



Consorzio per la Gestione del Centro
di Coordinamento delle Attività di Ricerca
inerenti il Sistema Lagunare di Venezia

Palazzo Franchetti S. Marco 2847 30124 Venezia

Tel. +39.041.2402511 Fax +39.041.2402512

Progetto **STUDIO B.6.72 B/7**

**ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL
MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI
DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE
BOCCHIE LAGUNARI**

Documento **MACROATTIVITÀ: PRATERIE A FANEROGAME
ATTIVITÀ DI ANALISI INTEGRATA DEI
RISULTATI MODELLIZZAZIONE,
CAMPIONAMENTO FANEROGAME MARINE E
TORBIDITÀ**

Versione **1.0**

Emissione **1 Luglio 2012**

Redazione

Dott. Daniele Curiel
(SELC)

Verifica

Prof. Giovanni Caniglia

Verifica

Prof.ssa Patrizia Torricelli

Approvazione

Ing. Pierpaolo Campostrini

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Indice

1 PREMESSA	3
1.1 Introduzione.....	3
1.2 Obiettivi.....	4
2 ATTIVITA' ESEGUITE	6
2.1 Studio effetto margine.....	6
2.1.1 Esecuzione dei "transetti" per lo "studio dell'effetto margine".....	6
2.1.2 Scelta delle stazioni per l'esecuzione dei transetti.....	6
2.1.3 Attività di campo.....	7
2.1.4 Attività di laboratorio.....	8
2.1.5 Attività desk ed elaborazione dati.....	11
2.1.6 Attività di campo.....	11
3 ANALISI PLURIENNALE DELLE DINAMICHE DEGLI EPIFITI	12
4 RILIEVI AI TRANSETTI	21
4.1 Presentazione dei dati.....	21
4.2 Transetti bocca di porto di Lido (novembre 2011).....	21
4.2.1 Parametri fenologici delle praterie a fanerogame.....	21
4.2.2 Parametri relativi agli epifiti.....	22
4.3 Confronto tra i parametri biotici delle fanerogame e le variabili abiotiche.....	23
4.4 Modellazione matematica idro-morfodinamica e le praterie a fanerogame marine.....	26
5 CONSIDERAZIONI FINALI	30
6 BIBLIOGRAFIA	32
7 ALLEGATO	35

1 PREMESSA

1.1 Introduzione

Il presente rapporto espone i risultati delle attività di misura relativamente alle fanerogame marine e alla modellazione matematica idro-morfodinamica, condotte alla bocca di porto di Lido.

Nel monitoraggio dello Studio B.6.72 B/7 [MAG. ACQUE - CORILA, 2012b], rispetto ai precedenti, sono state inserite nuove attività per indagare più approfonditamente le problematiche emerse in questi anni in merito all'epifitismo delle fanerogame marine.

Quanto rilevato sulle dinamiche delle praterie a fanerogame per le tre bocche di porto negli anni del monitoraggio indica, infatti, che, a partire dallo studio di riferimento *ante operam*, sono avvenute variazioni, differenti per intensità tra le tre bocche di porto, che hanno interessato sia il numero di specie, sia l'abbondanza delle epifite sulle lamine fogliari.

Nel rapporto finale di ciascun monitoraggio è stata eseguita una valutazione di quanto osservato per le epifite in ogni singola bocca di porto, al fine di valutare i possibili trend in atto lungo un percorso pluriennale, identificando le principali specie coinvolte in queste variazioni e valutando le possibili cause che hanno indotto tali variazioni.

Le valutazioni conclusive riportate nello Studio B.6.72 B/7, in accordo con quanto osservato anche nei precedenti anni di monitoraggio, indicano che le differenze riscontrate nella comunità epifitica per il numero di specie (totale e per stazione) e per le abbondanze (ricoprimento e biomassa) possono essere considerate limitate nelle praterie della bocca di Lido, parzialmente presenti in quelle di Malamocco e marcate in quelle di Chioggia, soprattutto per quanto riguarda il numero totale e medio di taxa. Dopo una analisi anche dei dati di letteratura scientifica sulle dinamiche degli epifiti, e considerando i possibili impatti e pressioni che agiscono sulle praterie delle bocche di porto, le cause che possono aver dato origine a queste variazioni sono state individuate nell'eventuale incremento della **torbidità** dell'acqua, della **sedimentazione** e dell'**idrodinamismo**. Nella valutazione complessiva non deve poi essere trascurato l'andamento meteo climatico del periodo in oggetto, soprattutto di quello del monitoraggio *ante operam*. Considerando gli ultimi 30 anni, infatti, il 2002 è stato uno di quelli con maggiori precipitazioni e il 2003, anno dello studio *ante operam*, uno dei più caldi in assoluto [MAG. ACQUE - SELC, 2005a] non solo a livello locale, ma anche a livello europeo, con effetti sulla distribuzione delle fanerogame marine segnalati in lavori del Mar Baltico, dell'Olanda e del Portogallo [Reusch *et al.*, 2005; Cardoso *et al.*, 2008, van der Graaf *et al.*, 2009].

In merito alla **torbidità** dell'acqua, i dati relativi alle sonde fisse delle bocche di porto non hanno indicato negli anni variazioni marcate per questo parametro tali da giustificare le variazioni osservate [MAG. ACQUE - CORILA, 2011]. Questo parametro è riportato in letteratura [Borum *et al.*, 2004; Larkum *et al.*, 2006] come una delle possibili cause che incidono sulla capacità fotosintetica delle fanerogame e sullo sviluppo della componente algale dell'epifitismo. Negli anni del monitoraggio non sono mai state osservate variazioni dell'apparato fogliare tali da giustificare trasformazioni progressive, in quanto i parametri, quali il LAI e la percentuale di superficiale fogliare eventualmente in necrosi, sono risultati sempre nella norma. Anche nei casi in cui sono stati rinvenuti ciuffi con particellato sabbioso sulle lamine in quantità più accentuata rispetto alla norma, il livello di **sedimentazione** sulle lamine fogliari, non ha mai portato a variazioni nella comunità epifitica rispetto a quelle prive di sedimentazione.

L'**idrodinamismo**, segnalato in letteratura come una delle possibili cause di cambiamenti per la componente epifitica, potrebbe essere coinvolto nelle modificazioni osservate, soprattutto per quanto riguarda la variazione dell'abbondanza degli organismi. Lavori di letteratura, relativi alle dinamiche delle epifite delle fanerogame marine, identificano nell'accentuato movimento delle

lamine fogliari, dovuto ad incrementi dei flussi idrodinamici, il fattore fisico in grado di determinare, tramite la forza abrasiva, rottura dei talli e urti, o la perdita di specie dalla superficie fogliare [Lavery et al, 2007]. Nel caso specifico delle spore algali, anche moderate velocità dei flussi idrici possono incidere sul loro attecchimento [Granhag et al, 2007].

1.2 Obiettivi

Al fine di analizzare e discriminare possibili disturbi nei confronti delle praterie a fanerogame marine e in particolare del loro epifitismo, nello Studio B.6.72 B/7 si è approfondita la problematica relativa al mutato regime idrodinamico a seguito dei lavori alle bocche, con l'aggiunta di due nuove attività tra loro interconnesse:

“Studio effetto margine” - estensione, alla sola bocca di Lido, oltre alle misure biologiche già previste dal monitoraggio anche di 2 transetti localizzati in corrispondenza di 2 stazioni di misura già esistenti (L4 e L5). Tali transetti si estendono dall'interno della prateria sino al margine sul lato canale, includendo, oltre ad una stazione fissa del piano di monitoraggio anche 3 nuove stazioni di misura. La bocca di porto di Lido è stata scelta poiché caratterizzata dalla presenza sia di estese praterie a fanerogame in aree direttamente adiacenti ai canali di accesso e ai cantieri, sia di un considerevole background di dati. L'obiettivo è stato quello di verificare la fenomenologia epifitica lungo un ideale percorso che, dal margine della prateria sul canale, si estende progressivamente all'interno della prateria. È infatti ragionevole ritenere che i fenomeni di un eventuale alterato idrodinamismo seguano un gradiente in diminuzione, a partire dal margine e spostandosi verso l'interno della prateria.

“Modellazione matematica idro-morfodinamica delle praterie a fanerogame marine” - Allo scopo di verificare eventuali interferenze ed influenze degli aspetti idrodinamici e di trasporto dei sedimenti sull'evoluzione di alcuni aspetti di natura biologica ed ambientale nelle aree poste nelle immediate adiacenze delle bocche di porto, è stata applicata una metodica di modellazione matematica idro-morfodinamica per:

- ricostruire le caratteristiche idrodinamiche alle bocche di porto e nelle aree di laguna poste nelle immediate adiacenze delle stesse, relativamente a diverse configurazioni geometriche delle bocche che si sono verificate a partire dalla situazione prima dell'inizio dei lavori fino a quella attuale, caratterizzata dal completamento delle cosiddette opere fisse.
- estendere nello spazio (e in qualche caso nel tempo) le misure idrodinamiche e di trasporto solido disponibili solo puntualmente. Si tratta, in pratica, di ricostruire alcuni scenari (dal punto di vista delle caratteristiche idrodinamiche e di concentrazioni di sedimenti in sospensione) verificatisi durante la realizzazione delle opere, fornendo così ai dati sperimentali la necessaria continuità spaziale e temporale.

Anche per questa attività le indagini sono state rivolte alla bocca di Lido, per la quale è disponibile una base più ampia di dati sperimentali, ed esse hanno previsto le seguenti fasi:

- raccolta e analisi critica dei dati sperimentali idrodinamici e di trasporto solido disponibili;
- raccolta di dati geometrici e batimetrici disponibili relativi alla configurazione della bocca e delle aree di laguna adiacenti;
- messa a punto e calibrazione dei modelli sulla base dei dati sperimentali disponibili;
- ricostruzione degli scenari, ovvero dell'idrodinamica e dei processi di trasporto solido associate alle diverse configurazioni esaminate;

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

- restituzione dei risultati delle simulazioni.

Le attività relative alla “Modellazione matematica idro-morfodinamica delle praterie a fanerogame marine”, sono state svolte dal Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale di Padova (DICEA UNIPD) e da ISMAR-CNR Venezia, in questo rapporto saranno esaminate per la parte che riguarda in modo specifico le fanerogame marine e le possibili implicazioni sulle dinamiche degli epifiti.

Per un’approfondita disamina dei dati relativi alla modellazione matematica idro-morfodinamica si rimanda agli specifici rapporti [MAG. ACQUE - CORILA, 2012c, 2012d].

Questa nuova attività di monitoraggio ha l’obiettivo di verificare l’esistenza o meno di possibili risentimenti a carico delle praterie in riferimento ad eventi di torbidità e di aumentato regime delle correnti. È stata svolta in collegamento ed in collaborazione tra biologi e modellisti che, dopo una fase di verifica e screening mirata, hanno valutato, sulla base di un giudizio esperto, eventuali collegamenti tra lo stato di qualità dei popolamenti a fanerogame marine, inclusa la problematica dell'epifitismo, e le condizioni idrologiche dell'intorno, con riferimento a idrodinamismo in primis e torbidità in subordine.

2 ATTIVITA' ESEGUITE

2.1 Studio effetto margine

2.1.1 Esecuzione dei "transetti" per lo "studio dell'effetto margine"

All'interno di un programma annuale che prevede l'esecuzione di campagne stagionali di monitoraggio in primavera, estate ed autunno, finalizzate alla misura delle caratteristiche fenologiche e dei parametri di crescita delle fanerogame marine, nella campagna autunnale sono state eseguite specifiche misure in due transetti selezionati nel corso di indagini propedeutiche. Tenuto conto delle caratteristiche delle praterie della bocca di porto di Lido e della necessità di disporre di praterie con specifiche caratteristiche per estensione, batimetria, i transetti e le relative stazioni aggiuntive, sono stati individuati nei siti L4 e L5. Per semplificare la presentazione dei risultati, i due transetti saranno identificati come "transetto L4" (comprensivo delle stazioni L4, L4/1, L4/2 e L4/3) e "transetto L5" (comprensivo delle stazioni L5, L5/1, L5/2 e L5/3).

Di seguito è riportato, per ciascuna stazione, la sigla di identificazione, la coordinata GAUSS-BOAGA, la profondità e la distanza dal canale.

Bocca di porto di Lido				
Stazione	Est (m)	Nord (m)	Profondità (cm) (*)	Distanza dal canale (m)
L4/1	2316043	5034987	22	52 (**)
L4	2316043	5034977	33	42
L4/2	2316043	5034967	45	32
L4/3	2316043	5034957	75	22
L5	2315520	5035016	22	140 (**)
L5/1	2315531	5034987	20	111
L5/2	2315542	5034959	32	81
L5/3	2315560	5034913	90	30

(*) = Marea corretta rispetto allo zero mareale del mareografo della stazione idrografica di Punta della Salute, registrata durante il sopralluogo in data 05/10/2011.

(**) = La distanza tra L4/1 e il canale e quella tra L5 e il canale sono considerate, rispettivamente, la lunghezza del transetto L4 e di quello L5.

Il transetto L4 è orientato in direzione N-S, mentre quello L5 è in direzione N/NO-S/SE.

Nelle figure 2.1 e 2.2 è riportata la posizione delle stazioni presso le bocche di porto di Lido. Presso ciascuno dei sei nuovi siti di campionamento, sono state eseguite tutte le operazioni di campo e calcolati tutti i parametri previsti nelle tre campagne stagionali presso i 18 siti di monitoraggio "storici".

2.1.2 Scelta delle stazioni per l'esecuzione dei transetti

Per le bocche di porto di Chioggia e Malamocco, i primi dati a disposizione riguardanti le praterie a fanerogame, dopo la fase *l'ante operam*, sono quelli dello Studio B.6.72 B/3 (terzo anno di

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

monitoraggio) mentre, per Lido, sono disponibili dati sin dallo Studio B.6.72 B/1 (primo anno di monitoraggio).

A determinare la scelta dei transetti nella bocca di porto Lido hanno inciso:

- la sequenza temporale più lunga di dati biologici, idrodinamici e fisici (anche in fase *ante operam*);
- il posizionamento teorico di transetti indisturbati su praterie omogenee;
- le minori attività antropiche legate soprattutto alla pesca (ad esempio poche aree date in concessione per l'allevamento del *Tapes (Ruditapes) philippinarum*).

La scelta di posizionare i transetti lungo le stazioni L4 ed L5 è legata alla loro localizzazione su praterie uniformi ed estese, e sulla possibilità di testare sia transetti corti (distanza canale-stazione terminale [L4/1]: 52 m), sia transetti lunghi (distanza canale-stazione terminale [L5]: 140 m).

