



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/8**

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

Contratto Thetis-CORILA n. 122000551

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

Versione **1.0**

Emissione **1 Luglio 2013**

Redazione

Verifica

Approvazione

Dott. Daniele Curiel
(SELC)

Prof.ssa Patrizia Torricelli

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 Verifica dei dati raccolto alle stazioni mediante esecuzione di transetti aggiuntivi per lo studio di "effetto margine"	6
2.1.1 Scelta delle stazioni per l'esecuzione dei transetti	7
2.1.2 Attività di campo per lo "studio dell'effetto margine"	11
2.1.3 Attività di laboratorio per lo "studio dell'effetto margine"	12
2.2 Analisi modellistica	13
2.2.1 Attività di campo legate all'analisi modellistica	13
3 ANALISI PLURIENNALE DELLE DINAMICHE DEGLI EPIFITI	15
4 ANALISI DEI DATI (TRANSETTI) PER LO STUDIO DELL'"EFFETTO MARGINE"	26
4.1 Presentazione dei dati.....	26
4.2 Transetti bocca di porto di Lido (novembre 2012).....	26
4.2.1 Parametri fenologici delle praterie a fanerogame	26
4.2.2 Parametri relativi agli epifiti	27
4.3 Transetti bocca di porto di Malamocco (novembre 2012).....	28
4.3.1 Parametri fenologici delle praterie a fanerogame	28
4.3.2 Parametri relativi agli epifiti	28
4.4 Confronto tra i parametri biotici delle fanerogame e le variabili abiotiche	31
5 MODELLAZIONE MATEMATICA IDRO-MORFODINAMICAE DELLA TORBIDITÀ NELLE AREE A PRATERIE A FANEROGAME MARINE	36
6 CONSIDERAZIONI FINALI	42
7 BIBLIOGRAFIA	44

1 PREMESSA

1.1 Introduzione

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

Questa attività è stata inserita, a partire dal monitoraggio dello Studio B.6.72 B/7 [MAG. ACQUE - CORILA, 2012a], 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, che hanno interessato il numero di specie e l'abbondanza delle epifite sulle lamine fogliari.

Nel Rapporto Finale di ciascun monitoraggio delle praterie a fanerogame marine 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 negli Studio B.6.72 B/7 e B/8 [MAG. ACQUE - CORILA, 2012a; 2013b], 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 e marcate in quelle di Malamocco e soprattutto Chioggia, in particolare per quanto riguarda il numero totale e medio di taxa. Dopo aver analizzato anche dati di letteratura scientifica sulle dinamiche degli epifiti e considerati 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 del monitoraggio *ante operam*. Considerando gli ultimi 30 anni, infatti, il 2002 è stato un anno di quelli con maggiori precipitazioni ed 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 alla 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, 2012a, 2013b]. 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 superficie fogliare eventualmente in necrosi, sono risultati sempre nella norma. Anche nei casi in cui sono stati rinvenuti ciuffi fogliari 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 e urti, rottura dei talli 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].

In relazione agli effetti dell'idrodinamismo sulle praterie a fanerogame, dati di letteratura [Shanz e Asmus, 2003; Bos *et al.*, 2005] evidenziano come, in presenza di un aumento della velocità della corrente, siano riscontrabili, nell'arco di poche settimane, una riduzione della **densità** e dell'**estensione** delle praterie e un calo del **numero di foglie** per ciuffo e della **lunghezza delle lamine**. Nei monitoraggi condotti in questi anni, quando nelle stazioni di controllo poste nei basso fondi 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) [MAG. ACQUE - CORILA, 2012a, 2013b].

1.2 Obiettivi

Questa 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.

Al fine di analizzare e discriminare possibili disturbi nei confronti delle praterie a fanerogame marine e in particolare del loro epifitismo, infatti, nello Studio B.6.72 B/7 e B/8 si è approfondita la problematica relativa al mutato regime idrodinamico a seguito dei lavori alle bocche con l'aggiunta di nuove attività tra loro interconnesse, di seguito descritte.

- 1) **Verifica dei dati raccolti alle stazioni mediante esecuzione di transetti aggiuntivi per lo studio di "effetto margine"** - L'obiettivo dell'indagine è 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.

Quindi, oltre alle misure biologiche già previste dal monitoraggio delle praterie a fanerogame, estensione di 2 transetti (a Lido, dal B.6.72 B/7) localizzati in corrispondenza di 2 stazioni di misura già esistenti (L4 e L5) e di un transetto (a Malamocco, dal B.6.72 B/8) con stazioni tutte ex novo. Ogni transetto è composto di base da tre stazioni, una interna alla prateria, una intermedia e una sul margine, prossima al canale; nella bocca di porto di Lido nei transetti sono incluse anche due stazioni della rete fissa del piano di monitoraggio (L4 e L5).

Nello Studio B.6.72 B/7 è stata scelta la bocca di porto di Lido 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. A partire dallo Studio B.6.72 B/8 è stata considerata anche la bocca di porto di Malamocco, preferita a quella di Chioggia dal momento che è soggetta complessivamente ad una minore pressione antropica.

- 2) 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

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

nelle aree poste nelle immediate adiacenze delle bocche di porto è stata applicata una metodica di **“Modellazione matematica idro-morfodinamica delle praterie a fanerogame marine”** 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 quasi 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) verificatesi durante la realizzazione delle opere, fornendo così ai dati sperimentali la necessaria continuità spaziale e temporale;
- 3) sono state condotte **“Campagne di misura per la caratterizzazione delle aree a praterie a fanerogame”** con misure correntometriche di dettaglio lungo i transetti oggetto dello “studio dell’effetto margine” e rilievi specifici tra il canale e l’area a basso fondale delle praterie per monitorare l’andamento/variazione del campo di corrente in relazione alla variazione mareale e al differente grado di copertura di fanerogame del fondale. Sono stati poi prelevati campioni d’acqua, al fine di caratterizzare la granulometria del particolato solido in sospensione nella prateria a fanerogame antistante l’Isola di Sant’Andrea.

Anche per queste attività, dallo Studio B.6.72 B/8 le indagini, oltre che alla bocca di Lido, per la quale è disponibile una base più ampia di dati sperimentali, sono state estese anche a quella di Malamocco ed 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;
- 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 per quanto concerne l’attività “Campagne di misura per la caratterizzazione delle aree a praterie a fanerogame”.

In questo rapporto i dati relativi a questa attività saranno esaminati 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” e alle “campagne di misura per la caratterizzazione delle aree a praterie a fanerogame” si rimanda agli specifici Rapporti [MAG. ACQUE-CORILA, 2013c; 2013d].

2 ATTIVITA' ESEGUITE

2.1 Verifica dei dati raccolto alle stazioni mediante esecuzione di transetti aggiuntivi per lo studio di "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 nella bocca di Lido e in un transetto nella bocca di Malamocco selezionati nel corso di indagini propedeutiche.

Tenuto conto delle caratteristiche delle praterie della bocca di porto di Lido e di Malamocco e della necessità di disporre di praterie con specifiche caratteristiche per estensione, batimetria e idrodinamica, a Lido sono stati individuati due transetti con le aggiuntive stazioni passanti per i siti L4 e L5 mentre, a Malamocco, non sono state riscontrate condizioni per far passare il transetto con tre stazioni per siti già facenti parte della rete di monitoraggio.

Per semplificare la presentazione dei risultati, i due transetti di Lido 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), mentre quello di Malamocco come "transetto MT" (comprensivo delle stazioni MT/1, MT/2 e MT/3).

Tenuto conto delle specifiche finalità dell'indagine relativa agli epifiti, in ambedue le bocche di porto l'orientamento dei transetti ha tenuto conto dei modelli idrodinamici realizzati.

Di seguito sono riportate, per ciascuna stazione del transetto, la sigla di identificazione, la coordinata GAUSS-BOAGA, la profondità e la distanza dal canale.

Bocche di porto di Lido e Malamocco				
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
MT/1	2309057	5022160	65 (*)	1.280 (**)
MT/2	2309018	5022645	70 (*)	816
MT/3	2309201	5023259	90 (*)	165

(*) = Marea corretta rispetto allo zero mareale del mareografo della stazione idrografica di Punta della Salute, registrata durante il sopralluogo in data 05/10/2011 per i transetti di Lido e in data 22/10/2012 per quello di Malamocco.

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

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

Nelle figure 2.1 e 2.2 è riportata la posizione delle 6 stazioni di controllo del piano di monitoraggio complessivo per le bocche di porto di Lido e Malamocco, mentre nelle figure 2.3 e 2.4 è riportata in dettaglio la disposizione dei transetti nelle due bocche di porto.

Presso ciascuno dei nuovi siti di campionamento (6 a Lido e 3 a Malamocco) 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”.

2.1.1 Scelta delle stazioni per l'esecuzione dei transetti

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

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

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

La scelta di posizionare i transetti lungo le stazioni L4 ed L5 della bocca di Lido 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).

Sulla base delle direzioni dei flussi e delle velocità rilevate dal modello idrodinamico matematico della bocca di Malamocco non è stata ravvisata la possibilità di far coincidere con il transetto stazioni “storiche” del piano di monitoraggio. Infatti, come per la bocca di Lido, è necessario che lungo il transetto siano presenti praterie con specifiche caratteristiche per estensione, batimetria e idrodinamica. Il transetto individuato è orientato secondo la direzione dei flussi mareali (N-S) e vede, lungo questa direzione, la stazione più lontana (MT/1) a 1280 m dal canale e quella più vicina a 165 m dal canale.

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 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, 2005-2011, 2012a, 2013b] (figura 3.1).

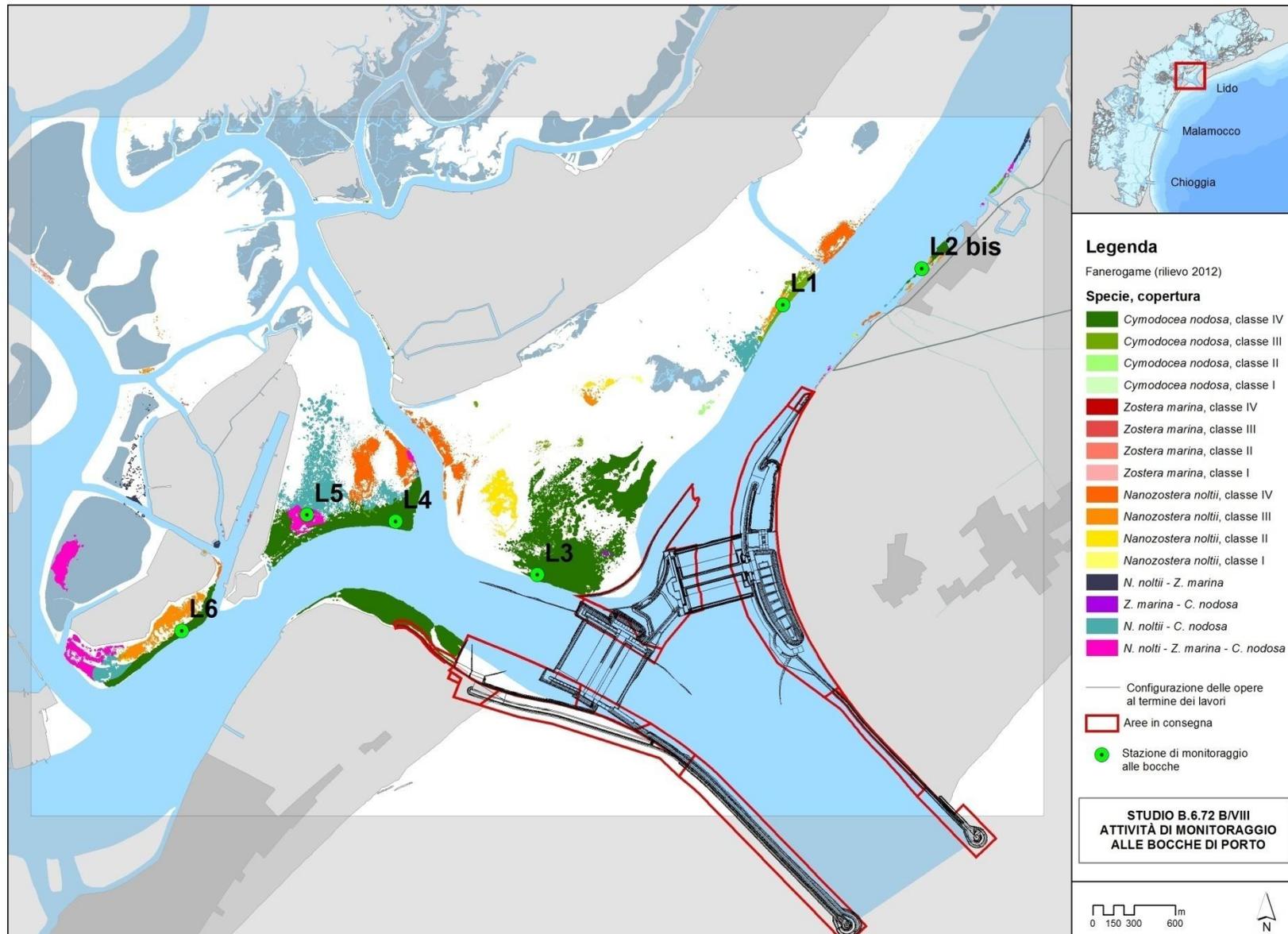


Figura 2.1 - Stazioni di controllo delle fanerogame marine in bocca di porto di Lido con sovrapposta la mappatura del 2012.

