



**Consorzio per il coordinamento delle ricerche
inerenti al 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/9**

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

Contratto Thetis-CORILA n. 132000442

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

Versione **1.0**

Emissione **1 Luglio 2014**

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	7
2.1 Attività: Verifica dei dati raccolti alle stazioni mediante esecuzione di transetti aggiuntivi per lo studio di "effetto margine"	7
2.1.1 Scelta delle stazioni per l'esecuzione dei transetti	8
2.1.2 Attività di campo per lo studio di "effetto margine"	12
2.1.3 Attività di laboratorio per lo studio di "effetto margine"	13
2.2 Attività: Modellazione matematica idro-morfologica delle praterie a fanerogame marine	14
2.2.1 Attività di campo legate all'analisi modellistica	14
3 ANALISI PLURIENNALE DELLE DINAMICHE DEGLI EPIFITI	16
4 ANALISI DEI DATI (TRANSETTI) PER LO STUDIO DELL'"EFFETTO MARGINE"	25
4.1 Presentazione dei dati.....	25
4.2 Transetto bocca di porto di Malamocco (novembre 2013).....	25
4.2.1 Parametri fenologici delle praterie a fanerogame	25
4.2.2 Parametri relativi agli epibionti.....	26
4.3 Transetti bocca di porto di Chioggia (novembre/ dicembre 2013)	26
4.3.1 Parametri fenologici delle praterie a fanerogame	26
4.3.2 Parametri relativi agli epibionti.....	27
4.4 Confronto tra i parametri biotici delle fanerogame e le variabili abiotiche	30
5 MODELLAZIONE MATEMATICA IDRO-MORFODINAMICA E DELLA TORBIDITÀ NELLE AREE A PRATERIE A FANEROGAME MARINE	36
6 CONSIDERAZIONI FINALI	41
7 BIBLIOGRAFIA	43

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 Malamocco e Chioggia.

Questa attività è stata inserita, a partire dal monitoraggio dello Studio B.6.72 B/7 [MAG. ACQUE - CORILA, 2012b], 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* [MAG. ACQUE - CORILA, 2005b], sono avvenute variazioni, differenti per intensità tra le tre bocche, che hanno interessato il numero di specie e l'abbondanza degli epibionti sulle lamine fogliari.

Nel Rapporto Finale di ciascun monitoraggio delle praterie a fanerogame marine è stata eseguita una valutazione di quanto osservato per gli epibionti 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 Studi B.6.72 B/7, B/8 e B/9 [MAG. ACQUE - CORILA, 2012a; 2013a; 2014a], in accordo con quanto osservato anche nei precedenti anni di monitoraggio, indicano che le differenze riscontrate nella comunità epibionte per il numero di taxa (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 epibionti 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 quello del monitoraggio *ante operam*. Considerando gli ultimi 30 anni, infatti, il 2002 è tra 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 alle sonde fisse delle bocche di porto non hanno indicato, negli anni, variazioni marcate per questo parametro tali da giustificare le variazioni osservate [MAG. ACQUE - CORILA, 2012d; 2013c; 2014b]. 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 (superficie fogliare foto sinteticamente attiva) e la percentuale di superficiale 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 al solito, il livello di **sedimentazione** sulle lamine fogliari non ha mai portato a variazioni nella comunità di epibionti 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; 2013a; 2014a].

1.2 Obiettivi

Questa attività di monitoraggio ha l'obiettivo di verificare l'esistenza o meno di possibili risentimenti a carico delle praterie come conseguenza di 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 della componente epibionte, infatti, negli Studi B.6.72 B/7, B/8 e B/9 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 epibionte 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.

Le misure biologiche, già previste dal monitoraggio delle praterie a fanerogame nelle 18 stazioni della serie storica, sono state quindi estese anche a:

- 2 transetti a Lido (B.6.72 B/7 e B/8) localizzati in corrispondenza di 2 stazioni di misura già esistenti (L4 e L5);
- 1 transetto a Malamocco (B.6.72 B/8) con stazioni tutte ex novo;
- 1 transetto a Malamocco (B.6.72 B/9) localizzato in corrispondenza di 1 stazione di misura già esistente (M3);
- 2 transetti a Chioggia (B.6.72 B/9) localizzati in corrispondenza di 2 stazioni di misura già esistenti (C2-bis e C5).

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

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 e in quella di Chioggia nei transetti sono incluse anche due stazioni della rete fissa del piano di monitoraggio.

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 poiché soggetta, complessivamente, ad una minore pressione antropica. A partire dallo Studio B.6.72 B/9, non sono più stati esaminati i due transetti di Lido; in conformità con il precedente studio (B.6.72 B/8), invece, è stato mantenuto un transetto a Malamocco (diverso, però, da quello del 2012). A partire dal presente studio, infine, è stata presa in considerazione la bocca di porto di Chioggia.

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 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) verificatisi 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.

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 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”.

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

In questo rapporto i dati relativi a queste attività saranno esaminati per la parte che riguarda in modo specifico le fanerogame marine e le possibili implicazioni sulle dinamiche degli epibionti.

Per una disamina approfondita 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, 2014b; 2014c].

2 ATTIVITA' ESEGUITE

2.1 Attività: Verifica dei dati raccolti 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 un transetto nella bocca di Malamocco e in due transetti nella bocca di Chioggia, selezionati nel corso di indagini propedeutiche.

Tenuto conto delle caratteristiche delle praterie delle bocche di porto di Malamocco e Chioggia e della necessità di disporre di praterie con specifiche caratteristiche per estensione, batimetria e idrodinamica, a Malamocco è stato individuato un transetto con le stazioni aggiuntive passanti per il sito M3, a Chioggia due transetti con le stazioni aggiuntive passanti per le stazioni C2-bis e C5.

Per semplificare la presentazione dei risultati, il transetto di Malamocco sarà identificato come "transetto M3" (comprensivo delle stazioni M3, M3/1, M3/2 e M3/3), mentre i due transetti di Chioggia come "transetto C2-bis" (comprensivo delle stazioni C2-bis, C2-bis /1, C2-bis /2 e C2-bis /3) e "transetto C5" (comprensivo delle stazioni C5, C5/1, C5/2 e C5/3).

Viste le specifiche finalità dell'indagine relativa agli epibionti, 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 Malamocco e Chioggia				
Stazione	Est (m)	Nord (m)	Profondità (*) (cm)	Distanza dal canale (m)
M3/1	2309261	5022252	118	435 (**)
M3/2	2309579	5022263	75	120
M3	2309662	5022257	57	35
M3/3	2309688	5022264	128	10
C2-bis	2306172	5012798	77	450 (**)
C2-bis/1	2306263	5012762	115	360
C2-bis/2	2306373	5012724	153	250
C2-bis/3	2306524	5012670	174	100
C5	2306411	5012350	93	160 (**)
C5/1	2306454	5012368	112	120
C5/2	2306495	5012365	154	80
C5/3	2306549	5012386	177	40

(*) = Marea corretta rispetto allo zero mareale del mareografo della stazione idrografica di Punta della Salute.

(**) = La distanza tra M3/1, C2-bis e C5 e il canale sono considerate, rispettivamente, la lunghezza del transetto M3, di quello C2-bis e di quello C5.

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 Malamocco e Chioggia, mentre nelle figure 2.3 e 2.4 è riportata in dettaglio la disposizione dei transetti nelle due bocche di porto. Il transetto C2-bis è orientato in direzione ESE, quello C5 è in direzione ENE e quello M3 in direzione OE.

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

Presso ciascuno dei siti di campionamento (3 a Malamocco e 6 a Chioggia) 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 di Malamocco, la scelta di disporre il nuovo transetto lungo M3 ha tenuto conto di specifiche caratteristiche della prateria in termini di estensione, batimetria e idrodinamica.

Per la bocca di porto di Chioggia la scelta di posizionare i transetti lungo le stazioni C2-bis e C5 è legata soprattutto alla loro localizzazione su praterie uniformi ed estese e sulla possibilità di testare sia transetti corti (canale-stazione terminale [C5]: 160 m), sia transetti lunghi (canale-stazione terminale [C2-bis]: 450 m).