Per la scelta delle stazioni, in corrispondenza delle quali localizzare i nuovi siti di prelievo facenti parte dei transetti (oltre a quelli originali), si è tenuto conto anche dell'andamento annuale del numero totale ^[1] di specie (algali ed animali) rilevato nelle stazioni di ciascuna bocca di porto durante i monitoraggi B.6.78/I, B.6.72 B/1-B/7 [MAG. ACQUE - SELC, 2005b; MAG. ACQUE - CORILA, 2005-2012b] (figura 3.1).

2.1.3 Attività di campo

Per rispondere agli obiettivi previsti dal monitoraggio, è stata esaminata una serie di indicatori strutturali e funzionali, sufficientemente sensibili, ma anche relativamente stabili nel tempo, per permettere sia di cogliere le possibili variazioni ambientali delle aree investigate durante l'arco dell'anno, attraverso la progressione stagionale, sia di effettuare un confronto tra anni successivi.

Di seguito sono elencati gli indicatori di base che sono stati considerati e che hanno poi permesso la determinazione di altri per via indiretta:

- grado di copertura (%) della prateria rispetto al substrato nell'intorno delle stazioni;
- densità della prateria (n. ciuffi/m²);
- dimensioni dei ciuffi (cm);
- valutazione della presenza e quantificazione dei ciuffi germinativi o dei semi;
- quantificazione dei fenomeni di necrosi fogliare ("wasting disease");
- stima dell'epifitismo macroalgale ed animale delle lamine fogliari (numero specie, ricoprimento e biomassa).

Le attività di campo sono state organizzate in modo tale da ottenere:

- una superficie di assunzione degli indicatori generali non puntiforme, ma estesa, a 360°, per un raggio di almeno 10 m dal punto centrale della stazione;
- un numero di repliche (9) sufficiente a rendere ogni parametro statisticamente rappresentativo dell'area.

⁽¹⁾ Nell'esame delle liste floristiche e faunistiche dei diversi anni, i dati sono stati riesaminati (aggiornando la nomenclatura) e armonizzati allo scopo di ridurre gli errori dovuti a determinazioni condotte sino a diversi livelli tassonomici; non sono stati inoltre considerati i taxa ritenuti occasionali e/o rari (quelli caratterizzati da un solo rinvenimento nel corso delle indagini).

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Le attività di campo sono state condotte da operatori specializzati muniti dell'attrezzatura necessaria per le operazioni. Due operatori subacquei sono intervenuti in immersione, parziale o completa, a seconda della profondità. Le fanerogame marine sono state campionate prelevando nove sottocampioni (repliche), uno centrale, corrispondente alle coordinate della stazione, e otto, posizionati uniformemente attorno a una circonferenza di dieci metri di raggio.

Mediante l'utilizzo di un campionatore manuale di superficie nota è stata determinata *in situ* la densità dei "ciuffi" vegetativi e fertili. I ciuffi fogliari per lo studio delle epifite e per la misura delle dimensioni sono stati invece raccolti manualmente in numero di 5 per ogni replica e avviati all'esame di laboratorio. Sempre in campo, oltre alla raccolta dei campioni biologici, sono stati rilevati e descritti la tipologia, l'estensione e il grado di copertura della prateria e sono state annotate osservazioni particolari rilevabili solo sul luogo di campionamento (stato di anossia del sedimento, presenza di rizomi morti o di colore scuro, presenza di fango sulle lamine, ecc.).

2.1.4 Attività di laboratorio

Ai rilievi eseguiti in campo sono seguite le analisi di laboratorio, che hanno permesso di valutare lo stato generale delle foglie e di determinare gli epifiti algali ed animali presenti sulle lamine, con conseguente calcolo dei relativi valori di ricoprimento e di biomassa.

Durante le rilevazioni di queste misure si è tenuto conto dell'eventuale presenza di fenomeni di "wasting disease" (annerimenti, marciumi, necrosi) sulla lamina fogliare, stimandone l'ampiezza per poi rapportarla alla superficie delle foglie. I ciuffi fogliari raccolti per ogni replica sono stati utilizzati per la misura delle dimensioni della lamina ed il calcolo della parte viva (verde) e della parte morta delle foglie. Questi dati sono poi serviti per determinare la Superficie Fotosintetica Attiva (LAI - Leaf Area Index), espressa in metri quadri di superficie fogliare funzionale (viva) presenti in un metro quadro di prateria.

Per ognuna delle nove repliche di ciascuna stazione, si è scelto uno dei 5 ciuffi fogliari raccolti in campo, la cui lamina più vecchia è stata sottoposta ad attento esame microscopico, su entrambe le facce, per la determinazione tassonomica degli organismi epifiti.

Per ogni entità rilevata, la determinazione tassonomica è giunta sino al livello di specie; quando ciò non è stato possibile, ci si è limitati al genere o ad un livello superiore. Per ogni organismo identificato è stato calcolato il ricoprimento, cioè la percentuale di superficie occupata sulla lamina fogliare. Si ricorda che il ricoprimento totale, inteso come somma dei ricoprimenti parziali delle singole specie, a causa della sovrapposizione di organismi differenti, può superare il valore del 100% della superficie della lamina.

Le determinazioni tassonomiche hanno riguardato le macroalghe [Rhodophyta, Ochrophyta e Chlorophyta, ovvero le alghe rosse, brune e verdi] e lo zoobenthos nei suoi principali gruppi sistematici [Poriferi, Idrozoi, Molluschi, Policheti, Crostacei (anfipodi), Briozoi, e Tunicati]. Sono state prese in esame, a livello di genere, anche le diatomee bentoniche (Bacillariophyta), microalghe che, in alcuni periodi dell'anno, possono costituire una parte anche considerevole dell'epifitismo totale. Sui ciuffi fogliari esaminati il calcolo della biomassa è stato eseguito asportando gli epifiti, per mezzo di una lametta, da entrambi i lati di tutte le foglie del ciuffo considerato. Il materiale è stato posto in stufa a 85° C, sino a raggiungimento del peso costante [Curiel *et al.*, 1996; Mazzella *et al.*, 1998; Gambi e Dappiano, 2003]; successivamente ne è stato determinato il peso secco.

Al termine delle analisi è stata redatta una scheda di laboratorio dove sono riportati: l'elenco dei taxa rinvenuti, il relativo valore di ricoprimento e la biomassa totale (non differenziata per taxa) espressa in grammi di peso secco (indicato come g p.s.); questi ultimi due parametri sono stati riferiti ad un metro quadro di superficie fogliare.

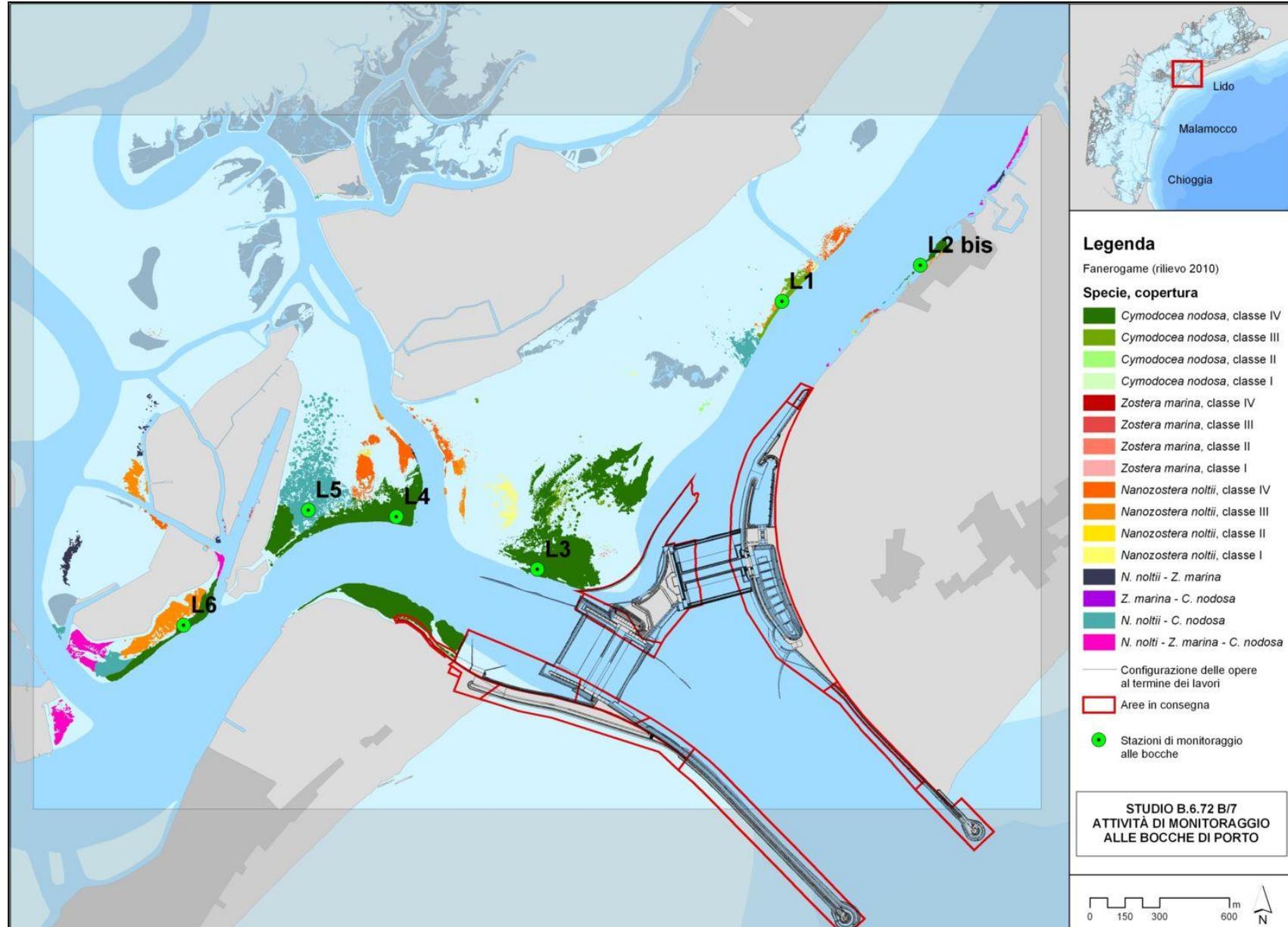


Figura 2.1 - Stazioni di controllo delle fanerogame marine in bocca di porto di Lido con sovrapposta la mappatura del 2010.

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI



Figura 2.2 - Bocca di porto di Lido: siti di controllo delle fanerogame marine localizzate lungo due transetti in corrispondenza delle stazioni L4 e L5 con sovrapposta la mappatura del 2010.

2.1.5 Attività desk ed elaborazione dati

L'analisi modellistica condotta da DICEA-UNIPD si pone l'obiettivo di confrontare il comportamento idrodinamico della bocca di porto di Lido nella sua configurazione antecedente e successiva alla costruzione alle bocche delle opere di difesa dalle acque alte.

Il lavoro ha previsto la realizzazione di due reticoli di calcolo, rappresentanti la configurazione antecedente alla costruzione delle opere alle bocche e la configurazione attuale della laguna. Il primo di essi è stato quotato utilizzando i rilievi batimetrici eseguiti nel 2003, mentre il secondo utilizzando i più recenti dati batimetrici disponibili. Questo secondo reticolo rappresenta la configurazione delle bocche di porto con tutte le opere fisse ultimate.

Con riferimento agli aspetti idrodinamici, si è dapprima proceduto alla verifica del modello operando il confronto dei risultati del calcolo con i dati rilevati realizzati da ISMAR-CNR Venezia, nel corso della campagna di misure del 22 dicembre 2011, condotta lungo il canale S. Nicolò all'altezza del Forte S. Andrea, durante la quale sono stati condotti principalmente rilievi correntometrici.

Sono state quindi analizzate le differenze nei campi di moto idrodinamici per le due configurazioni lagunari (antecedente e successiva alla realizzazione delle opere alle bocche), considerando sia condizioni idrodinamiche controllate dalle sole correnti di marea, sia condizioni idrodinamiche influenzate dall'effetto combinato della marea e del moto ondoso generato da vento.

2.1.6 Attività di campo

Le attività di campo condotte da ISMAR-CNR Venezia hanno avuto lo scopo di supportare con dati puntuali il gruppo di lavoro SELC, che opera in modo specifico sulle fanerogame marine, e il gruppo di lavoro DICEA-UNIPD, che opera a supporto della messa a punto del modello matematico idrodinamico.

Le campagne relative alle stazioni dei transetti sulle praterie a fanerogame marine sono state condotte sul basso fondale adiacente l'Isola di Sant'Andrea (Canale di San Nicolò) e hanno avuto l'obiettivo di caratterizzare, in differenti condizioni di marea, il campo di corrente che caratterizza l'area.

Le attività condotte, invece, nel Canale di S. Nicolò hanno avuto lo scopo di supportare le valutazioni di tipo modellistico per valutare i cambiamenti tra le condizioni *ante operam* e le condizioni attuali.

Le attività di campagna sono state condotte il 9-10 novembre 2011, il 22 dicembre 2011 e il 16 aprile 2012.

Sono state implementate diverse le tecniche di indagine. In particolare sono stati utilizzati i seguenti dispositivi:

- Correntometri acustici ADCP Workhorse Rio Grande (600 kHz e 1200 kHz). Teledyne RDI. Effettuate misure correntometriche in canale principale (600 kHz) e sul basso fondale (1200 kHz) lungo i transetti di figura 2.2.
- Correntometri elettromagnetici s4. InterOcean, Ltd. Utilizzati sia in posizione fissa che per effettuare profili presso i punti notevoli.
- Micro mulinello OTT C2 Small Current Meter. OTT Hydrometrie. Effettuati profili di corrente in punti notevoli.
- Lagrangian Drogues. Utilizzate per tracciare i percorsi della corrente al margine del canale.
- GPS Garmin eTrex. Garmin Ltd. Utilizzato per l'inseguimento delle Lagrangian Drogues.

3 ANALISI PLURIENNALE DELLE DINAMICHE DEGLI EPIFITI

Come accennato nei precedenti paragrafi, la necessità di introdurre una nuova linea di approfondimento nel piano di monitoraggio alle opere alle bocche di porto deriva dal fatto che negli ultimi anni, in relazione alla matrice “Ecosistemi Fanerogame marine”, nell’esame dei parametri relativi all’epifitismo dell’apparato fogliare, è stata più volte riscontrata una difformità con lo stato *ante operam* del 2003.