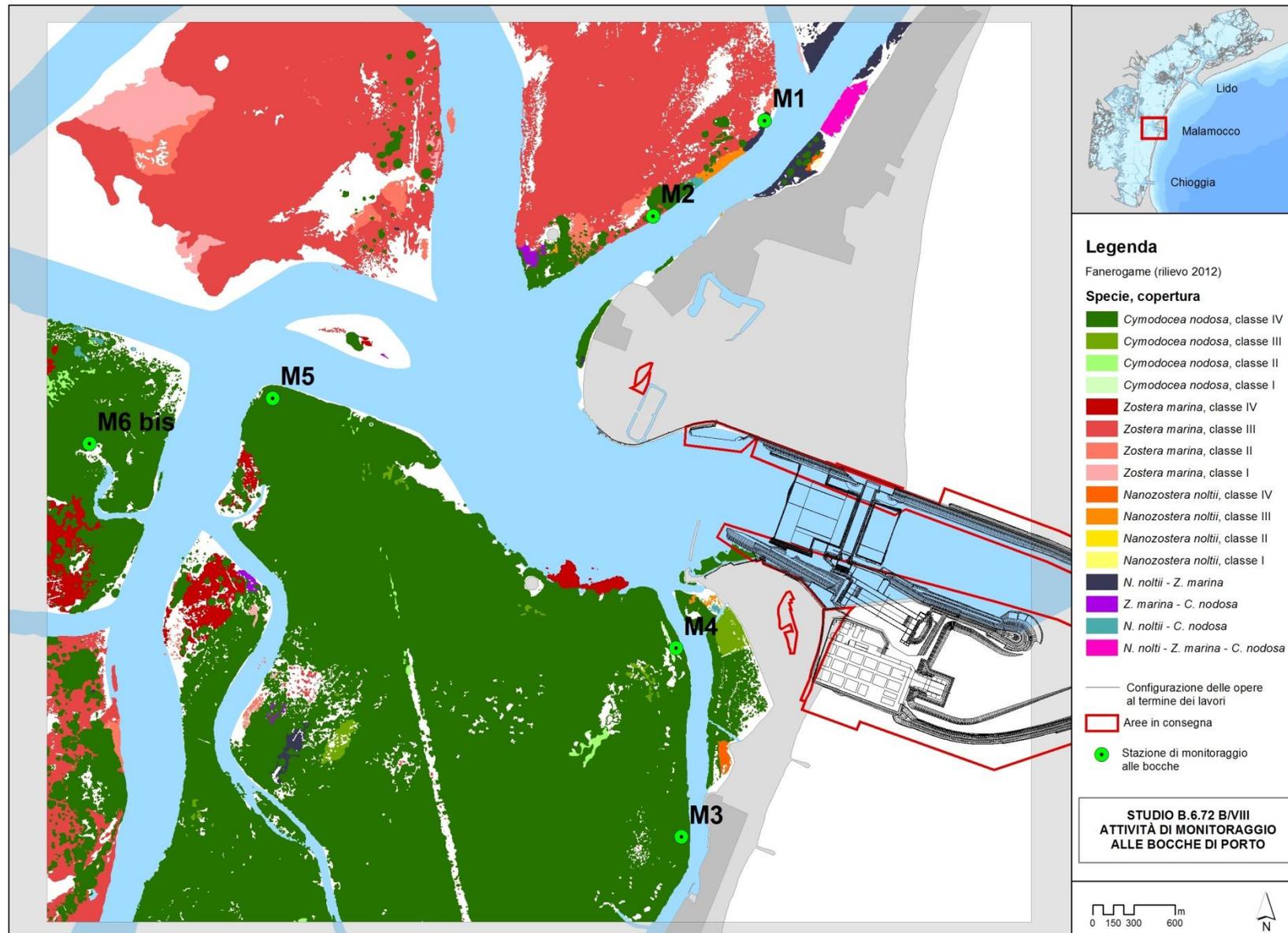


Figura 2.2 - Stazioni di controllo delle fanerogame marine in bocca di porto di Malamocco con sovrapposta la mappatura del 2012.

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

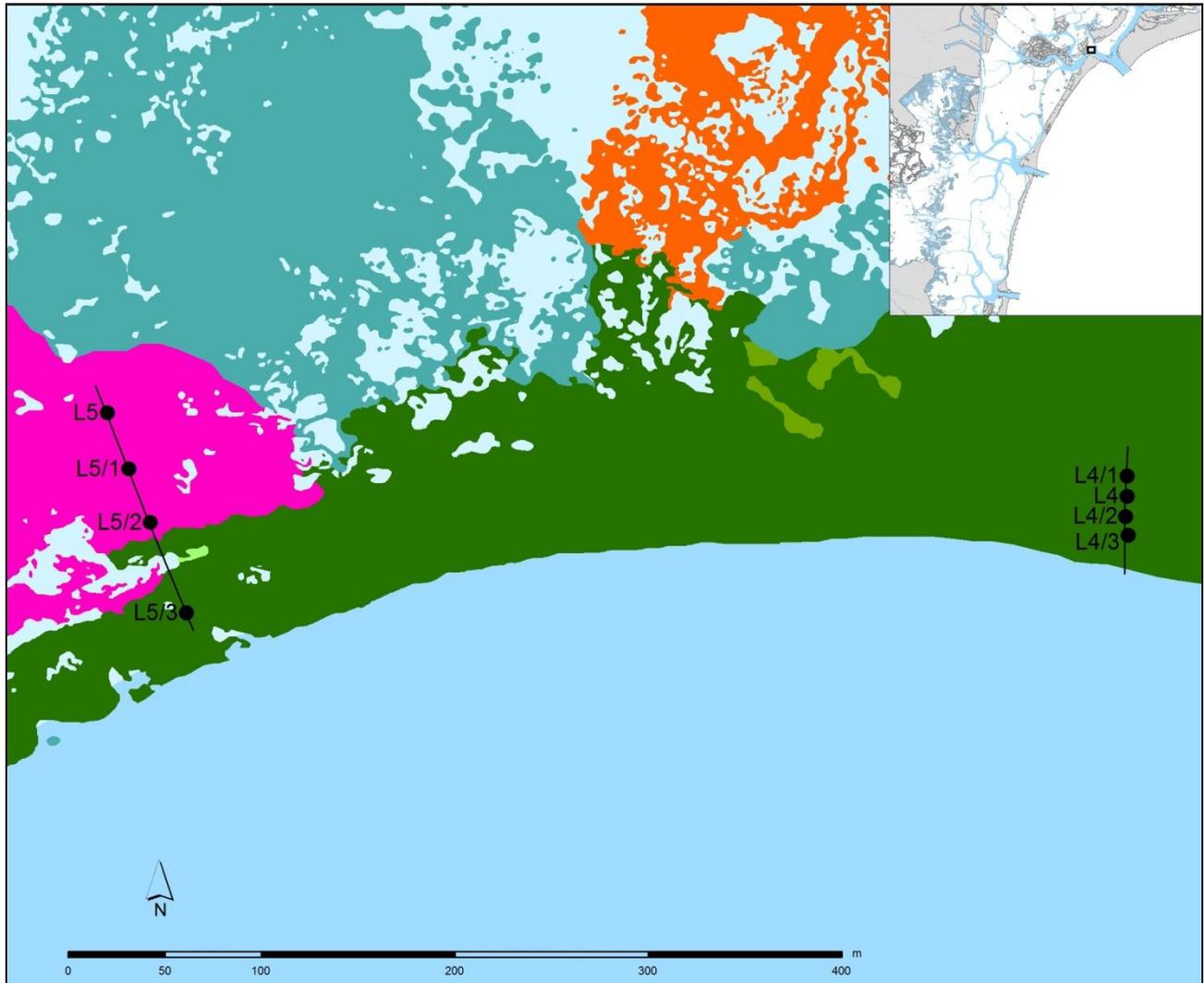


Figura 2.3 – Bocca di porto di Lido: siti di controllo delle fanerogame marine localizzate lungo due transetti in corrispondenza delle stazioni L4 e L5 con sovrapposta la mappatura del 2012.

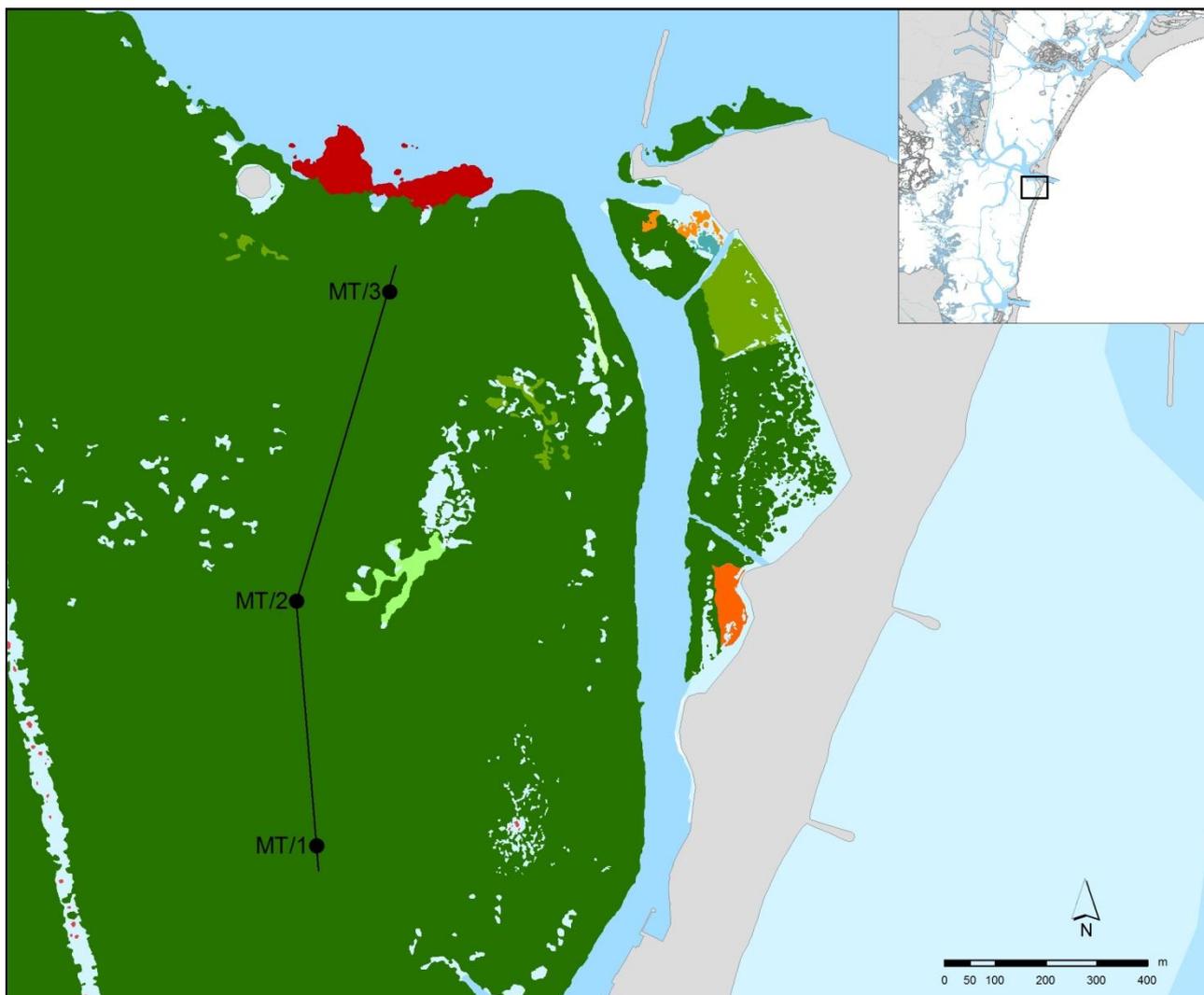


Figura 2.4 – Bocca di porto di Malamocco: siti di controllo delle fanerogame marine localizzate lungo il transetto con sovrapposta la mappatura del 2012.

2.1.2 Attività di campo per lo “studio dell’effetto margine”

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).

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

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.

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.).

2.1.3 Attività di laboratorio per lo "studio dell'effetto margine"

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

[Curielet *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.

2.2 Analisi modellistica

L'analisi modellistica condotta da DICEA-UNIPD si pone l'obiettivo di confrontare il comportamento idrodinamico delle bocche di porto di Lido e di Malamocco nella loro 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 nel corso della campagna di misure del 22 dicembre 2011 a Lido, 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.

2.2.1 *Attività di campo legate all'analisi modellistica*

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, ed il gruppo di lavoro DICEA-UNIPD, che opera per la messa a punto del modello matematico idrodinamico.

Le campagne relative alle stazioni dei transetti sulle praterie a fanerogame marine sono state condotte nella bocca di Lido sul basso fondale adiacente l'Isola di Sant'Andrea (Canale di San Nicolò) e, nella bocca di Malamocco, sul basso fondale antistante S. Piero in Volta - S.ta Maria del Mare con l'obiettivo di caratterizzare, in differenti condizioni di marea, il campo di corrente dell'area.

Le attività condotte hanno supportato le valutazioni di tipo modellistico per valutare i cambiamenti tra le condizioni *ante operam* e quelle attuali.

Le attività di campagna sono state condotte il 2-3 agosto 2012 (Lido), il 14-15 Novembre (Malamocco) e il 12-13 Febbraio 2013 (Lido). Sono state implementate diverse tecniche di indagine. In particolare sono stati utilizzati i seguenti dispositivi:

- Correntometri acustici ADCP Workhorse Rio Grande (600 kHz e 1200 kHz). Teledyne RDI.

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

Effettuate misure correntometriche in canale principale (600 kHz) e sul basso fondale (1200 kHz) lungo i transetti di figura 2.3 e 2.4.

- Correntometri elettromagnetici s4. InterOcean, Ltd. Utilizzati in posizione fissa presso i punti notevoli.
- Micro mulinello OTT C2 Small Current Meter. OTT Hydrometrie. Effettuati profili di corrente in punti notevoli.
- LagrangianDrougues. Utilizzate per tracciare i percorsi della corrente al margine del canale.
- GPS GarminTrex. Garmin Ltd. Utilizzato per l'inseguimento delle LagrangianDrougues.

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/8 relativo al periodo temporale 2012-2013 [MAG. ACQUE-CORILA, 2013b], in accordo con quelli dei precedenti anni [MAG. ACQUE - CORILA, 2005-2011, 2012a], si riscontra come le differenze 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, si rileva come vi sia una marcata riduzione del numero di taxa, sia totale che medio, tra lo studio *ante operam* (2003) e quello più recente B.6.72 B/8 (dati monitoraggio 2012). 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/8).

Lido	Macroalghe		Zoobenthos		Diatomee spp.	
	2003	2012	2003	2012	2003	2012
N. specie totale	49	24	10	8	---	---
N. specie medio /st.	31,0	15,5	6,7	5,5	---	---
Ricopr. medio%/st.	18,5	32,7	4,7	7,4	16,2	4,9

Malamocco	Macroalghe		Zoobenthos		Diatomee spp.	
	2003	2012	2003	2012	2003	2012
N. specie totale	55	20	12	7	---	---
N. specie medio /st.	35,4	15,8	8,4	2,0	---	---
Ricopr. medio%/st.	23,0	28,4	8,4	5,9	22,6	2,2

Chioggia	Macroalghe		Zoobenthos		Diatomee spp.	
	2003	2012	2003	2012	2003	2012
N. specie totale	61	21	14	8	---	---
N. specie medio /st.	43,2	16,8	9,0	6,0	---	---
Ricopr. medio%/st.	23,3	33,0	11,1	6,9	10,5	3,8

L'analisi dei dati relativi al numero di specie (totale e medio) in ogni singola stazione di ciascuna bocca di porto evidenzia come questo parametro è 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.

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. I dati sono stati riesaminati (aggiornando la nomenclatura) e sono stati ridotti i possibili errori dovuti a determinazioni condotte sino a diversi livelli tassonomici; inoltre, considerando come la riduzione del numero di taxa riguardi soprattutto specie "accidentali", la cui frequenza di rinvenimento è solitamente molto bassa, non sono stati considerati i taxa rari, ovvero quelli caratterizzati da un solo rinvenimento nel corso delle indagini.