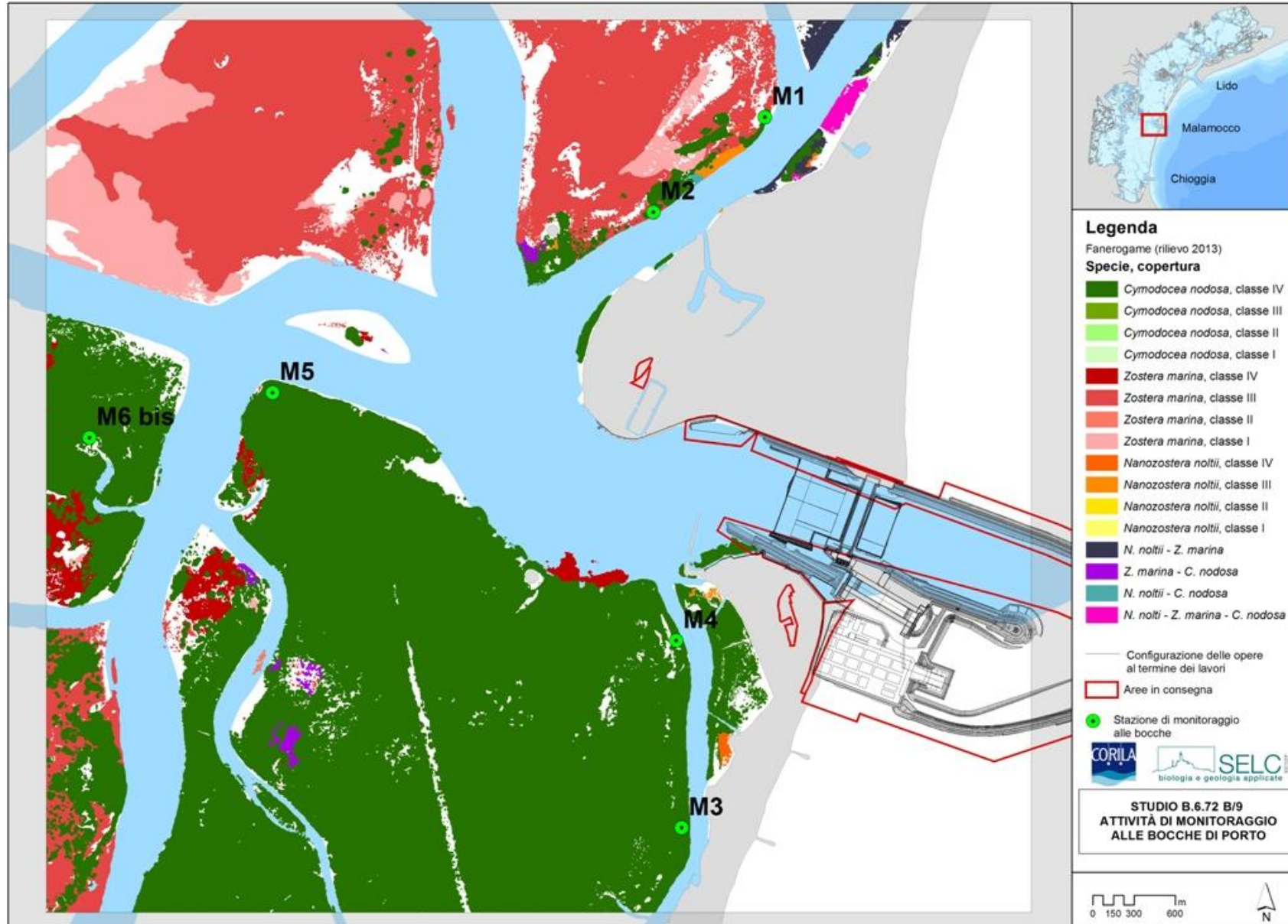


Figura 2.1 - Bocca di porto di Malamocco: stazioni di controllo delle fanerogame marine con sovrapposta la mappatura del 2013.

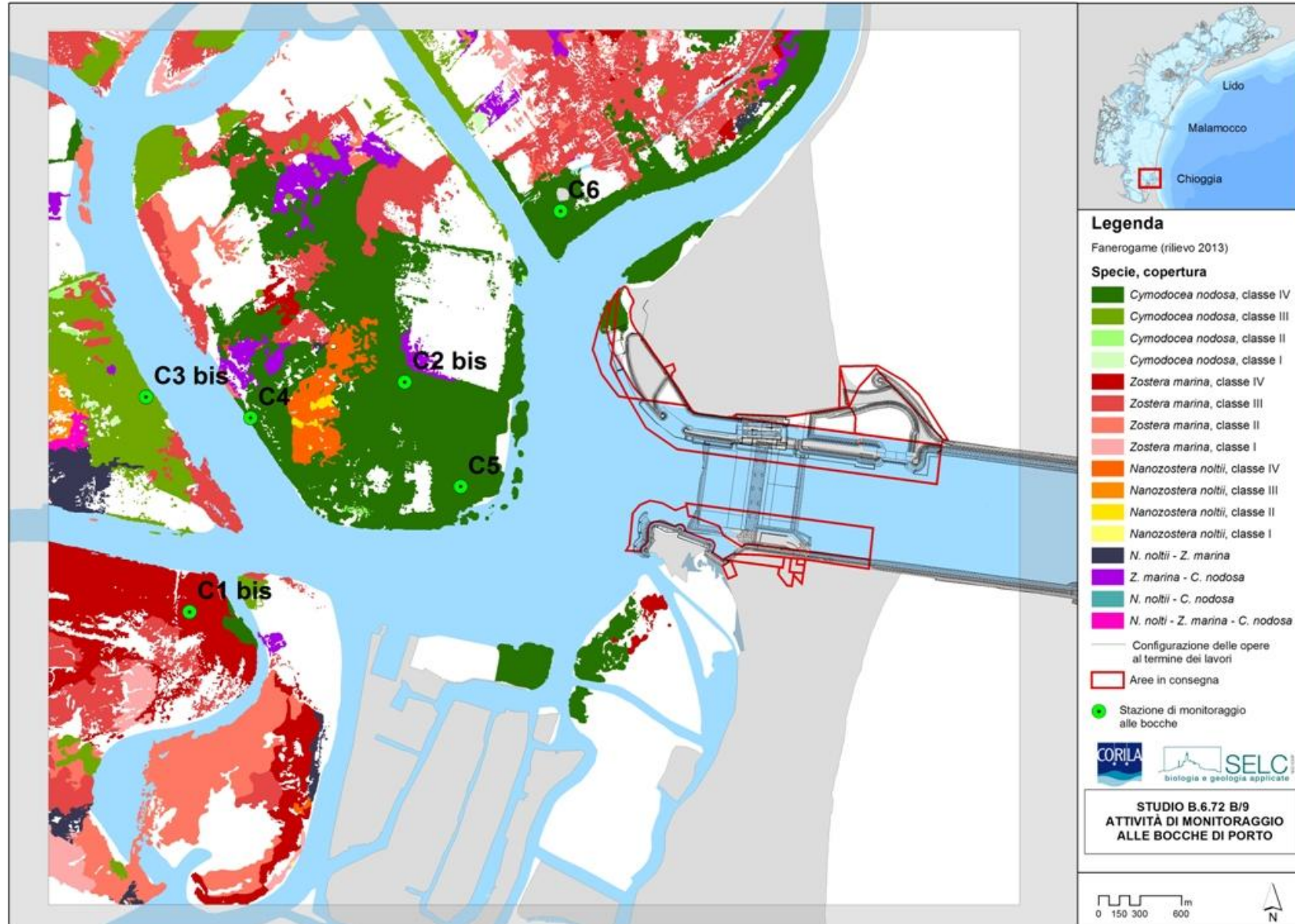


Figura 2.2 - Bocca di porto di Chioggia: stazioni di controllo delle fanerogame marine con sovrapposta la mappatura del 2013.

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

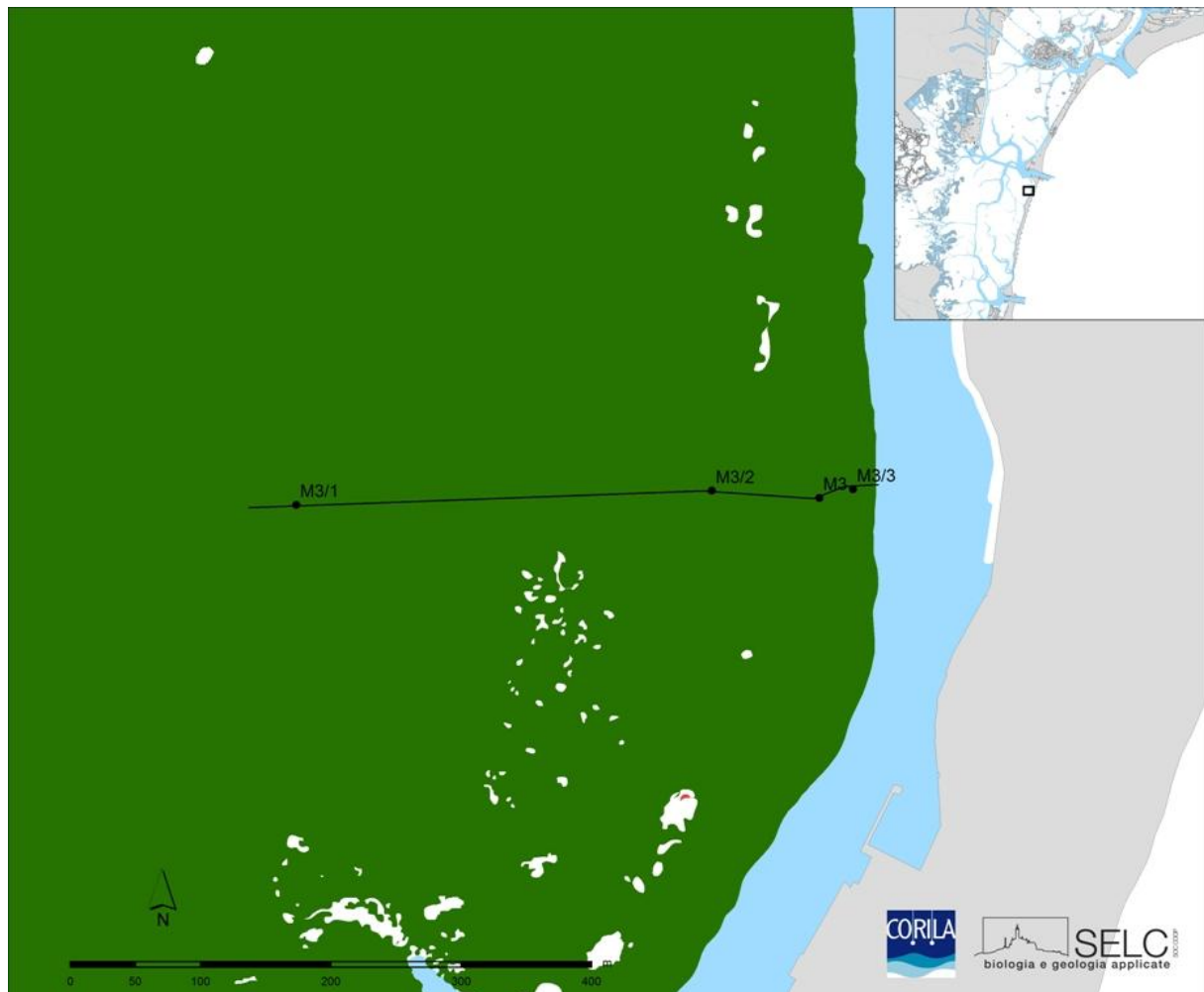


Figura 2.3 - Bocca di porto di Malamocco: siti di controllo delle fanerogame marine localizzate lungo il transetto in corrispondenza della stazione M3 con sovrapposta la mappatura del 2013.