Considerando i risultati del monitoraggio dello Studio B.6.72 B/7 relativo al periodo temporale 2011-2012 [MAG. ACQUE-CORILA, 2012b], in accordo con quelli dei precedenti anni, si riscontra come le differenze riscontrate nella comunità epifitica, per quanto riguarda il numero di specie (totale e per stazione) e le abbondanze (ricoprimento e biomassa), siano limitate nelle praterie della bocca di Lido e ben presenti in quelle di Chioggia (soprattutto per quanto riguarda il numero totale e medio di taxa) e di Malamocco (anche se in percentuale minore rispetto a Chioggia).

Dalla tabella 3.1, che riporta i dati complessivi per ogni singola bocca di porto (in questo caso dati privi di ogni possibile armonizzazione), si rileva come vi sia una marcata riduzione del numero di taxa, sia totale che medio, tra *ante operam* (2003) e quello più recente dello Studio B.6.72 B/7 (2011). Per quanto attiene alle coperture degli epifiti, la problematica è riferibile prevalentemente alla componente delle diatomee bentoniche, che, rispetto alla fase *ante operam*, hanno subito un significativo calo in tutte le bocche di porto, e limitatamente a quelle macroalgali e zoobentoniche.

Tabella 3.1 – Valori totali e/o medi per bocca di porto degli indicatori delle epifite delle lamine fogliari delle fanerogame marine dello Studio *ante operam* e dello studio attuale (B.6.72 B/7).

Lido	Macroalghe		Zoobenthos		Diatomee spp.	
	2003	2011	2003	2011	2003	2011
N. specie totale	51	33	13	11	---	---
N. specie medio /st.	31,0	16,7	6,7	6,8	---	---
Ricopr. medio%/st.	18,5	28,0	4,7	8,0	16,2	7,6

Malamocco	Macroalghe		Zoobenthos		Diatomee spp.	
	2003	2011	2003	2011	2003	2011
N. specie totale	55	20	12	9	---	---
N. specie medio /st.	35,4	15,4	8,4	6,2	---	---
Ricopr. medio%/st.	23,0	22,3	8,4	4,6	22,6	3,8

Chioggia	Macroalghe		Zoobenthos		Diatomee spp.	
	2003	2011	2003	2011	2003	2011
N. specie totale	61	24	14	9	---	---
N. specie medio /st.	43,2	16,0	9,0	6,4	---	---
Ricopr. medio%/st.	23,3	21,2	11,1	7,7	10,5	2,7

L’analisi dei dati relativi al numero di specie in ogni singola stazione di ciascuna bocca di porto, evidenzia come sia questo parametro quello che marca maggiormente le differenze tra la fase *ante operam* e i successivi anni di indagine, anche se con livelli di intensità diversa per le tre bocche (figura 3.1).

Considerando come esista una chiara difformità, già a partire dai primi anni del monitoraggio in merito al numero delle specie rinvenute, è stata rivolta particolare attenzione alla problematica

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

tassonomica, per ridurre al minimo errori nelle liste floro-faunistiche di ogni anno, con particolare attenzione a quelle della fase *ante operam* che rappresenta il punto di riferimento.

Al riguardo, è stata eseguita una armonizzazione dei dati che ha interessato la nomenclatura delle specie, una revisione e l'accorpamento di quelle più problematiche o determinate a livello tassonomico superiore alla specie e che possono, quindi, essere state oggetto di una determinazione errata. Inoltre, considerando come la riduzione del numero di taxa riguardi soprattutto specie "accidentali", la cui frequenza di rinvenimento è solitamente molto bassa, si è proceduto ad una loro esclusione dalla valutazione complessiva.

Come si rileva dalla figura 3.1, anche dopo questa revisione complessiva dei dati di tutti i monitoraggi sino ad ora condotti, in ognuna delle tre bocche di porto permane una riduzione del numero di specie che appare:

- non omogenea negli anni per le stazioni della bocca di Lido;
- costante nel tempo per quelle di Malamocco;
- brusca tra il monitoraggio *ante operam* (2003) ed il successivo (2007) e meno evidente nei successivi anni, per quelle della bocca di Chioggia.

La medesima analisi eseguita, però, sui dati di ricoprimento percentuale (figura 3.2), che non risentono di possibili valutazioni tassonomiche errate, essendo indipendenti dal numero delle specie rilevate, non evidenzia variazioni complessive per questo parametro, in quanto la riduzione delle diatomee bentoniche è compensata da un incremento delle macroalghe incrostanti (*encrusting layer*).

CORILA
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

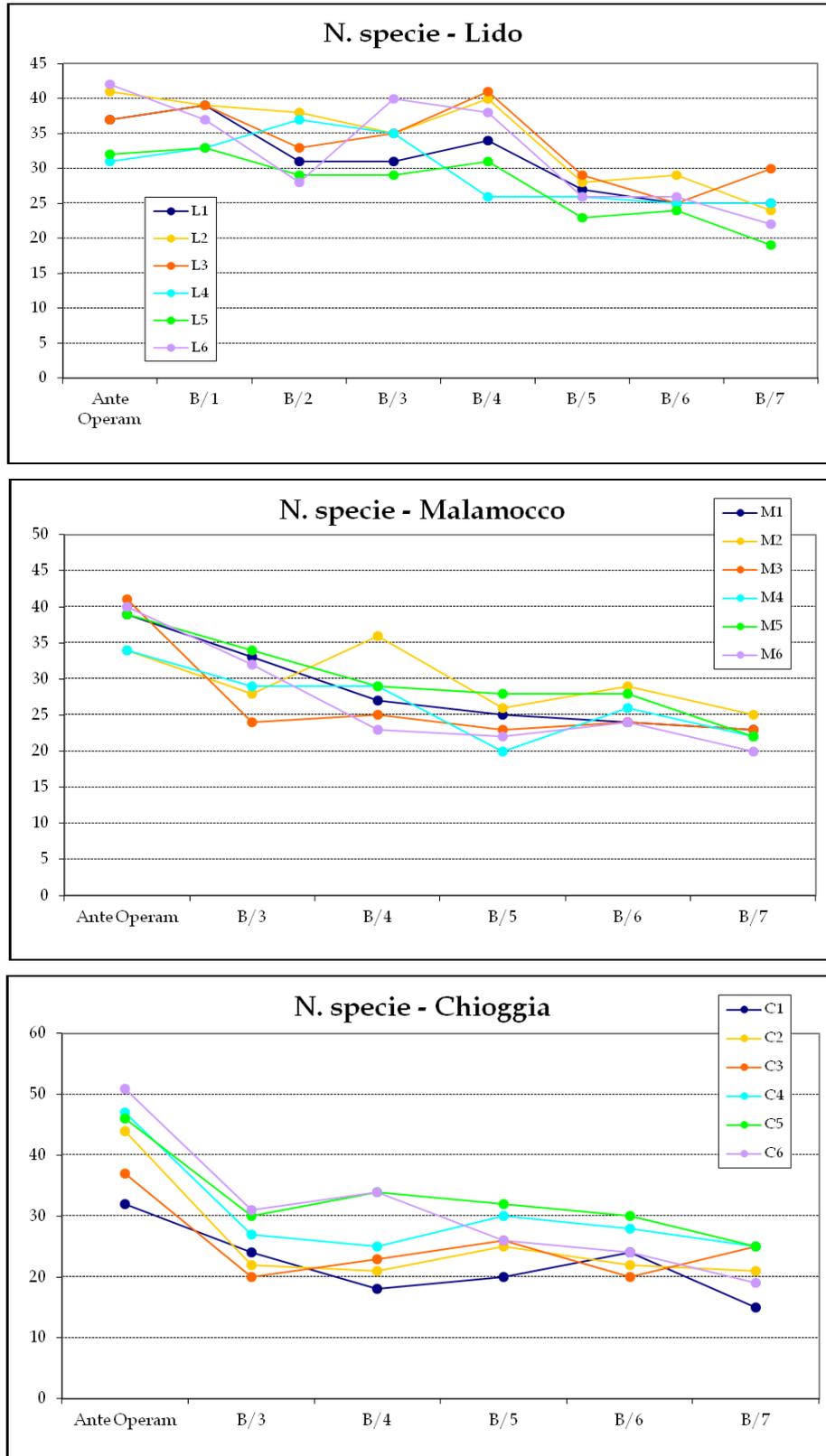


Figura 3.1 - Numero totale annuale dei taxa (algali ed animali) rilevato nelle sei stazioni di ciascuna bocca di porto (Lido in alto, Malamocco al centro e Chioggia in basso) durante i monitoraggi B.6.78/I e B.6.72 B/1-B/7. (Si ricorda che il monitoraggio B.6.72 B/7, diversamente dagli altri, ha previsto l'esecuzione di tre campagne stagionali e non quattro). I dati tengono conto di un'armonizzazione tassonomica, inclusa l'esclusione delle specie rare.

CORILA
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

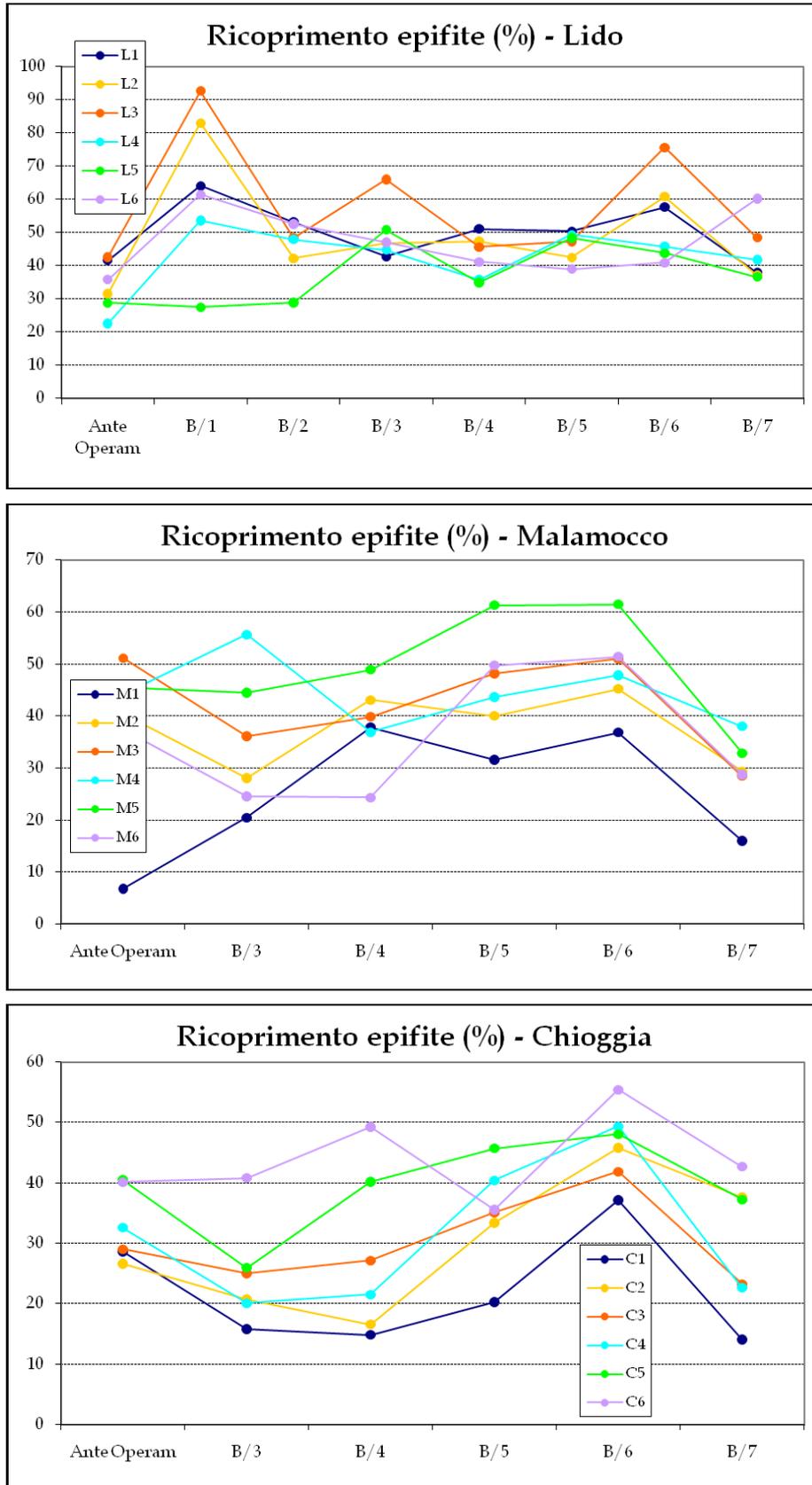


Figura 3.2 – Ricoprimento percentuale medio annuale rilevato nelle sei stazioni di ciascuna bocca di porto (Lido in alto, Malamocco al centro e Chioggia in basso) durante i monitoraggi B.6.78/I e B.6.72 B/1-B/7. (Si ricorda che il monitoraggio B.6.72 B/7, diversamente dagli altri, ha previsto l'esecuzione di tre campagne stagionali e non quattro).

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

È stata valutata anche la possibilità che la riduzione del numero degli epifiti fosse correlato alla maggiore o minore vicinanza alle opere in realizzazione (figura 3.3). I grafici suggeriscono però di scartare questa ipotesi in quanto, la riduzione di questo parametro interessa sia le stazioni prossime alle opere (ad esempio L3, M4 e C5; linea nera nel grafico), sia quelle più lontane (ad esempio L6, M6 e C3; linea rossa nel grafico).