Come si rileva dalla figura 3.1, dopo la revisione complessiva dei dati di tutti i monitoraggi sino ad ora condotti, in ognuna delle tre bocche si conferma la 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

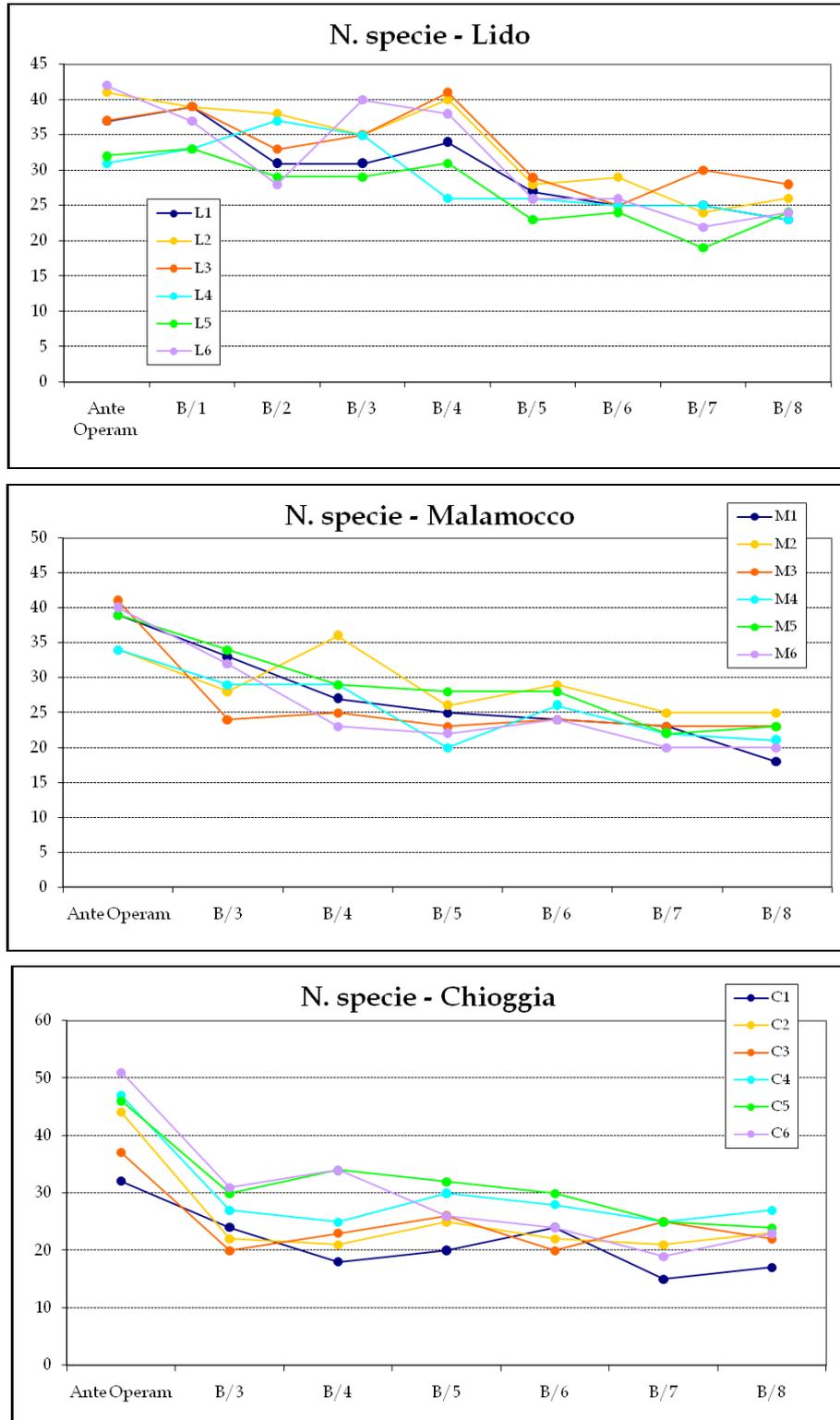


Figura 3.1 - Numero totale annuale dei taxa (algali ed animali) rilevato nelle sei stazioni di ciascuna bocca di porto (Lido in alto, Malamocco al centro e Chioggia in basso) durante i monitoraggi B.6.78/I e B.6.72 B/1-B/8. (Si ricorda che i monitoraggi B.6.72 B/7 e B/8, diversamente dagli altri, ha 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

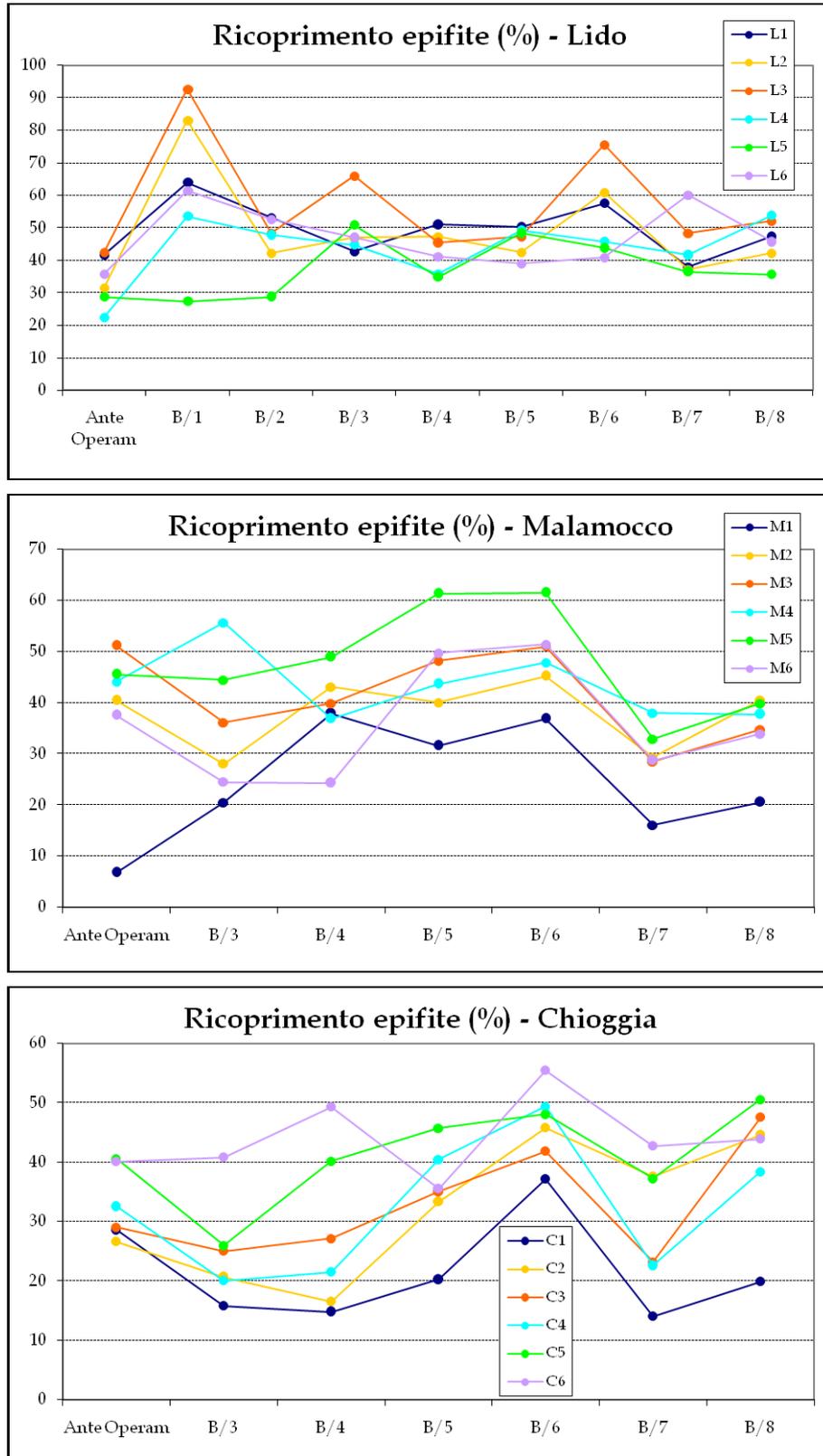


Figura 3.2 -Ricoprimento percentuale medio annuale rilevato nelle sei stazioni di ciascuna bocca di porto (Lido in alto, Malamocco al centro e Chioggia in basso) durante i monitoraggi B.6.78/1 e B.6.72 B/1-B/8. (Si ricorda che i monitoraggi B.6.72 B/7 e B/8, diversamente dagli altri, ha previsto l'esecuzione 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 correlata alla maggiore o minore vicinanza alle opere in realizzazione. I grafici in figura 3.3 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/M6-bis e C3/C3-bis; linea rossa nel grafico).

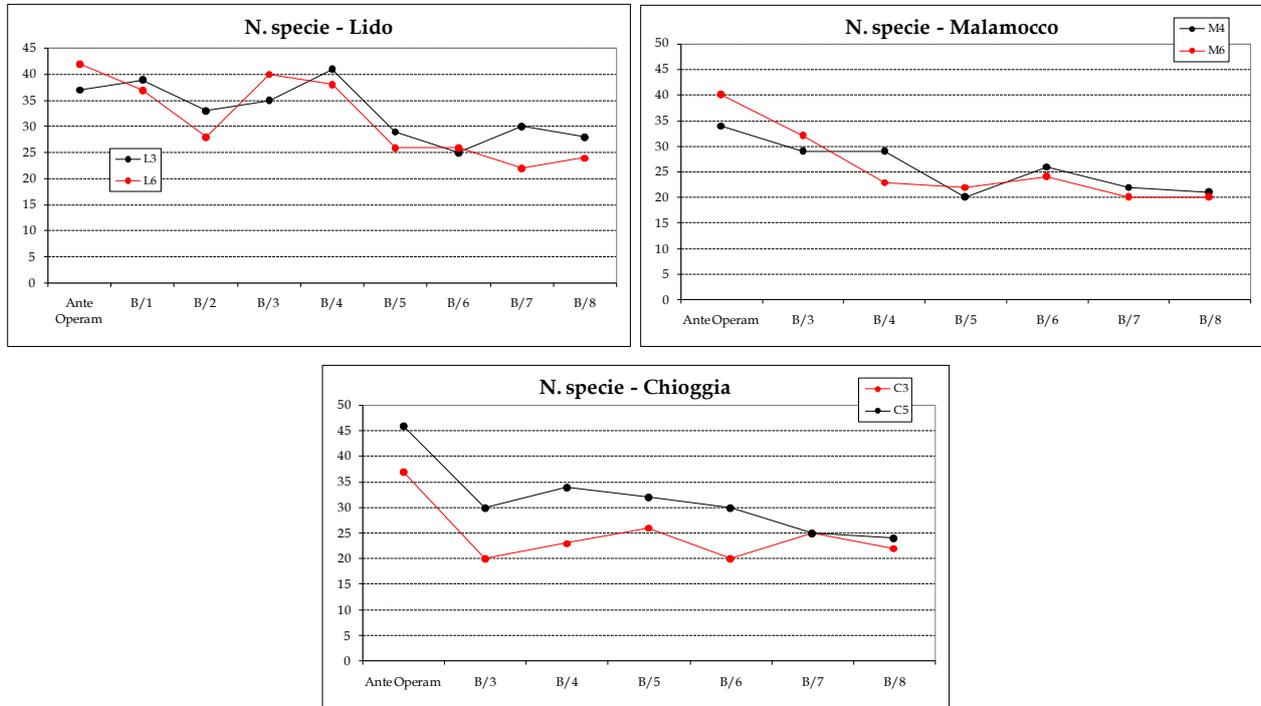


Figura 3.3 – Numero totale annuale di specie (algali ed animali) per bocca di porto rilevato in stazioni vicine alle opere (L3, M4 ed C5) e lontane dalle opere (L6, M6/M6-bis e C3/C3-bis) durante i monitoraggi B.6.78/I e quelli B.6.72B/1-B/8.

L'analisi statistica multivariata condotta applicando la Cluster Analysis e la Multi Dimensional 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 circa al 65-70% di similarità) tra tutti i monitoraggi (B.6.78/I e B.6.72 B/1-B/8), appare sempre evidente una distinzione tra i rilievi della fase *ante operam* (B.6.78/I) e quelli dei monitoraggi successivi (B.6.72 B/1-B/8). Tale contrapposizione tra B.6.78/I e B.6.72 B/1-B/8 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 B.6.72 B/1-B/8 nella cluster analysis e l'orientata e ordinata disposizione per anni in ognuna delle tre bocche di porto nella MDS, suggeriscono 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. In particolare si rileva come i dati relativi all'ultimo studio evidenzino in tutte le bocche, ma in particolare per Lido, un ritorno verso lo stato dei primi anni del monitoraggio.

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

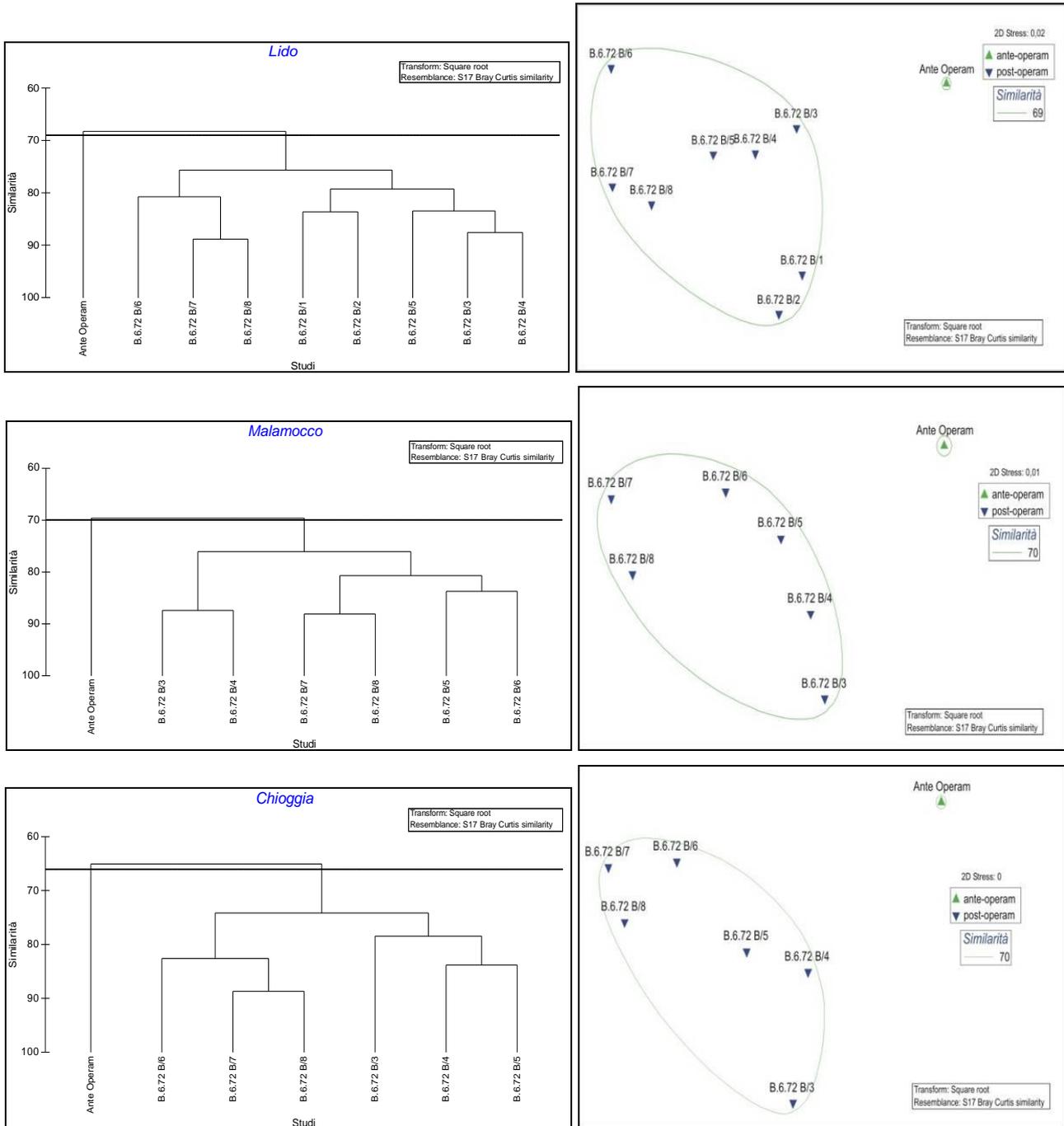


Figura 3.4 – Cluster analysis e MDS relativa ai dati di frequenza di rinvenimento per bocca di porto degli epifiti dei monitoraggi B.6.78/I e B.6.72 B/1-8.