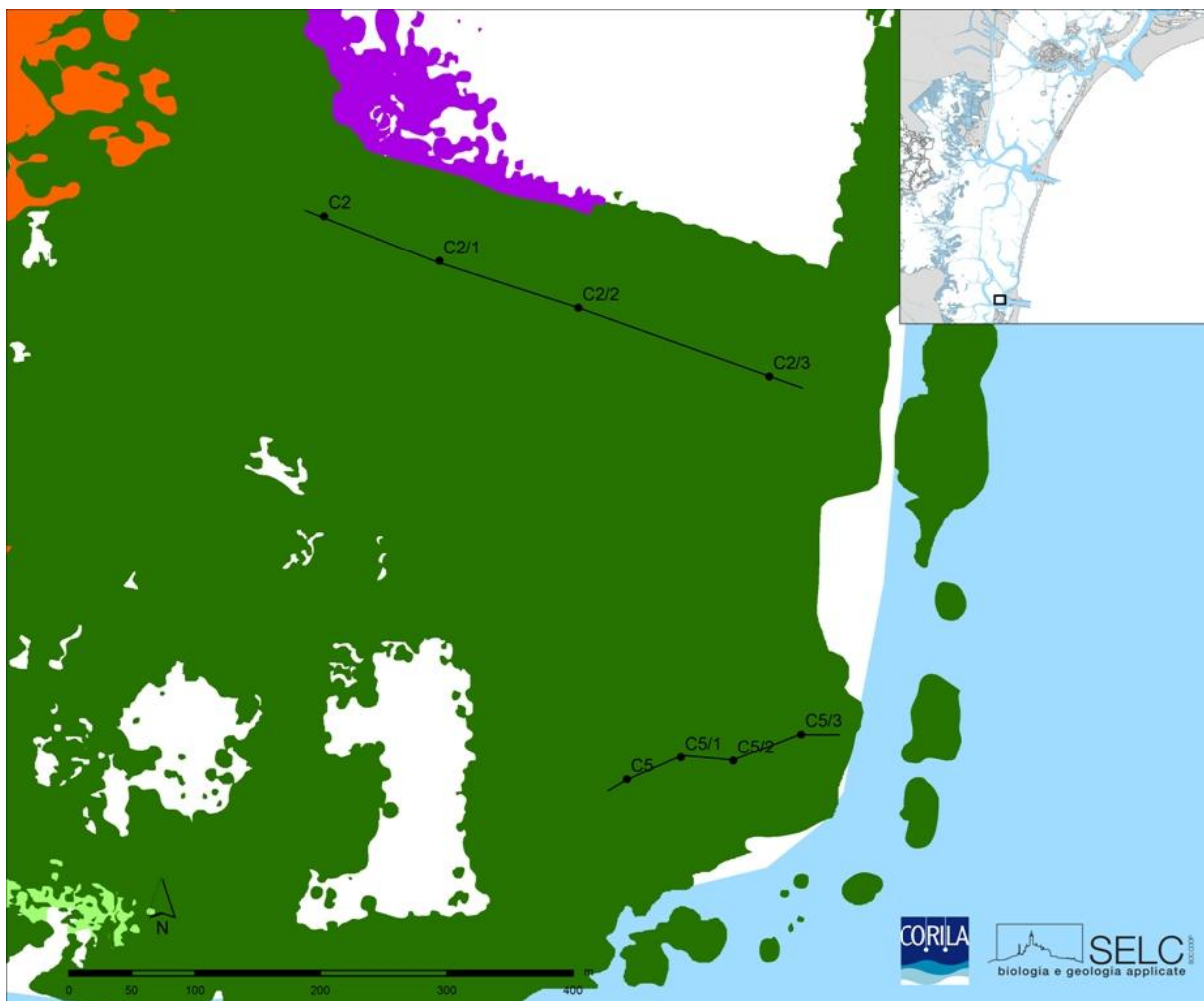


Figura 2.4 - Bocca di porto di Chioggia: siti di controllo delle fanerogame marine localizzate lungo due transetti in corrispondenza delle stazioni C2-bis e C5 con sovrapposta la mappatura del 2013.

2.1.2 *Attività di campo per lo studio di "effetto margine"*

Per rispondere agli obiettivi previsti dal monitoraggio, che sono quelli di evidenziare eventuali impatti causati dai cantieri sugli ecosistemi di pregio e, nello specifico dell'attività di questa macroarea, sulle praterie a fanerogame marine sono stati esaminati una serie di indicatori strutturali e funzionali. Questi devono essere 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 gli 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");

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

- stima dell'epifitismo macroalgale ed animale delle lamine fogliari (numero taxa, ricoprimento e biomassa).

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

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

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 piante 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 degli epibionti 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 di "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 epibionti 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, come campione da analizzare, 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 epibionti.

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 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 epibionti, per mezzo di una lametta, da entrambi i lati di tutte le foglie del ciuffo considerato. Il materiale è stato posto in stufa a 85° C, sino a raggiungimento del peso costante [Curiel *et al.*, 1996; Mazzella *et al.*, 1998; Gambi e Dappiano, 2003]; successivamente ne è stato determinato il peso secco.

Al termine delle analisi è stata redatta una scheda di laboratorio dove sono stati 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 poi riferiti ad un metro quadro di superficie fogliare.

2.2 Attività: Modellazione matematica idro-morfologica delle praterie a fanerogame marine

L'analisi modellistica si pone l'obiettivo di confrontare il comportamento idrodinamico e del quantitativo di solidi sospesi delle bocche di porto di Malamocco e Chioggia 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 (2012). Questo secondo reticolo rappresenta la configurazione delle bocche di porto con tutte le opere fisse ultimate.

Con riferimento agli aspetti idrodinamici, le capacità predittive del modello per la configurazione attuale della laguna sono state ulteriormente verificate attraverso il confronto con i dati rilevati nel corso delle campagne di misure del 13-15 gennaio 2014 e del 28-29 gennaio 2014 condotte alla bocca di Chioggia e nel corso della campagna del 19-20 marzo 2014 condotta alla bocca di Malamocco, durante le quali sono stati realizzati esclusivamente 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 campagne relative alle stazioni dei transetti sulle praterie a fanerogame marine sono state condotte nella bocca di Malamocco il 19 e 20 marzo 2014 e, nella bocca di Chioggia il 13, 15, 28 e 29 gennaio 2014 con l'obiettivo di caratterizzare, in differenti condizioni di marea, il campo di corrente dell'area.

Le attività di campo hanno avuto lo scopo di supportare con dati puntuali il gruppo di lavoro che opera in modo specifico sulle fanerogame marine, ed il gruppo di lavoro che opera per la messa a punto del modello matematico idrodinamico, al fine di supportare le valutazioni di tipo modellistico per valutare i cambiamenti tra le condizioni *ante operam* e quelle attuali.

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 BOCHE LAGUNARI

Effettuate misure correntometriche in canale principale (600 kHz) e sul basso fondale (1200 kHz) lungo i transetti delle figure 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 "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/9 relativo al periodo temporale 2013-2014 [MAG. ACQUE-CORILA, 2014a], in accordo con quelli dei precedenti anni [MAG. ACQUE - CORILA, 2005-2012a], si riscontra come le differenze nella comunità degli epibionti, per quanto riguarda il numero di taxa (totale e per stazione) e le abbondanze (ricoprimento e biomassa), siano limitate nelle praterie della bocca di Lido e più 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/9 (dati monitoraggio 2013). Per quanto attiene alle coperture degli epibionti, la problematica è legata principalmente 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 degli epibionti delle lamine fogliari delle fanerogame marine dello Studio *ante operam* e dello studio attuale (B.6.72 B/9).

Lido	Macroalghe		Zoobenthos		Diatomee spp.	
	2003	2013	2003	2013	2003	2013
N. taxa totale	49	24	10	11	---	---
N. taxa medio /st.	31,0	18,0	6,7	7,3	---	---
Ricopr. medio%/st.	18,5	32,0	4,7	7,1	16,2	3,1

Malamocco	Macroalghe		Zoobenthos		Diatomee spp.	
	2003	2013	2003	2013	2003	2013
N. taxa totale	55	22	12	9	---	---
N. taxa medio /st.	35,4	14,0	8,4	6,2	---	---
Ricopr. medio%/st.	23,0	25,6	8,4	6,8	22,6	4,7

Chioggia	Macroalghe		Zoobenthos		Diatomee spp.	
	2003	2013	2003	2013	2003	2013
N. taxa totale	61	25	14	8	---	---
N. taxa medio /st.	43,2	15,2	9,0	6,0	---	---
Ricopr. medio%/st.	23,3	29,0	11,1	4,0	10,5	3,5

L'analisi dei dati relativi al numero di taxa (totale e medio) in ogni singola stazione di ciascuna bocca di porto evidenzia come questo sia il parametro che marca maggiormente le differenze tra la fase *ante operam* e i successivi anni di indagine, anche se con livelli diversi per le tre bocche [MAG. ACQUE-CORILA, 2014a].

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

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

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

La medesima analisi eseguita 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*).

È stata valutata anche la possibilità che la riduzione del numero degli epibionti fosse correlata alla maggiore o minore vicinanza alle opere in realizzazione. I grafici in figura 3.3 suggeriscono, però, come non si debba tenere in considerazione tale ipotesi visto che 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).