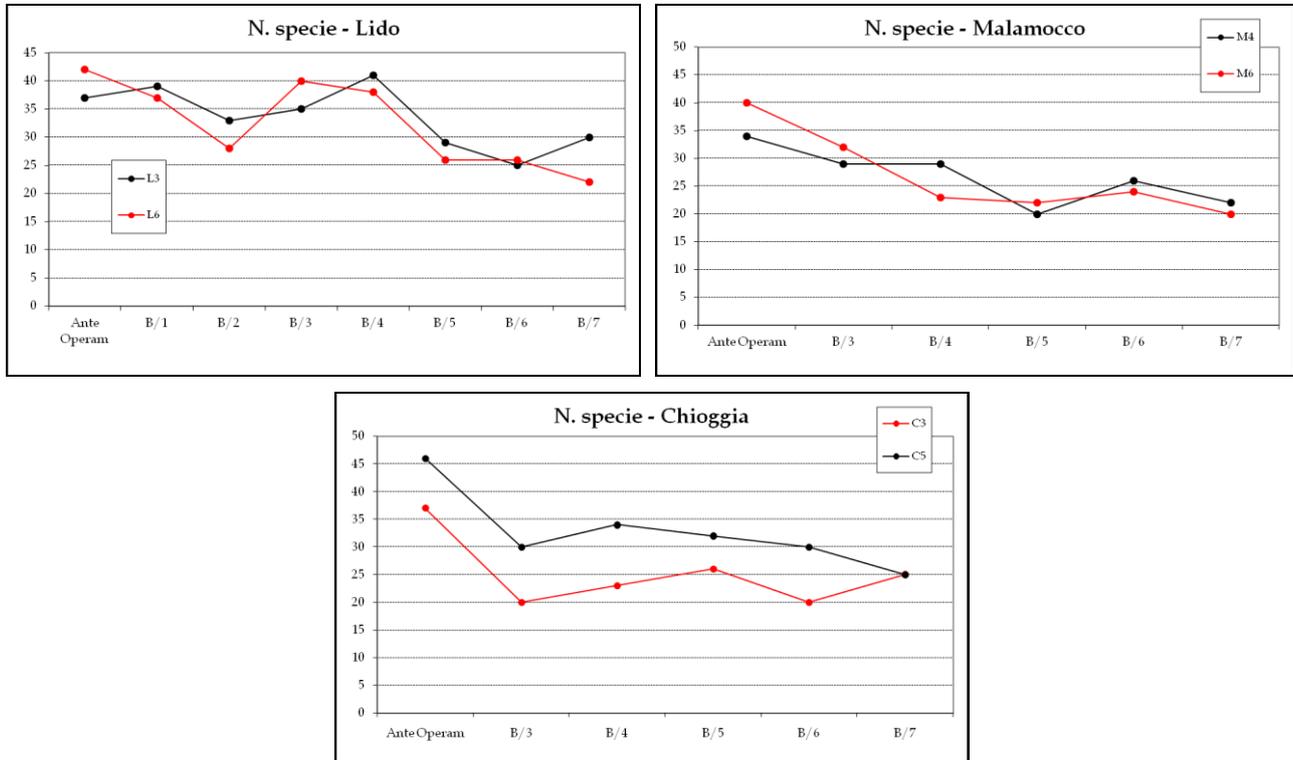


Figura 3.3 - Numero totale annuale di specie (algali ed animali) per bocca di porto rilevato in stazioni vicine alle opere (L3, M4 ed C5) e lontane dalle opere (L6, M6 ed C3) durante i monitoraggi B.6.78/I e B.6.72 B/1, B/2, B/3, B/4, B/5, B/6 e B/7.

L'analisi statistica multivariata eseguita applicando la Cluster Analysis e la MultiDimensional Scaling (MDS) per bocca di porto sui dati di frequenza di rinvenimento di ogni specie (figura 3.4), pur evidenziando una similarità complessiva elevata (la prima separazione tra i gruppi si rileva tra il 70-75% di similarità) tra tutti i monitoraggi (B.6.78/I e B.6.72 B/1-B/7), appare sempre evidente una distinzione tra i rilievi della fase *ante operam* e quelli dei monitoraggi successivi *post operam*. Tale contrapposizione tra *ante operam* e *post operam* è comune a tutte le bocche e farebbe ipotizzare la presenza di un fattore ben localizzato nel tempo che avrebbe indotto una netta distinzione del monitoraggio del 2003 dai successivi che sono riconducibili sempre al medesimo raggruppamento.

La modalità di raggruppamento dei monitoraggi *post operam* nella cluster analysis e negli MDS, orientata e ordinata per anni in ognuna delle tre bocche di porto, però, suggerisce anche il verificarsi di una trasformazione graduale. Nei cluster e negli MDS, infatti, in tutte e tre le bocche, la struttura delle comunità degli epifiti, nei vari anni dei monitoraggi B.6.72, risulta ordinata lungo una sequenza temporale progressiva, suggerendo l'azione di un fattore che gradualmente orienta lo sviluppo degli epifiti.

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

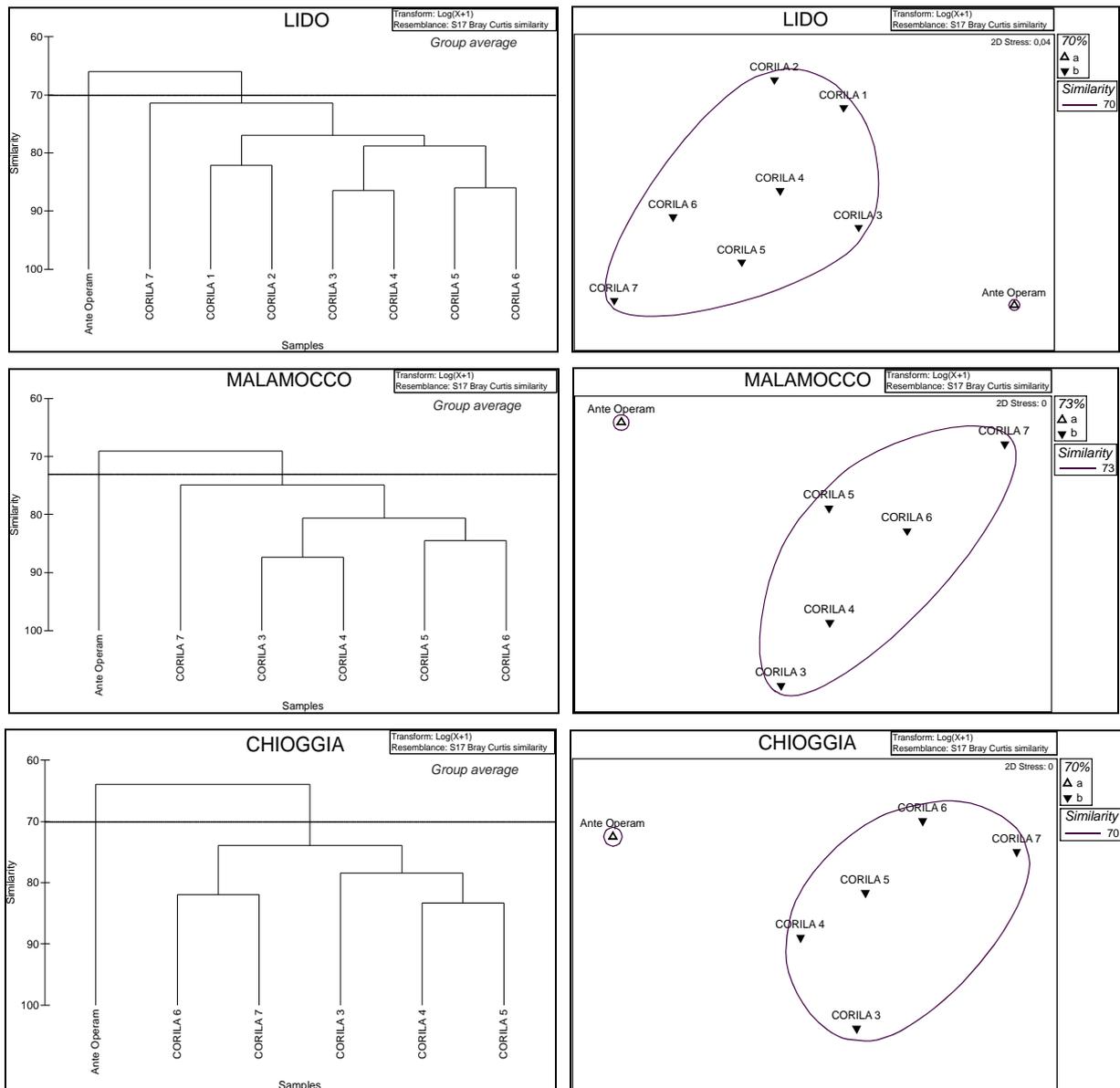


Figura 3.4 – Cluster analysis e MDS relativa ai dati di frequenza di rinvenimento per bocca di porto degli epifiti dei monitoraggi B.6.78/I e B.6.72 B/1, B/2, B/3, B/4, B/5, B/6 e B/7.

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

La procedura SIMPER di PRIMER [Clarke e Warwick, 1994] (tabella 3.2), che identifica le specie caratteristiche dei raggruppamenti, indica una trasformazione della struttura della comunità epifita, legata soprattutto ad un cambiamento dei valori di frequenza di rinvenimento delle specie più rappresentative, piuttosto che ad una loro scomparsa/comparsa. Come si rileva dalla tabella 3.2, infatti, quando si rinviene assenza di specifici taxa in uno dei due gruppi di studi (*ante operam* o *post operam*), questa è spesso riconducibile ad organismi algali o animali determinati a livello sistematico superiore alla specie (es. gli animali Actiniaria indet. e Mytilidae indet.).

Valutando solo la presenza/assenza dei taxa non rari (quelli caratterizzati da un solo rinvenimento nel corso delle indagini), emerge come, tra il monitoraggio *ante operam* e i successivi, sia stata comunque registrata, in ciascuna bocca di porto, la scomparsa/comparsa di alcuni organismi. Quest'ultima è stata analizzata con la metodica del Matrix Plot di PAST [Hammer *et al.*, 2001], applicandola ai valori di frequenza degli epifiti (figure A.1-A.3, in allegato). Tale analisi, in ciascuna bocca di porto, ha permesso di ottenere un quadro complessivo e sequenziale negli anni delle variazioni dei taxa, in termini di presenza/assenza e frequenza di rinvenimento.

I Matrix Plot di ogni bocca di porto, pur presentando differenze a livello di lista e numero di taxa, si caratterizzano per la medesima rappresentazione complessiva che organizza ciascuna bocca in tre distinti blocchi:

- uno centrale nel plot, costituito da taxa che, pur variando di frequenza sono più o meno sempre presenti in tutti i monitoraggi (circa 50-55 taxa a Lido, 40-45 a Malamocco e a Chioggia);
- uno nella parte più alta del plot, di cui fanno parte taxa che, rispetto alla fase *ante operam*, scompaiono già dal primo monitoraggio di controllo (B.6.72 B/1) (circa 4 a Lido, 10 a Malamocco, 15 a Chioggia) o progressivamente in quelli successivi;
- uno nella parte più bassa del plot, composto da taxa assenti nel monitoraggio *ante operam* (circa 5 a Lido, 3 Malamocco e 4 a Chioggia) e che progressivamente sono divenuti parte integrante della comunità epifitica.

Nella bocca di Lido, la progressiva perdita di taxa che si registra negli anni a partire dal 2003, è discretamente compensata (numericamente) dal rinvenimento di nuovi taxa mentre, nelle bocche di porto di Malamocco e soprattutto in quella di Chioggia, il calo del numero di taxa è, solo parzialmente, bilanciato dal ritrovamento di nuove specie.

Le dinamiche degli epifiti che si osservano nei Matrix Plot sono in accordo con le valutazioni riportate nel Rapporto Finale "Matrice Fanerogame" dello Studio B.6.78 B/7 [MAG. ACQUE - CORILA, 2012b]; in quest'ultimo, infatti, si rileva come le variazioni verificatesi tra lo studio del 2003 e quello del 2011 (B.6.78 B/7), nella bocca di porto di Lido, seppur moderate, sembrano essersi in parte attenuate, mentre sono ancora evidenti e moderato/moderato-elevate in quella di Malamocco e soprattutto in quella di Chioggia.

Sempre in accordo con le valutazioni riportate nel Rapporto Finale "Matrice Fanerogame", inoltre, l'analisi SIMPER conferma una maggiore frequenza delle specie appartenenti al gruppo delle incrostanti calcaree (*encrusting layer*) nei monitoraggi *post operam* (riconducibili soprattutto alle alghe *Pneophyllum fragile* e *Hydrolithon farinosum*) e la relativa minore incidenza soprattutto delle alghe rosse (come ad esempio *Bangia atropurpurea*).

Nel corso degli anni di monitoraggio, le alghe rosse incrostanti hanno modificato di poco il loro numero, mentre sono progressivamente aumentate in ricoprimento sulle lamine fogliari, in modo più o meno marcato nelle tre bocche di porto. Nei confronti dello stato di riferimento il loro ricoprimento è aumentato del 325% a Lido, del 160% a Malamocco e del 115% a Chioggia.

Al contrario, la componente delle *alghe turf* (alghe di lunghezza inferiore a 10 mm) subiscono un complessivo decremento, in tutte le bocche di porto, sia del numero di taxa (circa -60% nelle tre

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

bocche) sia dell'abbondanza; in quest'ultimo caso, il calo, pari al 57% per Lido e all'80-85% a Malamocco e Chioggia, è riconducibile principalmente alla componente algale delle diatomee bentoniche (in particolare il genere *Navicula*) che nel periodo dello studio *ante operam* era risultata molto diffusa sulle lamine.

Nonostante tra i possibili fattori in grado di modificare la struttura della comunità epifitica siano compresi un aumento della torbidità, della sedimentazione, dell'idrodinamica alle bocche e particolari condizioni meteo-climatiche della fase *ante operam*, gli strumenti fissi e le misure di campo non hanno mai segnalato incrementi diffusi di torbidità e sedimentazione, tali da interessare le praterie a fanerogame; per questo motivo si è ritenuto di approfondire la problematica considerando la mutata idrodinamica, verificando se gli incrementi rilevati nei canali abbiano degli effetti anche sulle praterie a fanerogame e in particolare sulle dinamiche epifitiche.

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Tabella 3.2 – Elenco delle specie più rappresentative dei due raggruppamenti rilevati nell'analisi MDS relativamente ai monitoraggi B.6.78/I (*ante operam*) e B.6.72 B/1-B/7 per ognuna delle tre bocche di porto.