La procedura SIMPER di PRIMER [Clarke e Warwick, 1994] (tabella 3.2), che identifica le specie caratteristiche della fase *ante operam* e dei successivi monitoraggi, 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, circa la metà dei casi in cui si verifica assenza di organismi tra i due periodi è riconducibile ad organismi determinati a livello sistematico superiore alla specie (es. gli animali Actiniaria indet. e Mytilidae indet., *Ceramium* sp.). L'assenza nei monitoraggi B/3-B/8 di macroalghe nitrofile quali *Ulva latevirens* o *Ulva flexuosa* (ex *Enteromorpha flexuosa*) nelle

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

praterie (Malamocco e Chioggia), specie però presenti ancora in laguna, è in accordo con l'attuale minor presenza di nutrienti nella colonna d'acqua.

Valutando solo la presenza/assenza dei taxa non rari, 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 3.5-3.7). 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 e le variazioni complessive, verificatesi tra il 2003 e il 2012, seppur moderate, sembrano essersi in parte attenuate. Nelle bocche di porto di Malamocco e soprattutto in quella di Chioggia, invece, il calo del numero di taxa è solo parzialmente bilanciato dal ritrovamento di nuove specie e in questo caso le variazioni verificatesi tra il 2003 e il 2012 sono ancora moderato-elevate.

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/8 [MAG. ACQUE - CORILA, 2013b].

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 B.6.72 B/1-B/8 (riconducibili soprattutto alle alghe *Pneophyllum fragile* e *Hydrolithon farinosum*) e la relativa minore incidenza soprattutto delle alghe rosse (come ad esempio *Bangiafusco purpurea*).

Nel corso degli anni di monitoraggio le alghe rosse incrostanti hanno modificato di poco il loro numero (anche perché selettive ecologicamente e di ristretto numero) mentre sono progressivamente aumentate in ricoprimento sulle lamine fogliari, in modo più o meno marcato nelle tre bocche di porto. Nel confronto con lo stato di riferimento, il loro ricoprimento è aumentato del 400% a Lido, 160% a Malamocco e 200% 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 -65% nelle tre bocche) sia dell'abbondanza; in quest'ultimo caso il calo, pari a circa il 70% circa a Lido e Chioggia e all'85% a Malamocco, 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.

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/8 per ognuna delle tre bocche di porto.

Bocca di Porto di Lido	Ante Operam	B/1-B/8	Contributo%
	Av. Abundance	Av. Abundance	
Hydrolithon farinosum	1,15	7,4	5,19
Botryllus schlosseri	1,48	6,26	3,93
Pneophyllum fragile	2,48	7,05	3,76
Ectocarpales indet.	1,32	5,75	3,64
Mytilidae indet.	3,86	0	3,21
Polysiphonia sp.	2,89	6,52	2,99
Polysiphonia fibrillosa	4,68	1,28	2,83
Spirorbidae indet.	3,31	6,34	2,5
Neosiphonia harveyi	2,96	0,09	2,39
Ectocarpus siliculosus var. siliculosus	4,82	2,37	2,24
Tricellaria inopinata	0	2,71	2,22
Pringsheimiella scutata	0	2,55	2,14
Enteromorpha prolifera	2,65	0,09	2,12
Anfipodi tubicoli	6,85	9,35	2,04
Anemonia viridis	1,32	3,78	2,03
Ulothrix flacca	3,75	1,68	2,01
Enteromorpha flexuosa	2,81	1,47	1,92
Sahlingia subintegra	6,52	4,46	1,86

Bocca di Porto di Malamocco	Ante Operam	B/3-B/8	Contributo%
	Av. Abundance	Av. Abundance	
Actinaria indet.	4,88	0,13	4,3
Ceramium diaphanum	8,06	3,39	4,22
Hydrolithon farinosum	1,1	4,98	3,54
Ceramium sp.	0	3,93	3,54
Sahlingia subintegra	6,54	2,96	3,27
Ulva rigida	3,59	0	3,26
Anemonia viridis	1,27	4,55	2,98
Pneophyllum fragile	6,69	9,82	2,84
Tendra zostericola	0	3,13	2,83
Cladosiphon zosteræ	1,42	4,23	2,54
Hincksia sp.	4,16	1,48	2,45
Enteromorpha flexuosa	2,62	0	2,37
Bangia atropurpurea	7,57	5,29	2,07
Spirorbidae indet.	4,67	6,21	1,91
Pringsheimiella scutata	0	2,03	1,87
Enteromorpha intestinalis	2,11	0,11	1,81
Ectocarpales indet.	2,2	4,09	1,69
Stylonema alsidii	4,79	2,93	1,69

Bocca di Porto di Chioggia	Ante Operam	B/3-B/8	Contributo%
	Av. Abundance	Av. Abundance	
Actinaria indet.	5,77	0	4,44
Ceramium diaphanum	8,33	3,73	3,52
Bangia atropurpurea	7,3	2,77	3,48
Ceramium sp.	0	4,28	3,26
Ectocarpus siliculosus var. siliculosus	4,25	0,64	2,78
Sahlingia subintegra	6,36	2,78	2,75
Ulva rigida	3,37	0	2,6
Stylonema alsidii	4,69	1,34	2,58
Polysiphonia mottei	3,25	0	2,5
Porphyra leucosticta	4,85	1,61	2,5
Hydrolithon farinosum	0,89	4,07	2,47
Erythrocladia irregularis	4,01	0,85	2,43
Enteromorpha flexuosa	3	0	2,31
Mytilidae indet.	2,66	0	2,04
Anemonia viridis	2,34	4,94	1,99
Ulothrix flacca	3,65	1,22	1,87
Cladosiphon zosteræ	2,43	4,65	1,71
Spirorbidae indet.	4,11	6,24	1,71

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

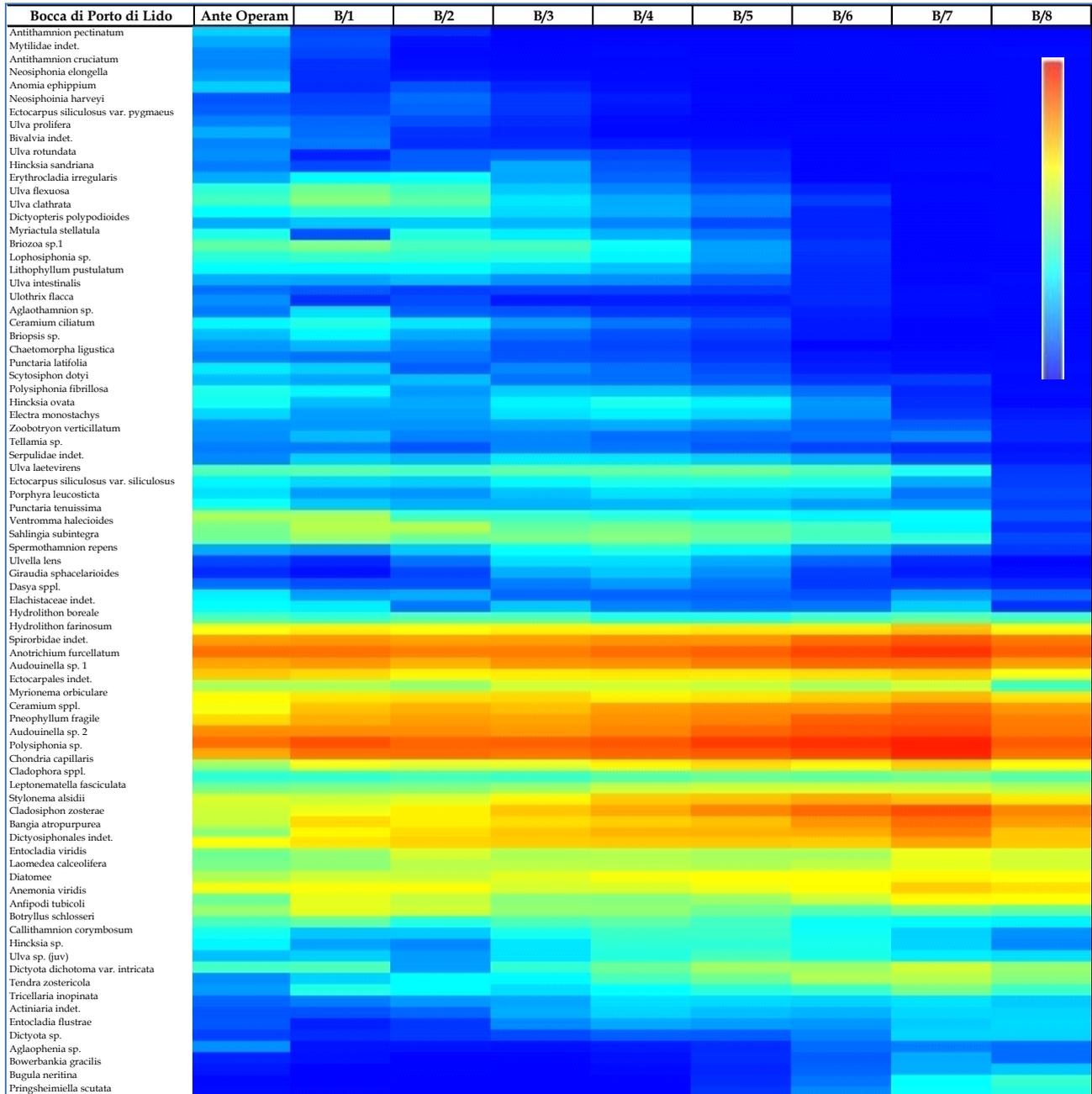


Figura 3.5 - Bocca di porto di Lido: Matrix Plot dei valori di frequenza di rinvenimento dei taxa per i 9 anni di monitoraggio (Ante operam = Studio B.6.78/I; B/1-B/8 = Studi B.6.72 B/1-B/8, 2005-2013). Valori (log+1) trasformati (rosso = massima frequenza; blu = assenza di rilevamenti).

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

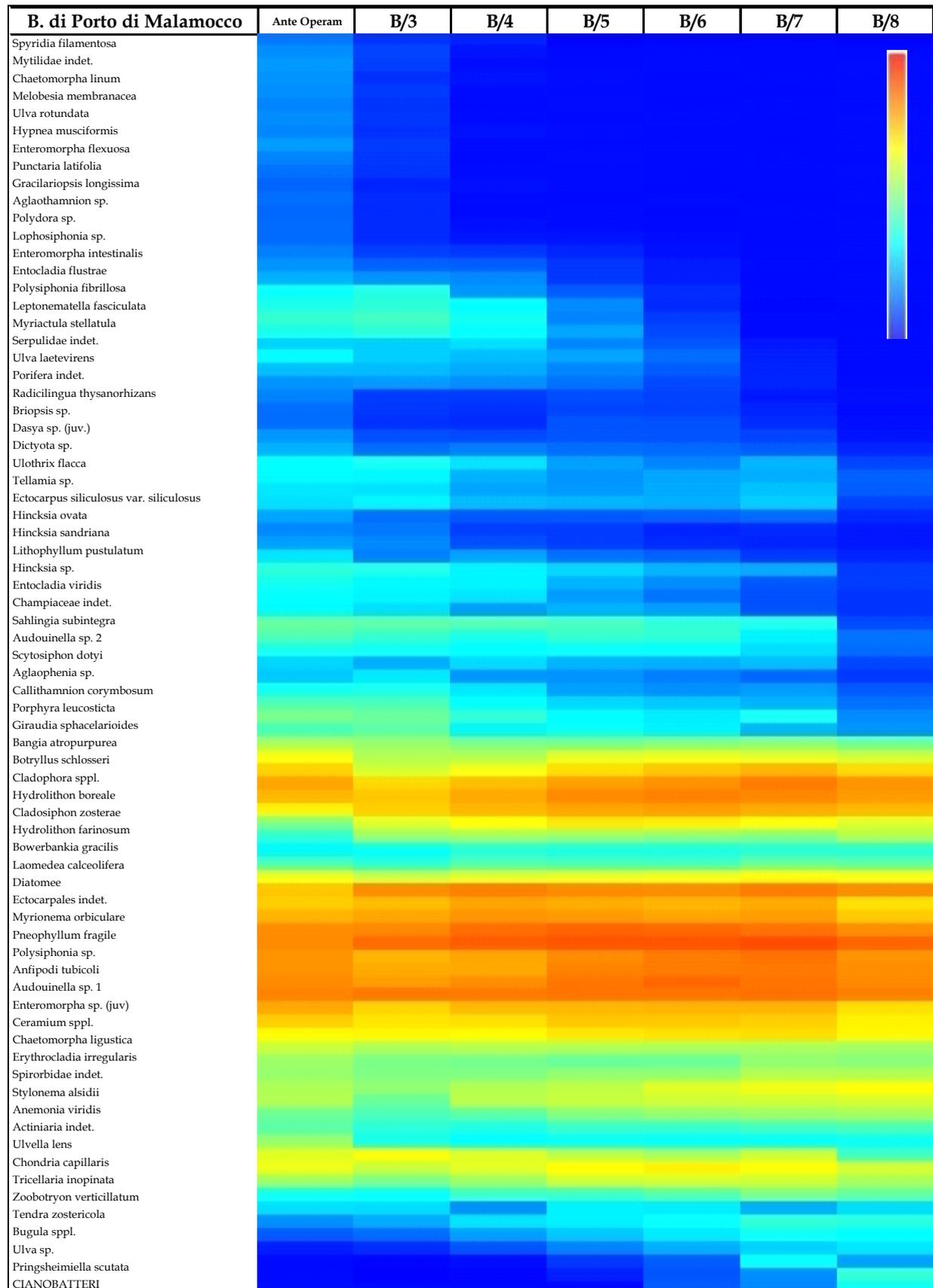


Figura 3.6 - Bocca di porto di Malamocco: Matrix Plot dei valori di frequenza di rinvenimento dei taxa per i 6 anni di monitoraggio (Ante operam = Studio B.6.78/I; B/1-B/8 = Studi B.6.72 B/1-B/8, 2005-2013). Valori (log+1) trasformati (rosso = massima frequenza; blu = assenza di rilevamenti).

