglia Syllidae, i Polyplacophora e i bivalvi *S. lactea* e *M. discors*.

In Appendice VII sono infine riportate le specie caratterizzanti di ciascuna batimetria e quelle che differenziano principalmente le comunità a 4m, 8m e 16m.

Le comunità delle stazioni a 4m di profondità presentano una similarità del 44.99%; sono caratterizzate principalmente da policheti appartenenti alla famiglia Syllidae, dal tanaidaceo *L. savignyi* e dall'anfipode *Q. inaequipes*.

Le comunità delle stazioni alla batimetria degli 8m presentano una similarità del 39.55% e sono caratterizzate dalla famiglia Syllidae, dai bivalvi *S. lactea* e *M. discors*, dal polichete *P. dumerilii* e dall'anfipode *M. chelifer*.

Infine le comunità delle stazioni a 16m presentano una similarità del 31.09%; sono caratterizzate dalla famiglia Syllidae e dai bivalvi *S. lactea* e *M. discors*.

In Appendice VIII sono riportati i valori di similarità tra le stazioni all'interno di ciascuna area. In A la similarità è del 26%, in B del 36.21% e in E del 33.78%. L'area E si differenzia maggiormente dalle altre (A-B, dissimilarità: 71.76%; A-E, dissimilarità: 72.70%; B-E, dissimilarità: 73.85%).

4.3.4 Stato di qualità ecologica

Di seguito sono riassunti i risultati dell'applicazione dell'indice M-AMBI alla matrice costituita dai valori medi di specie/abbondanza di ciascuna stazione, relativi alla campagna di campionamento di luglio 2016 (Tabella 1).

Tutte le stazioni ricadono al di sopra limite Buono/Elevato; lo stato di qualità, mediante l'indice M-AMBI, risulta *Elevato* in tutte le stazioni.

Di seguito in Tabella 2 sono riassunte, per ciascuna stazione, le percentuali di organismi appartenenti ai 5 gruppi di sensibilità/tolleranza, i valori di AMBI, e la percentuale di organismi non attribuiti ad alcun gruppo ecologico.

Mediante l'applicazione dell'indice AMBI, che si basa sulla composizione in gruppi ecologici, lo stato di qualità risulta *Lievemente disturbato*, equivalente allo stato di qualità *Buono* in quattro stazioni (A4, E4, E8, E16) e addirittura *Non disturbato*, corrispondente allo stato *Elevato*, nelle rimanenti cinque (A8, A16, B4, B8, B16).

La percentuale di organismi non assegnati ad alcun gruppo ecologico (*not assigned*) rientra nei limiti di accettabilità, variando dall'1.5% in E4 al 7.4% in A16.

Tabella 1. Risultati dell'applicazione dell'indice M-AMBI nelle 9 stazioni di campionamento. Sono riportati i valori di AMBI, diversità (H'), numero di taxa (S), M-AMBI e relativo Stato Ecologico.

Stations	Profondità	Diversity	Richness	AMBI	M-AMBI	Status
Bad		0	0	6	0	Bad
High		4	30	0.5	1	High
A4	4	4.6	116	1.5267	1.1741	High
A8	8	5.3	116	1.1871	1.276	High
A16	16	4.8	54	1.1821	1.0709	High
B4	4	4.8	104	1.17	1.1975	High
B8	8	5.5	116	0.9824	1.3129	High
B16	16	5.3	77	1.1979	1.1732	High
E4	4	4.0	95	1.8746	1.024	High
E8	8	4.8	138	1.3545	1.2644	High
E16	16	4.9	106	1.2135	1.2114	High

Tabella. 2. Valori dell'indice AMBI, classificazione mediante AMBI, percentuale di organismi appartenenti ai 5 gruppi ecologici e percentuale di non attribuiti ad alcun gruppo ecologico, ricchezza di specie e diversità, nelle 9 stazioni nella campagna di luglio 2016.

St.	I %	II %	III %	IV %	V %	Mean AMBI	Disturbance Clasification	Richness	Diversity	n.a. (%)
A4	26.6	46.8	24.8	1.7	0.1	1.527	Slightly disturbed	116	4.61	3.7
A8	39.7	42.7	16.5	1.2	0	1.187	Undisturbed	116	5.33	3.8
A16	43	39.7	13.2	3.3	0.7	1.182	Undisturbed	54	4.81	7.4
B4	51	21.2	26.7	1.1	0	1.17	Undisturbed	104	4.8	2.9
B8	56.2	22.3	21.2	0.3	0	0.982	Undisturbed	116	5.5	4.5
B16	46.2	33.3	14.9	5.6	0	1.198	Undisturbed	77	5.29	2.7
E4	29.6	16.5	53.2	0.7	0	1.875	Slightly disturbed	95	3.95	1.5
E8	36.2	37.9	25.4	0.5	0	1.354	Slightly disturbed	138	4.8	1.9
E16	38.6	43.6	16.4	1.2	0.3	1.214	Slightly disturbed	106	4.94	2.1

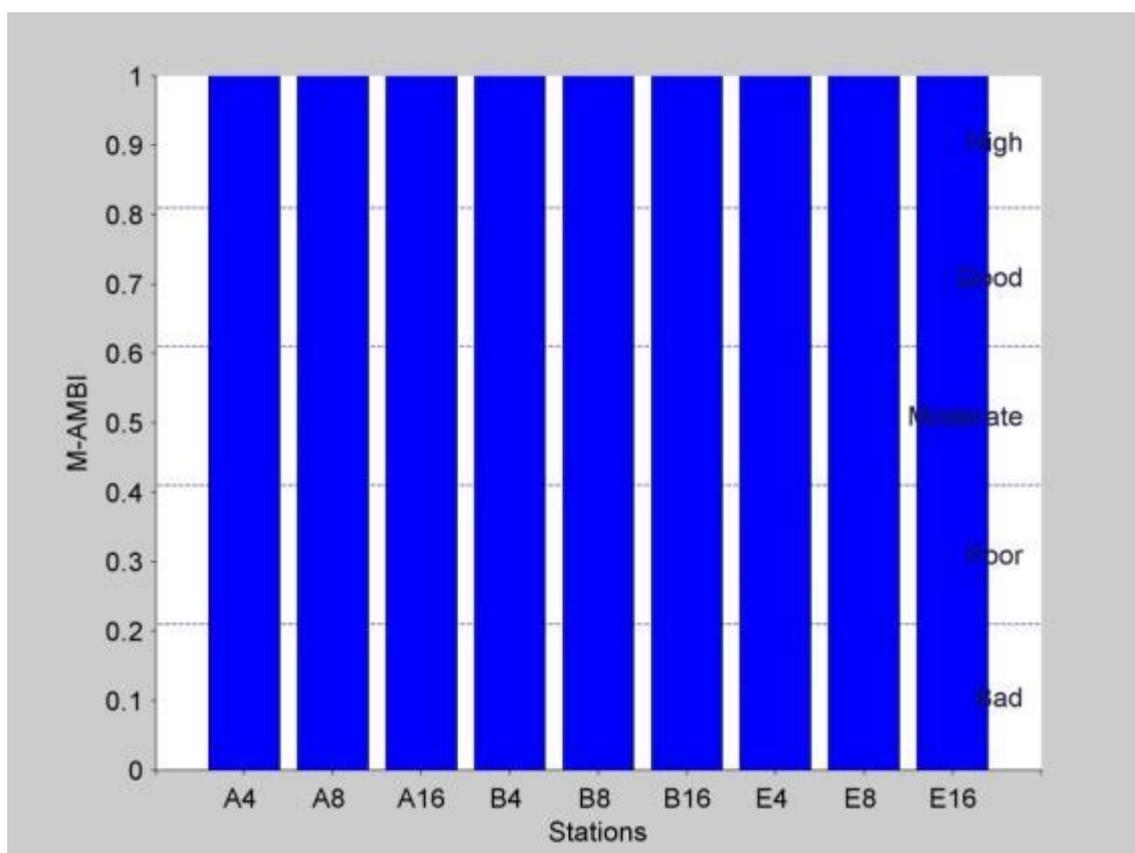


Figura 78. Classificazione dello stato di qualità delle 9 stazioni di campionamento, mediante M-AMBI. Sono riportato i limiti di classe Elevato/Buono e Buono /Sufficiente

Come evidente in Figura 78, mediante l'indice M-AMBI tutte le stazioni ricadono al di sopra del limite *Buono/Elevato*, con valori addirittura superiori ad 1 in tutte le stazioni. Il valore maggiore si osserva in B8 (M-AMBI=1.31), quello minore in E4 (M-AMBI=1.02). Tuttavia tra le stazioni si osservano delle differenze in termini di struttura (S e H', Tab. 1 e 2). Il numero di taxa risulta superiore ai limiti di riferimento per l'alta qualità (S=30) in tutte le stazioni, variando da 54 in A16 a 138 in E8. Anche l'indice di diversità risulta sempre superiore ai limiti per l'alta qualità (H'=4) variando da 4.0 in E4 a 5.5 in B8. In corrispondenza del valore maggiore di M-AMBI (M-AMBI=1.31 in B8) si riscontra il valore minore di AMBI (AMBI=0.98) e quello maggiore di diversità (H'=5.5). Il valore minore di M-AMBI (M-AMBI=1.02 in E4) si riscontra nella stazione in cui si osserva anche il valore maggiore di AMBI (AMBI=1.87) e quello minore di diversità (H'=4.0). Malgrado mediante l'indice M-AMBI tutte le stazioni presentino uno stato di qualità Elevata, tra queste stazioni si osservano delle differenze nella composizione in gruppi ecologici (Tabella 2): il gruppo degli organismi sensibili varia dal 26.6% in A14 al 56.2% in B8; il gruppo degli indifferenti varia dal 16.5% in E4 al 46.8% in A4; i tolleranti variano dal 13.2% in A16 al 53.2% in E4; gli opportunisti di II ordine variano dallo 0.3% in B8 al 5.6% in B16; infine gli opportunisti di I ordine sono presenti solo in tre stazioni (A4, A16, E16) e in percentuale estremamente ridotta (0.1%-0.7%).

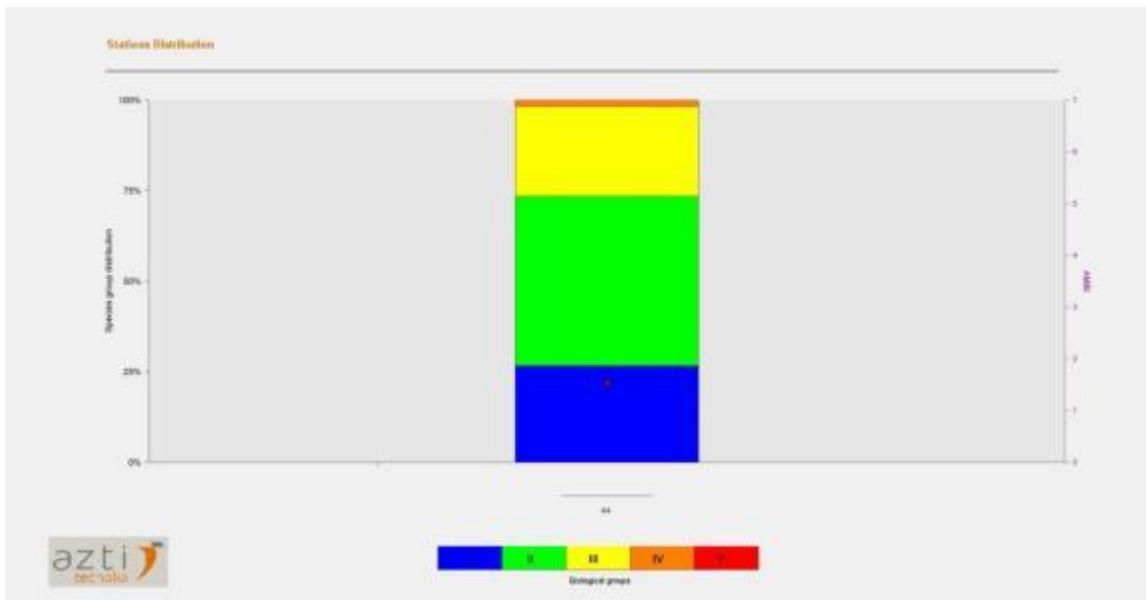


Figura 79. Risultati dell'indice AMBI. Composizione in gruppi ecologici della stazione A4.

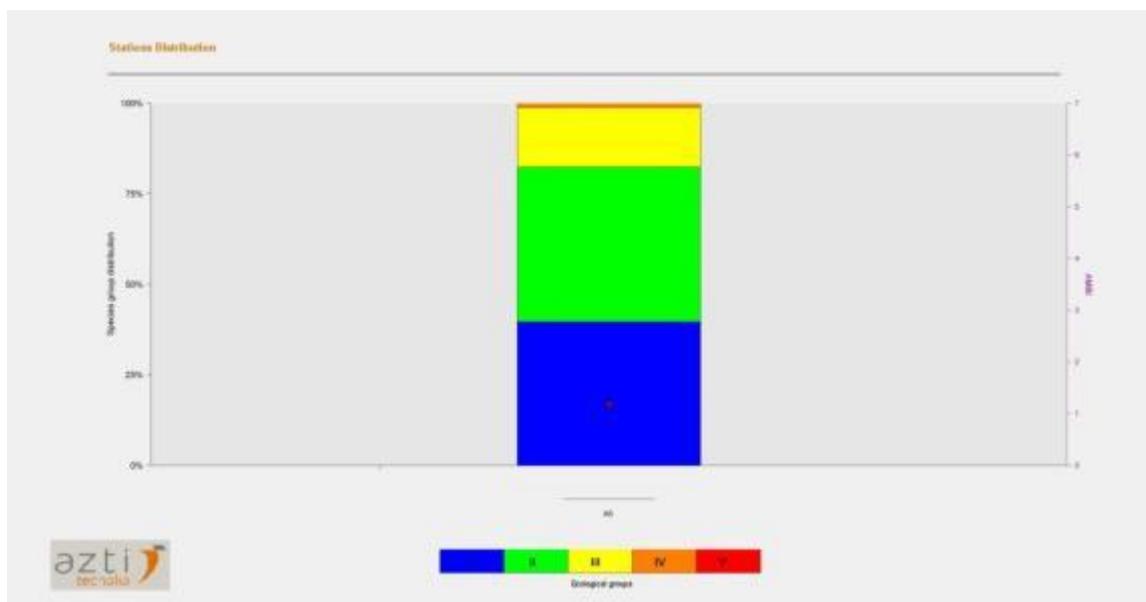


Figura 80. Risultati dell'indice AMBI. Composizione in gruppi ecologici della stazione A8.

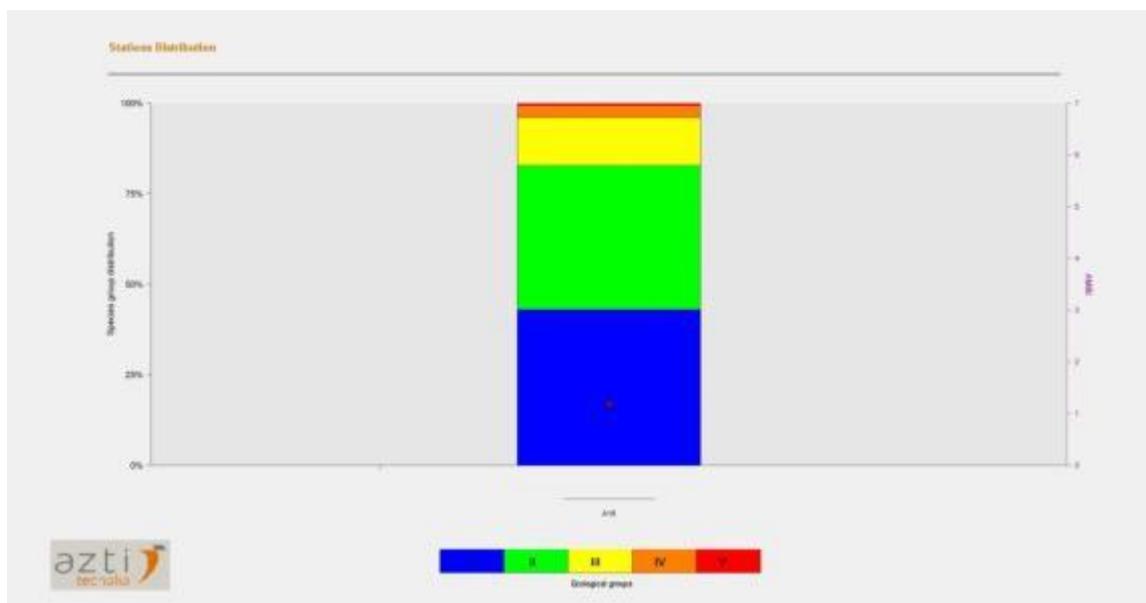


Figura 81. Risultati dell'indice AMBI. Composizione in gruppi ecologici della stazione A16.



Figura 82. Risultati dell'indice AMBI. Composizione in gruppi ecologici della stazione B4.



Figura 83. Risultati dell'indice AMBI. Composizione in gruppi ecologici della stazione B8.

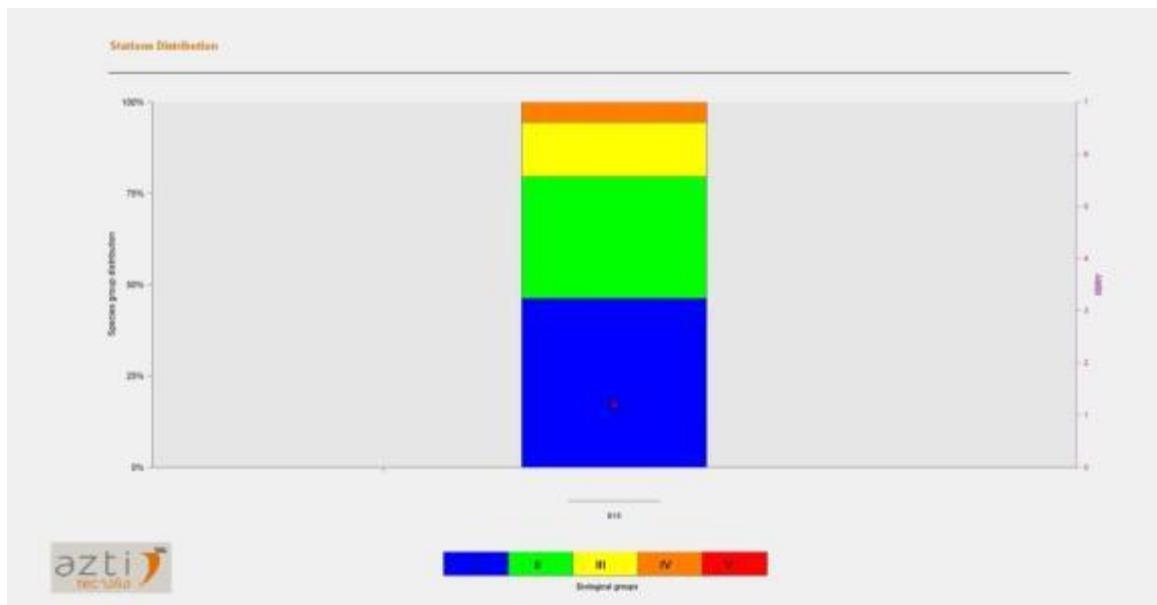


Figura 84. Risultati dell'indice AMBI. Composizione in gruppi ecologici della stazione B16.

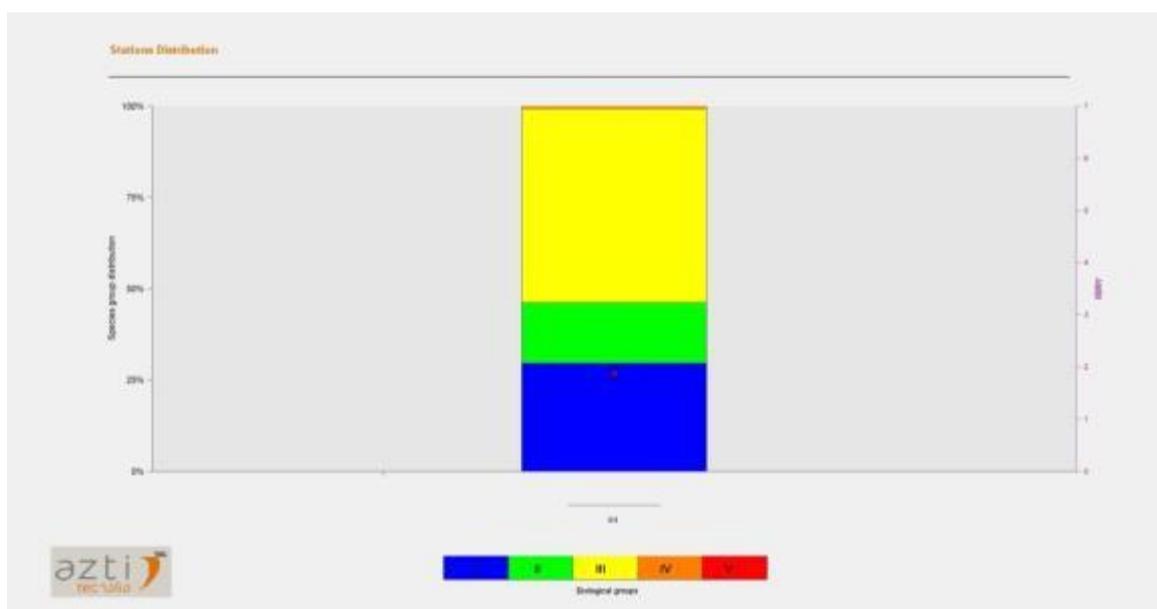


Figura 85. Risultati dell'indice AMBI. Composizione in gruppi ecologici della stazione E4.