Bocca di Porto di Lido	Ante Operam	B/1-B/7	Contributo%
	Av. Abundance	Av. Abundance	
Pneophyllum fragile	6,14	51,93	6,99
Hydrolithon farinosum	1,32	46,85	6,97
Botryllus schlosseri	2,19	37,05	5,32
Anfipodi tubicoli	46,93	78,82	4,85
Polysiphonia sp.	8,33	38,46	4,61
Ectocarpales indet.	1,75	30,1	4,33
Spirorbidae indet.	10,96	36,29	3,86
Diatomee	76,32	100	3,63
Audouinella sp. 1	71,05	94,15	3,54
Myrionema orbiculare	62,28	83,54	3,27
Bangia atropurpurea	58,33	39,48	2,89
Polysiphonia fibrillosa	21,93	3,81	2,78
Ceramium spp.	64,47	82,6	2,77
Ectocarpus siliculosus var. siliculosus	23,25	9,11	2,51
Mytilidae indet.	14,91	0	2,29

Bocca di Porto di Malamocco	Ante Operam	B/3-B/7	Contributo%
	Av. Abundance	Av. Abundance	
Pneophyllum fragile	44,76	97,05	8,81
Bangia atropurpurea	57,26	30,43	4,61
Sahlingia subintegra	42,74	15,94	4,51
Diatomee	75,4	100	4,15
Actiniaria indet.	23,79	0,12	4,00
Audouinella sp. 1	66,53	89,41	3,84
Spirorbidae indet.	21,77	39	3,67
Myrionema orbiculare	66,13	87,57	3,62
Hydrolithon farinosum	1,21	21,91	3,52
Cladophora spp.	72,58	53,09	3,47
Botryllus schlosseri	38,31	19,92	3,19
Cladosiphon zosterae	2,02	19,12	2,88
Anemonia viridis	1,61	18,86	2,84
Hydrolithon boreale	58,87	75,72	2,77
Polysiphonia sp.	41,53	31,83	2,52
Stylonema alsidii	22,98	8,54	2,45

Bocca di Porto di Chioggia	Ante Operam	B/3-B/7	Contributo%
	Av. Abundance	Av. Abundance	
Bangia atropurpurea	53,33	8,23	6,96
Pneophyllum fragile	64,31	99,3	5,39
Actiniaria indet.	33,33	0	5,14
Sahlingia subintegra	40,39	14,24	4,02
Diatomee	75,29	100	3,81
Spirorbidae indet.	16,86	41,19	3,73
Anemonia viridis	5,49	27,61	3,3
Stylonema alsidii	21,96	1,94	3,09
Porphyra leucosticta	23,53	5,31	2,83
Ulva sp. (juv)	34,9	17,42	2,76
Ectocarpus siliculosus var. siliculosus	18,04	1,48	2,55
Hydrolithon boreale	48,63	65,27	2,54
Cladophora spp.	50,2	41,92	2,51
Ceramium spp.	69,41	58,43	2,51
Cladosiphon zosterae	5,88	22,07	2,43
Erythrocladia irregularis	16,08	0,76	2,36
Hydrolithon farinosum	0,78	15,65	2,34
Polysiphonia sp.	31,37	16,65	2,32

4 RILIEVI AI TRANSETTI

4.1 Presentazione dei dati

Nei seguenti paragrafi sono riportati e discussi i risultati delle misure di campo e delle determinazioni di laboratorio relative alle fanerogame marine campionate nei due transetti appositamente predisposti per approfondire la tematica dell'epifitismo in relazione anche all'idrodinamismo.

Complessivamente, nelle attività di campo e di laboratorio, sono stati presi in esame i seguenti parametri:

- grado di copertura (%) e densità della prateria (numero di ciuffi/m²);
- lunghezza dei ciuffi e della ligula;
- indice di area fogliare o LAI (Leaf Area Index = superficie fotosintetica attiva presente su un metro quadro di fondale);
- numero di foglie per ciuffo;
- percentuale della parte viva (verde) rispetto a quella morta (scura) dei ciuffi;
- presenza e quantificazione dei ciuffi germinativi o dei semi;
- presenza di rizomi morti e quantificazione dei fenomeni di necrosi fogliare;
- numero di taxa totale e medio riferito alla lamina più vecchia e quindi a copertura maggiore;
- percentuale di ricoprimento delle epifite sulla lamina più vecchia;
- biomassa delle epifite per l'intero ciuffo.

I dati relativi a queste misure sono già stati presentati nel terzo rapporto di valutazione quadrimestrale [MAG. ACQUE - CORILA, 2012a] e sono qui riportati solamente gli elementi principali e i relativi grafici di sintesi (figura A.4, in allegato). Per semplificare la presentazione dei risultati, i due transetti saranno identificati come "transetto L4" (comprensivo delle stazioni L4, L4/1, L4/2 e L4/3) e "transetto L5" (comprensivo delle stazioni L5, L5/1, L5/2 e L5/3).

4.2 Transetti bocca di porto di Lido (novembre 2011)

4.2.1 Parametri fenologici delle praterie a fanerogame

Le stazioni localizzate lungo il transetto L4 che, dal margine del canale, si estende per 140 m e il transetto L5 che, dal margine del canale, si estende per 52 m, presentano tutte coperture di *Cymodocea nodosa* prossime al 100%, in linea con quanto registrato per i siti L4 e L5. Le altre fanerogame *Zostera marina* e *Nanozostera noltii*, sono state trovate con densità limitate, rispettivamente presso la stazione L5/1 (con 19 ciuffi/m²) e L5/2 (con 3 ciuffi/m²).

La **densità dei ciuffi fogliari** del transetto L4 presenta valori che risultano in calo passando dalle stazioni più lontane dal canale, e quindi caratterizzate da profondità minori, a quelle più vicine a bordo canale, e quindi poste a profondità maggiori. La **lunghezza media dei ciuffi fogliari** e **quella della ligula**, il numero di **foglie/ciuffo** e il **LAI** presentano un andamento opposto, poiché tendono ad aumentare spostandosi dalle stazioni più lontane a quelle più vicine al canale.

Per il transetto L5, diversamente da quanto registrato per il transetto L4, la **densità dei ciuffi fogliari**, la **lunghezza media dei ciuffi fogliari** e **quella della ligula**, il numero di **foglie/ciuffo** e il

LAI presentano valori con andamenti irregolari, per i quali non è possibile definire un trend in aumento o in calo, mano a mano che ci si sposta dalla stazione posta internamente alla prateria (L5) a quella situata sul margine del canale (L5/3). Le differenze tra i valori massimi e minimi di questi parametri, inoltre, sono più contenute rispetto a quelle registrate per gli stessi parametri delle stazioni del transetto L4.

In tutte le stazioni dei due transetti, durante le operazioni di campionamento, non sono mai state rilevate anossie del sedimento, quantità anomale di rizomi morti o percentuali elevate di necrosi sulle lamine fogliari. Il ritrovamento di semi soprattutto presso le stazioni del transetto L4 è una testimonianza di come in queste praterie a *Cymodocea nodosa* si svolgano regolarmente anche i processi riproduttivi.

4.2.2 Parametri relativi agli epifiti

I parametri relativi all'epifitismo del transetto L4, come il **numero totale e quello medio di taxa**, il **ricoprimento percentuale medio** e la **biomassa media** presentano un trend meno definito, in cui non si distingue chiaramente un aumento o un calo dei rispettivi valori, allontanandosi dalle stazioni interne alla prateria verso quelle più vicine al margine del canale (fig. 2.4 e A.4; tabella A.4).

I parametri relativi all'epifitismo del transetto L5, diversamente dai precedenti, presentano valori che tendenzialmente aumentano dalle stazioni interne (L5) verso il margine del canale (L5/3); il trend in aumento è particolarmente evidente per il **ricoprimento percentuale medio** e la **biomassa media** e meno marcato per il **numero di taxa totale e quello medio**.

Analizzando gli epifiti dal punto di vista floristico e faunistico nelle stazioni del "transetto L4", i maggiori contributi ai valori di ricoprimento e/o di biomassa sono dati per le alghe:

- dalle diatomee bentoniche,
- dalle alghe rosse incrostanti *Hydrolithon boreale* e *Hydrolithon farinosum*,
- dall'alga rossa *Ceramium* spp.,
- dall'alga verde *Cladophora* spp.,

e per lo zoobenthos:

- dai crostacei anfipodi tubicoli.

Per le stazioni del "transetto L5" i maggiori contributi ai valori di ricoprimento e/o di biomassa sono dati, per le alghe:

- dalle diatomee bentoniche,
- dalle alghe rosse incrostanti *Hydrolithon boreale* e *Hydrolithon farinosum*,
- dall'alga rossa *Ceramium* spp.,
- dalle alghe verdi *Cladophora* spp. e *Pringsheimiella scutata*,

e per lo zoobenthos:

- dal tunicato *Botryllus schlosseri*,
- dai crostacei anfipodi tubicoli.

4.3 Confronto tra i parametri biotici delle fanerogame e le variabili abiotiche

Allo scopo di verificare l'eventuale esistenza di relazioni causa-effetto tra il calo dell'epifitismo e i valori di idrodinamica, nel presente paragrafo saranno esaminate, per le stazioni di controllo poste lungo i due transetti, le relazioni tra alcuni parametri delle fanerogame marine (fenologici ed epifitici) e le variabili abiotiche (distanza della stazione dal canale, profondità della stazione e velocità della corrente nella stazione a differenti quote dal fondale).

Per i dati rilevati nelle stazioni dei due transetti, è stata eseguita un'analisi di correlazione tra i parametri biotici delle fanerogame e le variabili fisico-morfologiche, allo scopo di verificare l'esistenza di una significatività statistica tale da giustificare la possibile relazione causa-effetto (tabella 4.1).

I dati relativi alla profondità delle 4 stazioni nei due transetti sono riferiti al livello medio della marea di Punta Salute, mentre quelli della distanza si riferiscono alla lontananza delle stazioni dal margine del canale. Nella figura 4.1 è riportato un esempio dei valori della velocità relativi ad ogni stazione e calcolati per differenti livelli di profondità e livello di marea. Come si rileva dai grafici, la velocità della corrente subisce una riduzione più o meno accentuata passando dal margine del canale verso l'interno della prateria; tale decremento è legato anche alla profondità cui è posto lo strumento.

Nel transetto L4, la riduzione della velocità tra la stazione più vicina e quella più lontana dal canale, pari mediamente ad un dimezzamento, avviene in un intervallo di circa 50 m mentre, nel transetto L5, dove le velocità sul margine del canale sono tendenzialmente superiori, la riduzione avviene in intervallo di circa 150 m. In ambedue i transetti, la riduzione maggiore della velocità si verifica nel passaggio tra la stazione più vicina al canale e quella ad essa più vicina (L5/3 e L5/2; L4/3 e L4/2).

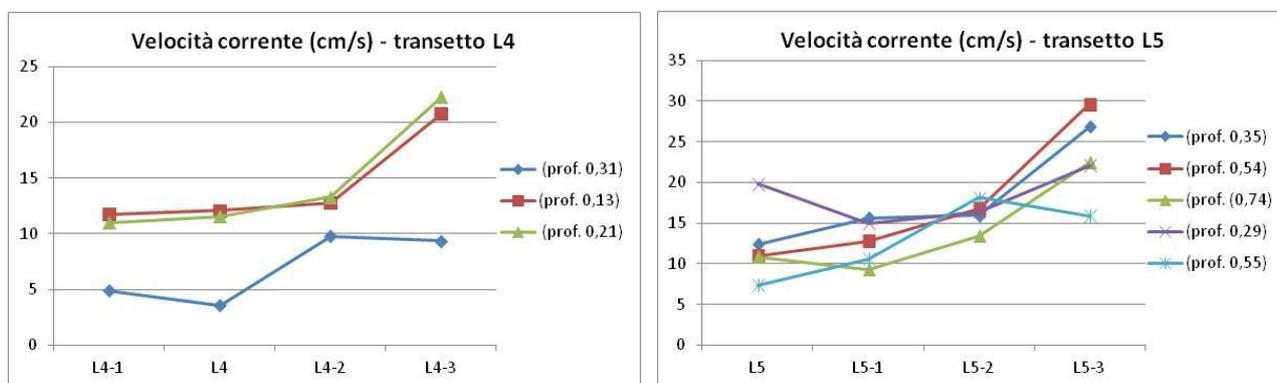


Figura 4.1 - Esempio di valori della velocità della corrente (cm/s), nelle stazioni dei due transetti, rilevati a differenti livelli di profondità (m).

Come si rileva dai valori di significatività statistica ($p < 0,05$ è evidenziata in rosso) di tabella 4.1, nel transetto L4 (lungo 52 m, situato in una prateria omogenea ed uniforme, dove il sedimento è sempre francamente sabbioso e che rapidamente dal margine del canale riduce la quota batimetrica) è evidente una stretta correlazione tra le variabili abiotiche (distanza dal canale e profondità) con i parametri biotici (densità della prateria e lunghezza del ciuffo). Al diminuire della profondità la pianta, non potendo emergere e rimanere con le foglie eccessivamente in superficie, è costretta a ridurre la dimensione dell'apparato fogliare (correlazione positiva tra profondità e lunghezza foglie); come riportato in lettera [Thom *et al.*, 2011], poi, vista la presenza di una maggiore radiazione luminosa, aumenta la densità della prateria (correlazione negativa tra densità e profondità). Le correlazioni con la distanza dal canale e le due variabili abiotiche sono

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

fortemente influenzate dalla profondità, che si riduce passando dal margine del canale verso l'interno della prateria.

Nel transetto L5, che presenta una lunghezza superiore (140 m) e un diverso sviluppo morfologico (un dosso sabbioso, prateria non omogenea e a tratti mista, quota più o meno costante a partire dalla stazione L5/2 verso il canale e contemporaneo passaggio da sedimento francamente sabbioso a fangoso-sabbioso), la correlazione appare evidente solamente tra la lunghezza dei ciuffi e le due variabili abiotiche profondità e distanza dal canale. Al diminuire della profondità (o all'aumentare della distanza dal canale), l'apparato fogliare si riduce in lunghezza per la mancanza progressiva di battente idrico (correlazione positiva).

In questo transetto, però, non viene più evidenziata la correlazione negativa tra la densità e profondità delle stazioni. Ciò potrebbe essere dovuto alla minore omogeneità della prateria e della morfologia del fondale (per l'eccessiva lunghezza del transetto, la presenza di dossi e la variabilità del sedimento).

In relazione ai parametri biotici dell'epifitismo, nel transetto L4, sia in marea calante che in marea uscente, le correlazioni tra numero di specie, ricoprimento percentuale e biomassa degli epifiti con la velocità della corrente, alle differenti profondità testate, sono limitate (pari al 13% delle misure). L'analisi dei dati suggerisce, quindi, come la riduzione della velocità, che si verifica dal margine del canale verso l'interno della prateria, in questo transetto non determini relazioni significative con i parametri degli epifiti. Non si rilevano, inoltre, correlazioni tra la distanza dal canale e la profondità con i tre parametri degli epifiti.

Differenti sono invece le valutazioni per il transetto L5, dove si rilevano numerose correlazioni significative (pari all'80% delle misure) tra la velocità della corrente e i tre parametri biotici delle epifite. Come si rileva dagli esempi riportati in figura 4.2, le correlazioni sembrano essere positive: ne consegue che, al diminuire della velocità, spostandosi dal margine del canale verso l'interno della prateria, si riducono il numero di specie, il ricoprimento percentuale e la biomassa degli epifiti. Per il numero di specie e per il ricoprimento la migliore rappresentazione è data da una curva polinomiale mentre, per biomassa, è data da una retta.