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

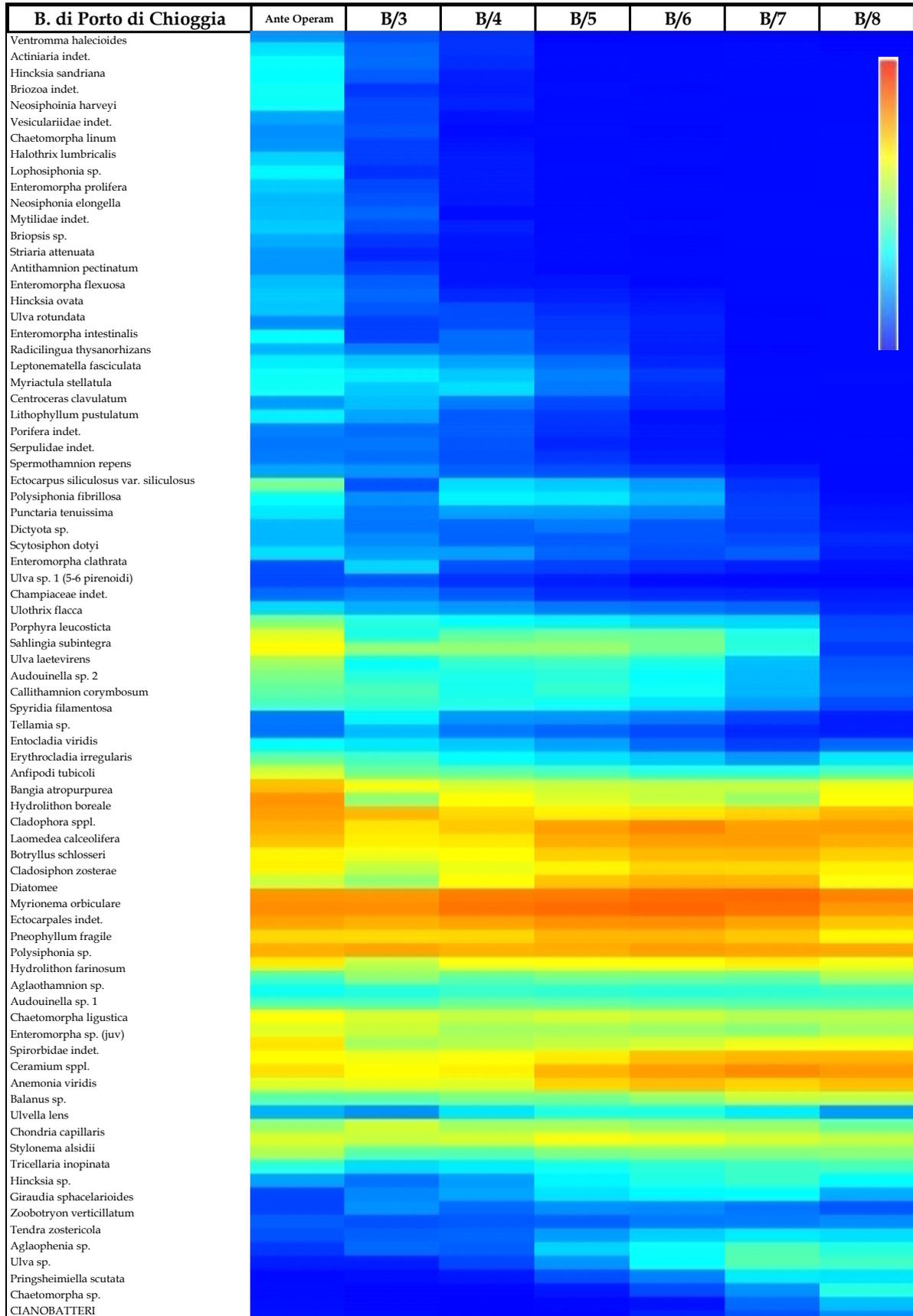


Figura 3.7 - Bocca di porto di Chioggia: Matrix Plot dei valori di frequenza di rinvenimento dei taxa per i 6 anni di monitoraggio (Ante operam = Studio B.6.78/I; B/1-B/8 = Studi B.6.72 B/1-B/8, 2005-2012). Valori (log+1) trasformati (rosso = massima frequenza; blu = assenza di rilevamenti).

4 ANALISI DEI DATI (TRANSETTI) PER LO STUDIO DELL'“EFFETTO MARGINE”

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 tre 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 III Rapporto di Valutazione quadrimestrale [MAG. ACQUE - CORILA, 2013a] e sono qui riportati solamente gli elementi principali e i relativi grafici di sintesi (figure 4.1 e 4.2). Per semplificare la presentazione dei risultati, i due transetti di Lido 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), mentre il transetto di Malamocco come “transetto MT” (comprensivo delle stazioni MT/1, MT/2 e MT/3).

4.2 Transetti bocca di porto di Lido (novembre 2012)

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% o pari al 90-100% (in L5/3), in linea con quanto registrato per i siti L4 e L5. Le altre due fanerogame *Zostera marina* e *Nanozostera noltii* sono state trovate con densità limitate, presso la stazione L5/2 (rispettivamente con 12 e 15 ciuffi/m²) e L5 e L5/1 (solo *Z. marina* con, rispettivamente, 3 e 22 ciuffi/m²).

La **densità dei ciuffi fogliari** del “transetto L4” presenta valori che risultano in calo passando dalle stazioni più vicine a bordo canale, e quindi poste a profondità maggiori, a quelle più lontane dal canale, e quindi caratterizzate da profondità minori (fig. 2.3 e 4.1). 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 (fig. 2.3 e 4.1). Lo stesso andamento per questi parametri era stato riscontrato durante la campagna autunnale precedente.

In conformità con quanto rilevato durante la campagna autunnale precedente, per il “transetto L5”, diversamente da quanto registrato per il “transetto L4”, diversi parametri di controllo (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 a profondità minore e più lontana dal canale (L5) a quella a profondità maggiore e più vicina al canale (L5/3) (fig. 2.3 e 4.1). 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” (fig. 4.1).

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 legati all’epifitismo del “transetto L4”, come il **numero totale e quello medio di taxa**, presentano un trend poco definito, in cui non si distingue chiaramente un aumento o un calo dei rispettivi valori spostandosi dalle stazioni meno profonde (più interne alla prateria) a quelle più profonde (verso il canale) (fig. 2.3 e 4.1). Per la **biomassa media** e soprattutto per il **ricoprimento percentuale medio**, invece, si registrano un aumento dei valori da L4/3 (la stazione più vicina al canale) sino alla L4 e poi un decremento tra L4 e L4/1 (la stazione più lontana dal canale) (fig. 2.3 e 4.1).

I parametri legati all’epifitismo delle stazioni del “transetto L5”, come il **numero di taxa totale e quello medio** e il **ricoprimento percentuale medio**, presentano un andamento simile, con un incremento dei valori tra la stazione più lontana dal canale (L5) e la successiva (L5/1) ed un successivo decremento passando per i siti più vicini al canale (L5/2 e L5/3); per la biomassa media, invece, sembra esserci la tendenza ad un aumento, mano a mano che ci si avvicina al canale (fig. 2.3 e 4.1).

Analizzando gli epifiti dal punto di vista floristico e faunistico, nelle stazioni di entrambi i transetti 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*, *Hydrolithon farinosum*, *Pneophyllum fragile*,
- dall’alga bruna *Myrionema orbiculare*,

e per lo zoobenthos:

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

4.3 Transetti bocca di porto di Malamocco (novembre 2012)

4.3.1 Parametri fenologici delle praterie a fanerogame

Le stazioni localizzate lungo il “transetto MT” che, dal margine del canale, si estende per 1.280 m, sono caratterizzate tutte coperture di *Cymodocea nodosa* prossime al 100%. Le altre due fanerogame *Zostera marina* e *Nanozostera noltii*, non sono state rinvenute durante la fase di campionamento.

La **densità dei ciuffi fogliari** del “transetto MT” presenta valori altalenanti (sale tra MT/1 e MT/2 e poi scende tra MT/2 e MT/3), mentre quelli del numero di **foglie/ciuffo** variano di poco lungo il transetto, spostandosi tra la stazione più lontana dal canale (MT/1, meno profonda) e quella più vicina (MT/3, più profonda) (fig. 2.4 e 4.2); per la **lunghezza media dei ciuffi fogliari e della ligula** e il **LAI**, invece, si osservano un calo evidente nei valori tra la stazione MT/3 (più vicina al canale) e la MT/2 e piccoli incrementi tra MT/2 e MT/1 (la stazione più lontana dal canale) (fig. 2.4 e 4.2).

4.3.2 Parametri relativi agli epifiti

Considerando i parametri legati all’epifitismo, solo per la **biomassa media** si rileva un andamento più definito, con un aumento dei valori spostandosi dalla stazione più vicina al canale (più profonda) a quella più lontana (meno profonda); per il **numero totale e quello medio di taxa**, il trend è altalenante e i valori sono molto vicini tra loro, mentre per il **ricoprimento percentuale medio** le differenze sono più marcate, pur non presentando un andamento preciso (fig. 2.4 e 4.2).

In tutte le stazioni appartenenti al transetto 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.

Per le stazioni del “transetto MT” 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*, *Hydrolithon farinosum* *Pneophyllum fragile*,
- dall’alga bruna *Myrionema orbiculare*,

e per lo zoobenthos:

- dai crostacei anfipodi tubicoli,
- dall’idrozoo *Laomedea calceolifera*,
- dall’antozoo *Anemonia viridis*.

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

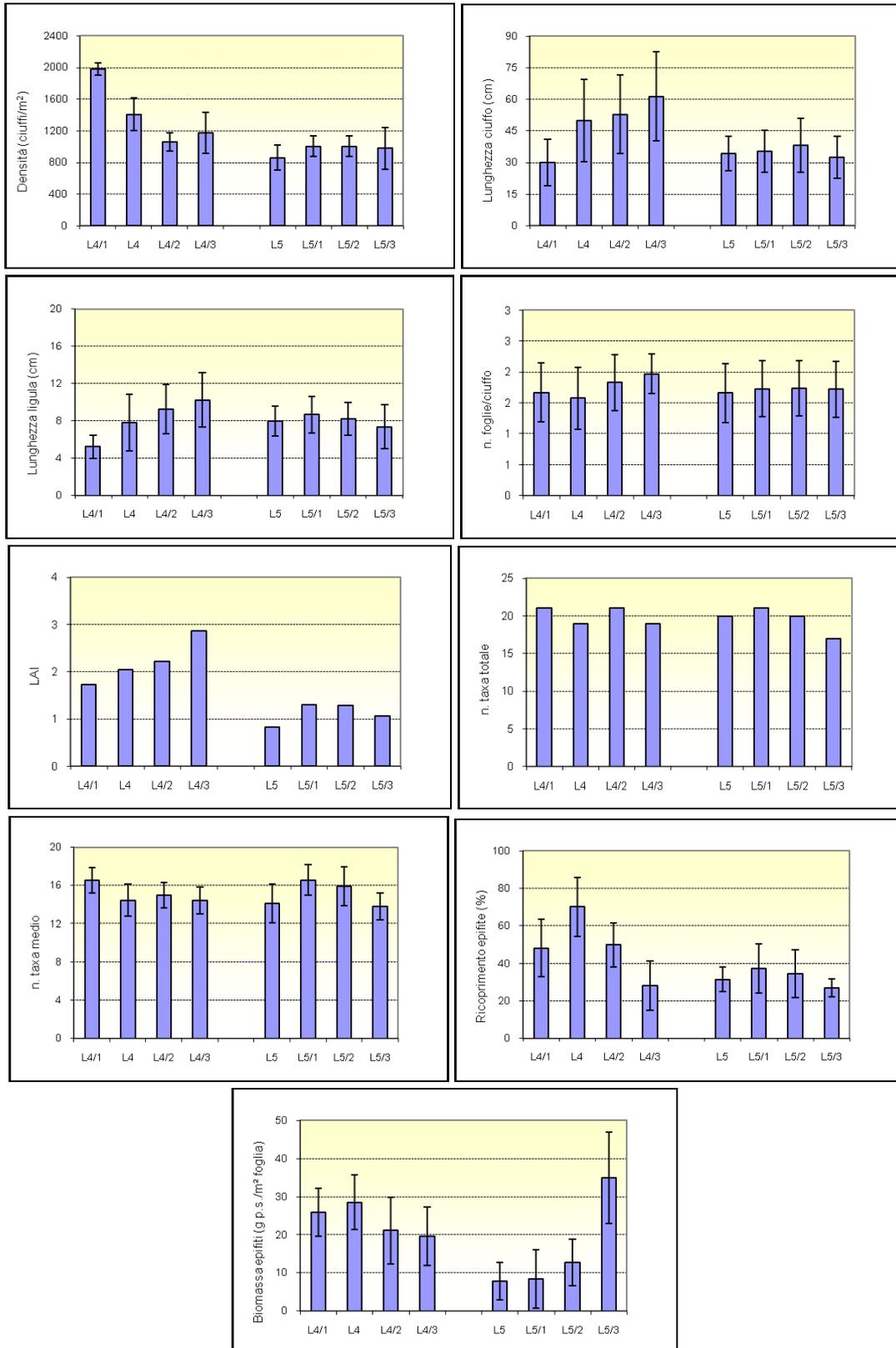


Figura 4.1 - Bocca di porto di Lido, stazioni lungo i due transetti: rappresentazione grafica e confronto di alcuni indicatori strutturali dell'Autunno 2012.

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

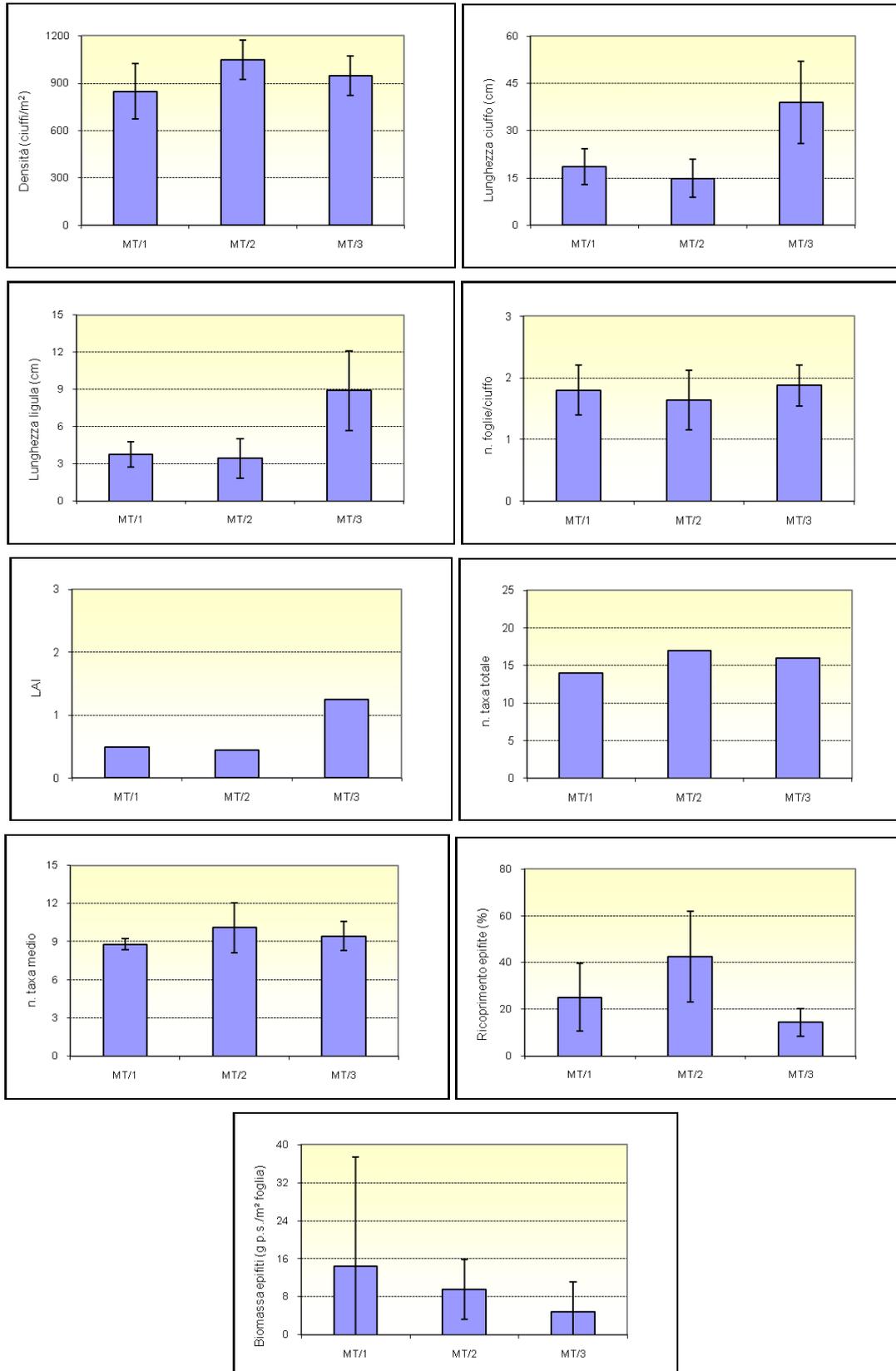


Figura 4.2 - Bocca di porto di Malamocco, stazioni lungo il transetto: rappresentazione grafica e confronto di alcuni indicatori strutturali dell'Autunno 2012.