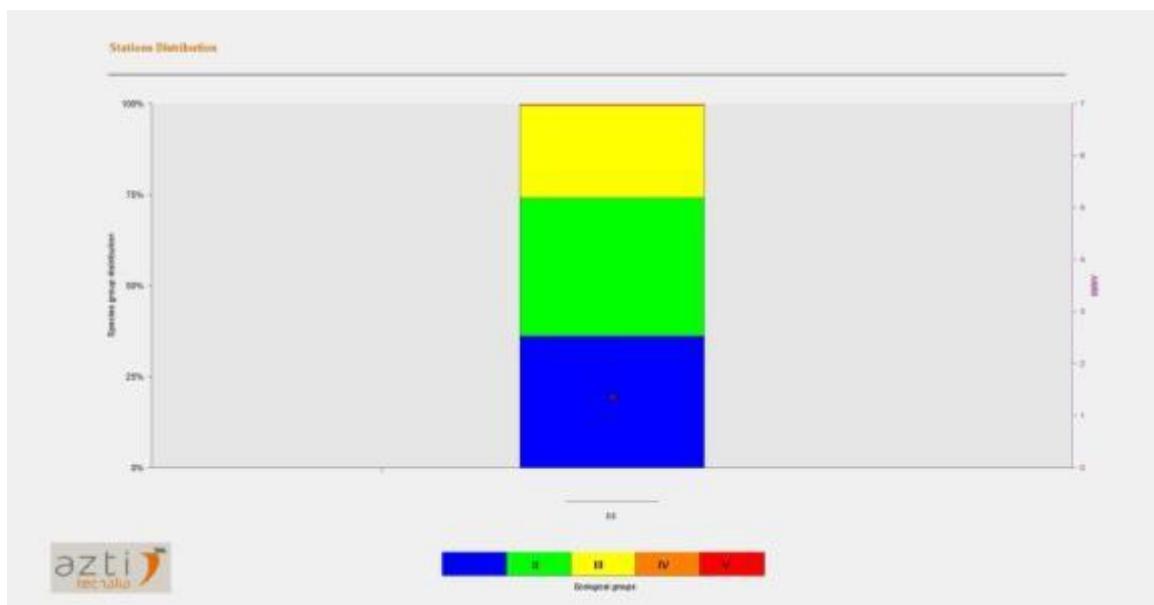


Figura 86. Risultati dell'indice AMBI. Composizione in gruppi ecologici della stazione E8.

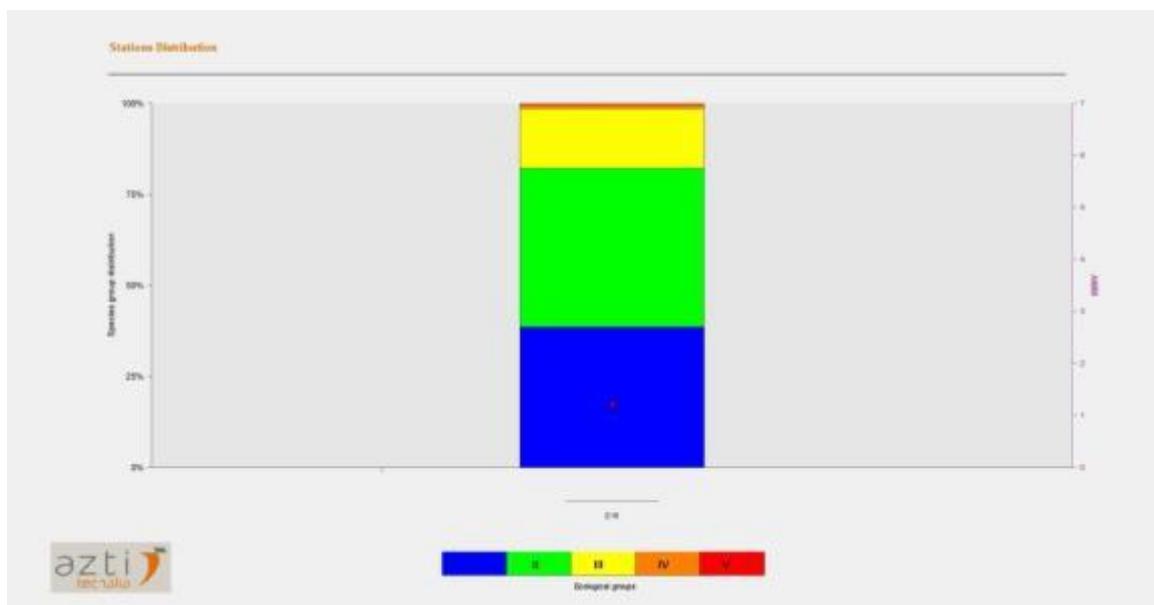


Figura 87. Risultati dell'indice AMBI. Composizione in gruppi ecologici della stazione E16.

Nelle stazioni classificate come *lievemente disturbate* (A4, E4, E8 ed E16) gli organismi sensibili variano dal 26.6% al 38.6%, gli indifferenti dal 16.5% al 46.8%, i tolleranti dal 16.4% al 53.2%, gli opportunisti di II ordine sono estremamente ridotti (dallo 0.5% all'1.7%), così come quelli di I ordine, presenti solo in A4 ed E16 (0.1% e 0.3% rispettivamente).

Nelle stazioni classificate come *non disturbate* mediante AMBI (A8, A16, B4, B8 e B16) gli organismi sensibili variano dal 39.7% al 56.2%, gli indifferenti dal 21.2% al 42.7%, i tolleranti dal 13.2% al 26.7%, infine gli opportunisti di secondo ordine dallo 0.3% al 5.6% e quelli di I ordine sono presenti solo in A16 con lo 0.7%.

Nelle aree A ed E si assiste ad una progressiva incremento della percentuale di organismi sensibili all'aumentare della profondità (dai 4m ai 16m) e ad una riduzione del valore di AMBI (Tabella 2). Al contrario in area B si osserva una percentuale minore di organismi sensibili (e valori maggiori di AMBI) nella stazione a 16m rispetto a quelle a 4m ed 8m. Dal punto di vista strutturale si osserva invece che in tutte le tre aree, la comunità a 16m di profondità presenta valori minori del numero di specie ed abbondanze, ma una maggior equiripartizione delle abbondanze tra le specie. Esistono tuttavia marcate differenze nei valori degli indici strutturali anche tra stazioni localizzate alla medesima batimetria. Le differenze nella composizione riscontrate anche tra comunità di stazioni localizzate alla medesima batimetria si riflette nella composizione in gruppi ecologici (Figure da 79 a 87).

La stazione A4 (Fig. 79) è caratterizzata dalla predominanza di organismi indifferenti (46.8%, in verde). Questi sono costituiti principalmente dalla famiglia Syllidae (36.3%), che rappresenta anche il taxon numericamente predominante. Gli organismi sensibili (blu) e quelli tolleranti (giallo) sono presenti con abbondanze confrontabili (26.6% e 24.8%, rispettivamente). I primi sono rappresentati dai policheti *A. mediterranea* e *Sabellaria alcocki* e dagli anfipodi *Protohyale schmidtii*, *M. chelifer* e *Ampithoe* spp., mentre i secondi dai tanaidacei *P. intermedius* e *L. savignyi* e dall'anfipode *Elasmopus pocillimanus*. Infine gli opportunisti (1,7% quelli di II ordine e 0,1% quelli di I, in arancione e rosso rispettivamente) sono rappresentati dalle famiglie: Capitellidae, Cirratulidae e Terebellidae.

Nella stazione A8 (Fig. 80) i gruppi ecologici maggiormente abbondanti sono quello dei sensibili (39.7%, in blu) e quello degli indifferenti (42.7%, in verde). I primi sono rappresentati principalmente dai bivalvi *M. discors* e *S. lactea*, dagli anfipodi *Q. inaequipes*, *M. chelifer* ed *Ampithoe* sp., dal polichete *A. mediterranea* e dai sipunculidi appartenenti ai generi *Aspidosiphon* e *Phascolosoma*. Tra gli indifferenti si riscontra principalmente la famiglia Syllidae (26.8%) che rappresenta il taxon maggiormente abbondante. Il gruppo dei tolleranti (16.5%, in giallo) è costituito principalmente dal polichete *P. dumerilii*, dall'anfipode *Dexamine spiniventris* e dai tanaidacei *L. savignyi* e *P. intermedius*; gli altri taxa tolleranti sono presenti in percentuale estremamente ridotta

(<1%). Infine gli opportunisti (12%, di II ordine, in arancione) e costituiti esclusivamente dalle famiglie Terebellidae e Cirratulidae.

In A16 (Fig. 81) che, mediante analisi multivariata, segrega separatamente dalle altre stazioni dell'area A, presenta una composizione in gruppi ecologici simile alla A8, con una predominanza di organismi sensibili (43%, in blu) ed indifferenti (39.7%, in verde), seguiti in termini di abbondanza dai tolleranti (13.2%), mentre minor rilevanza hanno gli opportunisti (3.3% quelli di II ordine, in arancione, e 0.7% quelli di I, in rosso). Gli organismi sensibili sono rappresentati principalmente dai bivalvi *S. lactea*, *Gregariella semigranata*, *Hiatella* spp. e *Musculus* spp. e dal sipunculide *Phascolosoma* sp. Gli indifferenti sono rappresentati dai Syllidae (23.3%), mentre i tolleranti dal tanaidaceo *L. savignyi*, dall'anfipode *D. spinosa* e dal polichete *Spirobranchus polytrema*. Gli opportunisti di II ordine sono rappresentati dalle famiglie di policheti: Terebellidae, Cirratulidae e Spionidae (con *Polydora coeca*), mentre quelli di I ordine dalla famiglia Capitellidae (con *Pseudoleiocapitella fauveli*).

Nella stazione B4 (Fig. 82) gli organismi sensibili (51%, in blu) predominano marcatamente sugli altri gruppi, rappresentati da indifferenti (21.2% in verde), tolleranti (26.7%, in giallo), opportunisti di II ordine (1.1%, in arancione). Il gruppo dei sensibili è rappresentato dall'anfipode *Q. inaequipes* (21.6%), che è la specie numericamente più abbondante, e dal bivalve *S. lactea*. Gli indifferenti sono rappresentati, come nelle altre stazioni, dalla famiglia Syllidae (13.9%, secondo taxon in termini di abbondanza) ed i tolleranti dai tanaidacei *L. savignyi* e *P. intermedius* e dal bivalve *Lithophaga lithophaga*. Infine gli opportunisti sono costituiti da varie specie (tutte <1%) appartenenti alle famiglie Cirratulidae, Terebellidae e Spionidae.

Nella stazione B8 (Fig. 83) la struttura in gruppi ecologici è simile a quella della B4, con una marcata predominanza di organismi sensibili (56.2% in blu), mentre minor rilevanza hanno gli indifferenti ed i tolleranti (22.3% in verde e 21.2% in giallo, rispettivamente); gli opportunisti (0.3% quelli di II ordine, in arancione) infine sono presenti in quantità esigua e tra questi sono del tutto assenti quelli di I ordine. Tra gli organismi sensibili, hanno una maggior abbondanza i bivalvi *S. lactea* e *M. discors*, i sipunculidi *Aspidisophon* sp. e *Phascolosoma* sp., e gli anfipodi *Q. inaequipes*, *M. chelifera* e *Ampithoe* sp. Gli indifferenti sono costituiti principalmente dalla famiglia Syllidae (11.8%), che in questa stazione presenta una minor abbondanza percentuale, sebbene rappresenti anche in questo caso il taxon numericamente più abbondante; gli altri taxa indifferenti sono invece presenti con ridottissime abbondanze (<1%). Al gruppo dei tolleranti, riscontrati in questa stazione, appartengono i tanaidacei *L. savignyi* e *P. intermedius*, il bivalve *L. lithophaga*, l'anfipode *D. spiniventris*, ed il polichete *P. dumerilii*. Infine, gli opportunisti sono costituiti dai policheti cirratulidi *Dodecaria concharum* e *Caulleriella bioculata*.

La stazione B16 (Fig. 84) presenta una composizione in gruppi ecologici simile alla A16, con cui si aggrega nella Cluster Analysis. Gli organismi sensibili rappresentano il gruppo numericamente predominante (46.2%, in blu), seguiti da indifferenti (33.3%, in verde), tolleranti (14.9%, in giallo) e opportunisti (5.6%, di II ordine, in arancione). Il gruppo dei

sensibili è costituito principalmente dai bivalvi *S. lactea*, *M. discors* e dal genere *Hiatella* e dall'anfipode *Liljeborgia dellavallei*. Tra gli indifferenti predomina anche in questa stazione la famiglia Syllidae (16.9%), mentre i tolleranti sono rappresentati da vari taxa, tra cui: il tanaidaceo *L. savignyi*, l'anfipode *D. spinosa* e il polichete *Minuspio multibranchiata*. Infine gli opportunisti sono costituiti da tre specie: i cirratulidi *Protocirrineris chrysoderma* e *Caulleriella bioculata* e lo spionide *Polydora coeca*.

La stazione E4 (Fig. 85) si differenzia da tutte le altre per la predominanza numerica del gruppo dei tolleranti (53.2%, in giallo), seguiti dai sensibili (29.6%, in blu) ed indifferenti (16.5%, in verde); in ridottissima abbondanza sono inoltre presenti gli opportunisti (0.7%, solo quelli di II ordine, in arancione). I tolleranti sono rappresentati principalmente da due specie: *P. intermedius* (11.4%) e *L. savignyi* (29.8%) che rappresentano anche i due taxa maggiormente abbondanti in questa stazione. Il gruppo dei sensibili è costituito principalmente da anfipodi, quali: *M. chelifera*, *Q. inaequipes*, *Ampithoe* sp. e dall'isopode *Janira maculosa*; gli indifferenti sono invece rappresentati principalmente dalla famiglia Syllidae 11.7%; infine gli opportunisti sono costituiti da tre specie: i policheti *P. chrysoderma* e *C. bioculata*, e dal dittero *Chironomus salinarius*.

La stazione E8 (Fig. 86) si caratterizza per una maggior abbondanza di organismi sensibili (36.2%, in blu) e indifferenti (37.9%, in verde), minor abbondanza presentano gli organismi tolleranti (25.4%, in giallo), mentre gli opportunisti risultano quasi assenti (0.5%, di II ordine, in arancione). Il gruppo dei sensibili è rappresentato dal bivalve *M. costulatus* (10%) e dal polichete *A. mediterranea* (6%), entrambe tra le specie maggiormente abbondanti nella stazione. Il gruppo degli indifferenti è costituito principalmente dalla famiglia Syllidae (26.7%); contribuiscono inoltre vari taxa presenti in quantità inferiori o uguali all'1.3%. I tolleranti sono rappresentati principalmente dall'anfipode *Leptocheirus guttatus* e *Apocorophium acutum*, dal polichete *P. dumerilii*, infine gli opportunisti sono rappresentati da due specie di policheti cirratulidi, presenti in abbondanza ridotta: *C. bioculata* e *Polycirrus aurantiacus*.

Infine nella stazione E16 (Fig. 87), il gruppo ecologico maggiormente abbondante è quello degli indifferenti (43.6% in verde); quello dei sensibili rappresenta il 38.8% e quello dei tolleranti il 16.4%; gli opportunisti costituiscono invece una componente estremamente ridotta (1.2% quelli di II ordine, in arancione, e 0.3% quelli di I ordine, in rosso). Gli organismi sensibili sono costituiti da vari taxa, i cui maggiormente abbondanti sono i bivalvi *S. lactea*, *Gregariella semigranata*, *H. rugosa* ed il genere *Musculus*. Gli indifferenti sono rappresentati principalmente dalla famiglia Syllidae (27.5%), che predomina marcatamente in termini numerici su tutti gli altri taxa. Gli organismi tolleranti sono costituiti da vari taxa poco abbondanti, tra cui: i policheti *Minuspio multibranchiata* e *P. dumerilii*, il bivalve *L. lithophaga* e l'anfipode *D. spinosa*. Infine tra gli opportunisti di II ordine vi sono le seguenti famiglie di policheti: Spionidae, Pilargidae, Cirratulidae e Terebellidae; quelli di I ordine invece sono costituiti esclusivamente dal polichete *P. fauveli*.

La percentuale di *not assigned* rientra nei limiti previsti per non inficiare la valutazione dello stato di qualità ottenuta mediante AMBI/M-AMBI. Si tratta inoltre di taxa associati

ad ambienti non particolarmente impattati, tra cui: molluschi Polyplacophora, finora ritrovati in ambienti in buono stato di qualità, il gasteropode *Diodora gibberula*, comune nei substrati rocciosi, il piconogonide *Rhynchothorax* sp., isopodi come *Dynamene bidentata* (caratterizzante delle biocenosi fotofile dei fondi rocciosi dell'infralitorale superiore in Moda Calma con *Cystoseira*), *Apanthura corsica* e *Synisoma* sp., l'anfipode *Tritaeta gibbosa*, specie dei fondi duri e comune tra spugne ed ascidie, alcuni decapodi di substrato duro come *Syrpus zariquieyi* e *Calcinus tubularis*, specie caratteristica delle biocostruzioni marine a vermeti, e di policheti come *Palola siciliensis*, specie erbivora comune nei trottoir ed associata ad alghe corallinacee del genere *Lythophyllum*, e di poche altre specie di policheti ed anfipodi, presenti comunque in ciascuna stazione con abbondanze estremamente ridotte (<0.5%).

4.3.5 Valutazioni complessive

Struttura e composizione delle comunità delle nove stazioni sembrano essere influenzate dalla batimetria, come indicato mediante analisi multivariata. All'interno di ciascuna area le comunità delle stazioni presentano infatti marcate differenze strutturali e di composizione; tale variabilità risulta maggiore in area B, come evidenziato mediante Analisi delle Similarità Percentuali.

Le comunità delle tre aree oggetto di studio (A, B, E) risultano particolarmente ricche di specie (rispettivamente 155, 161, 189 taxa). Anche gli indici strutturali evidenziano una marcata variabilità tra le comunità delle stazioni all'interno di ciascuna area. Il numero di taxa e l'indice di abbondanza presentano valori meno elevati nelle stazioni localizzate alla batimetria dei 16m. In tutte le tre aree si assiste ad una progressiva riduzione del numero di individui al crescere della profondità, mentre una progressiva riduzione del numero medio di specie all'aumentare della profondità è visibile solo in area A. La stazione più povera in termini di numero di specie e abbondanza di individui risulta essere la A16, dove tuttavia la composizione in gruppi ecologici è indicativa di uno stato di qualità *Non disturbato*, mediante l'indice AMBI. La presenza di un gradiente batimetrico, con notevole diminuzione di specie ed individui, rappresenta infatti una caratteristica di molte comunità di invertebrati di substrato duro ed è stata riscontrata in particolare nel gruppo dei policheti (Giangrande, 1988; Licciano *et al.*, 2002). Nelle tre aree si rileva un incremento del valore dell'indice di Pielou all'aumentare della profondità, mentre l'indice di Shannon, risentendo sia della evenness che del numero di specie, presenta un andamento differente da questi due indici, sebbene in area A e B presenti valori minori nella stazione a 16m, in accordo con l'andamento dei valori del numero di taxa. Al contrario in area E l'indice di Shannon sembra risentire maggiormente del valore di evenness, assumendo valori maggiori nella stazione E16. L'indice di dominanza non presenta invece marcate variazioni tra le stazioni, pur presentando valori maggiori nelle stazioni a 16m.

In generale l'indice di Pielou evidenzia una certa deviazione dalle condizioni ottimali, in cui tutte le specie sono equamente rappresentate (Gray, 1981), indicativa della predominanza numerica di pochi taxa. Solitamente tale condizione è associata alla

scomparsa di specie sensibili, alla riduzione dell'abbondanza di quelle tolleranti e all'aumento del numero di individui di poche specie opportuniste, indicative di condizioni disturbate e di comunità destrutturate (Pearson & Rosenberg, 1978). Al contrario, in queste stazioni la predominanza di alcuni taxa è dovuta alla particolare abbondanza di organismi indifferenti, rappresentati dalla famiglia Syllidae (dall'11.7% in E4 al 36.3% in A4), o addirittura sensibili, come l'anfipode *Quadrimeaera inaequipes* (21.3% in B4), ed i bivalvi *Striarca lactea* (fino all'8.3% in E16) e *Musculus costulatus* (fino al 10% in E8). Solo in poche stazioni si riscontrano tra gli organismi numericamente predominanti alcuni taxa tolleranti, seppur sempre associati ad una elevata numerosità di alcuni taxa sensibili ed indifferenti. In particolare, in E4 (dove si osservano anche la maggior abbondanza di individui ed il valore maggiore di AMBI) la specie predominante è il tanaidaceo tollerante *Leptochelia savignyi* (29.8%), seguita in termini di abbondanza dal tanaidaceo tollerante *Paradoxapseudes intermedius* (11.4%) e dalla famiglia indifferente Syllidae (11.7%). In nessun caso si assiste alla predominanza di organismi opportunisti, condizione tipica di ambienti disturbati. Questo gruppo di organismi risulta infatti estremamente ridotto in tutte le stazioni. Pertanto, i valori assunti in queste nove stazioni dagli indici strutturali univariati, sembrano associabili ad una naturale distribuzione a patches di alcuni organismi o ad eventi di esclusione competitiva tra organismi specializzati (cioè a K strategia, dunque sensibili). Tale struttura risulta quindi riferibile alla naturale composizione di queste comunità e riconducibile a condizioni non impattate (sensu DL. 260/10). In generale, i valori dell'indice di Pielou sembrano indicare una minor qualità nell'area E, in accordo con quanto indicato dalla composizione in gruppi ecologici.