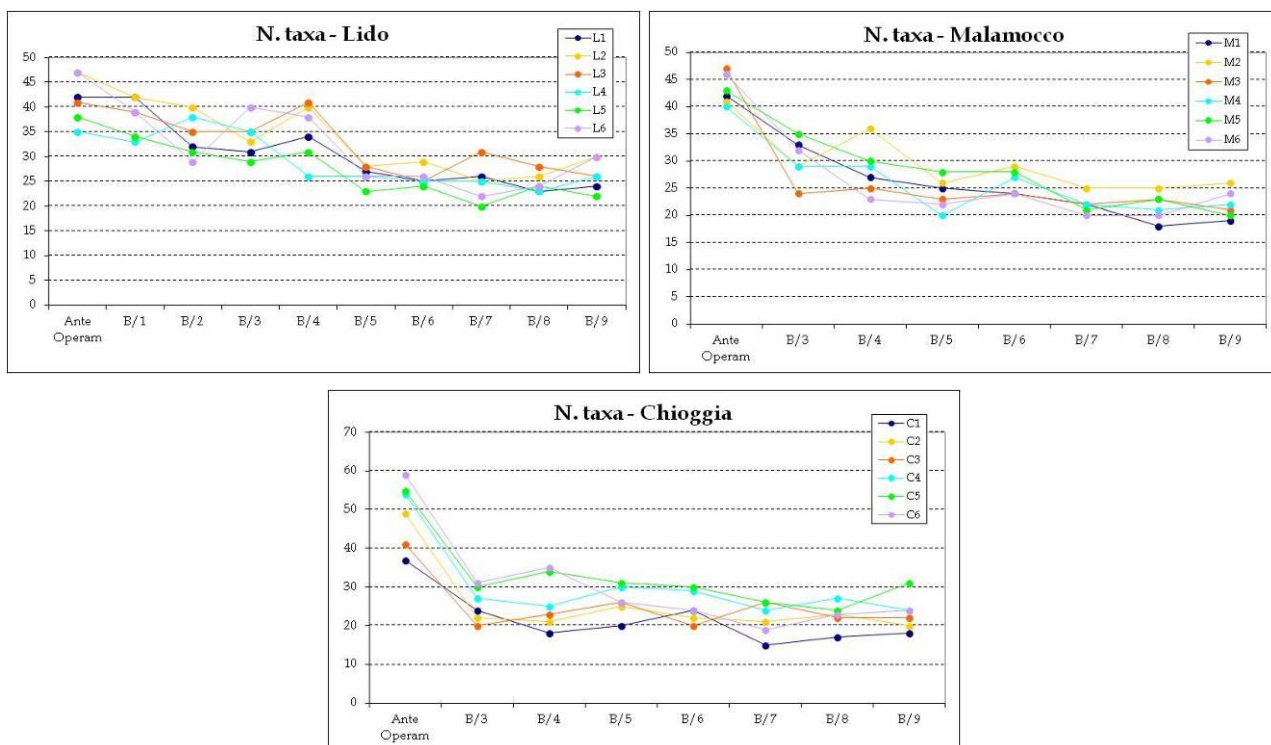


Figura 3.1 – Numero totale annuale dei taxa (algali ed animali) rilevato nelle sei stazioni di ciascuna bocca di porto (Lido in alto a sinistra, Malamocco in alto a destra e Chioggia in basso) durante i monitoraggi B.6.78/I e B.6.72 B/1-B/9. (Si ricorda che i monitoraggi B.6.72 B/7, B/8 e B/9, diversamente dagli altri, hanno previsto solo 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

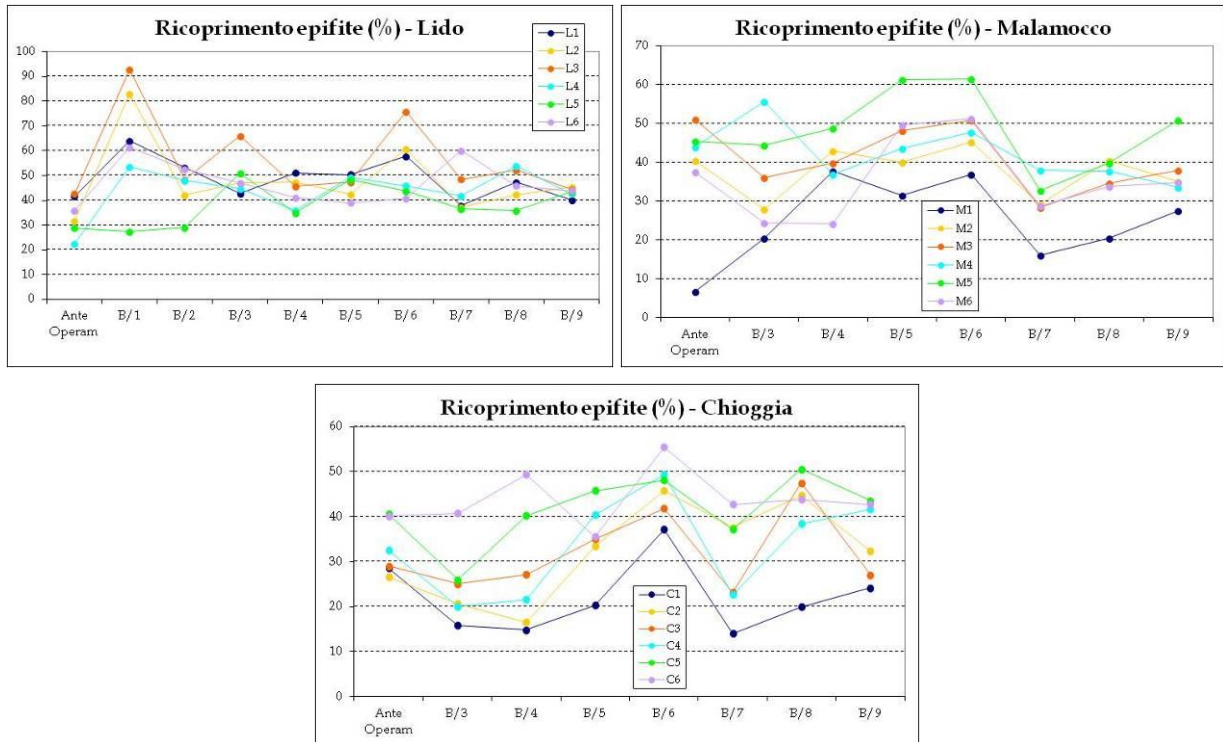


Figura 3.2 - Ricoprimento percentuale medio annuale rilevato nelle sei stazioni di ciascuna bocca di porto (Lido in alto a sinistra, Malamocco in alto a destra e Chioggia in basso) durante i monitoraggi B.6.78/I e B.6.72 B/1-B/9. (Si ricorda che i monitoraggi B.6.72 B/7, B/8 e B/9, diversamente dagli altri, hanno previsto solo tre campagne stagionali e non quattro).

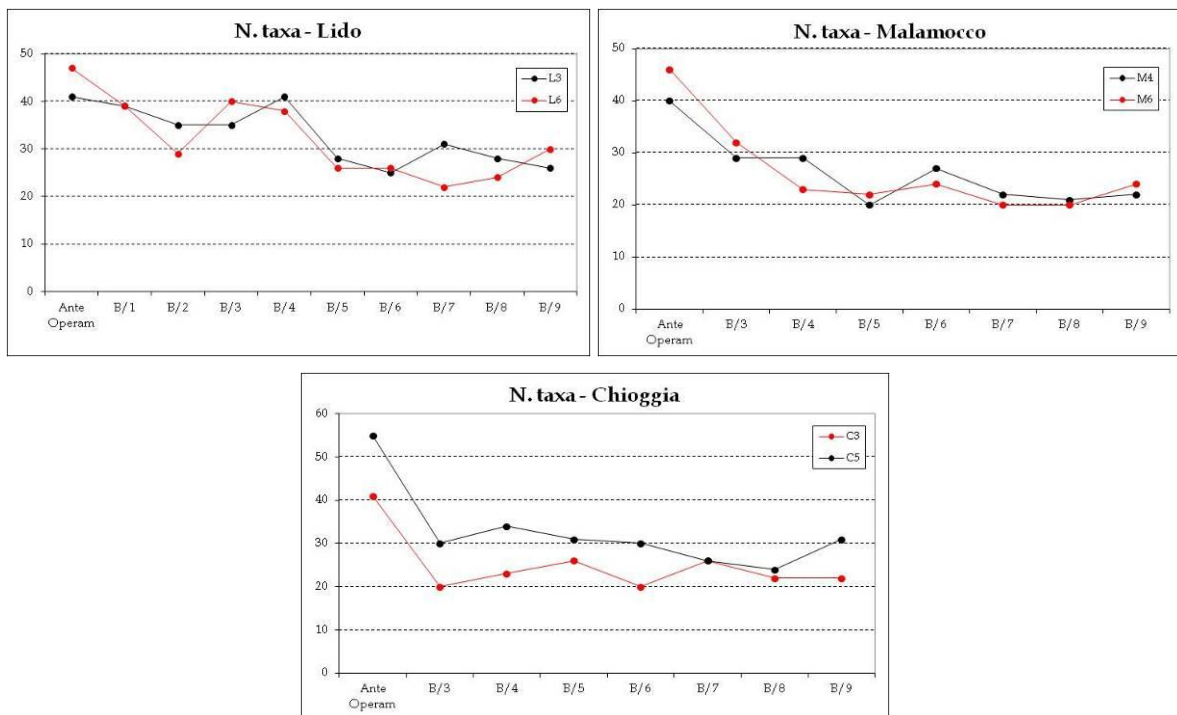


Figura 3.3 - Numero totale annuale di taxa (algali ed animali) per bocca di porto rilevato in stazioni vicine alle opere (L3, M4 ed C5) e lontane dalle opere (L6, M6/M6-bis e C3/C3-bis) durante i monitoraggi B.6.78/I e quelli B.6.72 B/1-B/9. (Si ricorda che i monitoraggi B.6.72 B/7, B/8 e B/9, diversamente dagli altri, hanno previsto solo tre campagne stagionali e non quattro).