4.4 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 tre 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 tre 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). Per le analisi di correlazione e i confronti con i parametri delle fanerogame marine, il dataset fornito da CNR-ISMAR è stato semplificato, utilizzando solamente le quote di misura della velocità di corrente che presentavano sequenze di dati complete, ovvero che erano state rilevate in tutte le stazioni del transetto.

I dati relativi alla profondità delle stazioni nei tre 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 4.3, in riferimento ai tre transetti presi in esame, 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.

Dalle misure rilevate in due diversi momenti della fase di marea (nella figura 4.3, il profilo in verde si riferisce ad un momento di marea ancora sostenuto (crescente), mentre quello in rosso ad un momento della marea oramai in attenuazione), per il "transetto L4", si evidenzia come il dimezzamento della velocità si verifichi tra la stazione più vicina e quella più lontana dal canale, cioè in un intervallo di circa 50 m.

Lungo il "transetto L5", dove le variazioni sono valutate in un intervallo di circa 150 m, la velocità della corrente evidenzia un andamento solo in parte divergente; il profilo in verde, che si riferisce ad un momento di marea ancora sostenuto (crescente), vede la velocità aumentare man mano che ci si avvicina al canale, mentre per quello in rosso, che si riferisce ad un momento di stasi della marea (tra crescente e calante), i valori della velocità sono quasi nulli.

Nel transetto MT le misure della velocità eseguite da CNR-ISMAR non sono puntiformi per livello di profondità dal fondale, ma si riferiscono ad una media dei valori registrati lungo la colonna d'acqua. Le tre serie di misure, riferite questa volta tutte a condizioni di marea calante, in un solo caso mostrano un chiaro trend della velocità (serie dati in rosso nel grafico di figura 4.3, "transetto MT"), mentre nelle altre due serie (in verde e arancione), si registra un decorso altalenante di questo parametro lungo il transetto.

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

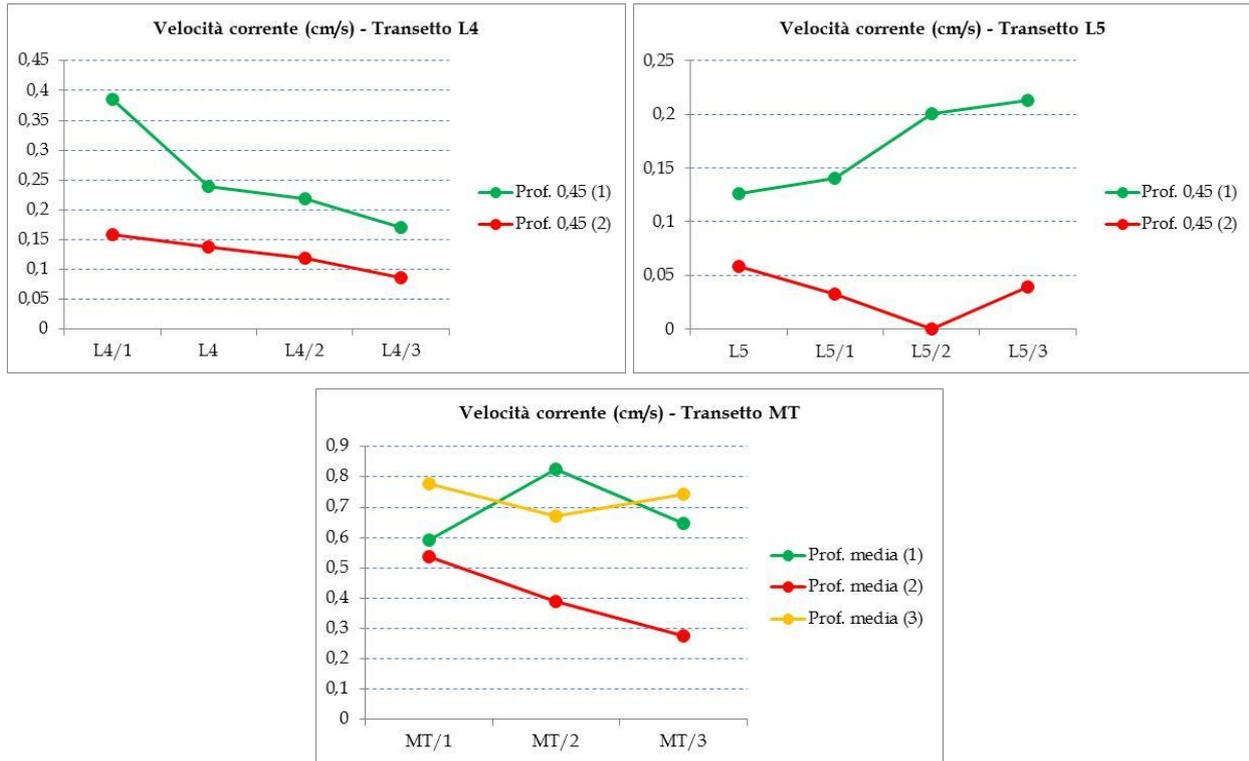


Figura 4.3 – Valori della velocità della corrente (cm/s), nelle stazioni dei tre transetti. Nei transetti L4 ed L5 i valori si riferiscono a velocità puntuali misurate a 45 cm dal fondo, mentre nel transetto MT i valori della velocità si riferiscono alla media di più misure lungo il profilo verticale.

Nella figura 4.4 è riportato graficamente il set completo di misure delle velocità medie rilevate da CNR-ISMAR lungo tutto il transetto MT e non solamente nelle stazioni inerenti le fanerogame marine (MT/1, MT/2 e MT/3).

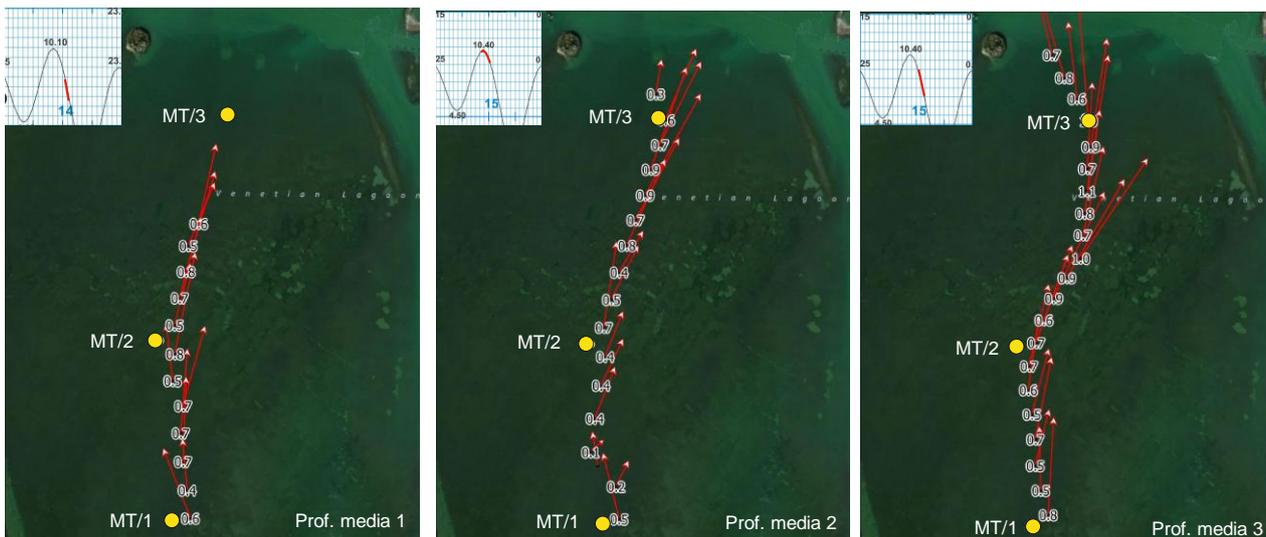


Figura 4.4 – Valori della velocità della corrente (cm/s), nelle stazioni del transetto MT, rilevati a differenti livelli di profondità (media 1-2-3).

Come si rileva dai valori statisticamente significativi ($p < 0,05$, evidenziati in rosso) riportati in tabella 4.1, per il “**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 fenologici delle fanerogame (densità della prateria e lunghezza del ciuffo).

Al diminuire della profondità, non potendo emergere e rimanere con le foglie eccessivamente in superficie, la pianta è costretta a ridurre la dimensione dell'apparato fogliare (correlazione positiva tra profondità e lunghezza foglie) e, come si rileva anche da letteratura [Thomet *al.*, 2011], per la maggiore radiazione luminosa aumenta anche la densità dei ciuffi fogliari (correlazione negativa tra densità e profondità). Le correlazioni con la distanza dal canale e le due variabili abiotiche, densità e lunghezza foglie, è fortemente influenzate dalla profondità, che si riduce dal margine del canale verso l'interno della prateria.

Nel "transetto L5", che presenta una lunghezza superiore (140 m) e un diverso sviluppo morfologico del precedente (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), le correlazioni significative sono minori e, per la fenologia delle fanerogame, solo la densità dei ciuffi appare correlata con i parametri abiotici distanza dal canale e profondità. Nel 2011 (Studio B.6.72 B/7) la correlazione era, invece, presente tra la lunghezza delle foglie i parametri abiotici distanza dal canale e profondità. Per giustificare tali differenze, si riconfermano le valutazioni già fatte nel precedente anno, circa la minore omogeneità della prateria e la mutevole morfologia del fondale (variabilità del sedimento, presenza di dossi, lunghezza del transetto).

Nel **transetto MT**, che presenta una lunghezza superiore (1280 m), si riconfermano le correlazioni tra i parametri abiotici distanza del canale e profondità ed i parametri fenologici delle fanerogame densità e lunghezza ciuffo. In relazione a questo transetto, si precisa che per la morfologia dei fondali e la localizzazione delle stazioni (scelte volutamente con l'intento di limitare le variabili esterne, ad es. situate sulla stessa fanerogama), la differenza di profondità tra le stazioni è limitata (circa 24 cm, rispetto ai 30 cm del "transetto L4" e 70 cm del "transetto L5").

Nel confronto con i dati rilevati nel 2011 [MAG. ACQUE - CORILA, 2012b] per la bocca di Lido ("transetto L4 e L5") si rilevano sostanziali differenze; nel 2011, infatti, le correlazioni significative tra i parametri abiotici e quelli fenologici/epifitici delle fanerogame del "transetto L4" erano limitate (13% dei test), mentre nel 2012 sono salite al 94% dei test, confermando come distanza dal canale, la profondità delle stazioni e la velocità della corrente siano fattori che possono influenzare le dinamiche biologiche dell'habitat "fanerogame".

In riferimento al "transetto L5", il confronto tra il 2011 e il 2012 non evidenzia grandi differenze (80% dei test significativi nel 2011 e 69% dei test nel 2012). In particolare, si rileva come sia per il "transetto L4" che per quello L5 siano presenti correlazioni significative tra i parametri abiotici (distanza canale, profondità e velocità corrente) e i parametri epifitici (numero specie e biomassa).

Nella valutazione delle relazioni esistenti tra velocità e variazione dei parametri degli epifiti, non appare facile separare il contributo portato dal decremento della profondità. Si è notato, infatti, che in certe condizioni di marea crescente, la velocità della corrente è superiore nelle stazioni interne rispetto a quelle di margine canale, probabilmente per l'effetto della diminuzione della profondità.

Al pari, la diminuzione della lunghezza fogliare che si determina nelle stazioni interne in seguito alla riduzione della profondità limita la disponibilità di spazio per gli epifiti rendendo le coperture degli epifiti percentualmente più elevate.

A titolo di esempio, nella figura 4.5 sono riportati i grafici di correlazione tra la velocità della corrente e i parametri degli epifiti misurati nel "transetto L4" riferiti a due successivi momenti della marea (crescente e crescente in attenuazione). Le complessità delle dinamiche sopra descritte, con più variabili che spesso interagiscono tra di loro in modo sinergico o antagonista, si possono in

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

parte cogliere dai grafici riportati in figura 4.5 dove si rilevano correlazioni lineari, ma spesso anche ad andamento sinusoidale.

Le stesse indagini del gruppo di ricerca del CNR-ISMAR, segnalano, per la zona di transizione tra basso fondale e canale principale della stazione L5 a Lido, la presenza di correnti a struttura vorticoso [MAG. ACQUE-CORILA, 2013d]. Direzioni anomale della corrente sono state rilevate anche a Malamocco in concomitanza delle fasi di marea calante finali.