Nella valutazione delle relazioni esistenti tra calo della velocità e calo dei tre parametri degli epifiti considerati, non appare facile separare il contributo portato dalla diminuzione della velocità da quello indotto dal decremento della profondità; anche quest'ultimo, infatti, come ricordato precedentemente, determina una riduzione della lunghezza e quindi della superficie disponibile per l'attecchimento degli epifiti.

CORILA
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

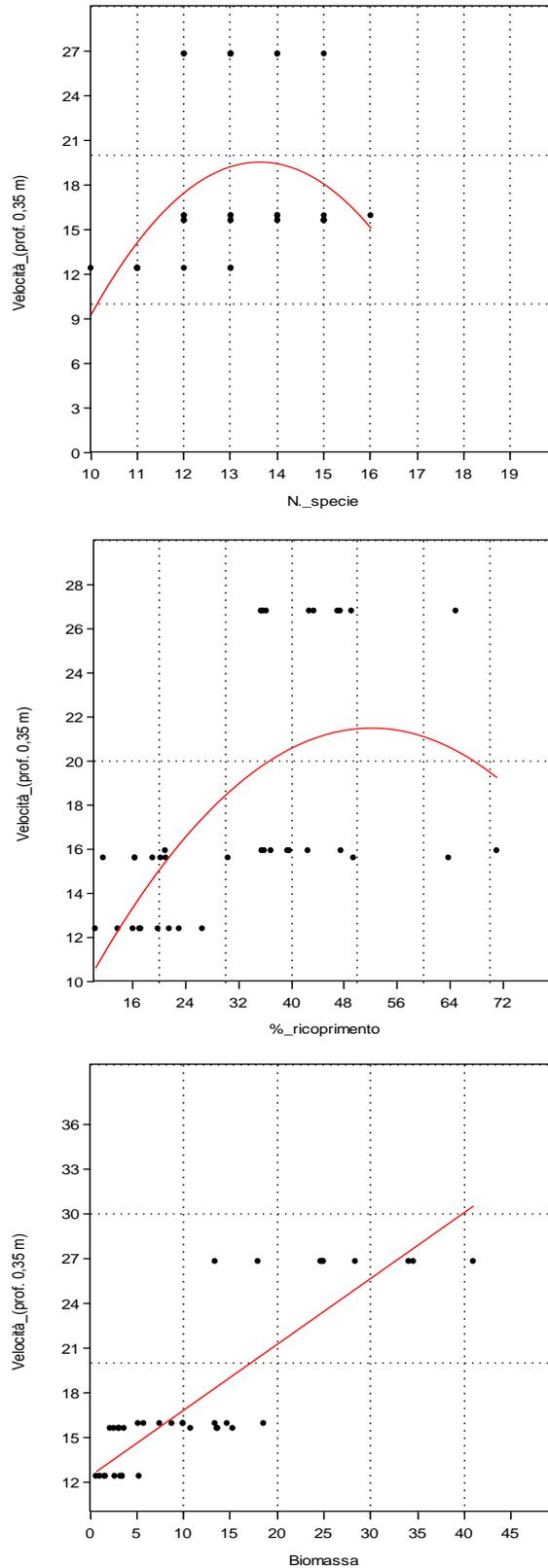


Figura 4.2 – Transetto L5: esempi di grafici di correlazione tra la velocità della corrente (alla quota 0,35 m dal fondale) e i parametri degli epifiti (n. specie, ricoprimento % e biomassa).

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Tabella 4.1 – Analisi delle correlazioni esistenti tra i parametri biotici delle fanerogame marine e le variabili abiotiche idrodinamico-morfologiche. In tabella sono riportati i valori di p relativi ai risultati dell'applicazione del F Test (in rosso i valori di $p < 0,05$, che indicano l'esistenza di regressioni statisticamente significative con presenza di correlazioni positive o negative). [n.c.= non considerato]

L4 (novembre 2011, marea calante)	Densità	Lunghezza ciuffo	N. specie	Ricoprimento epifite	Biomassa epifite
Distanza canale	7,40E-04	1,38E-06	0,085	0,389	0,220
Profondità stazione (l.m.m.)	2,73E-04	1,51E-05	0,426	0,097	0,096
Velocità corrente (0,11 m dal fondale)	n.c.	n.c.	0,874	0,017	0,129
Velocità corrente (0,13 m dal fondale)	n.c.	n.c.	0,514	0,343	0,078
Velocità corrente (0,21 m dal fondale)	n.c.	n.c.	0,459	0,301	0,094
Velocità corrente (0,31 m dal fondale)	n.c.	n.c.	0,102	0,053	0,196
L4 (aprile 2012, marea crescente)	Densità	Lunghezza ciuffo	N. specie	Ricoprimento epifite	Biomassa epifite
Velocità corrente (0,10 m dal fondale)	n.c.	n.c.	0,179	0,093	0,142
Velocità corrente (0,20 m dal fondale)	n.c.	n.c.	0,045	0,379	0,183
Velocità corrente (0,15 m dal fondale)	n.c.	n.c.	0,359	0,023	0,227
Velocità corrente (0,30 m dal fondale)	n.c.	n.c.	0,167	0,573	0,120
Velocità corrente (0,40 m dal fondale)	n.c.	n.c.	0,042	0,490	0,265
Velocità corrente (0,50 m dal fondale)	n.c.	n.c.	0,727	0,079	0,055
L5 (novembre 2011, marea calante)	Densità	Lunghezza ciuffo	N. specie	Ricoprimento epifite	Biomassa epifite
Distanza canale	0,61088	4,00E-03	9,15E-03	2,28E-06	9,74E-11
Profondità stazione (l.m.m.)	0,31272	8,20E-04	0,1876	8,10E-04	1,07E-10
Velocità corrente (0,29 m dal fondale)	n.c.	n.c.	0,06	0,407	5,53E-05
Velocità corrente (0,35 m dal fondale)	n.c.	n.c.	0,043	0,0003	1,29E-11
Velocità corrente (0,54 m dal fondale)	n.c.	n.c.	0,071	7,08E-05	1,56E-10
Velocità corrente (0,55 m dal fondale)	n.c.	n.c.	0,003	4,69E-07	2,79E-05
Velocità corrente (0,74 m dal fondale)	n.c.	n.c.	0,233	0,0003	4,48E-10

4.4 Modellazione matematica idro-morfodinamica e le praterie a fanerogame marine

Tra gli obiettivi di questa attività vi è quello di verificare l'esistenza o meno, nella bocca di porto di Lido, di variazioni idrodinamiche tra la fase antecedente la realizzazione delle opere e quella attuale, che si configura come uno stato quasi finale. Per fare questo, il gruppo di lavoro DICEA-UNPD e ISMAR-CNR Venezia, sulla base di specifici dati di campo raccolti nel 2011 e di dati pregressi, mettendo a punto un modello matematico, ha elaborato una serie di carte che permettono di comprendere le variazioni che si sono verificate dopo la realizzazione delle opere alla bocca di Lido.

Per ciò che riguarda questo rapporto, faremo riferimento ad alcune elaborazioni grafiche riportate nella relazione del Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA [2012c] e che risultano di interesse per alcune considerazioni sulle praterie a fanerogame marine.

Nella figura 4.3 è riportato il modello matematico che raffigura le variazioni delle velocità tra la fase *ante operam* e quella *post operam*, relativamente ad un tratto del Canale di S. Nicolò, ad una

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

tratto di quello di Treporti e ai fondali adiacenti dove sono presenti le praterie a fanerogame (immagine riferita ad un intero ciclo di marea). Nelle figure 4.4 e 4.5, invece, sono riportati i risultati del modello in relazione ad una fase di marea entrante ed una di marea uscente.

Nella figura 4.3, i contorni neri rappresentano i margini delle praterie a fanerogame marine. In relazione alla scala delle velocità, i valori positivi (verso il rosso) indicano un incremento delle velocità, mentre i valori negativi (verso il blu) evidenziano una riduzione delle velocità. Per quanto riguarda i possibili effetti ed implicazioni sulle praterie a fanerogame marine, si rileva che:

- nel Canale di S. Nicolò sono presenti incrementi statisticamente significativi di velocità delle correnti, che per le praterie, riguardano l'area antistante il Forte di S. Andrea e il margine della prateria oggetto dello studio dei transetti;
- nel tratto iniziale del Canale di Treporti ci sono incrementi statisticamente significativi delle velocità che interessano praterie a fanerogame già frammentate e che si estendono sul bordo del canale ma per una limitata larghezza (10-15 m);
- effetti statisticamente significativi sulle praterie sono presenti ad est della nuova isola, dove gli incrementi delle velocità della corrente si propagano all'interno della prateria. Quest'area e la prateria adiacente sono seguite, in modo particolare, già da 3-4 anni, da uno specifico monitoraggio, per la stretta vicinanza tra le opere e le praterie a fanerogame [MAG. ACQUE-CORILA, 2012b];
- sempre a riparo dell'isola, è confermata un'area di riduzione delle velocità, dove, negli ultimi anni, si è registrato un incremento di estensione delle praterie;
- gli incrementi delle velocità della corrente determinano effetti solamente lungo i margini delle praterie mentre, nel complesso della bocca, non sembrano esserci significativi incrementi nelle aree interne alle praterie.

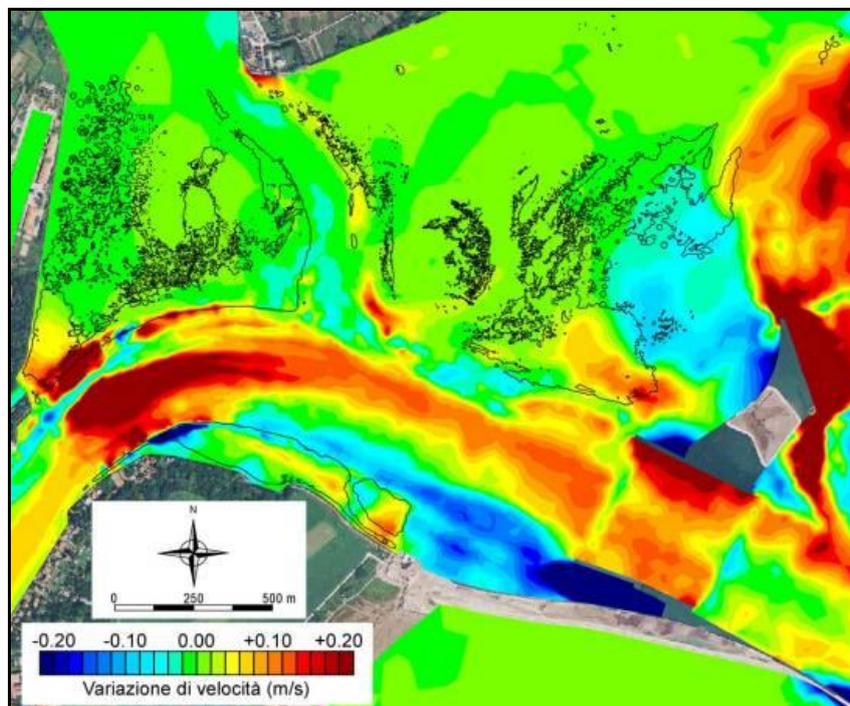


Figura 4.3 - Variazioni delle velocità della corrente tra la fase *ante operam* e lo stato attuale, riferite ad un intero ciclo di marea.

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

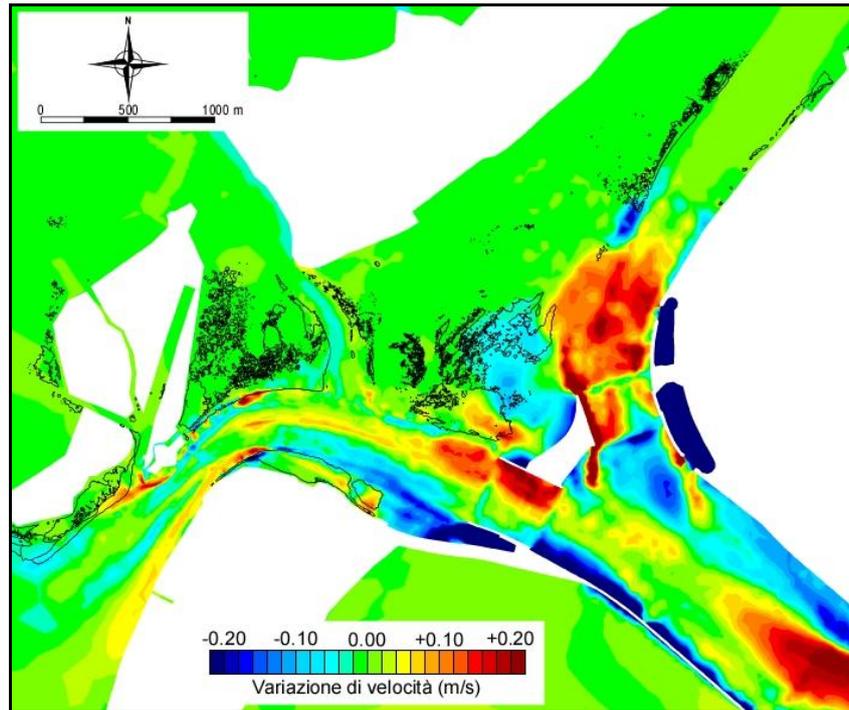


Figura 4.4 - Variazioni delle velocità della corrente tra la fase *ante operam* e lo stato attuale, riferite alla marea entrante.