Tra le stazioni a 4m vi è una marcata variabilità nella composizione in gruppi ecologici (di sensibilità/tolleranza/opportunismo), e di conseguenza nel valore dell'indice AMBI, che si traduce in una differente classificazione dello stato di qualità, mediante questo indice: *Non disturbato* in B4 e *Lievemente disturbato* in A4 ed E4. Il valore medio di alcuni indici strutturali evidenzia una maggior destrutturazione proprio in E4, dove l'elevata abbondanza di individui è associata ad una maggior abbondanza del gruppo dei tolleranti e ad una riduzione della qualità, seppur sempre nell'ambito dello stato *Lievemente disturbato*. In E4 inoltre le specie numericamente abbondanti sono tolleranti ed indifferenti, ad indicare dunque la presenza di un qualche disturbo. Nelle tre stazioni a 4m si osserva una differente distribuzione delle abbondanze tra le specie, con la marcata predominanza numerica di uno o pochi taxa indifferenti (i.e. la famiglia Syllidae, in A4, B4 ed E4), sensibili (i.e. l'anfipode *Quadrimeaera inaequipes* in B4) e anche tolleranti (i.e. i tanaidacei *L. savignyi* e *P. intermedius*, in E4), che si riflette sul valore medio dell'indice di Pielou e di quello di dominanza di Simpson. Questa predominanza, insieme alla composizione in gruppi ecologici rientra nel quadro naturale di comunità relativamente non perturbate (Pearson & Rosengerg, 1978). A prescindere dal valore di AMBI, lo stato di qualità risulta *Elevato* in queste tre stazioni in relazione all'elevato numero di specie riscontrato ($S=95-116$, Tab. 2) e ad un valore di diversità ($H'_{\log_2}=4,0-4,8$) pari o superiore a quello di riferimento per l'alta qualità, indicato nel DI 260/10. In particolare, il valore maggiore di M-AMBI (e dunque un giudizio di miglior qualità), tra queste tre stazioni, si riscontra in B4, mentre quello minore in E4, in accordo con la

classificazione mediante AMBI (stato *Non disturbato* e *Lievemente disturbato*, rispettivamente). La struttura di comunità di quest'ultima stazione (E4) può essere attribuita ad un naturale depauperamento di comunità riscontrato in aree a ridotte profondità e dovuto all'idrodinamismo locale, o alla naturale distribuzione a patches di alcuni taxa (eg. piccoli crostacei e policheti), così come ad un lieve disturbo di altra natura.

Tra le stazioni ad 8m si osservano marcate differenze sia in termini di struttura (in particolare nel numero di taxa e abbondanza di individui) e composizione specifica (evidenziata mediante l'analisi multivariata, i.e. MDS, Cluster Analysis, SIMPER) che struttura in gruppi ecologici (mediante l'indice AMBI). Questo si traduce in un differente giudizio di qualità mediante l'indice AMBI, che classifica lo stato *Non disturbato* in A8 e B8 e *Lievemente disturbato* in E8. In tutte le stazioni si assiste alla coesistenza di organismi sensibili, indifferenti e tolleranti (in percentuale minore rispetto ai sensibili e tolleranti), mentre gli opportunisti rappresentano una componente estremamente ridotta (fino all'1,2%). Tale situazione rientra nel quadro della naturale composizione di comunità in condizioni relativamente non impattate, secondo il paradigma di Pearson & Rosenberg (1978). Tutte le stazioni ricadono nella classe di qualità *Elevata* mediante M-AMBI, anche in relazione ai valori di diversità e numero di taxa, che superano ampiamente i limiti di riferimento per l'alta qualità del Dl. 260/10. In particolare il valore più elevato dell'indice M-AMBI (tra le nove stazioni), indicativo di una miglior qualità, si registra in B8, che presenta anche il valore minore di AMBI (tra le nove stazioni). In E8 risulta invece particolarmente evidente il peso del fattore '*numero di taxa*' nella classificazione mediante M-AMBI. Malgrado in questa stazione l'indice AMBI presenti il suo valore maggiore (stato di qualità *Lievemente disturbato*), l'indice M-AMBI assume valori addirittura superiori che in stazioni in cui lo stato di qualità è stato classificato *Non disturbato*; in E8 si registra infatti il numero più elevato di taxa (Tab. 2), nell'ambito del campionamento del luglio 2016. In accordo con la classificazione mediante AMBI, i valori medi degli indici di Shannon, di dominanza, ed in particolare di Pielou, evidenziano una maggior destrutturazione della comunità nella stazione E8 rispetto alle altre due stazioni, localizzate alla batimetria degli 8m. L'indice di Pielou mostra tuttavia una certa destrutturazione in tutte le stazioni, dovuta alla predominanza più o meno marcata della famiglia di policheti indifferenti Syllidae. Tale predominanza è meno marcata in B8, in cui sono relativamente abbondanti anche i bivalvi sensibili *S. lactea* e *M. discors*. In E8 invece, tra i taxa relativamente più abbondanti (con abbondanze comunque minori rispetto alla famiglia Syllidae) vi sono: gli anfipodi tolleranti *L. guttatus* e *A. acutum*, il bivalve sensibile *M. costulatus* e il polichete sensibile *A. mediterranea*. Anche in queste stazioni dunque la predominanza di alcuni taxa è associabile ad una distribuzione a patches o ad eventi di esclusione competitiva, tipici di condizioni stabili e dunque di un ridotto disturbo.

Anche le stazioni localizzate alla batimetria dei 16m presentano un differente stato di qualità, mediante l'indice AMBI, legato alla differente composizione in gruppi ecologici di sensibilità/tolleranza; infatti, sebbene in tutte le stazioni si osservi la predominanza numerica più o meno marcata di organismi indifferenti, in A16 e B16 (aggregate anche

nella Cluster Analysis) lo stato di qualità risulta *Non disturbato*, ed in E16 *Lievemente disturbato*. La composizione riscontrata in queste stazioni rientra comunque nel quadro naturale di comunità all'equilibrio, e dunque relativamente non disturbate (Pearson & Rosenberg, 1978). Gli elevati valori di diversità e numero di taxa, superiori ai limiti di riferimento per l'alta qualità, determinano elevati valori di M-AMBI, che classifica lo stato di queste stazioni *Elevato*. In questo caso tuttavia, la stazione E16, in cui lo stato di qualità è *Lievemente disturbato*, mediante AMBI, presenta il numero maggiore di taxa, e di conseguenza anche di M-AMBI; i valori medi di diversità, abbondanza e numero di taxa risultano maggiori in E16 rispetto ad A16 e B16, suggerendo la presenza di una comunità più ricca e diversificata. Dunque l'informazione data dagli indici strutturali non coincide con quella della composizione in gruppi ecologici di sensibilità/tolleranza. Solo gli indici di Pielou e di dominanza evidenziano una maggior destrutturazione in E16. Questi due indici strutturali deviano da condizioni ottimali in tutte le tre stazioni, a causa della predominanza numericamente della famiglia Syllidae. La predominanza di questi policheti, riconosciuti come buoni indicatori di qualità dell'ambiente di substrati rocciosi (Musco *et al.*, 2004), è più marcata in E16, mentre in B16 tra le specie relativamente più abbondanti vi sono anche i bivalvi sensibili *S. lactea* e *M. discors*. Anche la predominanza numerica di uno o più taxa, appartenenti al gruppo degli indifferenti e dei sensibili, conferma l'indicazione di uno stato di qualità *Soddisfacente* ai sensi del DI. 260/10, come indicato mediante gli indici AMBI/M-AMBI. Le comunità alla batimetria dei 16m presentano valori medi di abbondanza e numero di taxa marcatamente inferiori rispetto a quelli delle comunità più superficiali. Questo tuttavia non si traduce in un abbassamento dello stato di qualità che ricade sempre in un quadro di accettabilità ai sensi del DI. 260/10.

In conclusione, la valutazione dello stato di qualità risulta pienamente soddisfacente in tutte le stazioni ai sensi del DI 260/10, sia mediante l'indice M-AMBI, che con l'indice AMBI. Tale valutazione trova conferma nella ridottissima presenza di organismi opportunisti, condizione che risulta possibile solo in condizioni non perturbate (non disturbate o solo lievemente disturbate), associabili alla naturale composizione di comunità all'equilibrio (Pearson & Rosenberg, 1978), che pertanto ricadono in uno stato di qualità almeno *Buono*.

In tutte le stazioni composizione specifica e struttura in gruppi ecologici della comunità rientra nel quadro di condizioni ambientali soddisfacenti ai sensi del DI. 260/10. L'indice M-AMBI suggerisce addirittura la presenza di condizioni ottimali, anche in relazione agli elevati valori di diversità e numero di taxa, solitamente indicativi di condizioni di elevata qualità ambientale.

Malgrado l'indice M-AMBI sia stato sviluppato per valutare lo stato di qualità su fondi molli ed i limiti di riferimento utilizzati si riferiscano al solo macrotipo 3, la predominanza di organismi sensibili ed indifferenti, insieme alla quasi totale assenza di organismi opportunisti fornisce una chiara indicazione della presenza di uno stato di qualità non perturbato ai sensi del DI. 260/10.

4.4 Prateria di *Posidonia oceanica*

La prateria di *Posidonia oceanica* è stata studiata utilizzando quali descrittori sia la macrostruttura sia la fenologia. Per quanto riguarda la fenologia sono state effettuate misure su cinque campioni di fasci fogliari raccolti per ciascuna postazione in cui la fanerogama fosse presente. Le aree destinate al campionamento sono le stesse destinate alla raccolta del benthos di substrato duro, riportate in figura 88.

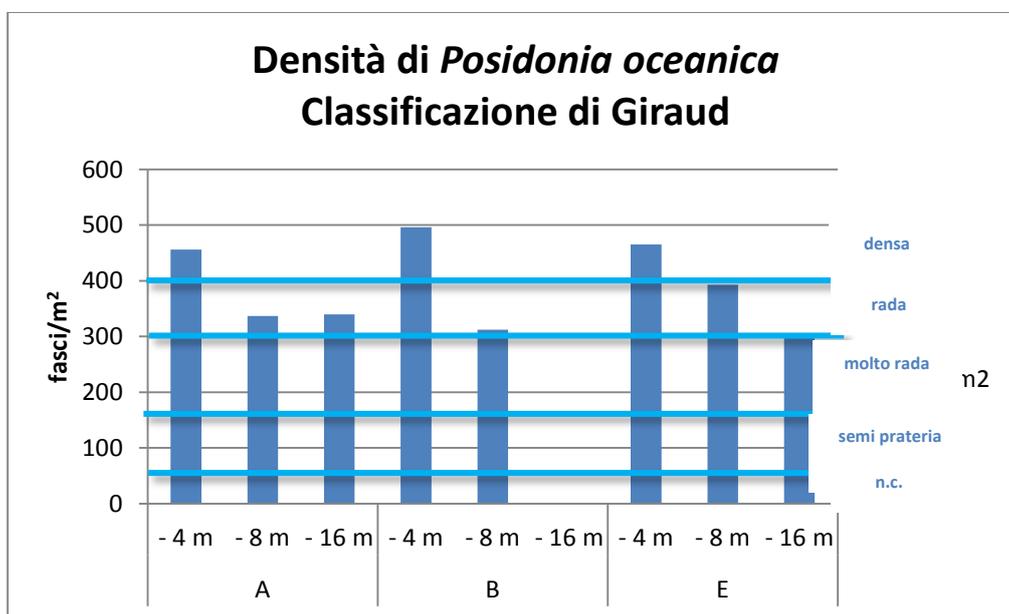


Figura 88 Andamento complessivo della densità di *Posidonia oceanica* (numero di fasci/m²) nei transetti A, B e E alle diverse profondità.

Nella figura 88 viene riportato l'andamento complessivo della densità di *Posidonia oceanica* nei tre transetti, in riferimento alla tabella 3, la quale indica la tipologia di prateria rinvenuta in ogni stazione corrispondente alla classificazione di Giraud (1977).

Tabella 3: Densità di *Posidonia oceanica* (numero di fasci/m²) e corrispondente Classificazione secondo Giraud (1977) nei transetti A, B e E alle diverse profondità.

	Profondità (m)	Densità (n° fasci/m ²)	Classificazione di Giraud
Transetto A	-4	456	Densa
	-8	337	Rada
	-16	340	Rada
Transetto B	-4	496	Densa
	-8	312	Rada
	-16	-	n.c.
Transetto E	-4	465	Densa
	-8	393	Rada
	-16	303	Rada

La prateria si classifica secondo Giraud (1977) come "densa" in tutte le stazioni prossime alla costa alla profondità di 4 m, con densità paragonabili comprese tra 456 fasci/m² (stazione A4) e 496 fasci/m² (stazione B4). Seguendo il gradiente di profondità lungo i transetti, in tutte le stazioni la prateria diventa invece "rada", con valori compresi tra 312 e 393 fasci/m² agli 8 m e tra 303 e 340 fasci/m² alla profondità di 16m.

Nel transetto B a -16 m di profondità la *Posidonia* non è stata trovata, come nei monitoraggi precedenti.

Le differenze rinvenute lungo i transetti dalla costa verso il largo, alle profondità di 4, 8 e 16 metri, rispecchiano la normale distribuzione della fanerogama fotofila che riduce la sua densità a profondità maggiori, dove le intensità luminose sono inferiori.

Per quanto riguarda gli altri parametri fenologici (figura 89), è stato preso in considerazione anche il numero medio di foglie per fascio, il quale rappresenta un indice per valutare lo stato di salute della prateria. Da tale analisi è emerso che in tutte le stazioni e a tutte le profondità prese in esame il numero medio di foglie per fascio è rimasto costante, con valori confrontabili compresi tra 5.9 e 7.7 foglie/fascio.

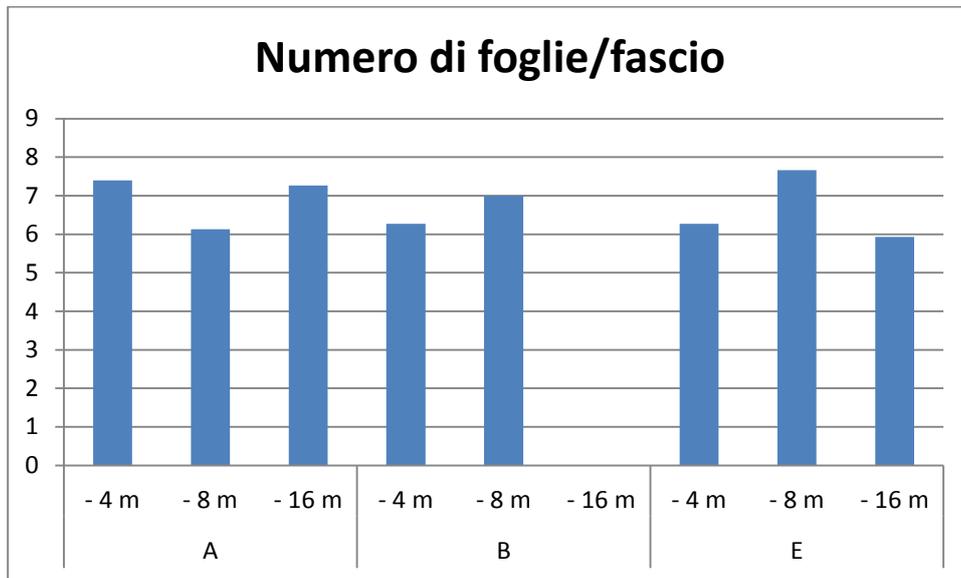


Figura 89: Numero di foglie per fascio di *Posidonia oceanica* nei transetti A, B e E alle diverse profondità di campionamento.

Oltre alla densità fogliare dei fasci è stata valutata anche la composizione dei fasci stessi, classificando le foglie che li compongono nelle categorie giovanili, intermedie e adulte. Anche in questo caso, la composizione dei diversi fasci risulta del tutto confrontabile nelle stazioni e profondità indagate, senza evidenziare la presenza di stress o di sofferenza della prateria in esame, che riporta una buona percentuale di foglie giovanili e intermedie.

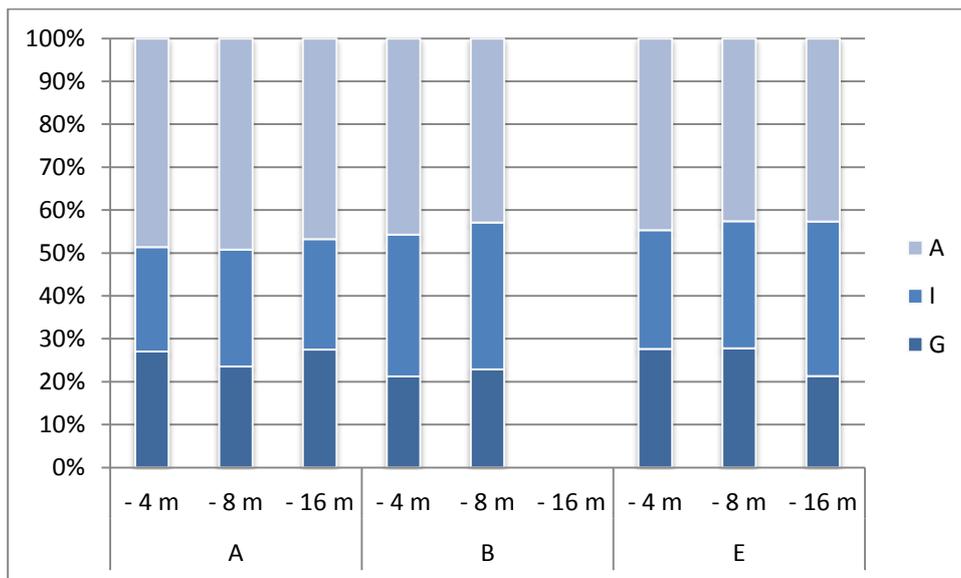


Figura 90: contributo percentuale calcolato sul numero medio di foglie giovanili (G), intermedie (I) e adulte (A) per ogni fascio per tutte le stazioni campionate.

L'Indice di Superficie Fogliare Globale (LAI), riporta valori leggermente superiori nelle stazioni a maggiori profondità, con il valore medio massimo nella stazione A16. Ad ogni modo complessivamente i valori sono piuttosto eterogenei e non riconducibili a un pattern definito, come mostra la figura 91.

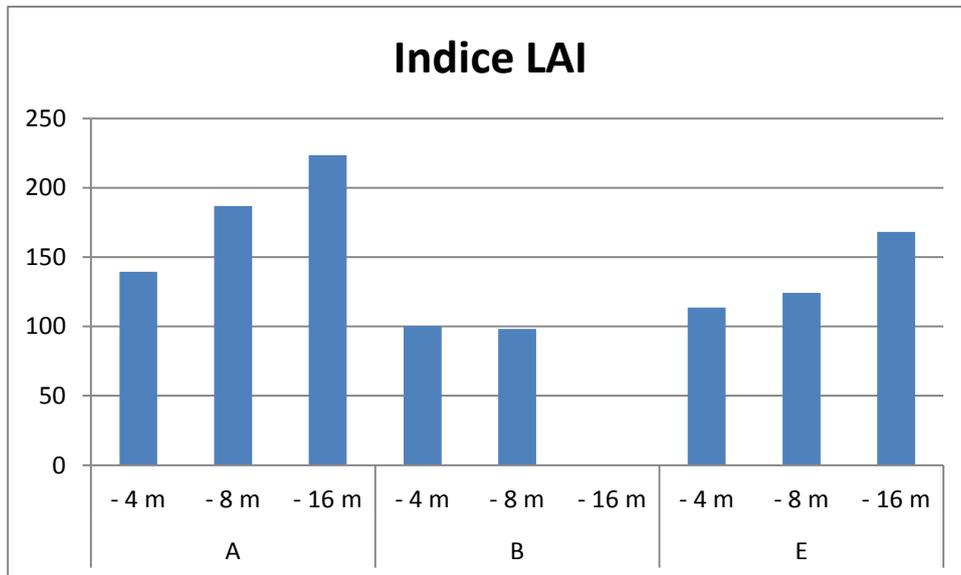


Figura 91: Indice LAI nei transetti A, B e E alle diverse profondità.

La figura 92 riporta il grafico con i contributi percentuali di ogni classe di età alla superficie fogliare globale riassunta nell'indice LAI. Per tutte le stazioni, il contributo maggiore è dato dalle foglie "adulte".