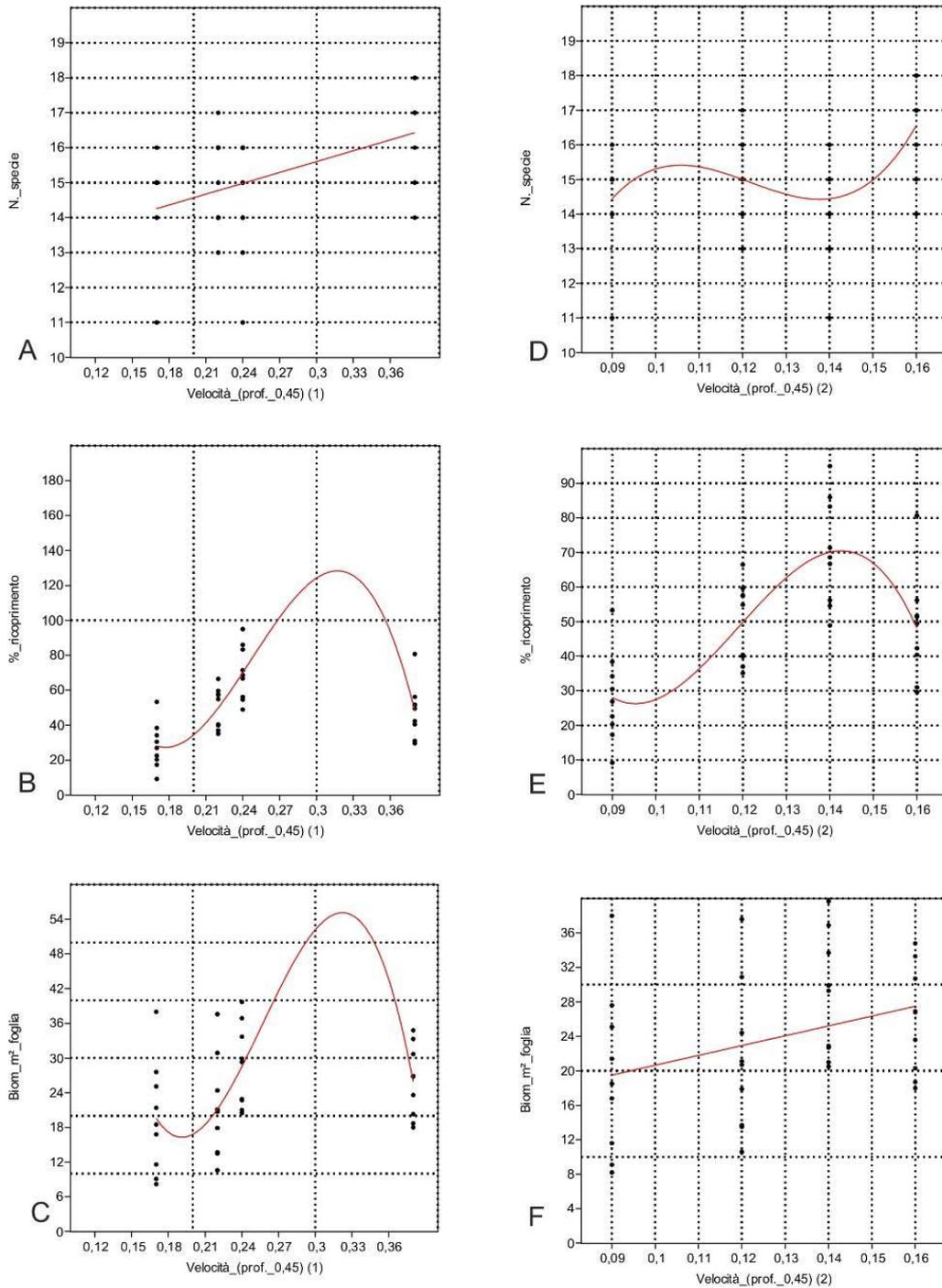


Figura 4.5 – “Transetto L4”: esempi di grafici di correlazione in due momenti diversi della marea crescente (si veda fig. 4.3) tra la velocità della corrente (alla quota 0,45 m dal fondale) e i parametri degli epifiti (n. specie, ricoprimento % e biomassa).

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 (agosto 2012, marea crescente)	Densità	Lunghezza ciuffo	N. specie	Ricoprimento epifite	Biomassa epifite
Distanza canale	8,688E-10	9,954E-05	0,012	7,131E-06	0,037
Profondità stazione (l.m.m.)	8,688E-10	2,029E-04	0,012	2,001E-06	0,019
Velocità corrente (0,45 m dal fondale)	n.c.	n.c.	0,002	7,131E-06	0,089
Velocità corrente (0,45 m dal fondale)	n.c.	n.c.	0,012	7,131E-06	0,036
L5 (agosto 2012, marea crescente)	Densità	Lunghezza ciuffo	N. specie	Ricoprimento epifite	Biomassa epifite
Distanza canale	6,98E-03	0,259	0,003	0,103	8,64E-09
Profondità stazione (l.m.m.)	0,012	0,433	0,005	0,061	8,346E-10
Velocità corrente (0,45 m dal fondale)	n.c.	n.c.	0,002	0,085	5,63E-08
Velocità corrente (0,45 m dal fondale)	n.c.	n.c.	0,005	0,182	5,63E-08
MT (novembre 2012, marea calante)	Densità	Lunghezza ciuffo	N. specie	Ricoprimento epifite	Biomassa epifite
Distanza canale	0,022	1,54E-08	0,127	0,001	0,161
Profondità stazione (l.m.m.)	0,022	1,54E-08	0,127	0,001	0,186
Velocità corrente (media)	n.c.	n.c.	0,079	8,60E-04	0,993
Velocità corrente (media)	n.c.	n.c.	0,127	1,54E-08	0,160
Velocità corrente (media)	n.c.	n.c.	0,079	0,656	0,224

5 MODELLAZIONE MATEMATICA IDRO-MORFODINAMICA DELLA TORBIDITÀ NELLE AREE A PRATERIE A FANEROGAME MARINE

Tra gli obiettivi di questa attività vi è quello di verificare l'esistenza o meno, nelle bocche di porto di Lido e di Malamocco, di variazioni idrodinamiche e della torbidità tra la fase antecedente la realizzazione delle opere (*ante operam*) e quella attuale (2012), 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 2012 e 2013 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 alle bocche di Lido e di Malamocco.

Per ciò che riguarda questo rapporto, si fa riferimento ad alcune elaborazioni grafiche riportate nella relazione del Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA [2013c]e che risultano di interesse per alcune considerazioni sulle praterie a fanerogame marine.

Nelle figure 5.1 e 5.2 è riportato il modello matematico che raffigura le variazioni delle velocità riferite ad un intero ciclo di marea tra la fase *ante operam* e quella attuale per la bocca di porto di Lido, durante una marea di sizigia e di quadratura in aree di canale e di basso fondale dove sono presenti le praterie a fanerogame. Nella figura 5.3 è riportato un particolare dell'area del canale di S. Nicolò dove sono presenti significative variazioni idrodinamiche tra stato *ante operam* e quello attuale, in prossimità di praterie a fanerogame marine di elevato interesse ecologico.

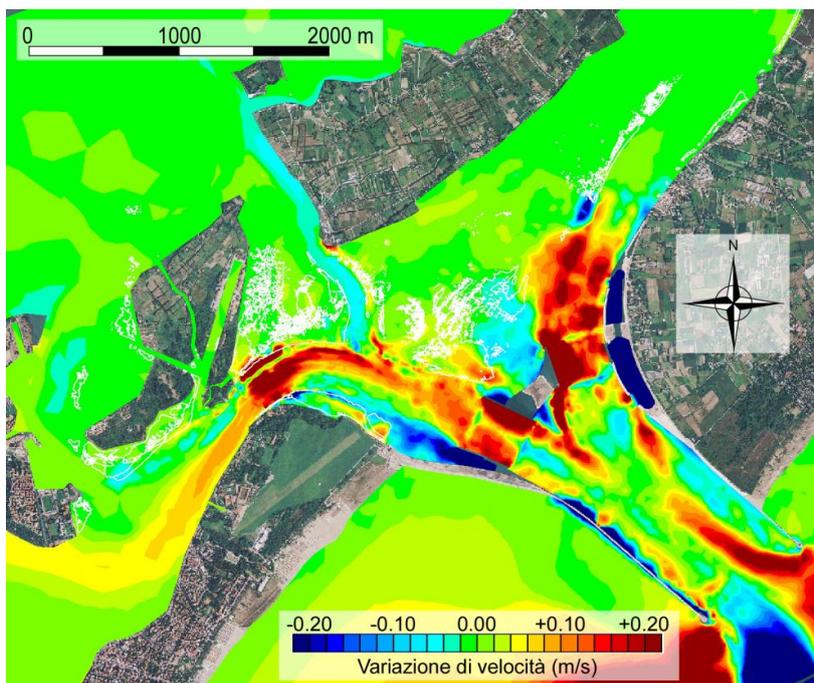


Figura 5.1 - Variazioni delle velocità della corrente tra la fase *ante operam* e lo stato attuale, riferite alla marea entrante. In bianco sono raffigurate le praterie a fanerogame marine.

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

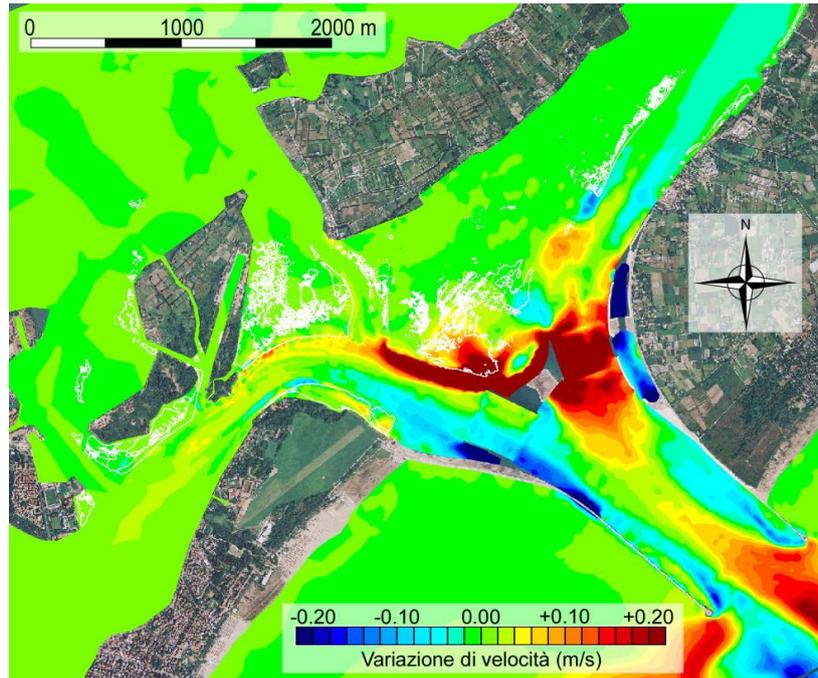


Figura 5.2 - Variazioni delle velocità della corrente tra la fase *ante operam* e lo stato attuale, riferite alla marea uscente. In bianco sono raffigurate le praterie a fanerogame marine.

Nelle figure 5.1-5.3, le aree bianche rappresentano le 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.

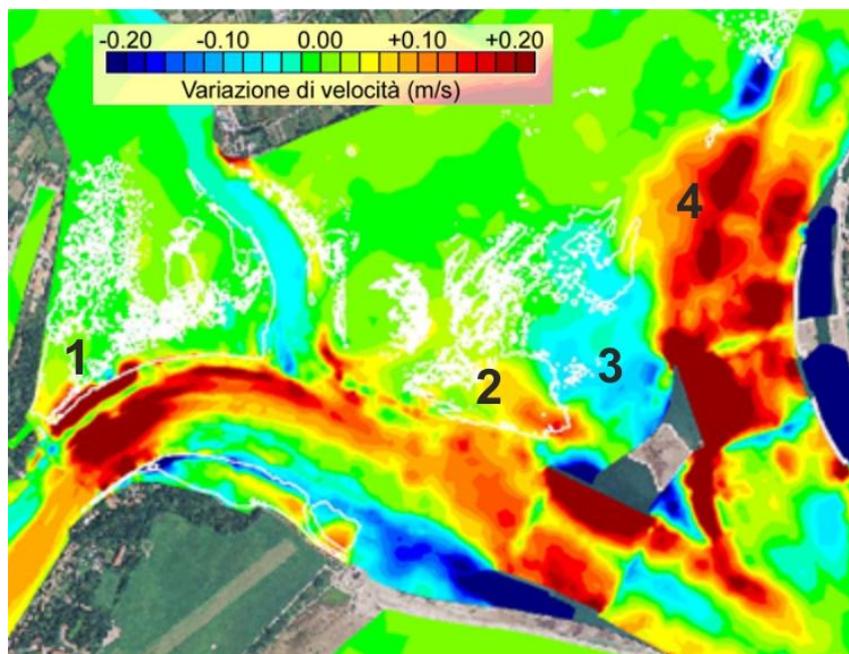


Figura 5.3 - Variazioni delle velocità della corrente tra la fase *ante operam* e lo stato attuale, riferite ad un intero ciclo di marea entrante. In bianco sono raffigurate le praterie a fanerogame marine.

Per quanto riguarda i possibili effetti ed implicazioni sulle praterie a fanerogame marine della bocca di Lido, il Rapporto Finale della Modellizzazione delle praterie a fanerogame [Magistrato alle Acque - CORILA, 2013c] riporta che:

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

- le modifiche apportate alla morfologia della bocca di porto determinano, secondo il modello, una riduzione della portata in marea entrante del 2-3% e un incremento simile in marea calante;
- nella fase di sizigia le variazioni di velocità (in incremento) raggiungono valori dell'ordine della decina di cm/s solo nei canali principali e sui bordi delle aree di bassofondo, mentre all'interno dei basso fondi stessi sono nel complesso modeste;
- l'incremento di velocità più importante si osserva lungo il margine meridionale della prateria situata in prossimità del forte S. Andrea (punto 1, fig. 5.3) in particolar modo in fase di riflusso, quando le variazioni di velocità si attestano su valori medi di circa 40-50 cm/s, ma possono raggiungere localmente valori massimi di circa 80 cm/s. In questo tratto di prateria non si rilevano significative variazioni negli anni;
- in corrispondenza della porzione occidentale della prateria di fanerogame situata a ridosso dell'isola artificiale (punto 2, fig. 5.3) si osserva un incremento generalizzato delle velocità dell'ordine dei 10 cm/s, in particolare lungo il margine più vicino all'isola artificiale, dove, specialmente in fase di riflusso, le velocità possono raggiungere localmente valori massimi di 20 cm/s. Come segnalato nei Rapporti Finali "Matrice Fanerogame" degli Studi B.6.78 B/7 e B/8 [MAG. ACQUE - CORILA, 2012ab, 2013b], in seguito all'incremento delle velocità sono stati osservati fenomeni di erosione e scalzamento del margine delle praterie lungo un tratto iniziale del canale di S. Nicolò (punto 2, fig. 5.3). Nel 2012 si conferma la presenza di processi erosivi nella parte più estrema della prateria retrostante la nuova isola e lungo il primo tratto del canale di S. Nicolò;
- nel tratto di canale retrostante l'isola tra marea entrante e uscente si determinano variazioni di velocità apprezzabili (30-50 cm/s). Gli specifici monitoraggi alla prateria adiacente (si veda al riguardo il Rapporto Finale "Matrice fanerogame", MAG. ACQUE-CORILA, 2013b) evidenziano un arretramento della parte più esposta al margine del canale;
- la porzione orientale della prateria retrostante la nuova isola situata in prossimità del canale Treporti (punto 3, fig. 5.3) è, invece, caratterizzata da una riduzione generalizzata delle velocità compresa tra i 5 e i 10 cm/s. L'incremento di estensione delle praterie a *Cymodocea nodosa*, ma soprattutto di *Zostera marina* da tempo assente nell'area e giunta molto probabilmente tramite semi, conferma le indicazioni del modello circa la riduzione delle velocità;
- nel tratto iniziale del Canale di Treporti (punto 4, fig. 5.3) ci sono incrementi significativi delle velocità che interessano limitatamente le praterie posizionate lungo una fascia parallela al margine del canale ma per una larghezza di 10-15 m. In questo tratto le fanerogame marine sono scarse mentre sembrano rimanere indenni ed in espansione quelle poste parallelamente al canale di Treporti;
- nel complesso, gli incrementi delle velocità della corrente determinano effetti solamente lungo alcuni margini delle praterie mentre, nel complesso della bocca, non sembrano esserci significativi incrementi nelle aree interne alle praterie.

Per quanto riguarda la bocca di porto di Malamocco, nelle figure 5.4 e 5.5 è riportato il modello matematico che raffigura le variazioni delle velocità riferita ad un intero ciclo di marea tra la fase *ante operam* e quella attuale, durante una marea di sizigia e di quadratura in aree di canale e di basso fondale dove sono presenti le praterie a fanerogame.