CORILA

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

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/9), 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/9).

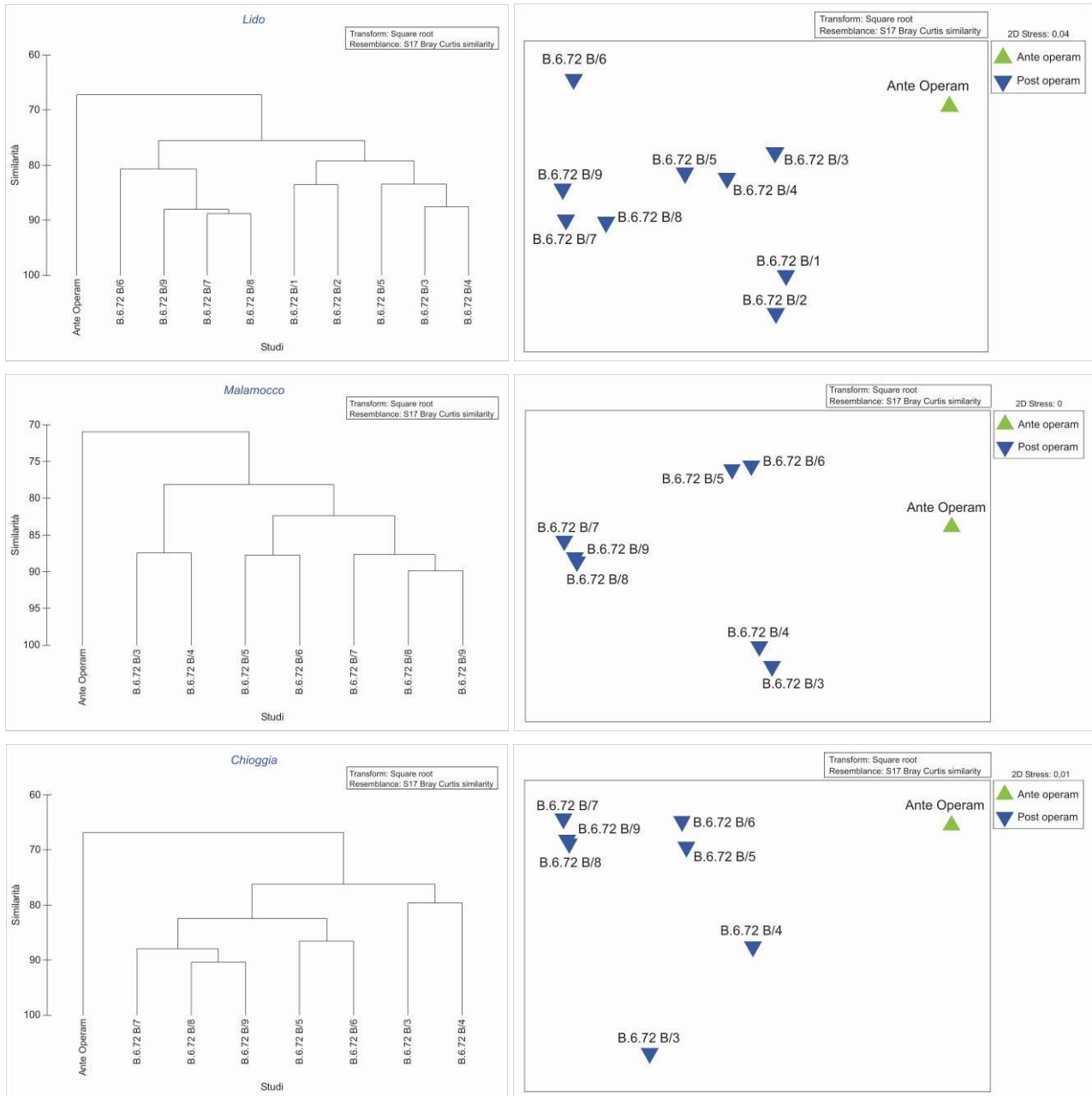


Figura 3.4 – Cluster analysis e MDS relativa ai dati di frequenza di rinvenimento per bocca di porto degli epibionti dei monitoraggi B.6.78/I e B.6.72 B/1-9.

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

Tale contrapposizione tra B.6.78/I e B.6.72 B/1-B/9 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. Per questi ultimi, inoltre, la modalità di raggruppamento nella cluster analysis e la loro disposizione nelle rappresentazioni MDS in ognuna delle tre bocche di porto, suggeriscono l'azione di un fattore che orienta lo sviluppo degli epibionti lungo una sequenza temporale progressiva.

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 di epibionti, legata soprattutto ad un cambiamento dei valori di frequenza di rinvenimento delle specie più rappresentative, piuttosto che ad una loro scomparsa/comparsa.

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 epibionti (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;
- 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 o progressivamente in quelli successivi;
- uno nella parte più bassa del plot, composto da taxa assenti nel monitoraggio *ante operam* e che progressivamente sono divenuti parte integrante della comunità di epibionti.

Nella bocca di Lido, insieme alla perdita di taxa che si registra negli anni a partire dal 2003, si è gradualmente assistito al rinvenimento di nuovi taxa mentre, nelle bocche di porto di Malamocco e soprattutto in quella di Chioggia, il calo del numero di taxa è solo parzialmente bilanciato numericamente dal ritrovamento di nuove specie.

Le dinamiche dell'epifitismo che si osservano nei Matrix Plot confermano come le variazioni verificatesi tra lo studio del 2003 e quello del 2013 (B.6.78 B/9), seppur moderate, sembrino essersi in parte attenuate, tanto da rendere più o meno costante il numero degli epibionti negli ultimi negli ultimi tre/quattro anni di monitoraggio, in accordo con le valutazioni riportate nel Rapporto Finale "Matrice Fanerogame" dello Studio B.6.78 B/9 [MAG. ACQUE-CORILA, 2014a].

Sempre in linea con quanto discusso nel Rapporto Finale "Matrice Fanerogame", inoltre, l'analisi SIMPER conferma una maggiore frequenza di rinvenimento delle specie appartenenti al gruppo delle incrostanti calcaree (*encrusting layer*) nei monitoraggi B.6.72 B/1-B/9 (riconducibili soprattutto alle alghe *Pneophyllum fragile* e *Hydrolithon farinosum*).

Nel corso degli anni di monitoraggio, infatti, le alghe rosse incrostanti, seppur variando poco in numero complessivo (anche perché ecologicamente selettive), hanno progressivamente aumentato¹ il ricoprimento sulle lamine fogliari, in modo più o meno marcato nelle tre bocche di porto (+450% a Lido e +200/210% a Malamocco e Chioggia rispetto allo studio di riferimento). Al contrario, la

¹ (Per una corretta interpretazione dei seguenti risultati, va ricordato come gli incrementi e i decrementi nei valori di abbondanza siano calcolati su valori medi normalizzati e pertanto, variazioni anche elevate possono in realtà far riferimento a variazioni di pochi cm²).

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

componente delle *alghe turf* (alghe di lunghezza inferiore a 10 mm) e quella delle *erect layer* (alghe superiori ad 10 mm) sono risultate complessivamente in calo in tutte le bocche di porto, sia per numero di taxa, sia per abbondanza. Nel caso delle alghe *turf*, il calo, pari a circa -80% circa a Lido e Malamocco e -75% a Chioggia, è riconducibile principalmente alla componente algale delle diatomee bentoniche (in particolare il genere *Navicula*) che nel periodo dello studio *ante operam* era risultata molto più diffusa sulle lamine.

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/9 per ognuna delle tre bocche di porto.

Bocca di Porto di Lido	Ante Operam		Contributo%
	Av. Abundance	B/1-B/9 Av. Abundance	
Hydrolithon farinosum	1,15	7,52	5,13
Botryllus schlosseri	1,48	6,44	3,96
Pneophyllum fragile	2,48	7,26	3,82
Ectocarpales indet.	1,32	5,75	3,54
Mytilidae indet.	3,86	0	3,11
Polysiphonia spp.	2,89	6,62	2,99
Polysiphonia fibrillosa	4,68	1,14	2,86
Spirorbidae indet.	3,31	6,36	2,45
Pringsheimiella scutata	0	2,98	2,42
Tricellaria inopinata	0	3,02	2,41
Polysiphonia mottei	2,96	0,08	2,33
Ectocarpus siliculosus var. siliculosus	4,82	2,19	2,29
Sahlingia subintegra	6,52	3,96	2,19
Ulva prolifera	2,65	0,08	2,07
Ulothrix flacca	3,75	1,49	2,07
Anfipodi tubicoli	6,85	9,39	2,01
Anemonia viridis	1,32	3,76	1,96
Ulva flexuosa	2,81	1,3	1,91

Bocca di Porto di Malamocco	Ante Operam		Contributo%
	Av. Abundance	B/3-B/9 Av. Abundance	
Actinaria indet.	4,88	0,11	4,47
Hydrolithon farinosum	1,1	5,33	3,98
Sahlingia subintegra	6,54	2,79	3,54
Ulva rigida	3,59	0	3,37
Anemonia viridis	1,27	4,82	3,33
Tendra zostericola	0	3,26	3,05
Pneophyllum fragile	6,69	9,83	2,94
Hinckia sp.	4,16	1,27	2,73
Pringsheimiella scutata	0	2,73	2,59
Enteromorpha flexuosa	2,62	0	2,45
Cladosiphon zosteriae	1,42	3,88	2,29
Bangia atropurpurea	7,57	5,25	2,18
Mytilidae indet.	2,11	0	1,97
Spirorbidae indet.	4,67	6,26	1,95
Stylonema alsidii	4,79	2,78	1,88
Enteromorpha intestinalis	2,11	0,1	1,88
Ectocarpus siliculosus var. siliculosus	3,11	1,13	1,87
Polysiphonia fibrillosa	2,2	0,52	1,78