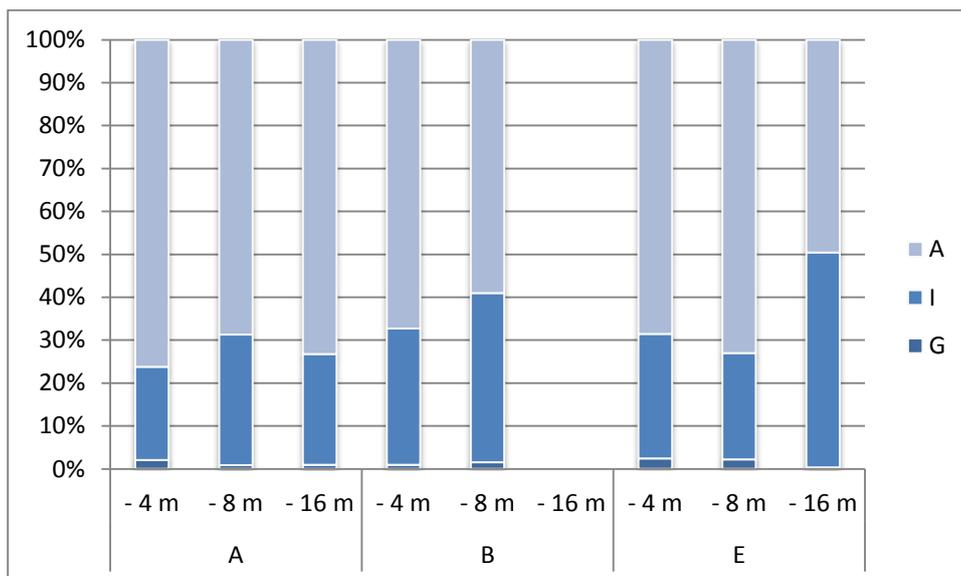


Figura 92: contributo percentuale all'Indice di superficie fogliare (LAI) delle foglie giovanili (G), intermedie (I) e adulte (A) per ogni fascio per tutte le stazioni campionate.

Per quanto riguarda l'Indice di Superficie Fogliare per m² di fondale (IFG) riportato in figura 93, esso riporta valori per lo più omogenei, a eccezione del valore minimo riscontrato nella stazione B a 8 m di profondità e del valore massimo nella stazione A a 16 m. Complessivamente i valori dell'indice sono compresi all'interno del range 3.1 e 7.6.

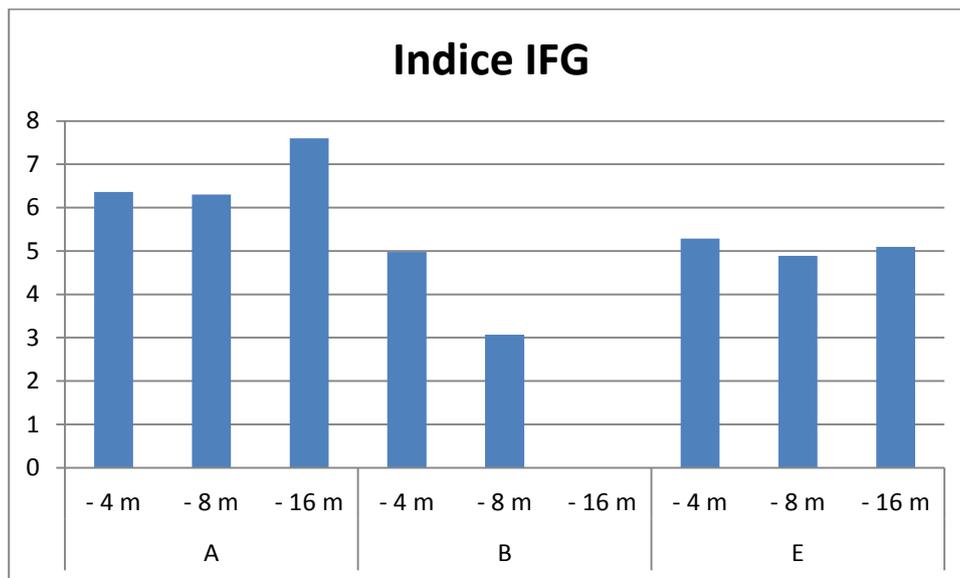


Figura 93: Indice IFG (superficie fogliare/m² di fondale) nei transetti A, B e E alle diverse profondità

Globalmente è importante considerare che le osservazioni riportate fanno parte di una realtà di un panorama sottomarino, tipico di tutta la costa laziale, caratterizzato da un'elevata disomogeneità spaziale in cui vi è la presenza di radure, canali e macchie di *Posidonia* con diversi gradi di frammentazione. Il fondale infatti presenta ampie zone rocciose intervallate ad aree sabbiose, all'interno delle quali si insedia spesso la *Posidonia*. La presenza di valori di densità in generale modesti può essere compatibile con le differenze di distribuzione della fanerogama in corrispondenza dei limiti inferiori e superiori della prateria.

Nella tabella 4 si riportano i valori dei parametri fenologici e degli indici più significativi calcolati nei diversi transetti alle diverse profondità; mentre nelle tabelle 1-3 dell'Appendice sono raccolti i dati dettagliati relativi alle indagini fenologiche su *Posidonia oceanica* effettuate nel periodo di indagine.

Tabella 4: quadro riassuntivo dei valori medi del numero di fasci/m², del numero di foglie/fascio, dell'indice LAI (superficie fogliare globale), dell'indice IFG (superficie fogliare/m² di fondale di *Posidonia oceanica* nei transetti A, B e E alle diverse profondità.

Numero di fasci/m ²								
Transetto A			Transetto B			Transetto E		
-4 metri	-8 metri	-16 metri	-4 metri	-8 metri	-16 metri	-4 metri	-8 metri	-16 metri
456	337	340	496	312	-	465	393	303
Numero di foglie/fascio								
Transetto A			Transetto B			Transetto E		
-4 metri	-8 metri	-16 metri	-4 metri	-8 metri	-16 metri	-4 metri	-8 metri	-16 metri
7.4	6.1	7.3	6.3	7.0	-	6.3	7.7	5.9
Indice LAI (superficie fogliare globale)								
Transetto A			Transetto B			Transetto E		
-4 metri	-8 metri	-16 metri	-4 metri	-8 metri	-16 metri	-4 metri	-8 metri	-16 metri
139.5	187.0	223.5	100.4	98.3	-	113.7	124.3	168.1
Indice IFG (superficie fogliare/m ² di fondale)								
Transetto A			Transetto B			Transetto E		
-4 metri	-8 metri	-16 metri	-4 metri	-8 metri	-16 metri	-4 metri	-8 metri	-16 metri
6.4	6.3	7.6	5.0	3.1	-	5.3	4.9	5.1

4.5 Analisi dei principali parametri di qualità delle acque

A supporto delle indagini biologiche sopra riportate, sono stati determinati i parametri chimico-fisici rilevati mediante sonda multiparametrica Seabird 19v plus nei quattro transetti di riferimento (A, B, D, E) a tre diverse distanze dalla costa (500, 1000 e 2000 m). Le stazioni di campionamento sono indicate in figura 10.

Nelle tabelle 4-11 dell'Appendice sono riportati i valori determinati nei punti considerati e di seguito i relativi grafici inerenti ai valori di temperatura (figure 88 e 89).

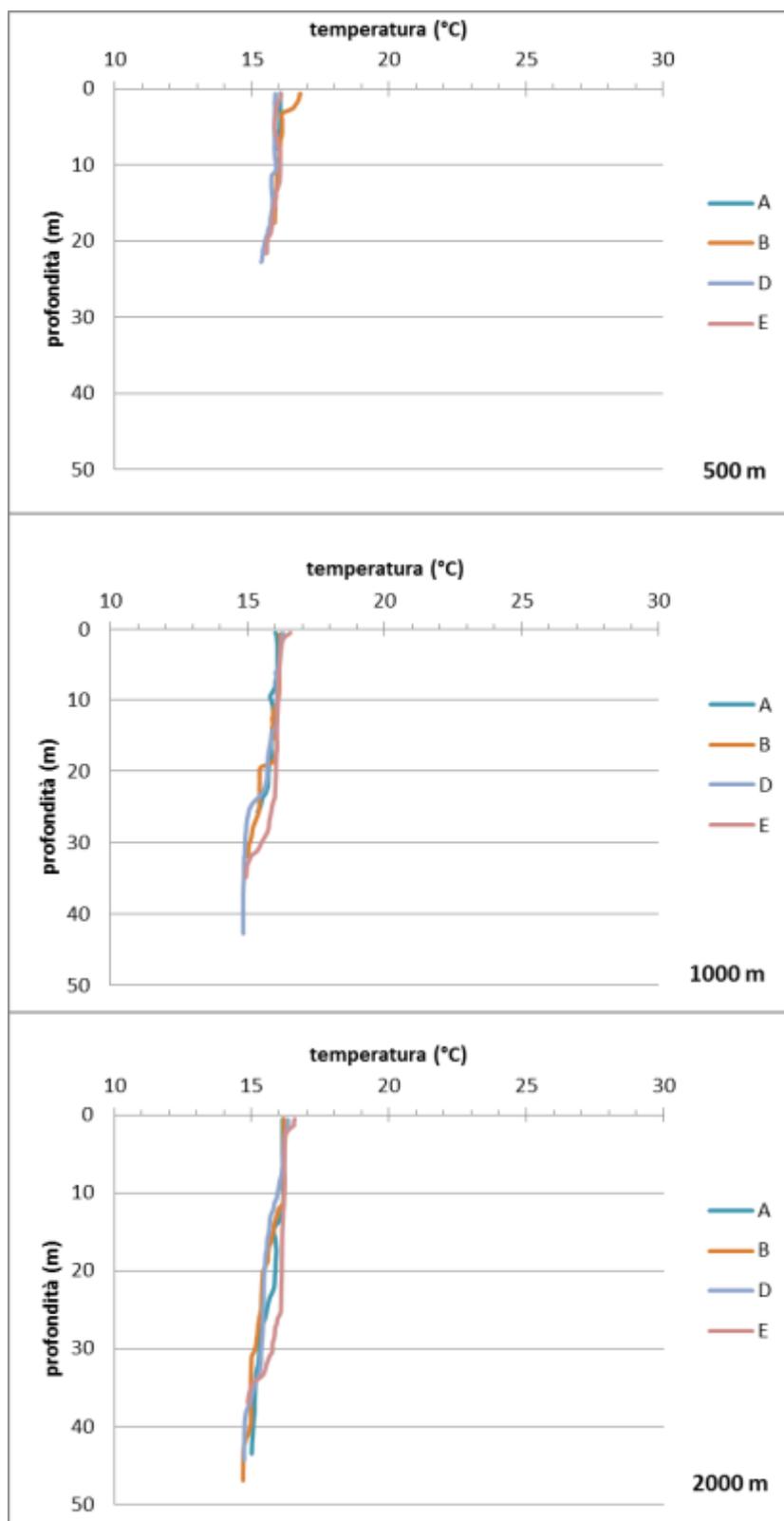


Figura 94 Andamento della temperatura nei quattro transetti (inverno 2016)

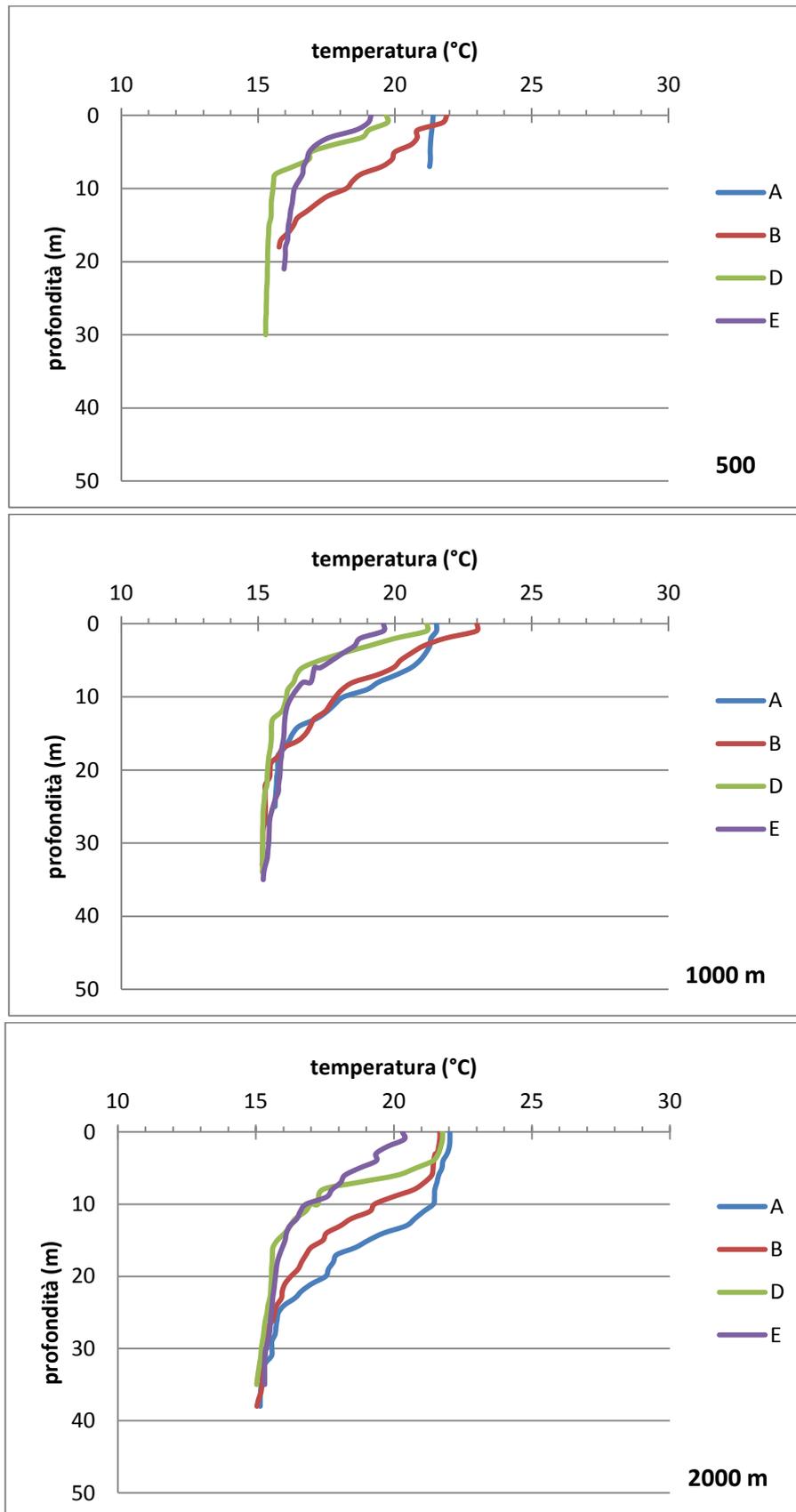


Figura 95 Andamento della temperatura nei quattro transetti (estate 2016)

Per quanto riguarda la temperatura dell'acqua di mare nel tratto in oggetto, confrontando i valori rilevati nei quattro transetti, si evidenzia un andamento piuttosto simile, caratterizzato da profili quasi sovrapponibili, soprattutto nella campagna invernale. In inverno infatti i valori sono compresi complessivamente tra 14.7 e 16.8 °C.

In particolare, i dati risultano piuttosto omogenei anche nelle stazioni di misura più vicine alla costa, dove potrebbero essere più evidenti variazioni apprezzabili nei dati rilevati.

Per quanto riguarda la stagione estiva, i profili hanno andamenti simili nonostante un leggero differenziamento nei metri superficiali che si annulla al di sotto del termocline a circa 15 m di profondità. Nel complesso i valori di temperatura sono compresi tra 15 e 23°C.

Di seguito si riportano per entrambe le stagioni i range di valori relativi agli altri parametri indagati tramite sonda multiparametrica. Nel complesso l'analisi dei valori registrati conferma l'assenza di effetti dovuti alla presenza di scarichi termici correlabili ad attività antropiche.

Tabella 5: range riscontrati in inverno e in estate relativi ai parametri di caratterizzazione della colonna d'acqua

	Inverno	Estate
Temperatura	14.69 – 16.77 °C	15.03 – 23.00 °C
Salinità	37.78 – 38.12 ‰	37.66 – 38.47 ‰
Ossigeno disciolto	5.46 - 7.79 mg/l	6.94 – 8.12 mg/l
Saturazione ossigeno	69.63 – 99.74 %	87.06 – 106.28 %
pH	8.10 – 8.22	8.20 – 8.27
Clorofilla <i>a</i>	< 0.01 - 0.75 µg/l	< 0.01 – 1.33 µg/l

Nella tabella seguente sono inoltre indicate le concentrazioni dei nutrienti sui campioni di acqua di mare prelevati nelle campagne invernali ed estive nell'anno di monitoraggio.

Tabella 5: Concentrazioni dei nutrienti rilevate nei quattro transetti alle tre diverse distanze dalla costa nelle due stagioni 2016.

		NH ₄ (μmol/l)	NO ₂ ⁻ (μmol/l)	NO ₃ ⁻ (μmol/l)	PO ₄ (μmol/l)	N tot (μmol/l)	P tot (μmol/l)
Inverno							
Transetto A	500 m	0.36	0.14	0.99	0.03	12.11	0.08
	1000 m	0.07	0.04	0.16	0.02	6.71	0.05
	2000 m	0.21	0.03	0.14	0.01	11.97	0.06
Transetto B	500 m	0.25	0.03	0.19	0.01	11.60	0.06
	1000 m	0.06	0.01	0.13	0.02	6.22	0.07
	2000 m	< 0.02	0.01	0.04	0.02	4.55	0.06
Transetto D	500 m	0.32	0.05	0.16	0.02	11.01	0.06
	1000 m	0.09	0.02	0.13	0.02	5.99	0.07
	2000 m	< 0.02	0.02	0.15	0.01	4.41	0.08
Transetto E	500 m	0.21	0.03	0.10	0.03	10.43	0.06
	1000 m	0.04	< 0.01	0.06	0.04	5.59	0.06
	2000 m	0.04	< 0.01	0.06	0.03	4.19	0.06
Estate							
Transetto A	500 m	0.27	0.01	0.38	0.02	6.09	0.10
	1000 m	0.46	0.01	0.59	< 0.01	13.52	0.10
	2000 m	0.30	< 0.01	0.39	< 0.01	6.70	0.11
Transetto B	500 m	0.28	0.01	0.25	< 0.01	6.38	0.15
	1000 m	0.68	0.02	0.33	0.01	12.91	0.18
	2000 m	0.40	< 0.01	0.27	< 0.01	11.90	0.11
Transetto D	500 m	0.30	0.01	0.39	0.03	7.39	0.07
	1000 m	0.23	0.01	0.22	0.01	5.72	0.11
	2000 m	0.70	0.08	1.89	0.02	15.92	0.14
Transetto E	500 m	0.24	< 0.01	0.36	< 0.01	6.00	0.11
	1000 m	0.25	< 0.01	0.25	< 0.01	5.90	0.10
	2000 m	0.29	0.02	0.52	< 0.01	7.58	0.11

Anche le concentrazioni dei nutrienti considerati indicano l'assenza di variazioni di rilievo tra i diversi transetti e alle diverse distanze dalla costa.

Viene in generale confermata l'assenza di evidenti variazioni imputabili ad attività antropiche anche per quanto riguarda la composizione dei principali nutrienti dell'acqua di mare in tutto il tratto esaminato.

5 CONCLUSIONI

Le indicazioni emerse al termine delle indagini svolte nell'anno 2016 nell'area compresa tra Punta S. Agostino e Capo Linaro, che comprende quindi la zona prospiciente la Centrale di Torrevaldaliga, hanno permesso di evidenziare quanto segue.

Per quanto riguarda la composizione tassonomica e la struttura di comunità fitoplanctonica le stazioni sono risultate tutte omogenee.

Le principali differenze, seppur non significative dal punto di vista statistico, sono emerse in funzione dell'abbondanza cellulare, inferiore nella stazione in corrispondenza del Porto e nettamente maggiore nella stazione antistante la Centrale soprattutto durante la fioritura. Dal punto di vista della composizione tassonomica, si riporta la presenza dominante di diatomee, con forme tipicamente pelagiche e coloniali come *Leptocylindrus* spp., *Cerataulina pelagica*, *Chaetoceros* spp. e *Pseudonitzschia* spp. Le caratteristiche della comunità indicano ambienti pelagici senza contributi di risospensione di sedimenti dal fondale, a eccezione di casi isolati.

Dal punto di vista della comunità zooplanctonica, i monitoraggi condotti hanno evidenziato comunità simili, caratterizzate da variazioni di tipo stagionale che si ripercuotono sulla composizione della comunità. Complessivamente la comunità zooplanctonica in prossimità dello scarico a mare della Centrale di Torrevaldaliga Nord non mostra differenze strutturali riconducibili all'eventuale disturbo provocato dall'effluente stesso.

La comunità bentonica indagata nell'ambito del monitoraggio rimanda a un giudizio dello stato di qualità pienamente soddisfacente in tutte le stazioni ai sensi del DI 260/10, sia mediante l'indice M-AMBI, sia con l'indice AMBI. E' stata individuata infatti una presenza di organismi opportunisti molto ridotta, condizione possibile solo in condizioni non perturbate (non disturbate o solo lievemente disturbate), associabili alla naturale composizione di comunità all'equilibrio (Pearson & Rosenberg, 1978), che pertanto ricadono in uno stato di qualità almeno *Buono*.