Per quanto riguarda i possibili effetti ed implicazioni sulle praterie a fanerogame marine della bocca di Malamocco, il Rapporto Finale della Modellizzazione delle praterie a fanerogame [Magistrato alle Acque - CORILA, 2013c] riporta che:

- a seguito della realizzazione delle opere si determina una riduzione della portata del 10-15% in marea uscente e del 5% in marea entrante;

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

- non si evidenziano apprezzabili variazioni della velocità in prossimità delle praterie a fanerogame, sia in marea di sizigia, sia di quadratura;
- le variazioni delle velocità che si rilevano nei grafici riguardano quasi esclusivamente le aree comprese tra i moli foranei. Le praterie di quest'area evidenziano piccole perdite nei punti di maggiore turbolenza ed espansioni nelle aree più riparate.

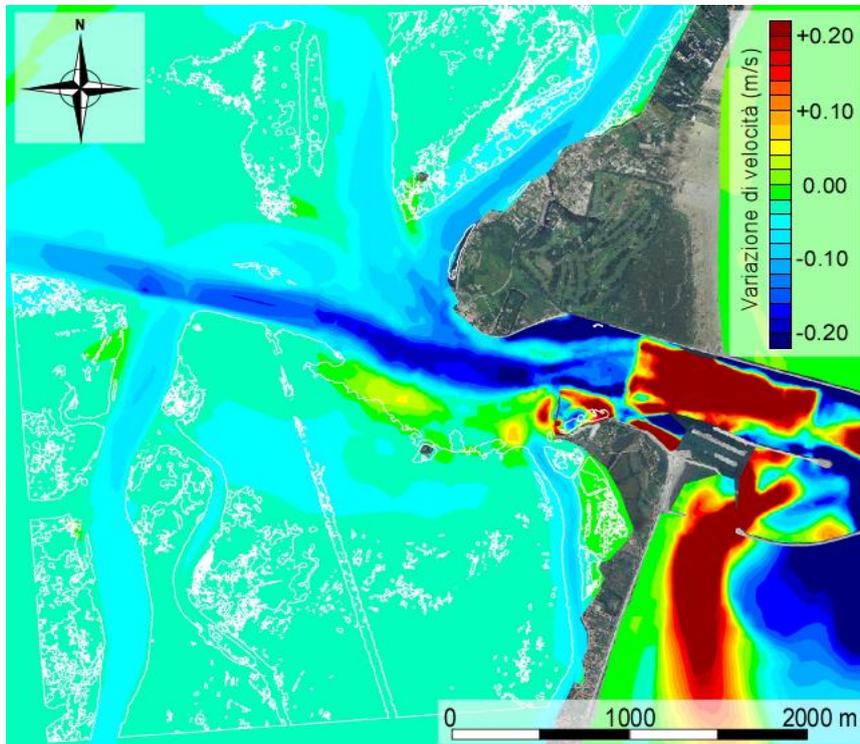


Figura 5.4 - Variazioni delle velocità della corrente tra la fase *ante operam* e lo stato attuale, riferite alla marea entrante. In bianco sono raffigurate le praterie a fanerogame marine.

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

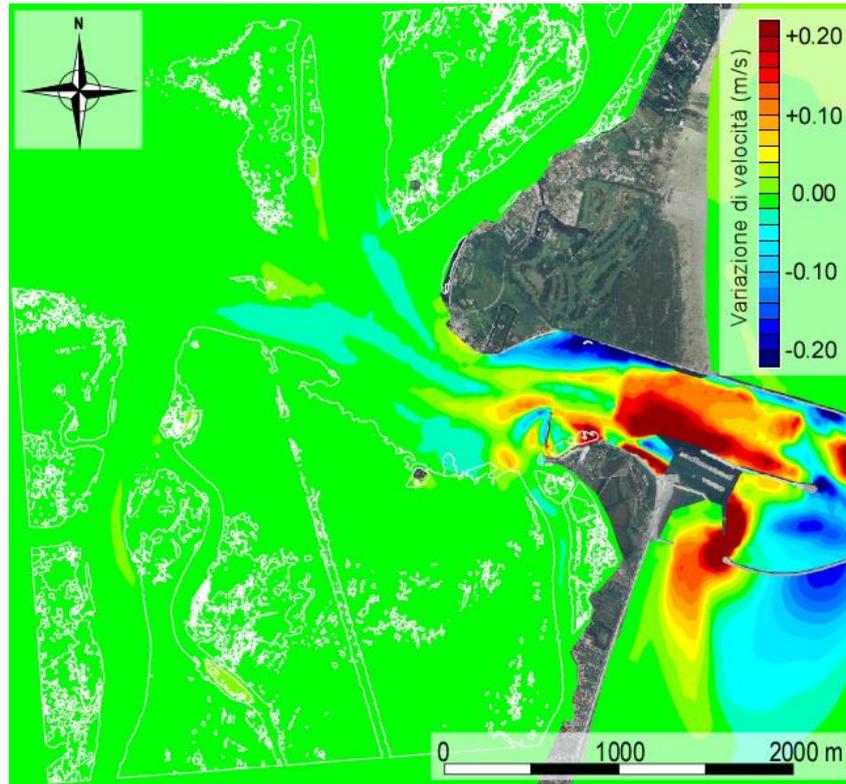


Figura 5.5 – Variazioni delle velocità della corrente tra la fase *ante operam* e lo stato attuale, riferite alla marea uscente. In bianco sono raffigurate le praterie a fanerogame marine.

Riguardo alla torbidità della colonna d'acqua e alla risospensione dei sedimenti generati dall'effetto combinato di correnti e dal moto ondoso, valgono le valutazioni eseguite dal gruppo di lavoro DICEA-UNIPD [Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA, 2013c] che ha tenuto conto di due eventi meteorologici sintetici, caratterizzati dalla marea di sizigia e dalla marea di quadratura con un vento di bora (45°N) di intensità costante (15 m/s) per tutta la durata delle simulazioni. Per la bocca di porto di Lido i modelli non evidenziano differenze apprezzabili nella concentrazione massima di sedimenti in sospensione, in accordo con quanto già evidenziato nello Studio B.6.72 B/7 [Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA, 2012c]. In particolare per le fanerogame marine non emerge alcuna differenza in prossimità della prateria a ridosso del forte S. Andrea (aree oggetto di incrementi invece della velocità), mentre si osserva una riduzione globale della concentrazione massima (di piccola entità, circa 5-10 mg/l) sulla prateria situata in prossimità dell'isola artificiale, per la protezione fornita dall'isola stessa.

Differenze di piccola entità sulla distribuzione dei sedimenti in sospensione si osservano tra le due configurazioni (stato *ante operam* ed attuale) nella bocca di Malamocco, in particolare, in condizioni di sizigia (fig. 5.6). Riduzioni dei valori dell'ordine di 10-15 mg/l si rilevano nella prateria situata a nord della bocca, per quella situata ad ovest del canale Spignon o in corrispondenza di quella situata tra il canale Spignon e il canale di S. Pietro. Per le praterie situate a sud della bocca, invece, non si evidenziano differenze di rilievo tra le configurazioni *ante operam* ed attuale.

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

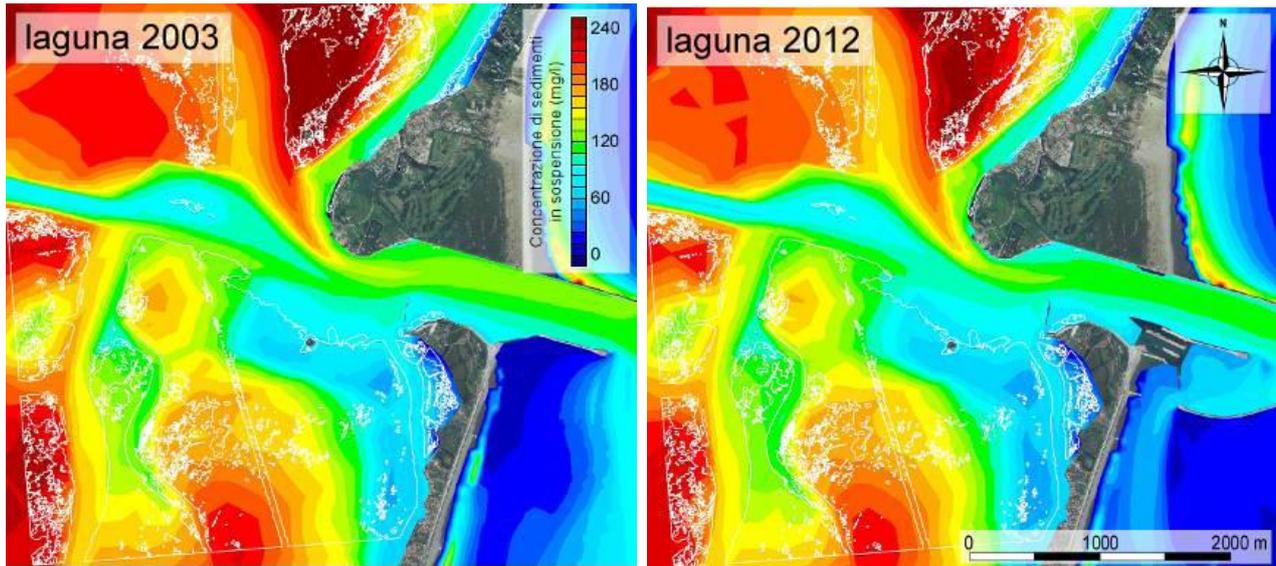


Figura 5.6 - Concentrazioni massime di sedimenti in sospensione in condizioni di flusso alla bocca di Malamocco indotte dall'effetto combinato di correnti e moto ondoso per le configurazioni *ante operam* (laguna 2003) e lo stato attuale (laguna 2012). In bianco sono raffigurate le praterie a fanerogame marine.

Riassumendo, dai risultati dei modelli matematici, per quanto riguarda gli aspetti della torbidità, non sembrano quindi emergere influenze sulle dinamiche delle fanerogame marine e in particolare dell'epifitismo dei ciuffi fogliari. Come riportato anche nel Rapporto Finale della matrice "fanerogame", i dati del monitoraggio relativo alla **torbidità** delle sonde fisse dello studio B.6.72B/8 [MAG. ACQUE - CORILA, 2013d] non indicano variazioni marcate per questo parametro per il periodo 2012-2013. In merito alla **sedimentazione** sulle lamine fogliari, durante i tre controlli stagionali del presente studio (maggio, agosto e novembre), in nessuna stazione delle tre bocche di porto sono stati rinvenuti ciuffi con deposizione anomala di particellato sulle lamine o riscontrate situazioni in cui erano presenti ciuffi fogliari con uno sviluppo limitato o incrementi dei fenomeni di necrosi.

6 CONSIDERAZIONI FINALI

In merito allo “studio dell’effetto margine”, le valutazioni condotte sui transetti della bocca di porto di Lido (Studi B.6.72 B/7 e B/8) e di Malamocco (Studio B.6.72B/8), 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 sino ad ora non ben conosciuti.

L’analisi pluriennale della componente epifita, tra la fase *ante operam* e i monitoraggi B.6.72 B/1-B/8, 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 ed il primo monitoraggio);
- la struttura e la composizione della comunità epifita non hanno subito una trasformazione radicale, poiché principalmente si sono modificati 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 sta agendo lentamente, ma in modo costante nel tempo, e che modifica gradualmente la comunità epifitica. Le rappresentazioni grafiche dell’analisi MDS (figura 3.4) mostrano una modalità di raggruppamento dei monitoraggi B.6.72 B/1-B/8 ordinata lungo una sequenza temporale progressiva. In particolare si rileva come i dati in tutte le bocche, ma in particolare per Lido, indichino, per il 2012, un ritorno verso lo stato dei primi anni del monitoraggio.

Nella valutazione dell’andamento dei parametri relativi all’epifitismo lungo i transetti, come nel precedente Studio B.6.72 B/7, le conclusioni non sono univoche per le due bocche indagate. Il numero di specie, il ricoprimento e la biomassa evidenziano correlazioni statisticamente significative con la velocità della corrente nei transetti L4 ed L5 della bocca di Lido; il numero di specie sembra il parametro che maggiormente risente di tale variazione, mentre ricoprimento e biomassa non sempre evidenziano correlazioni significative. Nelle analisi del precedente studio B/7, le relazioni significative risultavano limitate in entrambi i transetti L4 ed L5.

Nel transetto della bocca di porto di Malamocco (MT), le correlazioni tra la velocità della corrente e i parametri epifitici sono limitate, risultando significative in parte solo per il ricoprimento e mai per il numero di specie e la biomassa. Al riguardo, il modello matematico relativo alle velocità non evidenzia variazioni tra la fase *ante operam* e quella attuale.

Nel complesso, nella valutazione delle correlazioni tra la velocità e i parametri dell’epifitismo non appare facile separare l’effetto dato dalla riduzione della velocità da quello dovuto alla profondità, in quanto entrambi i parametri riducono il proprio valore spostandosi verso l’interno delle praterie. Per comprendere queste dinamiche, va precisato che la riduzione della profondità determina una minore lunghezza dei ciuffi fogliari e di conseguenza limita 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.

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

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 sopraccitati tendono a diminuire, la pianta denota invece un aumento della densità. Un trend non chiaro, però, si rileva per il numero di specie totale e medio, mentre più definite sono le tendenze per ricoprimento e biomassa, che si riducono in valore verso il margine del canale.

Nel "transetto L5", che si estende per 140 m dal margine del canale, come nel precedente Studio B.6.72 B/7, sono i parametri fenologici a non dare precise indicazioni, mentre quelli relativi all'epifitismo mostrano solo per la biomassa un trend chiaro (in aumento verso il margine del canale), mentre numero di specie totale e medio e del ricoprimento hanno un andamento a campana, con massimi al centro del transetto e minimi agli estremi.

Nel transetto MT, che si estende per 1280 m, vi sono alcuni parametri che mostrano un chiaro trend (lunghezza dei ciuffi e della ligula in incremento verso il margine del canale; biomassa degli epifiti in riduzione verso il margine) mentre per densità, numero totale e medio di specie e ricoprimento non si nota una tendenza definita tra la prima e l'ultima stazione del transetto.

I risultati della modellazione matematica idro-morfodinamica identificano punti critici per l'aumento delle velocità in configurazione attuale che, solamente lungo il tratto iniziale del Canale di S. Nicolò a Lido, trovano riscontro sulle dinamiche delle praterie a fanerogame marine osservate negli ultimi due anni (erosione del margine). Nel complesso della bocca di porto di Lido, le praterie distanti dai canali principali non sembrano risentire degli incrementi della velocità dovuti alle modifiche morfologiche apportate dalle opere alla bocca.

In relazione alla torbidità e alla risospensione dei sedimenti, per la bocca di porto di Lido, i modelli matematici non evidenziano differenze apprezzabili, mentre differenze di piccola entità si osservano tra le due configurazioni (*ante operam* ed attuale) nella bocca di Malamocco.

7 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 *Hydrobiaulvae* 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. Rapporto Finale. 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. Attività di analisi integrata dei risultati modellizzazione, campionamento fanerogame marine e torbidità. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA, 2012c. 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. Modellazione matematica idromorfodinamica delle praterie a fanerogame marine.

Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA, 2013a. Studio B.6.72 B/8. 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, 2013b. Studio B.6.72 B/8. 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, 2013c. Studio B.6.72 B/8. 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 idromorfodinamica delle praterie a fanerogame marine.

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

Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA, 2013d. Studio B.6.72 B/8. 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.

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/>