Bocca di Porto di Chioggia	Ante Operam		Contributo%
	Av. Abundance	B/3-B/9 Av. Abundance	
Actinaria indet.	5,77	0	4,65
Bangia atropurpurea	7,3	2,87	3,57
Sahlingia subintegra	6,36	2,38	3,19
Hydrolithon farinosum	0,89	4,58	2,98
Ectocarpus siliculosus var. siliculosus	4,25	0,74	2,83
Porphyra leucosticta	4,85	1,38	2,8
Ulva rigida	3,37	0	2,72
Erythrocladia irregularis	4,01	0,73	2,64
Polysiphonia mottei	3,25	0	2,62
Stylonema alsidii	4,69	1,52	2,56
Enteromorpha flexuosa	3	0	2,42
Mytilidae indet.	2,66	0	2,14
Ulothrix flacca	3,65	1,05	2,09
Anemonia viridis	2,34	4,81	1,98
Spirorbidae indet.	4,11	6,45	1,94
Tendra zostericola	0	2,19	1,76
Enteromorpha intestinalis	2,34	0,17	1,75
Hinckia sandriana	2,08	0	1,67

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

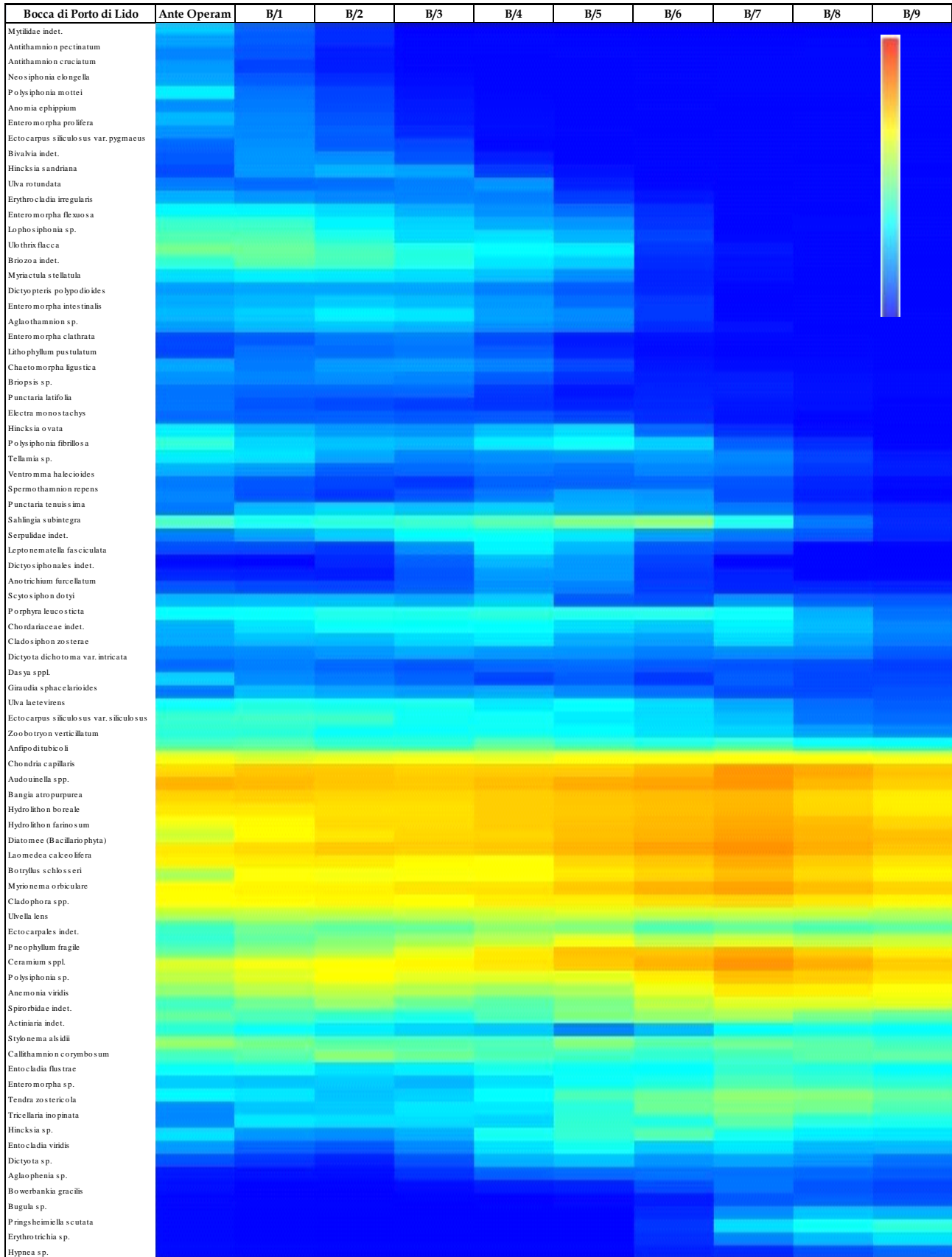


Figura 3.5 - Bocca di porto di Lido: Matrix Plot dei valori di frequenza di rinvenimento dei taxa per gli anni di monitoraggio (Ante operam = Studio B.6.78/I; B/1-B/9 = Studi B.6.72 B/1-B/9). Valori (log+1) trasformati (rosso = massima frequenza; blu = assenza di rilevamenti).

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

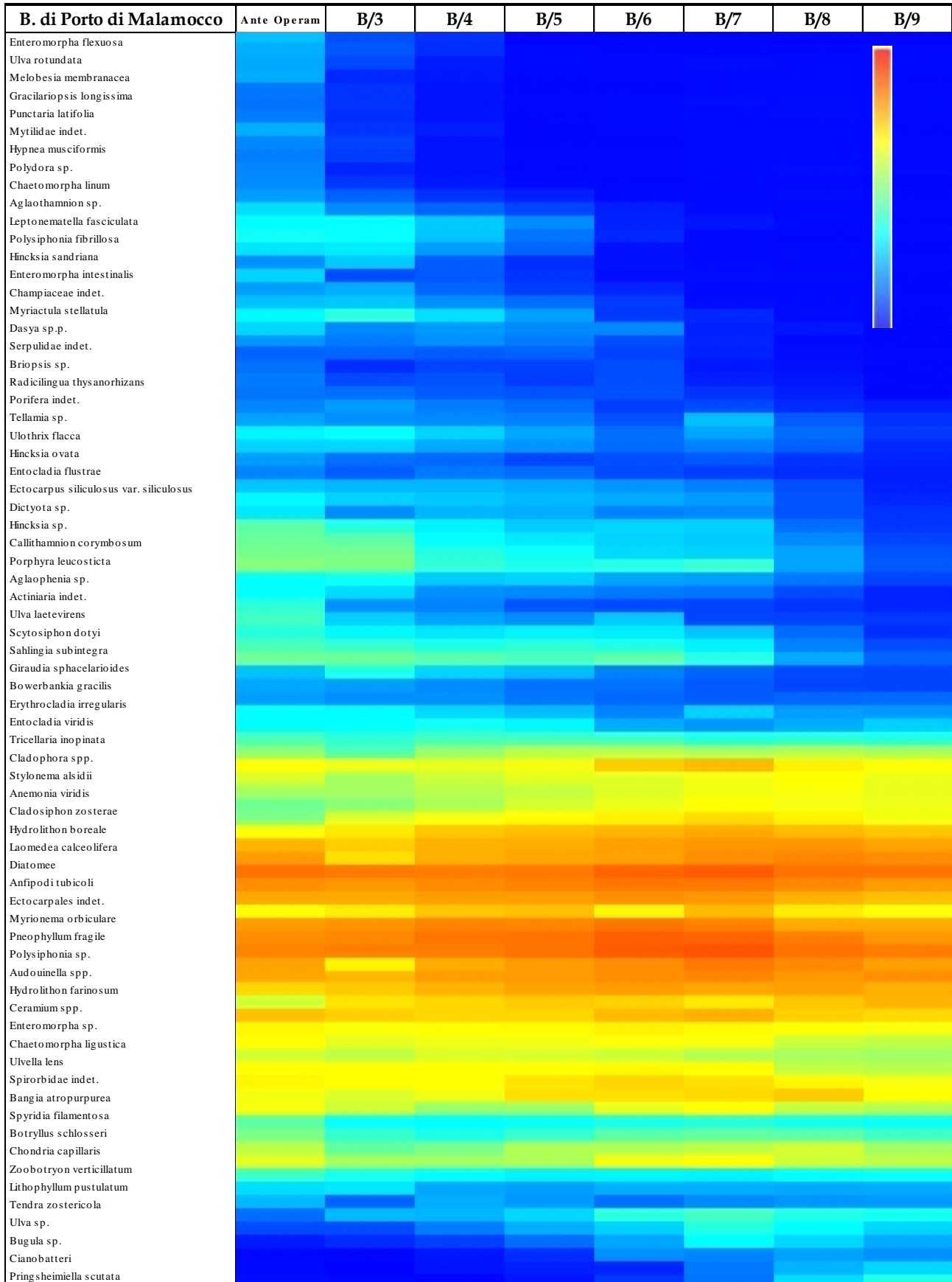


Figura 3.6 - Bocca di porto di Malamocco: Matrix Plot dei valori di frequenza di rinvenimento dei taxa per gli anni di monitoraggio (Ante operam = Studio B.6.78/I; B/3-B/9 = Studi B.6.72 B/3-B/9). Valori (log+1) trasformati (rosso = massima frequenza; blu = assenza di rilevamenti).