L'indice M-AMBI suggerisce la presenza di condizioni ottimali, anche in relazione agli elevati valori di diversità e numero di taxa, solitamente indicativi di condizioni di elevata qualità ambientale.

Malgrado tale indice sia stato sviluppato per valutare lo stato di qualità su fondi molli e i limiti di riferimento utilizzati si riferiscano al solo macrotipo 3, la predominanza di organismi sensibili e indifferenti, insieme alla quasi totale assenza di organismi opportunisti fornisce una chiara indicazione della presenza di uno stato di qualità non perturbato ai sensi del DI. 260/10.

La prateria di *Posidonia oceanica* indagata si classifica secondo Giraud come "densa", nelle stazioni sottocosta e "rada" nelle stazioni a batimetriche maggiori, rispecchiando la normale distribuzione della fanerogama fotofila che riduce la sua densità a profondità maggiori a seguito della minore intensità luminosa. Complessivamente l'andamento della distribuzione della *Posidonia* nell'area di studio è in linea con quello rilevato lungo tutto

il Mediterraneo e in particolar modo nelle coste laziali, spesso soggette ad attività di pesca a strascico.

Le caratterizzazioni di qualità delle acque marine, effettuate nella stagione invernale ed estiva, indicano valori generalmente omogenei per i transetti esaminati alle diverse distanze dalla costa, in riferimento a tutti i parametri chimico-fisici rilevati.

Sulla base di tutte le campagne effettuate per il monitoraggio marino dell'area presa in considerazione, non si rileva, anche per il 2016, la presenza di anomalie significative sull'ecosistema e, di conseguenza, effetti derivanti dall'esercizio della centrale e dalla presenza dello scarico termico. A riprova di quanto indicato, si evidenzia che le componenti biologiche analizzate sono in grado di rappresentare la risposta degli ecosistemi a situazioni di eventuali *stress* e di fornire quindi informazioni sulla qualità dell'ambiente o di una parte di esso; ciò avviene attraverso cambiamenti identificabili, quali variazioni della composizione e della struttura delle popolazioni rappresentate. In realtà tali componenti, esaminate nel periodo di monitoraggio considerato, risultano omogenee nella loro distribuzione spaziale e temporale e le fluttuazioni osservate sono in linea con le usuali variazioni di tipo stagionale.

6 BIBLIOGRAFIA

BASSET A., SANGIORGIO F., PINNA M. (2004). Monitoring with benthic macroinvertebrates: advantages and disadvantages of body size related descriptors. *Aquatic Conservation, Marine and Freshwater Ecosystems* 14: 43-58.

BELLAN-SANTINI D., KARAMAN G., KRAPP-SCHICKEL G., LEDOYER M., MYERS A.A., RUFFO S. & SCHIECKE U., 1982. The Amphipoda of the Mediterranean. Part 1 - Gammaridea. *Mémoires de l'Institut Océanographique, Monaco*, 1-364.

BELLAN-SANTINI D., DIVIACCO G., KRAPP-SCHICKEL G., MYERS A.A. & RUFFO S., 1989. The Amphipoda of the Mediterranean. Part 2 - Gammaridea. *Mémoires de l'Institut Océanographique, Monaco*, 365-576.

BELLAN-SANTINI D., KARAMAN G., KRAPP-SCHICKEL G., LEDOYER M. & RUFFO S., 1993. The Amphipoda of the Mediterranean. Part 3 - Gammaridea, Ingolfiellidea, Caprellidea. *Mémoires de l'Institut Océanographique, Monaco*, 577-813.

BELLAN-SANTINI D., KARAMAN G.S., LEDOYER M., MYERS A.A., RUFFO S. & VADER W., 1998. The Amphipoda of the Mediterranean. Part 4. Localities and maps, Addenda to parts 1-3, Key to families, Ecology, Faunistics and zoogeography, Bibliography, Index. *Mémoires de l'Institut Océanographique, Monaco*, 815-959.

BIANCHI C.N., 1981. *Policheti Serpuloidei. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque lagunari e costiere italiane*. AQ/1/96, Vol.5. Consiglio Nazionale delle Ricerche, 187 pp.

BORJA Á., FRANCO J. & PÉREZ V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin* 40, 1100-1114.

BORJA Á. & MUXICA I., 2003. Guidelines for the use of AMBI (AZTI's Marine Biotic Index) in the assessment of the benthic ecological quality. *Marine Pollution Bulletin* 50, 787-789.

BOUVIER E.L., 1923. *Faune de France. Pycnogonides*. Fédération Française des Sociétés des Sciences Naturelles, Paris, 69 pp.

CIRONI R., IOANNILLI E., VITALI R., (1993) Assessment of effects of coastal power plants on marine biological resources in Italy. COSU III, 30 Marzo / 2 Aprile, Santa Margherita Ligure.

CLARKE K.R. & GORLEY R.N., 2006. PRIMER v6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth.

COSSIGNANI T., COSSIGNANI V., DI NISIO A. & PASSAMONTI M., 1992. *Atlante delle conchiglie del Medio Adriatico*. Edizioni L'informatore Piceno, Ancona: 126 pp.

COTTIGLIA M., 1983. *Crostacei decapodi lagunari*. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque lagunari e costiere italiane. C.N.R.; AQ/1/225: 148 pp.

D'ANGELO G. & GARGIULLO S., 1978. *Guida alle conchiglie del Mediterraneo*. Fabbri Editori, Milano: 224 pp.

FALCIAI L. & MINERVINI R., 1992. *Guida dei crostacei decapodi in Europa*. Franco Muzzio Editore, Padova: 282 pp.

FAUVEL P., 1923. *Faune de France, Polychètes errantes*. Fédération Française des Sociétés des Sciences naturelles. Office central de Faunistique Paris. Ed. Le Chevalier Paris: 488 pp.

FAUVEL P., 1927. *Faune de France, Polychètes sédentaires*. Fédération Française des Sociétés des Sciences naturelles. Office central de Faunistique Paris. Ed. Le Chevalier Paris: 494 pp.

FERREIRA J. G., VALE C., SOARES C. V., SALAS F., STACEY P. E., BRICKER S. B., SILVA M.C., MARQUES J. C. (2007) Monitoring of coastal and transitional waters under the E.U. Water Framework Directive. *Environmental Monitoring Assessment*, 135: 195-216.

GIANGRANDE A. (1988) Polychaete zonation and its relation to algal distribution down a vertical cliff in the western Mediterranean (Italy): a structural analysis. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 120, 263-276.

GIANNUZZI-SAVELLI R., PUSATERI F., PALMERI A. & EBREO C., 1999. *Atlante delle conchiglie marine del Mediterraneo, Volume 3 - Caenogastropoda Parte 2: Ptenoglossa*. Evolver, Roma, 127 pp.

GIANNUZZI-SAVELLI R., PUSATERI F., PALMERI A., EBREO C., COPPINI M., MARGELLI A. & BOGI C., 2001. *Atlante delle conchiglie marine del Mediterraneo, Volume 7. Bivalvia: Protobranchia-Pteriomormapha*. Evolver, Roma, 246 pp.

GIANNUZZI-SAVELLI R., PUSATERI F., PALMERI A. & EBREO C., 2002. *Atlante delle conchiglie marine del Mediterraneo, Vol 2 - Parte prima. Caenogastropoda: Discopoda - Heteropoda*. Evolver, Roma, 258 pp.

GIANNUZZI-SAVELLI R., PUSATERI F., PALMERI A. & EBREO C., 2003. *Atlante delle conchiglie marine del Mediterraneo, Volume 4 - Parte prima. Neogastropoda: Muricoidea*. Evolver, Roma, 298 pp.

GRAY J.S. (1981) The ecology of marine sediments. Barnes R.S.K., Miller P.L., Paul J., Rees T. Eds, Cambridge University Press, 185 pp.

HALLFORS G., MELVASALO T., VILJAMA H. (1979) Effects of different fixatives and preservation on phytoplankton counts. Publication of the Water Research Institute, National Board of the Waters, Finland, 34: 25-34

HAWKES H. A. (1979) Invertebrates as indicator of river water quality. In: James A., Evison L. (Eds) *Biological Indicators of Water Quality*. John Wiley, Chichester, pp. 17-61.

HOLDICH D.M. & JONES J.A., 1983. *Tanaids*. Cambridge University Press, Cambridge, 98 pp.

- IOANNILLI E., FRANCO M.A. (1988) Considerazioni metodologiche degli effetti di scarichi termici sugli ecosistemi costieri. *Inquinamento* - n. 5.
- KRUSKAL J. B., 1964. Nonmetric multidimensional scaling: a numerical method. *Psychometrika*, 29: 115-129.
- LICCIANO M., CAFORIO S., GIANGRANDE A. (2002) Anellidi policheti come indicatori di qualità ambientale. P.I.C. Interreg II Italia Grecia. Le raccolte scientifiche. Ed. Pensa Multimedia, 1-453.
- MUSCO L., CAVALLO A., GIANGRANDE A. (2004) I sillidi (Annelida, Polychaeta) del litorale brindisino: possibilità di un loro impiego come indicatori di qualità dell'ambiente. *Thalassia Salentina*, 27, 161-174
- MUXIKA I., BORJA A., BALD J. (2007) Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive. *Mar. Poll. Bull.*, 55, 16–29.
- NAYLOR E., 1972. *British Marine Isopods*. Academic Press London and New York, 86 pp.
- PARENZAN P., 1970. *Carta d'identità delle conchiglie del Mediterraneo. Volume I. Gasteropodi*. Bios Taras, Taranto, 283 pp.
- PARENZAN P., 1974. *Carta d'identità delle conchiglie del Mediterraneo. Volume II. Bivalvi parte I*. Bios Taras, Taranto, 277 pp.
- PARENZAN P., 1976. *Carta d'identità delle conchiglie del Mediterraneo. Volume II. Bivalvi parte II*. Bios Taras, Taranto, 262 pp.
- PEARSON T.H., ROSENBERG R. (1978) *Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment*. *Oceanogr. Mar. Biol.: Ann. Rev.*, 16, 229–311.
- PÉRÈS J.M. & PICARD J., 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la Méditerranée. *Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume* 31, 5 - 137.
- PICARD J., 1965. Recherches qualitatives sur les biocoenoses marines des substrats meubles dragables de la région marseillaise. *Recueil des Travaux de la Station marine d'Endourne* 36, 1-159.
- PIELOU E.C., 1974. *Population and community ecology: principles and methods*. Gordon and Breach, New York, 424 pp.
- PINNA M., GRAVILI L., BASSET A. (2007) Response of benthic macroinvertebrate community descriptors to chemical pollution in the aquatic ecosystems of Fiume Grande and Punta della Contessa salt pans (Brindisi, Italy). In: Pinna M., Uricchio V. F., Aresta M. and Basset A. (Eds). *Rivers and citizens, cross-border experiences in environmental protection and sustainable development*, Coordinamento SIBA, Università del Salento, ISBN 978-88-8305-049-7, pp. 107-117.

PLATT T., FILION C. (1973) Spatial variability of the productivity: biomass ratio for phytoplankton in a small marine basin. *Limnology and Oceanography* 18: 743-749.

RIEDL R., 2005. *Fauna e flora del Mediterraneo*. Franco Muzzio Editore, Roma, 777 pp.

SALAS F., NETO J. M., BORJA A., MARQUES J. C. (2004). Evaluation of the applicability of a marine biotic index to characterize the status of estuarine ecosystems: The case of Mondego estuary (Portugal). *Ecological Indicators* 4:215–225.

SHANNON C.E. & WEAVER W., 1949. *The mathematical theory of communication*. The University of Illinois Press, Vol 1, 117pp.

SHEPARD R.N., 1962. The analysis of proximities: multidimensional scaling with an unknown distance function. *Psychometrika* 27, 125-140.

SIBM – APAT – ICRAM “Manuale di metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo” (2003) Gambi M.C., Dappiano M Ed., - Vol. 10 Suppl.

TORTONESE E., 1965. *Fauna d'Italia. Echinodermata*. Edizioni Calderoni, Bologna: 422 pp.

BIBLIOGRAFIA consultata per l'analisi tassonomica del macrobenthos

Policheti

FAUVEL P. (1923). Faune de France, 5 - Polychètes errantes .Federation Française des Sociétés de Sciences Naturelles Office Central de Faunistique

FAUVEL P. (1927). Faune de France, 16 - Polychètes Sedentaires .Federation Française des Sociétés de Sciences Naturelles Office Central de Faunistique.

Crostacei

BOUVIER E.L., 1923. Faune de France. Pycnogonides. Fédération Française des Sociétés des Sciences Naturelles, Paris, 69 pp.

NAYLOR, E., 1972: British marine Isopods. Synopses of the British fauna No. 3, 86 pp..

Echinodermi

TORTONESE E., Echinodermata. Edizioni Calderini Bologna, 422, 1965.

Molluschi

D'ANGELO G. & GARGIULLO S., 1978. Guida alle conchiglie del Mediterraneo. Fabbri Editori, Milano: 224 pp.

PARENZAN P., 1970. Carta d'identità delle conchiglie del Mediterraneo. Volume I. Gasteropodi. Bios Taras, Taranto, 283 pp.

PARENZAN P., 1974. Carta d'identità delle conchiglie del Mediterraneo. Volume II. Bivalvi parte I. Bios Taras, Taranto, 277 pp.

PARENZAN P., 1976. Carta d'identità delle conchiglie del Mediterraneo. Volume II. Bivalvi parte II. Bios Taras, Taranto, 262 pp.

SIBM – APAT – ICRAM "Manuale di metodologie di campionamento e studio del bentos marino mediterraneo" (2003) Gambi M.C., Dappiano M Ed., - Vol. 10 Suppl.

BIBLIOGRAFIA consultata per il fitoplancton

AVANCINI M., CICERO A.M., DI GIROLAMO I., INNAMORATI M., MAGALETTI E., SERTORIO ZUNINI T. 2006. Guida al riconoscimento del plancton dei mari italiani, Vol. I - Fitoplancton, 503 pp., Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare - ICRAM, Roma.

FACCA C., BERNARDI AUBRY F., SOCAL G., PONIS E., ACRI F., BIANCHI F., GIOVANARDI F., SFRISO A. 2014. Description of a Multimetric Phytoplankton Index (MPI) for the assessment of transitional waters. *Marine Pollution Bulletin*, 79: 145-154.

ISPRA 2010 "Metodologie di studio del plancton marino".

PERAGALLO, M.M.H. & M. PERAGALLO, 1897-1908. Diatomées Marines de France et des Districts Maritimes Voisins. M.J. Tempere ed., Grez-sur-Loing.

ŠUPRAHA L., BOSAK S., LJUBESIC Z., MIHANOVIC H., OLUJIC G., MIKAC I., VILICIC D. 2014. Cryptophyte bloom in a Mediterranean estuary: High abundance of *Plagioselmis* cf. *prolonga* in the Krka River estuary (eastern Adriatic Sea). *Scientia marina*, 78

TOMAS, C.R., 1993. Marine Phytoplankton. A Guide to Naked Flagellates and Coccolithophorids. Academic Press, San Diego.

TOMAS, C.R., 1996. Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates. Academic Press, San Diego.

UTERMÖHL, H., 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. Int. Verein. Limnol.* 9, 1-38.

BIBLIOGRAFIA consultata per lo zooplancton

CATALETTO B., CABRINI M., DE VITTOR C., DE OLAZABAL A., FABBRO C., FORNASARO D., LIPIZER M., MONTI M. 2014. Il plancton come supporto alla valutazione sull'impatto ambientale di un relitto di traghetto bruciato in un'area portuale: un approccio interdisciplinare. *.45° Congresso della Società Italiana di Biologia Marina. Venezia, 19-23 maggio 2014. Pre-print: 6-9.*

DALY YAHIA, M.N., SOUSSI S., DALY YAHIA O., 2004. Spatial and temporal structure of planktonic copepods in the Bay of Tunis (Southwestern Mediterranean Sea). *Zool. Studies* 43, 366-375

DI CAPUA I., MAZZOCCHI M.G. 2009. Distribuzione verticale e dinamica stagionale del mesozooplankton nel Mar Tirreno Meridionale. Workshop annuale VECTOR Roma, 25-26 febbraio 2009

MAZZOCCHI MG., RIBERA D'ALCALÀ M. 1995. Recurrent patterns in zooplankton structure and succession in a variable coastal environment. *ICES Journal of Marine Science* 52: 679-691

PAFFENHÖFER, G.A. 1993. On the ecology of marine cyclopoid copepods (Crustacea, Copepoda). *J. Plankton Res.* 15, 37-55.

7 APPENDICE

Tabelle relative alle indagini condotte su:

- fenologia di *Posidonia oceanica*
- parametri chimico-fisici delle acque

Nei file allegati sono disponibili le Appendici relative alle elaborazioni effettuate sulla comunità planctonica e su quella macrobentonica, nel dettaglio:

Allegato 1 Fitoplancton

- Appendice I Fitoplancton: dati di abbondanza
- Appendice II Fitoplancton: valori degli indici univariati
- Appendice III Fitoplancton: risultati analisi SIMPER
- Appendice IV Fitoplancton: risultati analisi SIMPER

Allegato 2 Zooplancton

- Appendice I Zooplancton: dati di abbondanza
- Appendice II Zooplancton: valori degli indici univariati
- Appendice III Zooplancton: risultati analisi SIMPER
- Appendice IV Zooplancton: risultati analisi SIMPER

Allegato 3 Macrozoobenthos

- Appendice I Macrobenthos: lista tassonomica e abbondanze
- Appendice II Macrobenthos: valori media di abbondanza
- Appendice III Macrobenthos: valori medi di abbondanza percentuale
- Appendice IV Macrobenthos: valori degli indici strutturali
- Appendice V Macrobenthos: risultati dell'analisi SIMPER
- Appendice VI Macrobenthos: risultati dell'analisi SIMPER
- Appendice VII Macrobenthos: risultati dell'analisi SIMPER

Tabella 1 Analisi fenologiche su *Posidonia oceanica* nel transetto A alle tre diverse profondità (estate 2016).

Legenda	
LAI A.	= Lunghezza media foglie adulte x larghezza media foglie adulte x n° medio foglie adulte /fascio
LAI I.	= Lunghezza media foglie interm. x larghezza media foglie interm. x n° medio foglie interm. /fascio
LAI G.	= Lunghezza media foglie giov. x larghezza media foglie giov. x n° medio foglie giov. /fascio
LAI	= LAI A. + LAI I. +LAI G.

	A		
	- 4 m	- 8 m	- 16 m
Densità fasci m ²	456	337	340
Stadio prateria (GIRAUD 1977):	densa	rada	rada
Numero medio foglie	7.4	6.1	7.3
Lunghezza media foglie giovanili (cm)	2.0	1.6	1.6
Larghezza media foglie giovanili (cm)	0.7	0.7	0.7
Numero medio foglie giovanili per fascio	2.0	1.5	2.0
LAI G. (Superficie fogliare media foglie giovanili)	2.8	1.5	2.2
Lunghezza media foglie intermedie (cm)	19.0	40.0	35.1
Larghezza media foglie intermedie (cm)	0.8	0.9	0.9
Numero medio foglie intermedie per fascio	1.8	1.7	1.9
LAI I. (Superficie fogliare media foglie intermedie)	30.3	56.9	57.6
Lunghezza media foglie adulte (cm)	35.8	47.5	54.0
Larghezza media foglie adulte (cm)	0.8	0.9	0.9
Numero medio foglie adulte per fascio	3.6	3.1	3.4
LAI A. (Superficie fogliare media foglie adulte)	106.3	128.5	163.7
LAI (Superficie fogliare globale)	139.5	187.0	223.5
LAI m2 (Superficie fogliare globale nel m²)	63606.9	63004.3	75976.0
IFG (Superficie fogliare /m² di fondale)	6.4	6.3	7.6
Coefficiente A G (% apici fogliari erosi)	49.3	47.7	39.7
Incidenza di pascolo (%)	47.7	48.5	43.0

Tabella 2: Analisi fenologiche su *Posidonia oceanica* nel transetto B alle tre diverse profondità (estate 2016). Nella stazione B – 16 m la *Posidonia* non è stata trovata.

	B	
	- 4 m	- 8 m
Densità fasci m ²	496	312
Stadio prateria (GIRAUD 1977):	densa	rada
Numero medio foglie	6.3	7.0
Lunghezza media foglie giovanili (cm)	1.2	1.4
Larghezza media foglie giovanili (cm)	0.6	0.7
Numero medio foglie giovanili per fascio	1.3	1.6
LAI G. (Superficie fogliare media foglie giovanili)	0.9	1.5
Lunghezza media foglie intermedie (cm)	17.6	20.0
Larghezza media foglie intermedie (cm)	0.9	0.8
Numero medio foglie intermedie per fascio	2.1	2.4
LAI I. (Superficie fogliare media foglie intermedie)	31.9	38.8
Lunghezza media foglie adulte (cm)	26.7	24.5
Larghezza media foglie adulte (cm)	0.9	0.8
Numero medio foglie adulte per fascio	2.9	3.0
LAI A. (Superficie fogliare media foglie adulte)	67.5	58.0
LAI (Superficie fogliare globale)	100.4	98.3
LAI m² (Superficie fogliare globale nel m²)	49787.6	30663.8
IFG (Superficie fogliare /m² di fondale)	5.0	3.1
Coefficiente A G (% apici fogliari erosi)	51.3	49.6
Incidenza di pascolo (%)	49.5	43.3

Tabella 3: Analisi fenologiche su *Posidonia oceanica* nel transetto E alle tre diverse profondità (estate 2016).