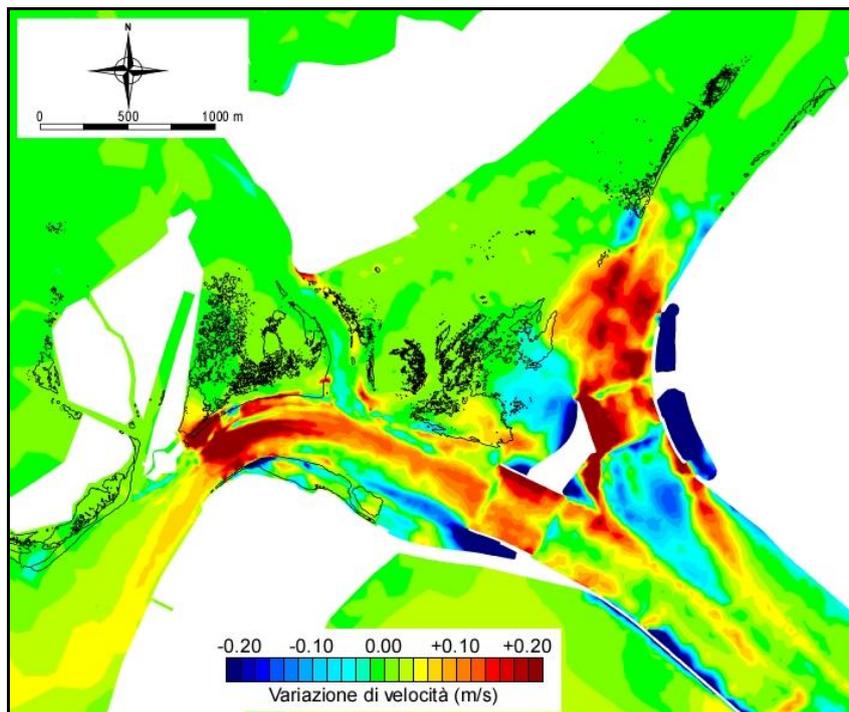


Figura 4.5 - Variazioni delle velocità della corrente tra la fase *ante operam* e lo stato attuale, riferite alla marea uscente.

In relazione agli effetti dell'idrodinamismo sulle praterie a fanerogame, sono presenti dati di letteratura [Shanz e Asmus, 2003; Bos *et al.*, 2005] che evidenziano come, in presenza di un aumento della velocità della corrente, siano riscontrabili, nell'arco di poche settimane, i seguenti cambiamenti:

- riduzione della **densità** e dell'**estensione** delle praterie,

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

- calo del **numero di foglie** per ciuffo e della **lunghezza delle lamine**.

Nei monitoraggi condotti in questi anni, quando sono state registrate variazioni di tali parametri fenologici, esse sono risultate però localizzate nel tempo e nello spazio e complessivamente sono poi sempre rientrate negli intervalli dello studio di riferimento (ad eccezione di quelle relative all'epifitismo).

Come segnalato nel Rapporto Finale "Matrice Fanerogame" dello Studio B.6.78 B/7 [MAG. ACQUE - CORILA, 2012b], in seguito all'incremento di velocità sono stati osservati, però, fenomeni di erosione e scalzamento del margine delle praterie lungo un tratto del canale di S. Nicolò (bocca di porto d Lido).

Nelle aree dove si rileva una riduzione della velocità (a nord-ovest della nuova isola), sono stati invece registrati un incremento delle estensioni delle praterie e la comparsa di nuove patch a *Zostera marina*.

5 CONSIDERAZIONI FINALI

In merito allo “studio dell’effetto margine”, le valutazioni condotte sui transetti, per quanto attiene i parametri delle fanerogame marine, le misure di velocità e le valutazioni della modellazione matematica idro-morfodinamica, hanno permesso di far luce su alcuni aspetti che sino ad ora non era stati investigati.

L’analisi pluriennale della componente epifita, tra la fase *ante operam* e i monitoraggi B.6.72 B/1-B/7, ha permesso di evidenziare che:

- anche dopo una rivisitazione tassonomica complessiva, permane una riduzione del numero di specie che, a seconda della bocca di porto, può essere graduale negli anni o marcata (soprattutto tra lo studio *ante operam* del 2003 e il primo monitoraggio);
- la struttura e la composizione della comunità epifita non ha subito una trasformazione radicale, poiché principalmente ha modificato i rapporti di abbondanza delle specie più frequenti, con un sensibile incremento delle alghe rosse coralline e una riduzione di quelle di tipo *turf*. La scomparsa/comparsa di taxa, che comunque si è verificata, è stata compensata dal ritrovamento di nuovi taxa, in modo discreto a Lido e, solo parzialmente, nelle bocche di porto di Malamocco e soprattutto di Chioggia;
- è possibile che nella differenziazione della comunità epifita agiscano due fattori distinti, uno che ha prodotto una netta frazione tra *ante operam* e i successivi monitoraggi (Studi B.6.72) e uno che agisce lentamente, ma in modo costante nel tempo, e che modifica gradualmente l’epifitismo.

Nella valutazione dell’andamento dei parametri relativi all’epifitismo lungo i transetti, le conclusioni non sono univoche. Il numero di specie, il ricoprimento e la biomassa evidenziano ripetute correlazioni statisticamente significative con la velocità della corrente ma solamente nel transetto L5. Non è facile, però, distinguere l’effetto dato dalla riduzione della velocità, da quello legato alla profondità, dato che entrambi i parametri riducono il proprio valore, spostandosi verso l’interno delle praterie. Il calo della profondità determina una minore lunghezza dei ciuffi fogliari e di conseguenza la possibilità di attecchimento da parte degli epifiti. Esprimendo il ricoprimento in valore percentuale rispetto alla superficie fogliare totale e la biomassa alla superficie fogliare unitaria di 1m², la differenza di lunghezza delle foglie lungo il transetto è in gran parte annullata; il numero di specie invece, resta ancora influenzato da questo parametro, dal momento che la maggiore superficie fogliare può favorire un maggior reclutamento di specie.

Nel transetto L4, che si estende per 52 m dal canale, i trend dei parametri fenologici della prateria sono ben definiti, con un aumento della lunghezza del ciuffo e della ligula, del LAI e del numero di foglie per ciuffo, spostandosi verso il margine del canale dove la profondità è maggiore; nelle stazioni più interne al transetto, dove i parametri sopracitati tendono a diminuire, la pianta denota invece un aumento della densità. Non è di facile interpretazione, invece, il trend dei parametri legati all’epifitismo che presentano tendenze in aumento, in calo o non identificabili.

Nel transetto L5, che si estende per 140 m dal margine del canale, sono i parametri fenologici a non dare chiare indicazioni, mentre quelli relativi all’epifitismo, pur con sfumature diverse, suggeriscono un trend concorde e in aumento in direzione del margine del canale. Ricoprimento percentuale e biomassa medi degli epifiti mostrano un trend netto, mentre per il numero totale e quello medio di specie, la tendenza appare più sfumata.

I risultati della modellazione matematica idro-morfodinamica identificano punti critici per le fanerogame ad est della nuova isola (area già sotto specifico controllo) e lungo il margine del Canale di Treporti, dove è situata una prateria di bordo canale, già frammentata. Gli incrementi di

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

velocità nel Canale di S. Nicolò sembrano non coinvolgere direttamente le praterie che risultano, infatti, influenzate dagli incrementi della velocità ma solo sul margine. Nel complesso della bocca di porto di Lido, le praterie distanti dai due canali principali non sembrano risentire degli incrementi della velocità dovuti alle modifiche morfologiche apportate dalle opere alla bocca.

6 BIBLIOGRAFIA

- Borum J., Duarte C.M., Krause-Jensen D., Greve T.M., 2004. European seagrasses: an introduction to monitoring and management. Publisher: The M&MS project. Settembre: 2004. <http://www.seagrasses.org>
- Bos A.R., Dankers N., Groeneweg A.H., Hermus D.C.R., Jager Z., de Jong D.J., Smit T., de Vlas J., van Wieringen M., van Katwijk M.M., 2005. Eelgrass (*Zostera marina* L.) in the western Wadden Sea: monitoring, habitat suitability model, transplantations and communication, in: Herrier, J.-L. et al. (Ed.) (2005). Proceedings 'Dunes and Estuaries 2005': International Conference on nature restoration practices in European coastal habitats, Koksijde, Belgium 19-23 September 2005. VLIZ Special Publication, 19: pp. 95-109.
- Cardoso, P.G., Raffaelli, D., and Pardal, M.A., 2008. The impact of extreme weather events on the seagrass *Zostera noltii* and related *Hydrobia ulvae* population. Mar Poll Bull 56:483-492.
- Curiel D., Marzocchi M., Solazzi A., Bellato A., 1996. Vegetazione algale epifita di fanerogame marine nella Laguna di Venezia (Bacino di Malamocco). Boll. Mus. civ. St. nat. Venezia, 46: 27-38.
- Clarke K. R., Warwick R. M., 1994. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Natural Environment Research Council, UK, 144 pp.
- Gambi M.C. e Dappiano M. 2003. Manuale di metodologia di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo. Biologia Marina Mediterranea 10.
- Granhag L.M., Larsson A.I., Jonsson P.R., 2007. Algal spore settlement and germling removal as a function of flow speed. Mar. Ecol. Prog. Ser., 344: 63-69.
- Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P. D., 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaeontologia Electronica 4(1): 9pp.
- Larkum A. W. D., Orth R. J., Duarte C. M., 2006. Seagrasses: biology, ecology, and conservation. Spring Ed. 691 pp.
- Lavery P.S., Reid T., Hyndes G.A., van Elven B.R., 2007. Effect of leaf movement on epiphytic algal biomass of seagrass leaves. Mar. Ecol. Prog. Ser., 338: 97-106.
- Magistrato alle Acque di Venezia - SELC - Consulente S. Ciavatta, 2005a. Attività di monitoraggio ambientale della laguna di Venezia. Esecutivo del 2° stralcio triennale (MELa2). Acquisizione ed ordinamento dei dati meteorologici di supporto. Terzo rapporto di aggiornamento dati meteorologici al 2004. Rapporto finale. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia - SELC, 2005b. Studio B.6.78/I - Attività di monitoraggio alle bocche di porto - controllo delle comunità biologiche lagunari e marine. Misure delle caratteristiche fenologiche e dei parametri di crescita delle fanerogame marine nell'area delle bocche di porto. Rapporto finale. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA, 2005. Studio B.6.72 B/1. Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Area: Ecosistemi di pregio. Macroattività: Praterie a fanerogame. Rapporto di Pianificazione Operativa. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA, 2006. Studio B.6.72 B/1. Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Area: Ecosistemi di pregio. Macroattività: Praterie a fanerogame. Rapporto Finale. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA, 2007. Studio B.6.72 B/2. Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Area: Ecosistemi di pregio. Macroattività: Praterie a fanerogame. Rapporto Finale. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA, 2008. Studio B.6.72 B/3. Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Area: Ecosistemi di pregio. Macroattività: Praterie a fanerogame. Rapporto Finale. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA, 2009. Studio B.6.72 B/4. Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Area: Ecosistemi di pregio. Macroattività: Praterie a fanerogame. Rapporto Finale. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA, 2010. Studio B.6.72 B/5. Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Area: Ecosistemi di pregio. Macroattività: Praterie a fanerogame. Rapporto Finale. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA, 2011. Studio B.6.72 B/6. Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Area: Ecosistemi di pregio. Macroattività: Praterie a fanerogame. Rapporto Finale. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA, 2012a. Studio B.6.72 B/7. Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Area: Ecosistemi di pregio. Macroattività: Praterie a fanerogame. III Rapporto di Valutazione quadrimestrale. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA, 2012b. Studio B.6.72 B/7. Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Area: Ecosistemi di pregio. Macroattività: Praterie a fanerogame. Rapporto Finale. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA, 2012c. Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Area: Ecosistemi di pregio. Macroattività: Praterie a fanerogame. Modellazione matematica idro-morfodinamica delle praterie a fanerogame marine.

Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA, 2012d. Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Area: Ecosistemi di pregio. Macroattività: Acque. Campagne di misura per la caratterizzazione delle aree a praterie a fanerogame.

Mazzella L., Guidetti P., Lorenti M., Buia M. C., Zupo V., Scipione M. B., Rismondo A., Curiel D., 1998. Biomass partitioning in adriatic seagrass ecosystems (*Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa*, *Zostera marina*). Rapp. Comm. Int. Mer Médit., 35: 562- 563.

Reusch, T.B.H., Ehlers, A., Hämmerli, A. and Worm, B., 2005. Eco-system recovery after climatic extremes enhanced by genotypic diversity. Proc Natl Acad Sci USA 102: 2826-2831.

Schanz A., Asmus H., 2003. Impact of hydrodynamics on development and morphology of intertidal seagrasses in the Wadden Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser., 261: 123-134.

Thom R.M., Diefenderfer H.L., Vavrinc J., Borde A.B. 2011. Restoring Resiliency: Case Studies from Pacific Northwest Estuarine Eelgrass (*Zostera marina* L.) Ecosystems. Estuaries and Coasts, Published online 20 July 2011.

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Van der Graaf S., Jonker I., Herlyn M., Kohlus J., Vinther H.F., Reise K., de Jong D., Dolch T., Bruntse G., de Vlas J., 2009. Quality Status Report 2009. Thematic Report No. 2. Seagrass. WADDEN SEA ECOSYSTEM No. 25. Common Wadden Sea Secretariat. Trilateral Monitoring and Assessment Group. <http://www.waddensea-secretariat.org/>

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

7 ALLEGATO

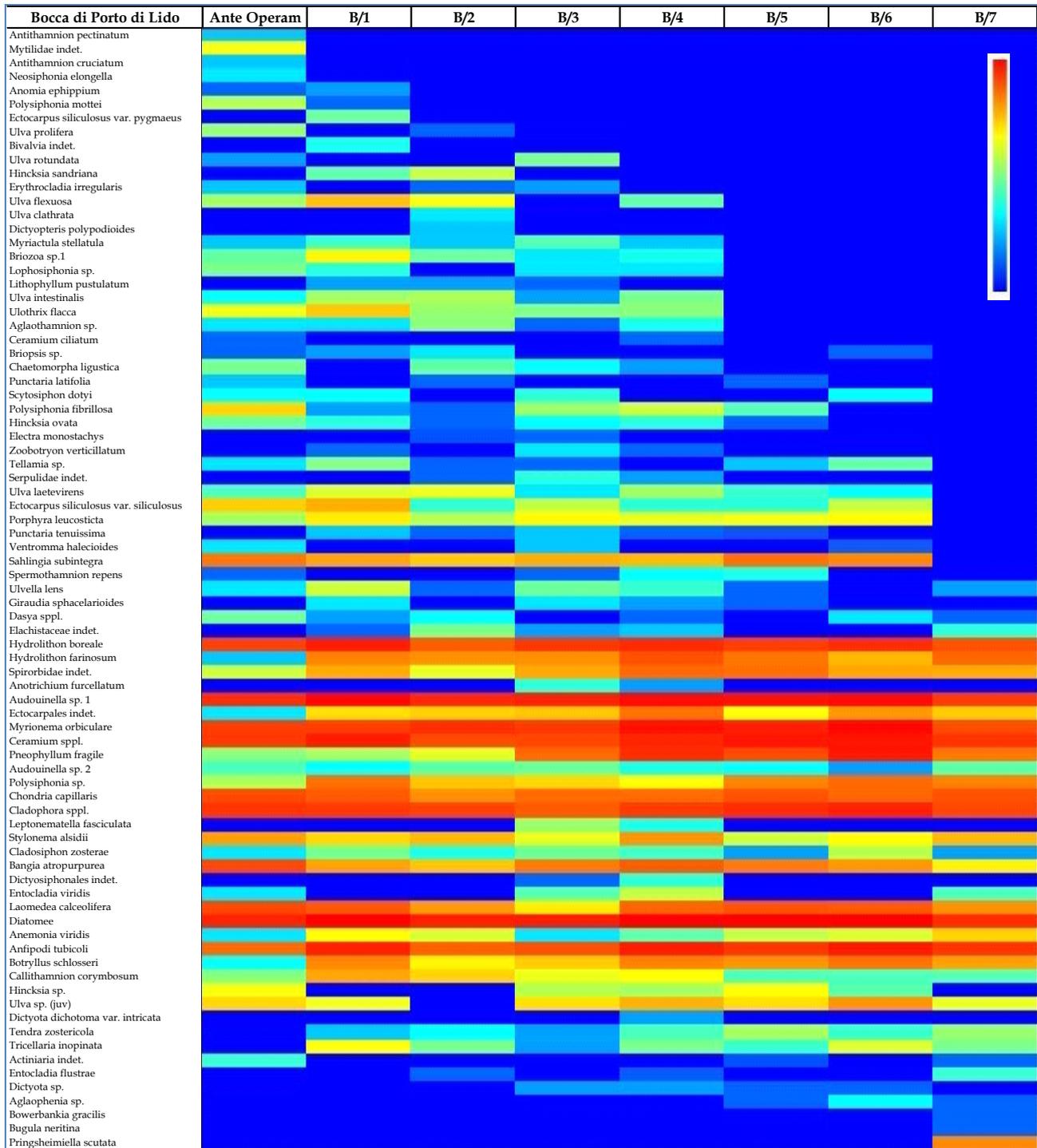


Figura A.1 - Bocca di porto di Lido: Matrix Plot dei valori di frequenza di rinvenimento dei taxa per gli 8 anni di monitoraggio (Ante operam = Studio B.6.78/I; B/1-B/7 = Studi B.6.72 B/1-B/7, 2005-2011). Valori (log+1) trasformati (rosso = massima frequenza; blu = assenza di rilevamenti).