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

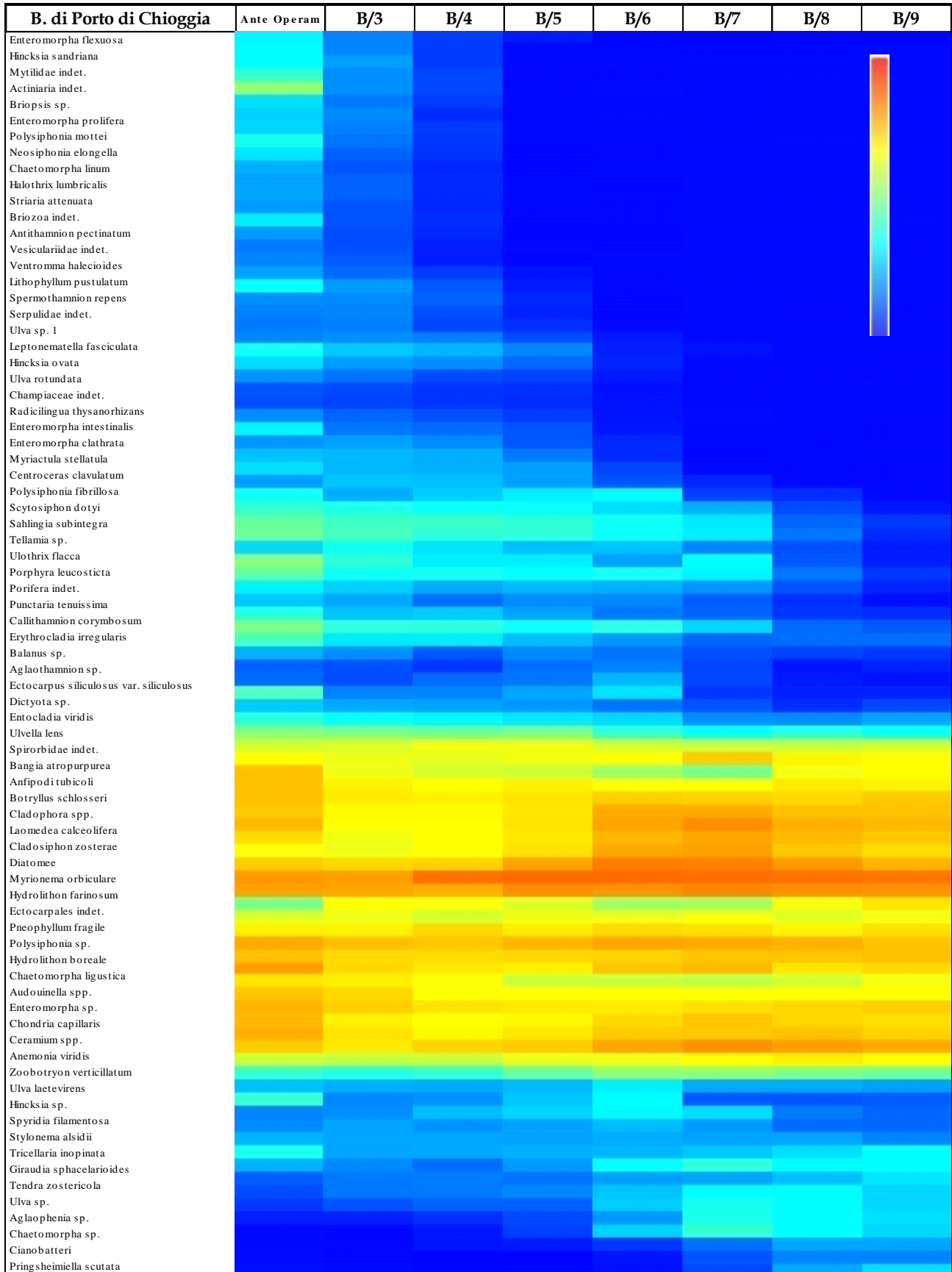


Figura 3.7 - Bocca di porto di Chioggia: Matrix Plot dei valori di frequenza di rinvenimento dei taxa per gli anni di monitoraggio (Ante operam = Studio B.6.78/I; B/3-B/9 = Studi B.6.72 B/1-B/9). Valori (log+1) trasformati (rosso = massima frequenza; blu = assenza di rilevamenti).

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 e discussi nel III Rapporto di Valutazione quadrimestrale [MAG. ACQUE - CORILA, 2014d] 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 Chioggia saranno identificati come "transetto C2-bis" (comprensivo delle stazioni C2-bis, C2-bis /1, C2-bis /2 e C2-bis /3) e "transetto C5" (comprensivo delle stazioni C5, C5/1, C5/2 e C5/3), mentre quello di Malamocco come "transetto M3" (comprensivo delle stazioni M3, M3/1, M3/2 e M3/3).

4.2 Transetto bocca di porto di Malamocco (novembre 2013)

4.2.1 Parametri fenologici delle praterie a fanerogame

Le stazioni localizzate lungo il "transetto M3" che, dal margine del canale, si estende per 435 m, sono caratterizzate da coperture di *Cymodocea nodosa* prossime al 100%. Durante la fase di campionamento le altre due fanerogame, *Zostera marina* e *Nanozostera noltii*, non sono state rinvenute.

La **densità dei ciuffi fogliari** del "transetto M3" aumenta spostandosi dalla stazione M3/1 (più distante dal canale) a quella M3/3 (più vicina al canale). Per la **lunghezza media dei ciuffi** e della **ligula** e per il **LAI**, invece, l'andamento è simile ma più altalenante rispetto a quello della densità, con un aumento complessivo dei valori tra la stazione M3/1 a quella M3/3 ed un valore massimo

che (LAI escluso) viene raggiunto nella stazione intermedia M3/2. Il **numero di foglie** resta, invece, più o meno costante lungo le stazioni del transetto, passando da 1,8 in M3/1 a 2,0 in M3/3.

In tutte le stazioni, durante il campionamento, non sono mai state rilevate anossie del sedimento, quantità anomale di rizomi morti o percentuali elevate di necrosi sulle lamine fogliari. Il rinvenimento di semi in M3 conferma il regolare svolgimento dei processi riproduttivi in queste praterie.

4.2.2 Parametri relativi agli epibionti

Per i parametri legati all'epifitismo, solo il **numero di taxa totale** e quello **medio** evidenziano un andamento più definito, con un calo dei valori spostandosi dalla stazione più lontana dal canale (M3/1) a quella più vicina (M3/3); per il **ricoprimento percentuale medio** e la **biomassa**, invece, il trend è altalenante, con un calo tra la stazione M3/1 (più lontana dal canale) e M3/2, un piccolo incremento tra M3/2 e M3 e un nuovo calo tra M3 e la M3/3 (più marcato per la biomassa).

Per le stazioni del "transetto M3", i maggiori contributi ai valori di ricoprimento e/o di biomassa sono portati:

- per le alghe, dalle diatomee bentoniche e dalle alghe rosse incrostanti *Pneophyllum fragile*, *Hydrolithon boreale* e *Hydrolithon boreale*;
- per lo zoobenthos, dai crostacei anfipodi e dall'antozoo *Anemonia viridis*.

4.3 Transetti bocca di porto di Chioggia (novembre/dicembre 2013)

4.3.1 Parametri fenologici delle praterie a fanerogame

Le stazioni localizzate lungo il "transetto C2-bis" che, dal margine del canale si estende per 450 m, e il "transetto C5" che, dal margine del canale si estende per 160 m, presentano tutte coperture di *Cymodocea nodosa* prossime al 100% in linea con quanto registrato per i siti C2-bis e C5. Le altre due fanerogame, *Zostera marina* e *Nanozostera noltii*, non sono state trovate durante il campionamento.

La **densità dei ciuffi fogliari** del "transetto C2-bis" dopo un incremento tra la stazione più distante dal canale (C2-bis) e la successiva (C2-bis/1), cala sino a raggiungere il valore minimo in C2-bis/3 (il sito più vicino al canale). La **lunghezza media dei ciuffi fogliari** e **quella della ligula**, il numero di **foglie/ciuffo** e il **LAI**, nonostante presentino trend non lineari, tendono, invece, ad aumentare spostandosi dalle stazioni più lontane a quelle più vicine al canale (più profonde).

Nel "transetto C5", per la **densità**, la **lunghezza media dei ciuffi fogliari** e **quella della ligula**, il numero di **foglie/ciuffo** e il **LAI** non è possibile identificare un trend preciso, anche se, nel complesso, spostandosi dalla stazione più lontana dal canale (C5) a quella più vicina (C5/3) si registra un aumento per questi parametri, ad eccezione del numero di foglie/ciuffo che, invece, cala lievemente.

In tutte le stazioni appartenenti ai 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 presso le stazioni C2-bis e C5 testimonia come in queste praterie a *Cymodocea nodosa* si svolgano regolarmente anche i processi riproduttivi.

4.3.2 Parametri relativi agli epibionti

In merito all'epifitismo del "transetto C2-bis", i parametri **numero totale** e **medio di taxa** fanno registrare valori in calo tra la stazione meno profonda e più lontana dal canale (C2-bis) e quella C2-bis/2, che poi aumentano nuovamente in corrispondenza della stazione più profonda e vicina al canale (C2-bis/3).

Il **ricoprimento percentuale medio** del "transetto C2-bis", evidenzia un trend simile a quello della densità media, poiché, dopo un aumento tra la stazione più distante dal canale (C2-bis) e la successiva (C2-bis/1), cala sino al sito più vicino al canale (C2-bis/3), dove raggiungere il valore minimo. Per la **biomassa media**, invece, dopo un decremento costante tra C2-bis e C2-bis/2, si rileva un marcato aumento in corrispondenza del sito più vicino al canale (C2-bis/3).

Nel "transetto C5", per i parametri legati all'epifitismo, **numero di taxa totale e medio, ricoprimento percentuale medio e biomassa media**, non è possibile identificare un trend preciso poiché presentano andamenti non lineari che portano tutti, però, ad un calo dei valori tra la stazione più lontana (C5) e quella più vicina al canale (C5/3).