	E		
	- 4 m	- 8 m	- 16 m
Densità fasci m ²	465	393	303
Stadio prateria (GIRAUD 1977):	densa	rada	rada
Numero medio foglie	6.3	7.7	5.9
Lunghezza media foglie giovanili (cm)	2.2	1.8	0.8
Larghezza media foglie giovanili (cm)	0.7	0.7	0.5
Numero medio foglie giovanili per fascio	1.7	2.1	1.3
LAI G. (Superficie fogliare media foglie giovanili)	2.7	2.7	0.5
Lunghezza media foglie intermedie (cm)	22.2	16.0	44.6
Larghezza media foglie intermedie (cm)	0.8	0.8	0.9
Numero medio foglie intermedie per fascio	1.7	2.3	2.1
LAI I. (Superficie fogliare media foglie intermedie)	33.0	30.8	84.2
Lunghezza media foglie adulte (cm)	33.4	30.9	35.9
Larghezza media foglie adulte (cm)	0.8	0.9	0.9
Numero medio foglie adulte per fascio	2.8	3.3	2.5
LAI A. (Superficie fogliare media foglie adulte)	77.9	90.8	83.4
LAI (Superficie fogliare globale)	113.7	124.3	168.1
LAI m² (Superficie fogliare globale nel m²)	52858.0	48865.8	50948.9
IFG (Superficie fogliare /m² di fondale)	5.3	4.9	5.1
Coefficiente A G (% apici fogliari erosi)	48.8	29.0	24.7
Incidenza di pascolo (%)	45.6	36.5	14.8

Tabella 4: Parametri chimico-fisici rilevati nei campioni di acqua nel transetto A alle diverse distanze dalla costa (inverno 2016)

Profondità (m)	Temperatura (°C)	Conducibilità (mS/cm)	Salinità (‰)	O ₂ (mg/L)	O ₂ (%sat)	pH	Clorofilla a (µg/L)	Disco Secchi (m)
500 m								
0	16.04	47.24	37.96	7.70	98.32	8.10	0.02	7
1	16.04	47.24	37.96	7.70	98.38	8.10	<0.01	
2	16.04	47.24	37.96	7.74	98.85	8.11	<0.01	
3	16.04	47.24	37.96	7.74	98.92	8.11	0.01	
4	16.04	47.25	37.97	7.73	98.78	8.12	<0.01	
5	16.02	47.26	37.99	7.72	98.59	8.12	0.08	
6	15.99	47.25	38.01	7.73	98.75	8.12	0.02	
7	15.97	47.25	38.03	7.67	97.93	8.12	0.01	
8	15.96	47.24	38.03	7.67	97.83	8.12	0.02	
1000 m								
0	16.03	47.05	37.79	7.67	98.15	8.15	0.03	7
1	16.06	47.18	37.88	7.69	98.31	8.15	0.05	
2	16.08	47.18	37.87	7.69	98.28	8.15	0.07	
3	16.09	47.22	37.89	7.73	98.79	8.15	0.06	
4	16.08	47.22	37.90	7.54	96.38	8.15	0.06	
5	16.08	47.23	37.90	7.50	95.86	8.15	0.04	
6	16.08	47.23	37.90	7.50	95.82	8.16	0.05	
7	16.02	47.20	37.93	7.59	96.87	8.16	0.11	
8	16.01	47.19	37.94	7.69	98.18	8.15	0.14	
9	15.90	47.08	37.94	7.68	97.80	8.16	0.09	
10	15.85	47.12	38.03	7.66	97.60	8.16	0.17	
11	15.92	47.20	38.04	7.72	98.42	8.16	0.11	
12	15.93	47.22	38.04	7.74	98.76	8.16	0.06	
13	15.94	47.24	38.05	7.69	98.11	8.16	0.06	
14	15.91	47.19	38.04	7.71	98.25	8.16	0.03	
15	15.88	47.16	38.04	7.71	98.19	8.16	0.12	
16	15.85	47.14	38.04	7.71	98.17	8.16	0.11	
17	15.85	47.16	38.06	7.72	98.30	8.16	0.12	
18	15.85	47.15	38.05	7.71	98.19	8.16	0.11	
19	15.77	47.05	38.04	7.61	96.74	8.16	0.12	
20	15.76	47.03	38.03	7.57	96.24	8.16	0.19	
21	15.75	47.03	38.03	7.62	96.87	8.16	0.20	
22	15.74	47.00	38.02	7.64	97.01	8.16	0.16	
23	15.66	46.90	38.00	7.67	97.28	8.16	0.30	
24	15.51	46.74	38.00	7.64	96.62	8.16	0.35	
25	15.46	46.66	37.98	7.61	96.16	8.16	0.46	
2000 m								
0	16.13	47.20	37.84	7.48	95.66	8.16	0.08	8
1	16.13	47.21	37.84	7.50	95.95	8.17	0.06	
2	16.13	47.21	37.84	7.50	95.96	8.17	0.05	
3	16.13	47.21	37.84	7.54	96.46	8.17	0.06	
4	16.13	47.21	37.84	7.55	96.58	8.17	0.10	
5	16.13	47.21	37.84	7.60	97.24	8.17	0.12	
6	16.13	47.21	37.85	7.66	97.94	8.17	0.13	
7	16.14	47.23	37.85	7.70	98.50	8.18	0.16	
8	16.14	47.24	37.86	7.71	98.60	8.17	0.19	
9	16.14	47.24	37.86	7.72	98.71	8.17	0.20	
10	16.15	47.29	37.89	7.73	98.90	8.17	0.23	
11	16.15	47.28	37.88	7.74	99.04	8.17	0.28	
12	16.14	47.28	37.89	7.76	99.26	8.18	0.36	
13	16.07	47.21	37.90	7.75	98.98	8.18	0.30	
14	15.88	46.99	37.89	7.73	98.44	8.18	0.29	
15	15.81	47.03	37.98	7.69	97.83	8.18	0.23	

Profondità (m)	Temperatura (°C)	Conducibilità (mS/cm)	Salinità (‰)	O ₂ (mg/L)	O ₂ (%sat)	pH	Clorofilla <i>a</i> (µg/L)	Disco Secchi (m)
16	15.86	47.11	38.00	7.71	98.25	8.18	0.31	
17	15.89	47.16	38.02	7.75	98.79	8.18	0.25	
18	15.89	47.17	38.02	7.75	98.82	8.18	0.24	
19	15.88	47.15	38.03	7.76	98.88	8.18	0.17	
20	15.87	47.14	38.02	7.76	98.83	8.18	0.16	
21	15.85	47.12	38.03	7.76	98.79	8.18	0.16	
22	15.82	47.08	38.01	7.78	99.03	8.18	0.16	
23	15.72	46.92	37.97	7.76	98.47	8.18	0.18	
24	15.61	46.83	37.99	7.77	98.45	8.18	0.30	
25	15.55	46.77	38.00	7.77	98.33	8.18	0.35	
26	15.50	46.71	37.99	7.75	97.98	8.18	0.35	
27	15.38	46.59	38.00	7.76	97.91	8.18	0.40	
28	15.32	46.54	38.00	7.69	96.96	8.18	0.50	
29	15.30	46.52	38.00	7.62	96.02	8.18	0.54	
30	15.29	46.51	38.00	7.60	95.74	8.18	0.53	
31	15.27	46.49	38.00	7.60	95.67	8.18	0.55	
32	15.24	46.44	37.99	7.58	95.35	8.18	0.54	
33	15.18	46.39	38.00	7.57	95.13	8.18	0.53	
34	15.15	46.37	38.01	7.57	95.04	8.18	0.47	
35	15.13	46.35	38.01	7.51	94.32	8.17	0.44	
36	15.12	46.34	38.01	7.49	93.99	8.17	0.46	
37	15.11	46.34	38.01	7.48	93.83	8.17	0.47	
38	15.11	46.33	38.01	7.48	93.89	8.17	0.43	
39	15.08	46.30	38.01	7.47	93.75	8.17	0.40	
40	15.06	46.28	38.02	7.48	93.83	8.17	0.36	
41	15.04	46.27	38.02	7.51	94.10	8.17	0.33	
42	15.02	46.25	38.02	7.52	94.22	8.18	0.35	
43	15.01	46.24	38.03	7.51	94.13	8.17	0.31	

Tabella 5: Parametri chimico-fisici rilevati nei campioni di acqua nel transetto B alle diverse distanze dalla costa (inverno 2016)

Profondità (m)	Temperatura (°C)	Conducibilità (mS/cm)	Salinità (‰)	O ₂ (mg/L)	O ₂ (%sat)	pH	Clorofilla a (µg/L)	Disco Secchi (m)
500m								
0	16.75	48.04	38.00	7.44	96.41	8.19	<0.01	12
1	16.74	48.03	38.00	7.41	95.97	8.19	<0.01	
2	16.65	47.91	37.97	7.42	95.93	8.19	<0.01	
3	16.18	47.36	37.93	7.41	94.95	8.20	<0.01	
4	16.10	47.42	38.06	7.43	95.15	8.20	<0.01	
5	16.11	47.43	38.07	7.58	97.02	8.20	<0.01	
6	16.09	47.43	38.07	7.59	97.15	8.21	<0.01	
7	16.04	47.38	38.08	7.58	96.93	8.21	<0.01	
8	16.03	47.37	38.08	7.69	98.28	8.21	<0.01	
9	16.02	47.37	38.09	7.72	98.74	8.21	<0.01	
10	15.95	47.28	38.08	7.73	98.69	8.21	<0.01	
11	15.94	47.24	38.06	7.76	98.95	8.20	<0.01	
12	15.92	47.24	38.07	7.73	98.64	8.21	<0.01	
13	15.89	47.20	38.06	7.72	98.44	8.21	<0.01	
14	15.88	47.20	38.06	7.71	98.22	8.21	<0.01	
15	15.86	47.17	38.06	7.71	98.22	8.21	0.06	
16	15.86	47.16	38.06	7.70	98.08	8.21	<0.01	
17	15.84	47.14	38.06	7.70	98.04	8.21	0.06	
1000m								
0	16.18	47.32	37.90	7.56	96.80	8.21	<0.01	10
1	16.18	47.32	37.90	7.55	96.63	8.21	<0.01	
2	16.18	47.33	37.90	7.57	96.96	8.21	<0.01	
3	16.18	47.32	37.90	7.66	98.07	8.21	<0.01	
4	16.17	47.31	37.90	7.59	97.16	8.21	<0.01	
5	16.16	47.31	37.91	7.57	96.88	8.21	0.07	
6	16.16	47.32	37.91	7.57	96.93	8.21	0.05	
7	16.16	47.32	37.91	7.62	97.50	8.21	0.06	
8	16.16	47.33	37.92	7.71	98.70	8.21	0.04	
9	16.15	47.33	37.94	7.74	99.03	8.21	0.05	
10	16.09	47.27	37.94	7.74	98.97	8.21	0.06	
11	15.96	47.17	37.96	7.75	98.81	8.21	0.06	
12	15.93	47.14	37.97	7.75	98.83	8.21	0.06	
13	15.91	47.17	38.02	7.74	98.71	8.21	0.04	
14	15.89	47.14	38.01	7.76	98.88	8.21	0.05	
15	15.96	47.27	38.06	7.74	98.82	8.21	0.07	
16	16.07	47.42	38.09	7.77	99.41	8.21	0.05	
17	16.07	47.42	38.08	7.76	99.27	8.21	0.06	
18	15.99	47.32	38.07	7.74	98.88	8.21	0.07	
19	15.71	46.76	37.83	7.79	98.83	8.21	0.03	
20	15.43	46.66	38.00	7.71	97.35	8.21	0.16	
21	15.44	46.67	38.02	7.74	97.78	8.21	0.34	
22	15.43	46.66	38.01	7.76	97.95	8.21	0.35	
23	15.43	46.67	38.01	7.76	97.95	8.21	0.34	
24	15.43	46.66	38.01	7.77	98.06	8.21	0.42	
25	15.43	46.66	38.01	7.75	97.92	8.21	0.41	
26	15.36	46.60	38.02	7.77	98.05	8.21	0.41	
27	15.28	46.50	38.01	7.75	97.54	8.21	0.41	
28	15.18	46.41	38.02	7.74	97.23	8.21	0.54	
29	15.15	46.37	38.02	7.73	97.05	8.21	0.59	
30	15.06	46.28	38.01	7.73	96.94	8.21	0.62	
31	15.03	46.25	38.02	7.66	95.99	8.21	0.72	
32	14.98	46.21	38.02	7.67	96.00	8.21	0.59	

Profondità (m)	Temperatura (°C)	Conducibilità (mS/cm)	Salinità (‰)	O ₂ (mg/L)	O ₂ (%sat)	pH	Clorofilla a (µg/L)	Disco Secchi (m)
2000m								
0	16.17	47.31	37.89	7.57	96.94	8.20	<0.01	
1	16.17	47.31	37.89	7.56	96.73	8.20	0.02	
2	16.17	47.31	37.89	7.57	96.97	8.20	<0.01	
3	16.16	47.30	37.90	7.63	97.67	8.20	<0.01	
4	16.16	47.30	37.89	7.59	97.10	8.20	<0.01	
5	16.16	47.30	37.90	7.57	96.88	8.20	<0.01	
6	16.16	47.30	37.90	7.55	96.70	8.21	0.07	
7	16.17	47.33	37.91	7.69	98.49	8.20	0.06	
8	16.17	47.33	37.91	7.73	98.96	8.21	0.04	
9	16.19	47.37	37.93	7.73	99.01	8.21	<0.01	
10	16.19	47.40	37.96	7.74	99.12	8.20	0.05	
11	16.16	47.39	37.97	7.75	99.27	8.20	<0.01	
12	15.97	47.18	37.97	7.73	98.68	8.20	0.07	
13	15.92	47.13	37.97	7.74	98.71	8.20	0.06	
14	15.82	47.03	37.97	7.72	98.21	8.21	0.11	
15	15.77	46.98	37.98	7.78	98.83	8.20	0.11	
16	15.73	46.94	37.98	7.76	98.53	8.20	0.12	
17	15.63	46.83	37.98	7.77	98.46	8.20	0.17	
18	15.60	46.81	37.99	7.77	98.42	8.20	0.18	
19	15.55	46.74	37.97	7.76	98.24	8.20	0.22	
20	15.42	46.63	37.99	7.74	97.75	8.20	0.30	
21	15.39	46.61	38.00	7.74	97.72	8.20	0.36	
22	15.38	46.60	38.00	7.75	97.79	8.20	0.41	
23	15.36	46.58	38.00	7.76	97.85	8.20	0.46	
24	15.36	46.58	38.00	7.75	97.72	8.20	0.48	
25	15.34	46.56	38.00	7.74	97.59	8.20	0.47	
26	15.28	46.52	38.03	7.76	97.67	8.20	0.49	
27	15.23	46.47	38.02	7.76	97.61	8.20	0.43	
28	15.21	46.45	38.02	7.75	97.45	8.20	0.54	
29	15.18	46.42	38.03	7.75	97.37	8.20	0.59	
30	15.13	46.35	38.01	7.78	97.62	8.20	0.61	
31	15.00	46.22	38.02	7.72	96.69	8.20	0.67	
32	14.99	46.22	38.02	7.66	95.93	8.20	0.57	
33	14.98	46.21	38.02	7.68	96.15	8.20	0.53	
34	14.97	46.20	38.03	7.68	96.16	8.20	0.54	
35	14.97	46.20	38.03	7.70	96.35	8.20	0.40	
36	14.97	46.20	38.03	7.71	96.51	8.20	0.46	
37	14.97	46.21	38.03	7.72	96.59	8.20	0.43	
38	14.98	46.22	38.03	7.71	96.52	8.20	0.41	
39	14.98	46.22	38.03	7.71	96.47	8.20	0.41	
40	14.94	46.17	38.02	7.72	96.59	8.20	0.38	
41	14.87	46.07	38.00	7.70	96.17	8.20	0.34	
42	14.74	45.91	37.98	7.56	94.11	8.20	0.36	
43	14.70	45.89	38.00	7.49	93.22	8.20	0.35	
44	14.70	45.89	38.00	7.47	92.97	8.19	0.36	
45	14.69	45.89	38.00	7.47	93.00	8.19	0.35	
46	14.69	45.88	38.00	7.48	93.06	8.19	0.36	

Tabella 6: Parametri chimico-fisici rilevati nei campioni di acqua nel transetto D alle diverse distanze dalla costa (inverno 2016)

Profondità (m)	Temperatura (°C)	Conducibilità (mS/cm)	Salinità (‰)	O ₂ (mg/L)	O ₂ (%sat)	pH	Clorofilla <i>a</i> (µg/L)	Disco Secchi (m)
500 m								
0	15.86	47.05	37.97	7.37	93.87	8.20	<0.01	6
1	15.85	47.05	37.96	7.35	93.62	8.20	<0.01	
2	15.84	47.05	37.98	7.38	93.90	8.20	0.04	
3	15.84	47.06	37.98	7.38	93.89	8.20	0.07	
4	15.83	47.05	37.98	7.42	94.46	8.20	0.06	
5	15.82	47.05	38.00	7.40	94.13	8.20	0.04	
6	15.83	47.08	38.01	7.39	94.05	8.20	0.04	
7	15.83	47.08	38.01	7.40	94.23	8.20	0.08	
8	15.84	47.09	38.02	7.45	94.79	8.20	0.06	
9	15.85	47.11	38.03	7.47	95.05	8.20	0.06	
10	15.88	47.17	38.04	7.59	96.67	8.20	0.07	
11	15.83	47.00	37.94	7.65	97.29	8.20	0.05	
12	15.72	46.97	38.02	7.55	95.83	8.20	0.12	
13	15.72	46.99	38.04	7.52	95.50	8.20	0.17	
14	15.74	47.04	38.06	7.55	95.93	8.20	0.20	
15	15.76	47.04	38.05	7.61	96.74	8.20	0.19	
16	15.73	47.00	38.03	7.64	97.09	8.21	0.18	
17	15.67	46.94	38.03	7.58	96.25	8.20	0.21	
18	15.63	46.84	37.99	7.57	95.91	8.20	0.21	
19	15.57	46.81	38.01	7.55	95.59	8.20	0.27	
20	15.50	46.73	38.01	7.52	95.13	8.20	0.30	
21	15.40	46.64	38.02	7.51	94.80	8.20	0.37	
22	15.38	46.61	38.01	7.50	94.63	8.20	0.36	
1000 m								
0	16.29	47.52	37.98	7.55	96.93	8.20	<0.01	15
1	16.27	47.49	37.96	7.62	97.84	8.20	0.01	
2	16.22	47.44	37.97	7.64	97.91	8.21	<0.01	
3	16.19	47.44	37.99	7.66	98.20	8.21	<0.01	
4	16.17	47.43	38.01	7.68	98.39	8.21	<0.01	
5	16.13	47.43	38.04	7.67	98.26	8.21	<0.01	
6	16.02	47.26	38.00	7.71	98.52	8.21	<0.01	
7	16.06	47.39	38.07	7.72	98.70	8.21	<0.01	
8	16.08	47.40	38.06	7.73	98.91	8.21	<0.01	
9	16.07	47.40	38.07	7.74	99.06	8.21	<0.01	
10	16.07	47.41	38.08	7.74	99.03	8.21	<0.01	
11	16.07	47.41	38.08	7.71	98.64	8.21	<0.01	
12	16.08	47.43	38.09	7.75	99.17	8.21	<0.01	
13	16.07	47.42	38.09	7.75	99.14	8.21	<0.01	
14	15.93	47.19	38.02	7.76	98.95	8.21	<0.01	
15	15.86	47.17	38.06	7.74	98.59	8.21	<0.01	
16	15.83	47.13	38.06	7.77	98.92	8.21	<0.01	
17	15.77	47.06	38.05	7.80	99.19	8.21	0.01	
18	15.74	47.03	38.05	7.73	98.25	8.21	<0.01	
19	15.72	47.02	38.06	7.73	98.18	8.21	0.06	
20	15.71	47.01	38.06	7.72	98.05	8.21	0.04	
21	15.70	46.98	38.05	7.58	96.23	8.21	0.07	
22	15.63	46.88	38.01	7.66	97.15	8.21	0.06	
23	15.50	46.75	38.02	7.68	97.15	8.21	0.12	
24	15.33	46.49	37.95	7.62	96.00	8.21	0.19	
25	15.08	46.30	38.02	7.48	93.81	8.21	0.23	
26	15.02	46.24	38.02	7.47	93.59	8.20	0.25	
27	14.97	46.18	38.02	7.51	93.96	8.20	0.34	
28	14.94	46.16	38.02	7.51	93.99	8.20	0.34	