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

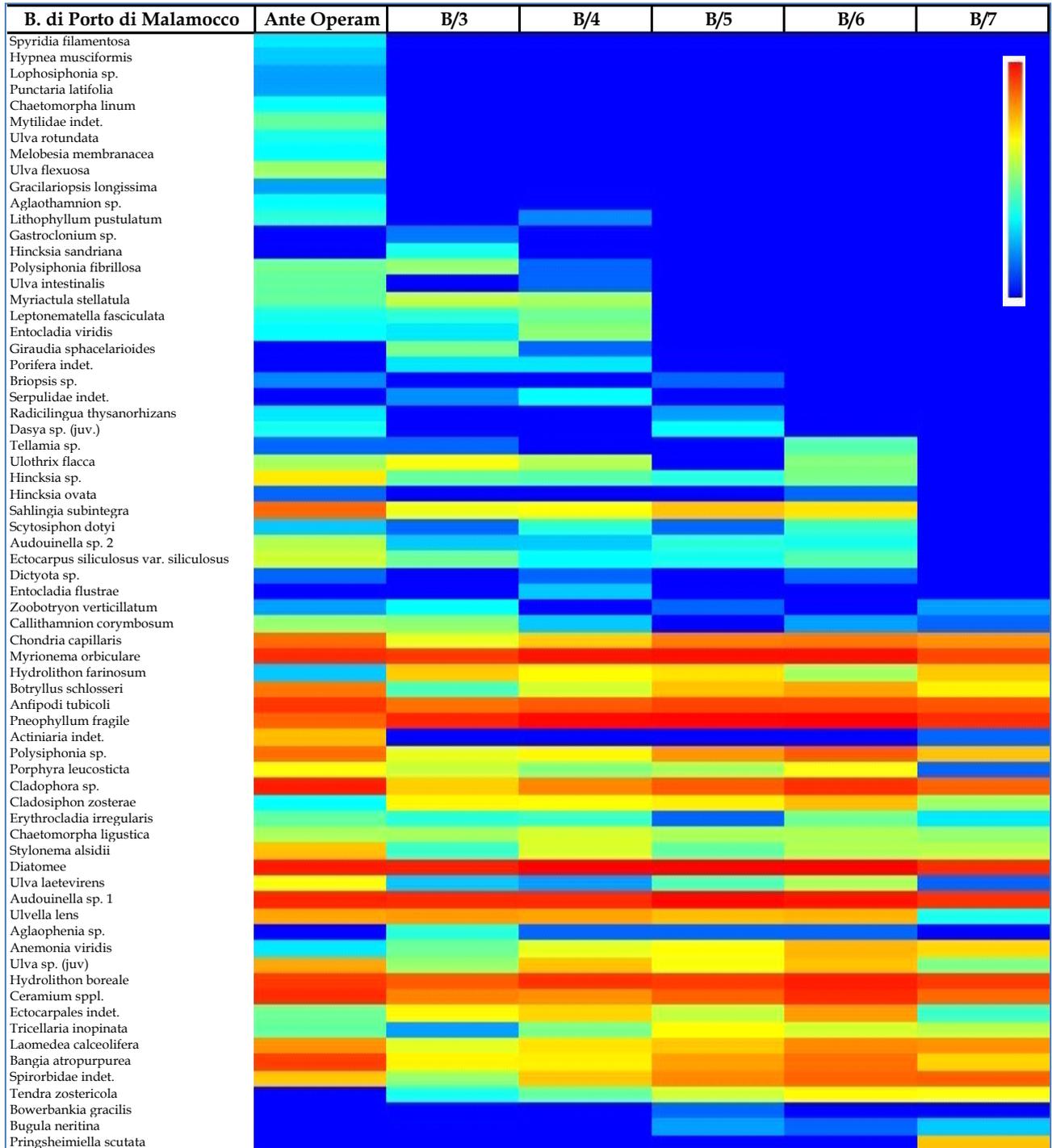


Figura A.2 - Bocca di porto di Malamocco: Matrix Plot dei valori di frequenza di rinvenimento dei taxa per i 5 anni di monitoraggio (Ante operam = Studio B.6.78/I; B/3-B/7 = Studi B.6.72 B/3-B/7, 2007-2011). Valori (log+1) trasformati (rosso = massima frequenza; blu = assenza di rilevamenti).

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

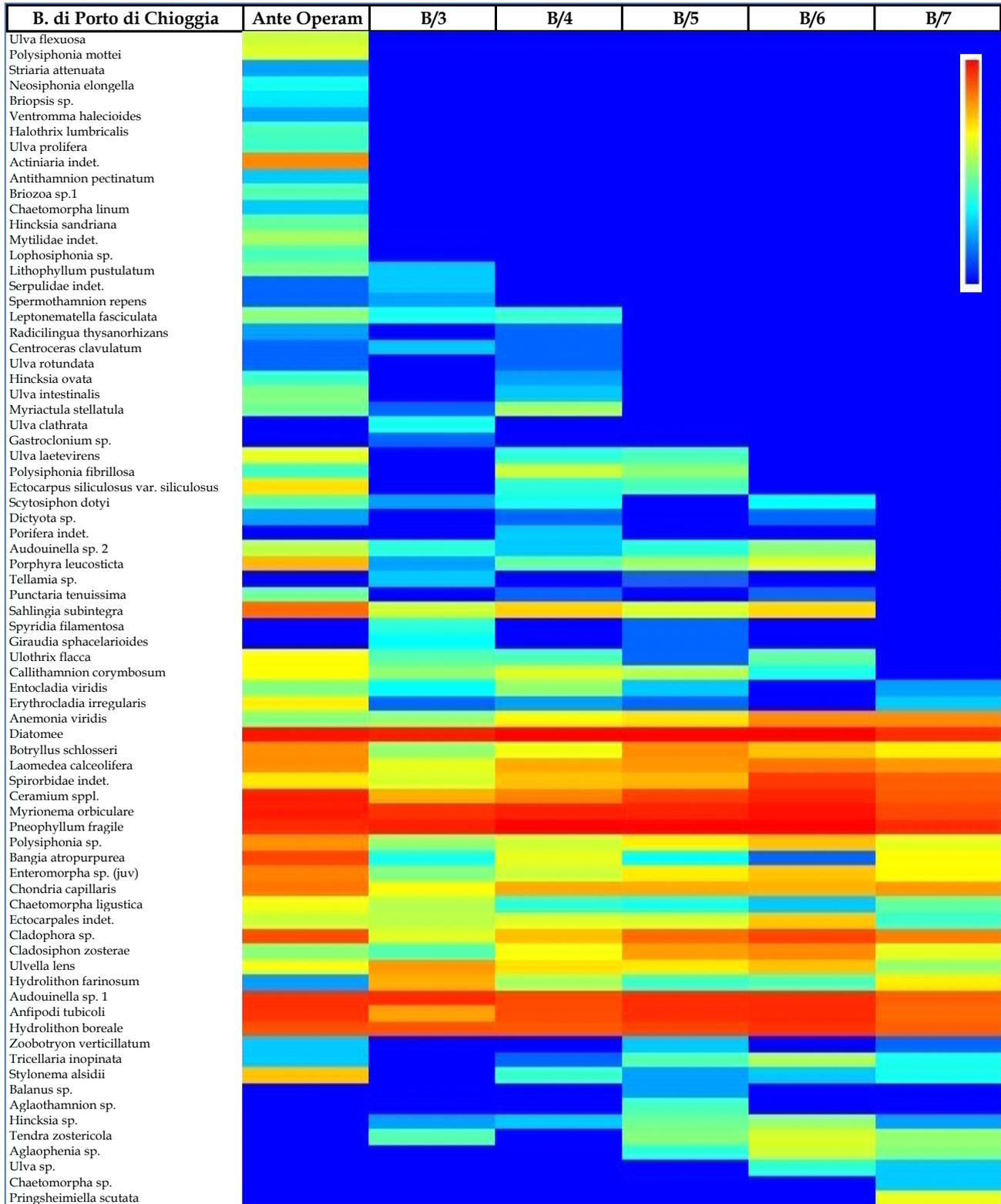


Figura A.3 - Bocca di porto di Chioggia: Matrix Plot dei valori di frequenza di rinvenimento dei taxa per i 5 anni di monitoraggio (Ante operam = Studio B.6.78/I; B/3-B/7 = Studi B.6.72 B/3-B/7, 2007-2011). Valori (log+1) trasformati (rosso = massima frequenza; blu = assenza di rilevamenti).

CORILA
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

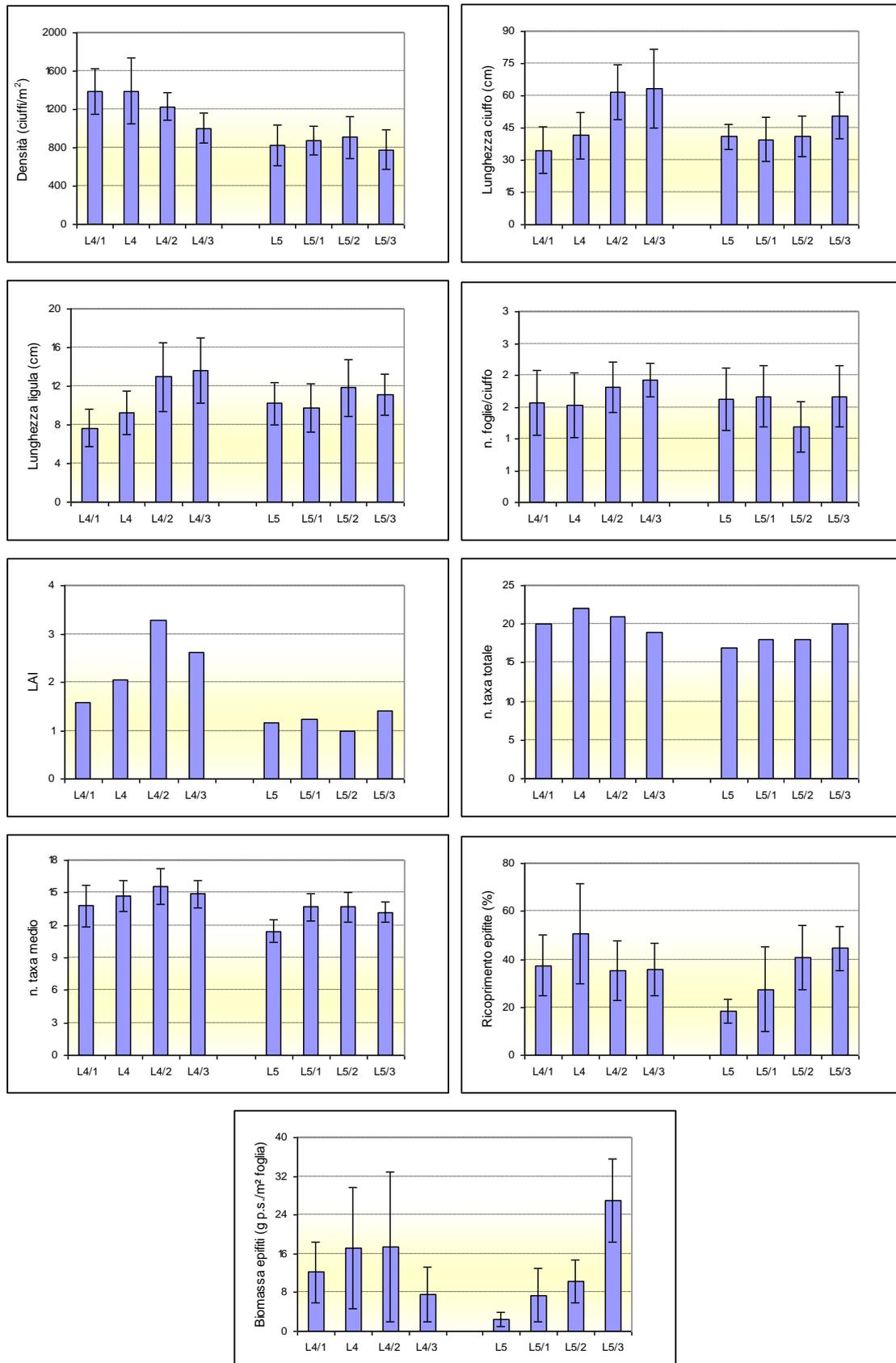


Figura A.4 - Bocca di porto di Lido, stazioni lungo i due transetti: rappresentazione grafica e confronto di alcuni indicatori strutturali dell'Autunno 2011.