Profondità (m)	Temperatura (°C)	Conducibilità (mS/cm)	Salinità (‰)	O ₂ (mg/L)	O ₂ (%sat)	pH	Clorofilla <i>a</i> (µg/L)	Disco Secchi (m)
29	14.91	46.13	38.02	7.53	94.16	8.21	0.40	
30	14.90	46.12	38.02	7.55	94.38	8.20	0.43	
31	14.90	46.11	38.02	7.57	94.57	8.20	0.47	
32	14.87	46.08	38.02	7.57	94.57	8.20	0.48	
33	14.87	46.08	38.02	7.56	94.45	8.20	0.52	
34	14.86	46.08	38.02	7.55	94.25	8.20	0.47	
35	14.86	46.07	38.02	7.55	94.27	8.20	0.49	
36	14.84	46.05	38.01	7.56	94.38	8.20	0.54	
37	14.84	46.05	38.02	7.54	94.06	8.20	0.49	
38	14.84	46.05	38.02	7.53	94.05	8.20	0.55	
39	14.84	46.05	38.02	7.54	94.09	8.20	0.53	
40	14.84	46.05	38.02	7.52	93.90	8.20	0.51	
41	14.84	46.05	38.02	7.52	93.90	8.20	0.49	
42	14.84	46.05	38.02	7.53	94.01	8.20	0.53	
2000 m								
0	16.33	47.52	37.94	7.72	99.20	8.21	<0.01	12
1	16.33	47.52	37.94	7.72	99.20	8.21	<0.01	
2	16.27	47.45	37.93	7.74	99.27	8.21	<0.01	
3	16.20	47.39	37.94	7.72	98.93	8.21	<0.01	
4	16.18	47.38	37.95	7.73	98.97	8.21	<0.01	
5	16.16	47.36	37.95	7.74	99.08	8.21	<0.01	
6	16.14	47.34	37.95	7.73	98.92	8.22	<0.01	
7	16.11	47.31	37.95	7.72	98.79	8.22	<0.01	
8	16.07	47.25	37.94	7.75	98.99	8.22	<0.01	
9	16.00	47.20	37.96	7.76	99.04	8.22	<0.01	
10	15.95	47.16	37.96	7.76	98.97	8.22	<0.01	
11	15.86	47.07	37.97	7.76	98.85	8.22	0.02	
12	15.80	47.01	37.97	7.75	98.52	8.22	0.03	
13	15.68	46.90	37.98	7.78	98.70	8.22	0.06	
14	15.65	46.88	38.00	7.79	98.85	8.22	0.06	
15	15.63	46.85	38.00	7.82	99.07	8.22	0.10	
16	15.57	46.80	38.01	7.81	98.85	8.22	0.11	
17	15.56	46.79	38.01	7.80	98.77	8.22	0.12	
18	15.51	46.73	38.00	7.82	98.89	8.22	0.18	
19	15.50	46.73	38.01	7.80	98.61	8.22	0.15	
20	15.47	46.70	38.01	7.80	98.61	8.22	0.17	
21	15.45	46.69	38.01	7.79	98.41	8.22	0.21	
22	15.45	46.68	38.01	7.79	98.36	8.22	0.24	
23	15.44	46.68	38.01	7.80	98.47	8.22	0.24	
24	15.42	46.65	38.01	7.80	98.52	8.22	0.30	
25	15.41	46.65	38.02	7.78	98.23	8.22	0.35	
26	15.41	46.66	38.02	7.79	98.36	8.22	0.34	
27	15.42	46.66	38.02	7.78	98.17	8.21	0.42	
28	15.40	46.64	38.02	7.77	98.03	8.21	0.41	
29	15.38	46.62	38.02	7.78	98.21	8.21	0.46	
30	15.36	46.59	38.01	7.77	98.01	8.21	0.47	
31	15.35	46.59	38.02	7.77	98.00	8.21	0.45	
32	15.31	46.55	38.02	7.77	97.89	8.22	0.45	
33	15.27	46.49	38.00	7.76	97.70	8.21	0.43	
34	15.17	46.42	38.03	7.77	97.68	8.21	0.47	
35	15.08	46.29	38.01	7.76	97.38	8.21	0.52	
36	15.00	46.22	38.02	7.67	96.07	8.21	0.66	
37	14.93	46.12	38.00	7.64	95.58	8.21	0.69	
38	14.80	46.00	38.01	7.61	94.94	8.21	0.65	
39	14.75	45.96	38.02	7.47	93.10	8.20	0.47	
40	14.74	45.95	38.02	7.42	92.44	8.20	0.42	
41	14.74	45.95	38.02	7.40	92.19	8.20	0.41	

Profondità (m)	Temperatura (°C)	Conducibilità (mS/cm)	Salinità (‰)	O ₂ (mg/L)	O ₂ (%sat)	pH	Clorofilla <i>a</i> (µg/L)	Disco Secchi (m)
42	14.73	45.94	38.02	7.40	92.15	8.20	0.41	
43	14.73	45.94	38.02	7.39	92.05	8.20	0.40	
44	14.73	45.94	38.02	7.38	91.95	8.20	0.35	

Tabella 7: Parametri chimico-fisici rilevati nei campioni di acqua nel transetto E alle diverse distanze dalla costa (inverno 2016)

Profondità (m)	Temperatura (°C)	Conducibilità (mS/cm)	Salinità (‰)	O ₂ (mg/L)	O ₂ (%sat)	pH	Clorofilla <i>a</i> (µg/L)	Disco Secchi (m)
500 m								
0	16.06	47.31	38.00	7.45	95.22	8.21	<0.01	7
1	16.06	47.30	37.99	7.47	95.46	8.21	<0.01	
2	15.95	47.18	37.98	7.46	95.17	8.21	<0.01	
3	15.88	47.11	37.99	7.45	94.95	8.21	<0.01	
4	15.85	47.07	37.99	7.42	94.49	8.21	0.06	
5	15.83	47.05	37.98	7.40	94.16	8.21	0.05	
6	15.91	47.20	38.05	7.39	94.20	8.21	0.04	
7	15.96	47.28	38.07	7.45	95.15	8.21	<0.01	
8	16.03	47.37	38.09	7.56	96.69	8.21	<0.01	
9	16.04	47.38	38.09	7.68	98.23	8.22	<0.01	
10	16.04	47.38	38.08	7.74	98.90	8.21	<0.01	
11	16.03	47.37	38.08	7.73	98.82	8.22	<0.01	
12	16.02	47.37	38.08	7.71	98.56	8.21	<0.01	
13	15.93	47.21	38.03	7.74	98.73	8.22	<0.01	
14	15.89	47.20	38.06	7.70	98.12	8.22	0.06	
15	15.85	47.15	38.06	7.67	97.63	8.22	0.05	
16	15.79	47.07	38.04	7.66	97.42	8.22	0.08	
17	15.77	47.05	38.04	7.64	97.08	8.21	0.11	
18	15.74	47.01	38.03	7.62	96.85	8.21	0.11	
19	15.65	46.89	38.01	7.61	96.58	8.21	0.16	
20	15.58	46.83	38.03	7.60	96.21	8.21	0.25	
21	15.55	46.81	38.03	7.57	95.88	8.21	0.27	
1000 m								
0	16.50	47.68	37.92	7.70	99.22	8.21	<0.01	17
1	16.39	47.60	37.95	7.73	99.40	8.21	<0.01	
2	16.24	47.50	38.00	7.70	98.84	8.21	<0.01	
3	16.21	47.48	38.01	7.69	98.65	8.21	<0.01	
4	16.18	47.46	38.02	7.74	99.21	8.21	<0.01	
5	16.16	47.47	38.04	7.75	99.29	8.21	<0.01	
6	16.16	47.50	38.08	7.74	99.17	8.21	<0.01	
7	16.14	47.50	38.09	7.72	98.90	8.21	<0.01	
8	16.13	47.48	38.09	7.74	99.07	8.21	<0.01	
9	16.11	47.47	38.09	7.75	99.20	8.21	<0.01	
10	16.11	47.47	38.09	7.73	99.01	8.21	<0.01	
11	16.10	47.46	38.09	7.74	99.07	8.21	<0.01	
12	16.09	47.44	38.09	7.75	99.24	8.21	<0.01	
13	16.07	47.42	38.09	7.74	99.01	8.21	<0.01	
14	16.07	47.42	38.09	7.76	99.21	8.21	<0.01	
15	16.07	47.42	38.09	7.76	99.23	8.21	<0.01	
16	16.07	47.42	38.09	7.76	99.24	8.21	<0.01	
17	16.05	47.40	38.09	7.74	98.93	8.21	<0.01	
18	16.05	47.40	38.09	7.73	98.90	8.21	<0.01	
19	16.04	47.38	38.08	7.73	98.83	8.21	<0.01	
20	16.03	47.39	38.09	7.74	98.95	8.21	<0.01	
21	16.02	47.36	38.08	7.75	99.00	8.21	<0.01	
22	16.01	47.36	38.08	7.74	98.91	8.21	<0.01	
23	16.00	47.34	38.08	7.74	98.84	8.21	<0.01	

Profondità (m)	Temperatura (°C)	Conducibilità (mS/cm)	Salinità (‰)	O ₂ (mg/L)	O ₂ (%sat)	pH	Clorofilla a (µg/L)	Disco Secchi (m)
24	15.96	47.27	38.05	7.73	98.71	8.21	0.01	
25	15.88	47.20	38.07	7.63	97.23	8.21	<0.01	
26	15.84	47.15	38.05	7.68	97.75	8.21	<0.01	
27	15.79	47.10	38.06	7.72	98.26	8.21	0.07	
28	15.76	47.05	38.05	7.71	98.00	8.21	0.06	
29	15.65	46.93	38.04	7.73	98.02	8.21	0.05	
30	15.48	46.71	38.00	7.67	96.95	8.21	0.13	
31	15.38	46.58	37.99	7.64	96.41	8.21	0.21	
32	15.12	46.32	37.99	7.50	94.12	8.21	0.23	
33	14.99	46.21	38.02	7.43	92.99	8.21	0.23	
34	14.96	46.18	38.03	7.43	93.03	8.21	0.26	
2000 m								
0	16.57	47.84	37.99	7.73	99.74	8.21	<0.01	
1	16.54	47.85	38.03	7.71	99.52	8.21	<0.01	
2	16.40	47.54	37.88	7.75	99.67	8.21	<0.01	
3	16.22	47.48	38.00	7.69	98.63	8.21	<0.01	
4	16.21	47.47	38.00	7.75	99.31	8.21	<0.01	
5	16.21	47.47	38.01	7.76	99.43	8.21	<0.01	
6	16.20	47.50	38.03	7.76	99.45	8.21	<0.01	
7	16.20	47.51	38.05	7.74	99.31	8.21	<0.01	
8	16.21	47.53	38.06	7.76	99.50	8.21	<0.01	
9	16.21	47.56	38.08	7.76	99.58	8.21	<0.01	
10	16.19	47.56	38.10	7.74	99.25	8.21	<0.01	
11	16.18	47.56	38.10	7.74	99.23	8.21	<0.01	
12	16.16	47.52	38.09	7.73	99.00	8.21	<0.01	
13	16.15	47.51	38.09	7.74	99.15	8.21	<0.01	
14	16.13	47.49	38.09	7.77	99.47	8.21	<0.01	
15	16.12	47.48	38.09	7.75	99.24	8.21	<0.01	
16	16.11	47.48	38.09	7.76	99.39	8.21	<0.01	
17	16.11	47.47	38.09	7.75	99.18	8.21	<0.01	
18	16.11	47.47	38.09	7.76	99.41	8.21	<0.01	
19	16.11	47.47	38.09	7.75	99.27	8.21	<0.01	
20	16.10	47.46	38.09	7.76	99.34	8.21	<0.01	
21	16.10	47.46	38.09	7.76	99.32	8.21	<0.01	
22	16.09	47.45	38.09	7.77	99.42	8.21	<0.01	
23	16.08	47.44	38.09	7.77	99.39	8.21	0.01	
24	16.08	47.44	38.09	7.75	99.22	8.21	0.01	
25	16.07	47.43	38.09	7.77	99.35	8.21	<0.01	
26	15.97	47.28	38.05	7.78	99.37	8.21	<0.01	
27	15.87	47.18	38.06	7.78	99.19	8.21	<0.01	
28	15.85	47.16	38.06	7.80	99.28	8.21	0.05	
29	15.77	47.08	38.06	7.79	99.11	8.21	0.06	
30	15.76	47.07	38.06	7.78	98.89	8.21	0.04	
31	15.66	46.92	38.02	7.80	99.00	8.22	0.11	
32	15.54	46.78	38.02	7.78	98.49	8.22	0.16	
33	15.46	46.71	38.01	7.75	97.98	8.21	0.19	
34	15.16	46.33	37.96	7.67	96.26	8.21	0.24	
35	14.97	46.19	38.01	7.50	93.92	8.21	0.30	
36	14.89	46.11	38.02	7.45	93.05	8.21	0.28	
37	14.87	46.10	38.03	7.44	92.88	8.21	0.30	

Tabella 8 Parametri chimico-fisici rilevati nei campioni di acqua nel transetto A alle diverse distanze dalla costa (estate 2016)

Profondità (m)	Temperatura (°C)	Conducibilità (mS/cm)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%sat)	pH	Clorofilla <i>a</i> (µg/l)	Salinità (‰)	Disco Secchi (m)
500 m								
0	21.40	53.33	7.42	104.91	8.26	<0.01	38.20	5
1	21.38	53.28	7.42	104.86	8.26	<0.01	38.18	
2	21.35	53.27	7.45	105.20	8.26	<0.01	38.20	
3	21.32	53.29	7.47	105.41	8.26	0.02	38.23	
4	21.30	53.21	7.52	106.05	8.26	<0.01	38.19	
5	21.29	53.21	7.53	106.17	8.26	<0.01	38.19	
6	21.30	53.22	7.53	106.17	8.26	0.04	38.20	
7	21.27	53.19	7.54	106.34	8.26	<0.01	38.19	
1000 m								
0	21.52	53.49	7.30	103.41	8.24	<0.01	38.22	10
1	21.52	53.50	7.29	103.30	8.24	<0.01	38.22	
2	21.32	53.27	7.30	103.05	8.25	<0.01	38.22	
3	21.28	53.24	7.36	103.77	8.25	<0.01	38.23	
4	21.13	53.06	7.39	103.94	8.25	<0.01	38.22	
5	20.92	52.78	7.42	103.95	8.25	<0.01	38.18	
6	20.60	52.36	7.50	104.39	8.25	<0.01	38.12	
7	20.05	51.78	7.49	103.25	8.25	0.01	38.14	
8	19.40	51.02	7.53	102.59	8.25	0.01	38.10	
9	18.98	50.65	7.61	102.89	8.25	0.01	38.17	
10	18.13	49.64	7.73	102.81	8.25	0.03	38.10	
11	17.81	49.38	7.69	101.75	8.25	<0.01	38.17	
12	17.52	49.01	7.71	101.41	8.25	<0.01	38.12	
13	17.13	48.61	7.63	99.62	8.25	0.05	38.14	
14	16.51	47.91	7.58	97.76	8.24	0.10	38.11	
15	16.27	47.61	7.55	96.99	8.24	0.23	38.07	
16	16.13	47.55	7.48	95.81	8.24	0.29	38.14	
17	15.96	47.29	7.50	95.69	8.24	0.34	38.07	
18	15.73	47.09	7.47	94.93	8.24	0.39	38.11	
19	15.72	47.09	7.40	94.05	8.23	0.44	38.12	
20	15.72	47.07	7.40	93.98	8.23	0.55	38.11	
21	15.68	47.03	7.40	93.97	8.23	0.54	38.11	
22	15.67	47.03	7.39	93.80	8.23	0.53	38.12	
23	15.65	47.01	7.37	93.54	8.23	0.59	38.11	
24	15.63	46.99	7.36	93.33	8.22	0.57	38.12	
25	15.62	46.98	7.36	93.34	8.23	0.57	38.11	
2000 m								
0	22.03	54.15	7.08	101.19	8.23	<0.01	38.30	15
1	22.03	54.16	7.08	101.29	8.23	<0.01	38.30	
2	22.01	54.10	7.10	101.49	8.24	<0.01	38.27	
3	21.93	54.02	7.12	101.55	8.23	<0.01	38.27	
4	21.78	53.85	7.12	101.41	8.24	<0.01	38.28	
5	21.74	53.81	7.15	101.69	8.24	<0.01	38.28	
6	21.62	53.67	7.16	101.64	8.24	<0.01	38.27	
7	21.56	53.59	7.18	101.81	8.24	<0.01	38.26	
8	21.48	53.53	7.20	101.95	8.24	<0.01	38.28	
9	21.47	53.50	7.22	102.16	8.24	<0.01	38.27	
10	21.43	53.44	7.22	102.07	8.24	<0.01	38.26	
11	21.08	52.91	7.25	101.83	8.24	<0.01	38.14	
12	20.76	52.55	7.35	102.62	8.24	<0.01	38.13	
13	20.44	52.23	7.46	103.64	8.25	<0.01	38.15	
14	19.63	51.17	7.58	103.60	8.25	<0.01	38.02	
15	19.08	50.67	7.70	104.27	8.25	<0.01	38.09	
16	18.61	50.23	7.86	105.62	8.25	<0.01	38.16	

Profondità (m)	Temperatura (°C)	Conducibilità (mS/cm)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%sat)	pH	Clorofilla <i>a</i> (µg/l)	Salinità (‰)	Disco Secchi (m)
17	17.93	49.50	7.92	104.99	8.26	<0.01	38.16	
18	17.81	49.40	7.96	105.31	8.26	<0.01	38.18	
19	17.63	49.19	7.94	104.67	8.26	<0.01	38.17	
20	17.53	49.08	7.94	104.52	8.26	<0.01	38.17	
21	17.04	48.46	7.98	103.94	8.26	<0.01	38.08	
22	16.67	48.11	8.09	104.73	8.26	<0.01	38.13	
23	16.42	47.73	8.11	104.46	8.26	<0.01	38.02	
24	16.03	47.32	7.86	100.48	8.26	<0.01	38.03	
25	15.82	47.21	7.63	97.14	8.25	0.04	38.13	
26	15.77	47.08	7.57	96.25	8.25	0.04	38.06	
27	15.73	47.11	7.54	95.83	8.24	0.23	38.13	
28	15.70	47.04	7.50	95.33	8.24	0.25	38.09	
29	15.58	46.93	7.45	94.36	8.24	0.46	38.11	
30	15.58	46.93	7.37	93.36	8.24	0.50	38.11	
31	15.57	46.92	7.38	93.53	8.24	0.50	38.11	
32	15.35	46.71	7.29	91.94	8.23	0.63	38.12	
33	15.23	46.59	7.23	90.98	8.23	0.76	38.13	
35	15.22	46.56	7.16	90.16	8.22	0.65	38.13	
35	15.20	46.55	7.19	90.42	8.22	0.64	38.12	
36	15.17	46.52	7.20	90.52	8.22	0.64	38.13	
37	15.16	46.52	7.10	89.31	8.22	0.60	38.13	
38	15.16	46.52	7.08	88.95	8.22	0.60	38.13	

Tabella 9: Parametri chimico-fisici rilevati nei campioni di acqua nel transetto B alle diverse distanze dalla costa (estate 2016)

Profondità (m)	Temperatura (°C)	Conducibilità (mS/cm)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%sat)	pH	Clorofilla <i>a</i> (µg/l)	Salinità (‰)	Disco Secchi (m)
500 m								
0	21.90	53.84	7.44	106.07	8.24	0.01	38.16	
1	21.74	53.48	7.48	106.23	8.24	0.00	38.01	
2	20.83	52.66	7.40	103.44	8.25	0.06	38.16	
3	20.82	52.68	7.48	104.62	8.25	0.11	38.19	
4	20.59	52.27	7.50	104.43	8.25	0.11	38.05	
5	20.00	51.74	7.52	103.55	8.25	0.18	38.15	
6	19.90	51.65	7.52	103.45	8.25	0.19	38.17	
7	19.52	51.11	7.55	103.02	8.25	0.22	38.07	
8	18.78	50.40	7.59	102.21	8.26	0.19	38.14	
9	18.45	49.90	7.65	102.34	8.26	0.13	38.02	7
10	18.22	49.80	7.66	102.17	8.26	0.15	38.15	
11	17.56	49.03	7.54	99.26	8.26	0.28	38.10	
12	17.16	48.54	7.60	99.29	8.26	0.25	38.04	
13	16.82	48.19	7.62	98.84	8.26	0.27	38.06	
14	16.44	47.84	7.68	98.92	8.26	0.25	38.11	
15	16.30	47.72	7.67	98.58	8.26	0.28	38.13	
16	16.11	47.45	7.60	97.34	8.25	0.35	38.08	
17	15.84	47.22	7.50	95.53	8.25	0.42	38.12	
18	15.77	47.13	7.47	94.98	8.25	0.48	38.11	
1000 m								
0	23.00	55.08	7.36	106.91	8.23	0.07	38.18	
1	22.98	55.02	7.35	106.83	8.23	0.03	38.15	
2	21.83	53.42	7.35	104.47	8.24	0.07	37.88	
3	21.07	52.84	7.45	104.56	8.26	0.11	38.09	
4	20.61	52.27	7.50	104.42	8.26	0.10	38.04	
5	20.21	51.97	7.47	103.28	8.26	0.13	38.16	
6	19.95	51.58	7.46	102.66	8.26	0.11	38.06	8

Profondità (m)	Temperatura (°C)	Conducibilità (mS/cm)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%sat)	pH	Clorofilla <i>a</i> (µg/l)	Salinità (‰)	Disco Secchi (m)
7	19.35	50.99	7.53	102.52	8.26	0.18	38.12	
8	18.48	49.83	7.60	101.74	8.26	0.18	37.94	
9	18.07	49.61	7.64	101.58	8.26	0.17	38.13	
10	17.83	49.36	7.69	101.72	8.26	0.11	38.13	
11	17.64	49.18	7.70	101.50	8.26	0.14	38.16	
12	17.45	48.88	7.70	101.20	8.26	0.18	38.07	
13	17.05	48.44	7.63	99.41	8.26	0.24	38.06	
14	16.91	48.38	7.63	99.18	8.26	0.22	38.14	
15	16.75	48.16	7.69	99.70	8.26	0.23	38.10	
16	16.46	47.55	7.72	99.37	8.26	0.24	37.83	
17	15.91	47.27	7.60	96.93	8.26	0.34	38.10	
18	15.77	47.03	7.57	96.26	8.25	0.41	38.03	
19	15.48	46.86	7.39	93.55	8.25	0.46	38.14	
20	15.44	46.80	7.25	91.61	8.24	0.57	38.13	
21	15.42	46.78	7.23	91.30	8.24	0.55	38.13	
22	15.27	46.64	7.23	91.03	8.24	0.63	38.15	
23	15.26	46.64	7.16	90.25	8.23	0.63	38.16	
24	15.26	46.64	7.16	90.15	8.23	0.61	38.16	
25	15.27	46.64	7.17	90.32	8.23	0.64	38.15	
26	15.26	46.65	7.17	90.29	8.23	0.66	38.16	
27	15.26	46.63	7.17	90.26	8.23	0.65	38.15	
28	15.19	46.56	7.15	90.01	8.23	0.56	38.15	
29	15.18	46.56	7.10	89.33	8.23	0.57	38.16	
30	15.18	46.56	7.07	88.99	8.22	0.57	38.16	
31	15.16	46.54	7.08	89.06	8.22	0.61	38.16	
32	15.17	46.53	7.08	89.02	8.22	0.59	38.14	
33	15.15	46.53	7.07	88.82	8.22	0.58	38.16	
2000 m								
0	21.66	53.70	7.27	103.31	8.24	<0.01	38.26	
1	21.66	53.67	7.29	103.52	8.24	<0.01	38.24	
3	21.57	53.57	7.30	103.46	8.24	<0.01	38.24	
3	21.50	53.50	7.30	103.33	8.24	<0.01	38.25	
4	21.44	53.45	7.32	103.49	8.24	<0.01	38.25	
5	21.42	53.43	7.33	103.59	8.24	<0.01	38.25	
6	21.37	53.30	7.32	103.38	8.25	<0.01	38.20	
7	21.10	52.98	7.33	103.05	8.25	<0.01	38.18	
8	20.71	52.44	7.45	103.91	8.25	<0.01	38.09	
9	19.95	51.64	7.55	103.85	8.25	<0.01	38.11	
10	19.30	51.00	7.77	105.69	8.25	<0.01	38.17	
11	19.13	50.86	7.84	106.38	8.25	<0.01	38.21	
12	18.46	49.97	7.87	105.27	8.25	<0.01	38.07	
13	18.06	49.60	7.87	104.62	8.25	<0.01	38.13	
14	17.56	49.05	7.84	103.27	8.26	<0.01	38.11	
15	17.43	48.91	7.81	102.55	8.26	<0.01	38.11	
16	17.00	48.46	7.78	101.32	8.25	0.04	38.13	
17	16.82	48.25	7.77	100.92	8.25	0.05	38.11	
18	16.66	48.05	7.70	99.68	8.25	0.09	38.08	
19	16.53	47.91	7.62	98.32	8.25	0.28	38.08	
20	16.27	47.66	7.49	96.16	8.25	0.33	38.11	
21	16.06	47.43	7.49	95.75	8.24	0.40	38.11	
22	15.96	47.36	7.53	96.19	8.25	0.38	38.13	
23	15.93	47.29	7.58	96.67	8.25	0.44	38.10	
24	15.76	47.09	7.61	96.78	8.25	0.46	38.08	
25	15.67	47.02	7.66	97.21	8.25	0.42	38.11	
26	15.62	46.96	7.66	97.12	8.25	0.42	38.10	
27	15.45	46.81	7.58	95.87	8.24	0.67	38.13	
28	15.44	46.80	7.53	95.19	8.24	0.85	38.12	

Profondità (m)	Temperatura (°C)	Conducibilità (mS/cm)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%sat)	pH	Clorofilla <i>a</i> (µg/l)	Salinità (‰)	Disco Secchi (m)
29	15.39	46.74	7.48	94.42	8.24	1.09	38.11	
30	15.36	46.71	7.40	93.43	8.23	1.33	38.12	
31	15.33	46.67	7.39	93.26	8.23	1.25	38.12	
32	15.30	46.64	7.40	93.29	8.23	1.15	38.11	
33	15.26	46.61	7.41	93.40	8.23	0.85	38.12	
34	15.25	46.60	7.42	93.48	8.23	0.70	38.12	
35	15.22	46.57	7.39	93.03	8.23	0.57	38.13	
36	15.19	46.54	7.36	92.62	8.23	0.58	38.13	
37	15.10	46.46	7.23	90.79	8.22	0.64	38.14	
38	15.04	46.42	7.13	89.38	8.22	0.64	38.16	

Tabella 10: Parametri chimico-fisici rilevati nei campioni di acqua nel transetto D alle diverse distanze dalla costa (estate 2016)

Profondità (m)	Temperatura (°C)	Conducibilità (mS/cm)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%sat)	pH	Clorofilla <i>a</i> (µg/l)	Salinità (‰)	Disco Secchi (m)
500 m								
0	19.69	51.43	7.52	102.97	8.24	<0.01	38.18	
1	19.72	51.46	7.53	103.17	8.24	<0.01	38.17	
2	19.05	50.71	7.50	101.50	8.24	<0.01	38.16	
3	18.80	50.25	7.54	101.51	8.25	<0.01	38.01	
4	17.76	49.08	7.68	101.41	8.25	<0.01	37.95	
5	16.93	48.44	7.64	99.40	8.25	0.03	38.18	
6	16.86	48.22	7.64	99.15	8.24	0.08	38.05	
7	16.28	47.50	7.60	97.51	8.24	0.07	37.96	
8	15.65	47.00	7.42	94.11	8.24	0.05	38.11	
9	15.57	46.96	7.29	92.40	8.23	0.19	38.15	
10	15.55	46.92	7.30	92.44	8.24	0.18	38.14	
11	15.51	46.88	7.30	92.36	8.23	0.25	38.14	
12	15.48	46.85	7.32	92.57	8.23	0.24	38.14	
13	15.48	46.85	7.35	93.03	8.23	0.35	38.15	
14	15.47	46.82	7.35	93.01	8.23	0.34	38.12	
15	15.40	46.77	7.36	93.00	8.24	0.51	38.15	
16	15.39	46.74	7.38	93.23	8.23	0.51	38.13	
17	15.37	46.73	7.39	93.24	8.23	0.58	38.13	
18	15.36	46.72	7.36	92.85	8.23	0.64	38.13	
19	15.35	46.71	7.35	92.70	8.23	0.66	38.14	
20	15.35	46.71	7.34	92.65	8.23	0.71	38.14	
21	15.34	46.70	7.33	92.47	8.23	0.73	38.13	
22	15.34	46.71	7.33	92.51	8.23	0.75	38.14	
23	15.33	46.70	7.32	92.37	8.23	0.82	38.14	
24	15.31	46.68	7.30	92.06	8.23	0.80	38.14	
25	15.31	46.67	7.27	91.68	8.23	0.75	38.14	
26	15.30	46.67	7.26	91.49	8.22	0.78	38.14	
27	15.30	46.67	7.25	91.38	8.22	0.84	38.14	
28	15.28	46.65	7.23	91.12	8.22	0.72	38.14	
29	15.28	46.65	7.20	90.68	8.22	0.74	38.14	
30	15.28	46.65	7.19	90.57	8.21	0.73	38.14	
1000 m								
0	21.17	53.08	7.48	105.25	8.26	<0.01	38.20	
1	21.16	52.95	7.49	105.38	8.26	0.01	38.10	
2	20.01	51.42	7.46	102.64	8.26	0.02	37.88	
3	19.08	50.65	7.56	102.42	8.26	<0.01	38.09	
4	18.11	49.57	7.64	101.63	8.25	0.01	38.06	
5	17.27	48.68	7.64	99.96	8.26	0.03	38.07	
6	16.63	48.04	7.64	98.83	8.26	0.03	38.11	

Profondità (m)	Temperatura (°C)	Conducibilità (mS/cm)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%sat)	pH	Clorofilla <i>a</i> (µg/l)	Salinità (‰)	Disco Secchi (m)
7	16.40	47.79	7.62	98.13	8.25	0.07	38.10	
8	16.30	47.62	7.58	97.43	8.26	0.05	38.05	
9	16.09	47.51	7.59	97.11	8.26	0.09	38.14	
10	16.04	47.43	7.63	97.62	8.25	0.05	38.12	
11	15.97	47.35	7.62	97.35	8.26	0.12	38.12	
12	15.86	47.14	7.61	96.87	8.25	0.10	38.03	
13	15.55	46.89	7.58	96.05	8.25	0.24	38.11	
14	15.49	46.86	7.51	95.04	8.25	0.34	38.13	
15	15.49	46.84	7.50	94.85	8.25	0.42	38.12	
16	15.48	46.83	7.49	94.77	8.25	0.49	38.12	
17	15.45	46.80	7.48	94.63	8.25	0.56	38.12	
18	15.40	46.75	7.48	94.45	8.25	0.63	38.13	
19	15.37	46.72	7.42	93.72	8.24	0.74	38.13	
20	15.35	46.71	7.40	93.42	8.24	0.88	38.13	
21	15.33	46.69	7.39	93.16	8.23	0.86	38.14	
22	15.33	46.68	7.37	93.02	8.23	0.87	38.12	
23	15.25	46.60	7.30	91.94	8.23	0.79	38.13	
24	15.23	46.59	7.24	91.17	8.23	0.79	38.14	
25	15.20	46.56	7.21	90.73	8.22	0.74	38.14	
26	15.18	46.55	7.17	90.15	8.22	0.74	38.15	
27	15.18	46.55	7.15	89.88	8.22	0.75	38.15	
28	15.17	46.54	7.13	89.63	8.22	0.76	38.15	
29	15.17	46.55	7.11	89.46	8.22	0.77	38.15	
30	15.17	46.55	7.12	89.48	8.22	0.81	38.15	
31	15.17	46.54	7.11	89.43	8.22	0.76	38.15	
32	15.17	46.55	7.09	89.22	8.22	0.73	38.15	
33	15.17	46.54	7.10	89.32	8.22	0.75	38.15	
34	15.16	46.54	7.09	89.11	8.22	0.74	38.15	
2000 m								
0	21.76	53.82	7.25	103.19	8.24	<0.01	38.27	
1	21.76	53.79	7.27	103.36	8.24	<0.01	38.24	
2	21.70	53.72	7.27	103.33	8.24	<0.01	38.24	
3	21.61	53.64	7.29	103.39	8.24	<0.01	38.26	
4	21.41	53.34	7.30	103.19	8.24	<0.01	38.20	
5	20.79	52.45	7.42	103.62	8.25	<0.01	38.02	
6	20.10	51.54	7.52	103.63	8.25	<0.01	37.89	
7	18.68	50.10	7.68	103.16	8.25	<0.01	37.99	
8	17.41	48.88	7.70	101.07	8.25	0.08	38.11	
10	17.25	48.78	7.67	100.44	8.26	0.03	38.17	
10	16.99	48.46	7.69	100.19	8.25	0.01	38.13	
11	16.80	48.26	7.72	100.14	8.26	<0.01	38.13	
12	16.43	47.84	7.69	99.07	8.25	<0.01	38.11	
13	16.25	47.58	7.69	98.73	8.25	<0.01	38.05	
14	16.05	47.36	7.61	97.26	8.25	0.05	38.05	
15	15.78	47.08	7.57	96.26	8.25	0.12	38.06	
16	15.62	46.99	7.56	95.94	8.25	0.17	38.13	
17	15.60	46.96	7.57	95.95	8.25	0.26	38.11	
18	15.59	46.94	7.57	95.96	8.25	0.23	38.12	
19	15.57	46.93	7.56	95.74	8.25	0.29	38.12	
20	15.57	46.91	7.56	95.78	8.25	0.30	38.11	
21	15.55	46.90	7.56	95.76	8.25	0.36	38.11	
22	15.54	46.88	7.55	95.60	8.24	0.35	38.10	
23	15.51	46.86	7.54	95.47	8.25	0.35	38.11	
24	15.44	46.77	7.56	95.50	8.25	0.30	38.10	
25	15.41	46.73	7.58	95.74	8.25	0.24	38.09	
26	15.35	46.67	7.64	96.41	8.24	0.20	38.10	

Profondità (m)	Temperatura (°C)	Conducibilità (mS/cm)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%sat)	pH	Clorofilla <i>a</i> (µg/l)	Salinità (‰)	Disco Secchi (m)
27	15.31	46.65	7.60	95.75	8.24	0.25	38.12	
28	15.28	46.62	7.54	95.01	8.24	0.29	38.11	
29	15.24	46.57	7.50	94.39	8.24	0.37	38.11	
30	15.20	46.54	7.45	93.72	8.23	0.41	38.12	
31	15.18	46.53	7.40	93.00	8.23	0.48	38.13	
32	15.14	46.50	7.33	92.17	8.23	0.54	38.14	
33	15.10	46.46	7.25	91.01	8.22	0.58	38.15	
34	15.06	46.43	7.13	89.41	8.22	0.56	38.15	
35	15.03	46.41	7.04	88.32	8.21	0.56	38.17	

Tabella 11: Parametri chimico-fisici rilevati nei campioni di acqua nel transetto E alle diverse distanze dalla costa (estate 2016)

Profondità (m)	Temperatura (°C)	Conducibilità (mS/cm)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%sat)	pH	Clorofilla <i>a</i> (µg/l)	Salinità (‰)	Disco secchi (m)
500 m								
0	19.13	51.17	7.72	104.89	8.26	<0.01	38.47	5
1	19.02	50.34	7.78	105.14	8.25	<0.01	37.87	
2	18.57	50.14	7.66	102.83	8.25	<0.01	38.12	
3	17.62	49.10	7.48	98.57	8.25	<0.01	38.11	
4	17.13	48.48	7.57	98.79	8.25	<0.01	38.02	
5	16.87	48.32	7.55	98.07	8.25	<0.01	38.13	
6	16.79	48.26	7.51	97.49	8.24	0.01	38.16	
7	16.66	48.11	7.49	96.91	8.24	0.01	38.14	
8	16.63	48.06	7.49	96.88	8.25	0.07	38.13	
9	16.48	47.85	7.50	96.72	8.24	0.05	38.08	
10	16.33	47.75	7.48	96.14	8.24	0.14	38.13	
11	16.28	47.70	7.45	95.74	8.24	0.11	38.14	
12	16.25	47.65	7.42	95.30	8.24	0.16	38.12	
13	16.19	47.60	7.38	94.60	8.24	0.19	38.14	
14	16.16	47.57	7.35	94.24	8.24	0.18	38.14	
15	16.11	47.52	7.32	93.70	8.23	0.19	38.13	
16	16.09	47.49	7.30	93.48	8.23	0.24	38.13	
17	16.08	47.49	7.28	93.13	8.23	0.31	38.14	
18	16.00	47.40	7.27	92.93	8.23	0.27	38.14	
19	16.00	47.40	7.25	92.69	8.23	0.33	38.13	
20	15.98	47.39	7.26	92.71	8.23	0.45	38.14	
21	15.95	47.35	7.26	92.72	8.23	0.50	38.14	
1000 m								
0	19.58	51.37	7.64	104.47	8.25	<0.01	38.23	7
1	19.58	51.09	7.66	104.61	8.25	0.01	37.99	
2	18.73	50.25	7.59	102.06	8.25	<0.01	38.07	
3	18.53	50.15	7.63	102.27	8.25	<0.01	38.17	
4	18.11	49.17	7.68	101.90	8.26	<0.01	37.70	
6	17.29	48.65	7.62	99.80	8.26	<0.01	38.03	
6	17.07	48.54	7.69	100.33	8.25	<0.01	38.13	
8	16.93	48.35	7.60	98.88	8.25	0.01	38.10	
8	16.65	47.99	7.58	98.07	8.25	<0.01	38.04	
9	16.41	47.83	7.62	98.10	8.25	0.01	38.13	
10	16.23	47.59	7.69	98.67	8.25	0.08	38.09	
11	16.09	47.47	7.68	98.27	8.25	0.06	38.11	
12	16.02	47.40	7.67	98.01	8.25	0.09	38.12	
13	15.98	47.37	7.66	97.80	8.25	0.12	38.13	
14	15.96	47.35	7.65	97.72	8.25	0.18	38.13	
15	15.95	47.33	7.65	97.65	8.25	0.18	38.12	
16	15.92	47.31	7.63	97.37	8.25	0.24	38.12	
17	15.87	47.25	7.63	97.19	8.25	0.26	38.12	
18	15.86	47.24	7.62	97.15	8.25	0.25	38.12	
19	15.82	47.20	7.61	96.86	8.25	0.31	38.12	
20	15.81	47.18	7.59	96.63	8.25	0.29	38.11	
21	15.79	47.16	7.60	96.78	8.25	0.30	38.11	
22	15.75	47.12	7.59	96.47	8.25	0.41	38.12	
23	15.74	47.10	7.57	96.27	8.25	0.40	38.11	
24	15.63	46.95	7.58	96.17	8.24	0.51	38.08	
25	15.55	46.88	7.52	95.17	8.24	0.64	38.10	
26	15.47	46.82	7.47	94.48	8.24	0.62	38.11	
27	15.42	46.76	7.44	94.03	8.23	0.62	38.11	
28	15.41	46.76	7.39	93.41	8.24	0.60	38.12	
29	15.40	46.74	7.41	93.58	8.23	0.65	38.11	

Profondità (m)	Temperatura (°C)	Conducibilità (mS/cm)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%sat)	pH	Clorofilla <i>a</i> (µg/l)	Salinità (‰)	Disco secchi (m)
30	15.39	46.74	7.40	93.45	8.23	0.68	38.12	
31	15.36	46.70	7.39	93.23	8.23	0.70	38.12	
32	15.34	46.69	7.38	93.06	8.23	0.68	38.12	
33	15.27	46.58	7.38	92.93	8.23	0.70	38.09	
34	15.21	46.55	7.30	91.79	8.23	0.67	38.12	
35	15.19	46.53	7.27	91.47	8.23	0.68	38.12	
2000 m								
0	20.31	52.13	7.64	105.88	8.25	<0.01	38.19	
1	20.38	52.24	7.64	106.02	8.25	0.01	38.22	
2	19.77	51.52	7.61	104.48	8.25	0.01	38.18	
3	19.35	51.09	7.69	104.75	8.26	<0.01	38.20	
4	19.36	50.96	7.71	104.89	8.25	0.03	38.09	
5	18.75	50.29	7.67	103.28	8.25	0.01	38.08	
6	18.22	49.76	7.67	102.19	8.25	<0.01	38.11	
7	18.07	49.62	7.69	102.27	8.25	0.06	38.14	
8	17.75	49.27	7.68	101.54	8.25	0.02	38.13	
9	17.56	48.93	7.70	101.31	8.25	<0.01	38.01	
10	16.82	48.20	7.69	99.78	8.25	<0.01	38.07	
11	16.61	48.02	7.71	99.65	8.25	0.01	38.11	
12	16.49	47.85	7.72	99.52	8.25	<0.01	38.07	
13	16.23	47.63	7.71	98.98	8.25	<0.01	38.12	
14	16.11	47.54	7.71	98.78	8.25	0.06	38.16	
15	16.06	47.42	7.71	98.56	8.25	0.05	38.09	
16	15.96	47.30	7.71	98.48	8.25	0.11	38.08	
17	15.86	47.23	7.70	98.16	8.25	0.04	38.12	
18	15.78	47.10	7.72	98.25	8.25	0.03	38.08	7
19	15.74	47.10	7.70	97.95	8.25	0.11	38.11	
20	15.71	47.06	7.68	97.53	8.25	0.12	38.11	
21	15.68	47.03	7.66	97.27	8.25	0.24	38.10	
22	15.65	46.98	7.66	97.17	8.25	0.24	38.09	
23	15.61	46.96	7.65	96.99	8.25	0.26	38.11	
24	15.59	46.93	7.65	96.91	8.25	0.22	38.10	
25	15.56	46.91	7.63	96.66	8.24	0.30	38.11	
26	15.53	46.88	7.61	96.35	8.24	0.37	38.11	
27	15.52	46.86	7.56	95.73	8.24	0.40	38.10	
28	15.49	46.84	7.54	95.39	8.24	0.45	38.11	
30	15.38	46.72	7.49	94.61	8.23	0.57	38.11	
30	15.36	46.70	7.44	93.88	8.23	0.56	38.11	
31	15.33	46.67	7.40	93.28	8.23	0.60	38.11	
32	15.32	46.67	7.38	93.08	8.23	0.60	38.12	
33	15.32	46.67	7.36	92.87	8.23	0.63	38.12	
34	15.32	46.67	7.36	92.84	8.23	0.63	38.12	
35	15.32	46.67	7.37	92.91	8.23	0.61	38.12	