Analizzando gli epibionti dal punto di vista floristico e faunistico, i maggiori contributi ai valori di ricoprimento e/o di biomassa sono portati:

- per le alghe, dalle diatomee bentoniche e dalle alghe rosse incrostanti *Pneophyllum fragile*, *Hydrolithon boreale* e *Hydrolithon boreale* in entrambi i transetti e, solo per il "transetto C2-bis", dall'alga rossa *Ceramium* sp.,
- per lo zoobenthos, dal tunicato *Botryllus schlosseri* per entrambi i transetti, dai crostacei anfipodi per il "transetto C2-bis" e dagli idrozoi *Aglaophenia* sp. e *Laomedea calceolifera* per il "transetto C5".

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

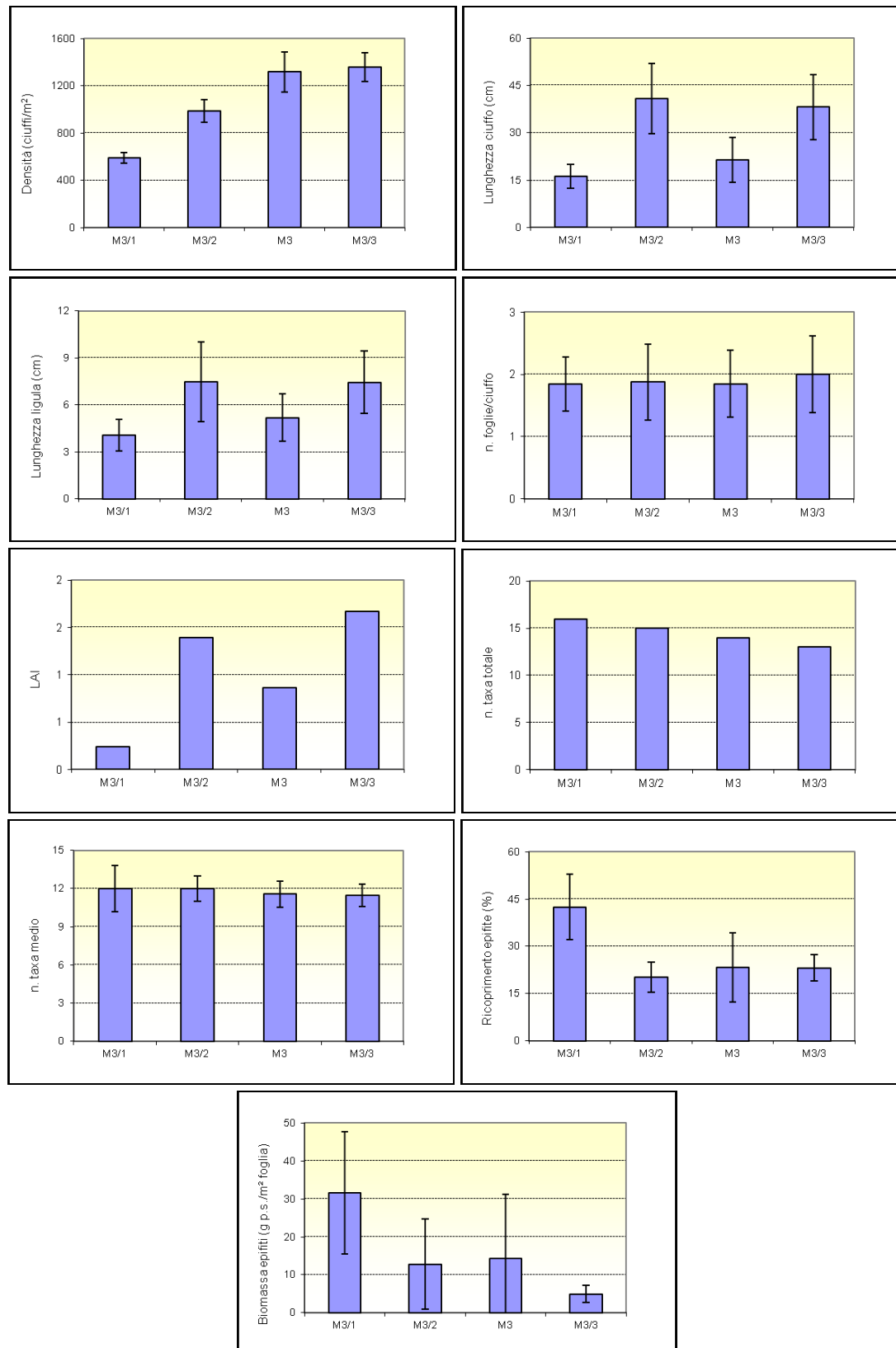


Figura 4.1 - Bocca di porto di Malamocco, stazioni lungo il transetto: rappresentazione grafica e confronto di alcuni indicatori strutturali dell'Autunno 2013.

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

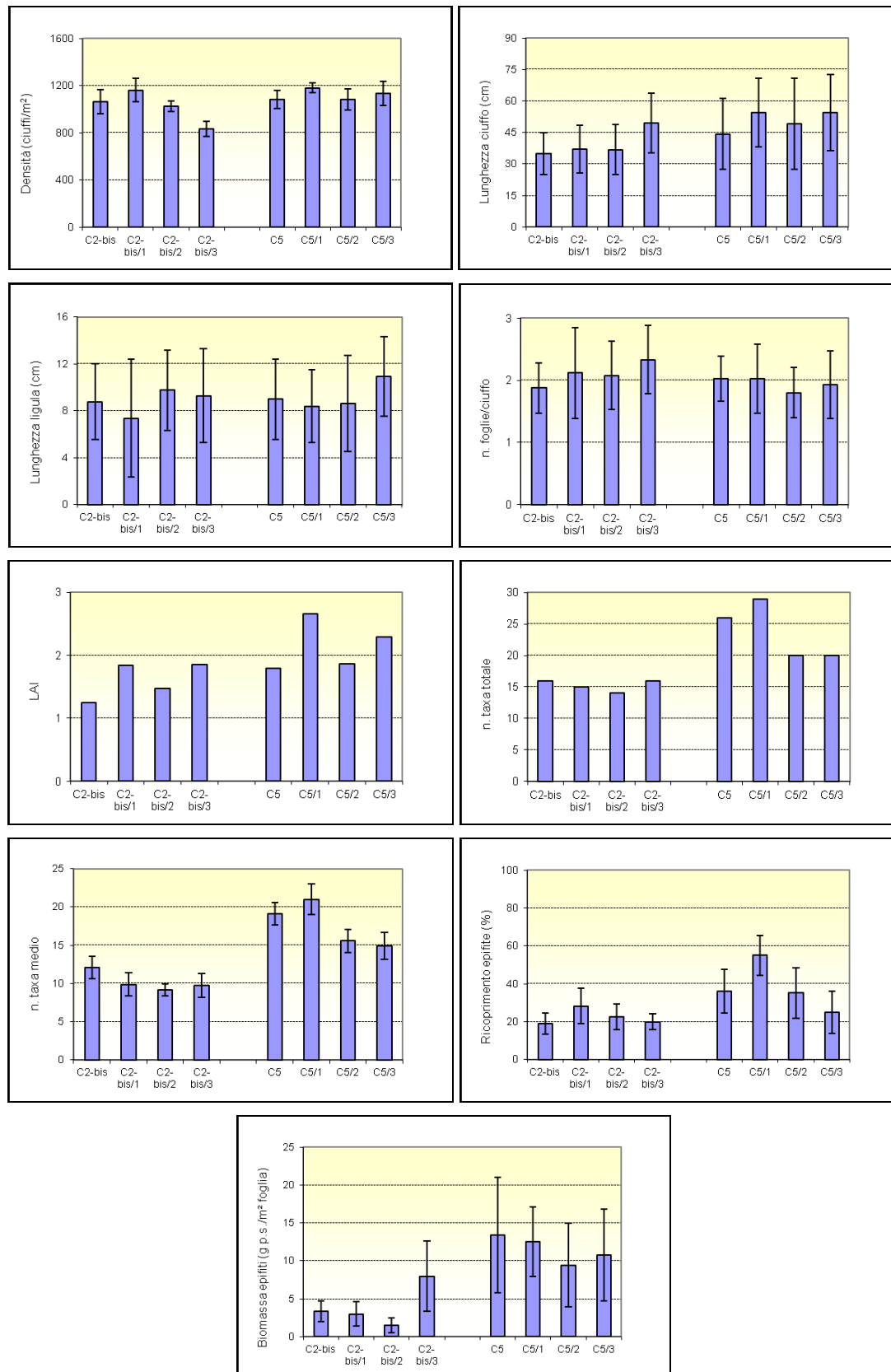


Figura 4.2 - Bocca di porto di Chioggia, stazioni lungo i due transetti: rappresentazione grafica e confronto di alcuni indicatori strutturali dell'Autunno 2013.

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, saranno ora esaminate, per le stazioni di controllo poste lungo i tre transetti, le relazioni tra alcuni parametri delle fanerogame marine (fenologici e legati agli epibionti) e le variabili fisico-morfologiche (distanza della stazione dal canale, profondità della stazione e velocità della corrente nella stazione) evidenziandone l'eventuale significatività statistica (tabelle 4.1 e 4.2).

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 sequenze di dati complete (19 e 20 maggio 2014 per il "transetto M3", 29 gennaio 2014 per il "transetto C2-bis" e 15 gennaio 2014 per il "transetto C5") per tutte le stazioni; queste sequenze si riferiscono a medie di valori di velocità rilevati in differenti momenti della marea calante (figura 4.3) con correntometro posto a circa 25-30 cm dal fondo.

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 4.4, in riferimento ai tre transetti presi in esame, sono riportati i valori della velocità relativi ad ogni stazione e calcolati per serie differenti.

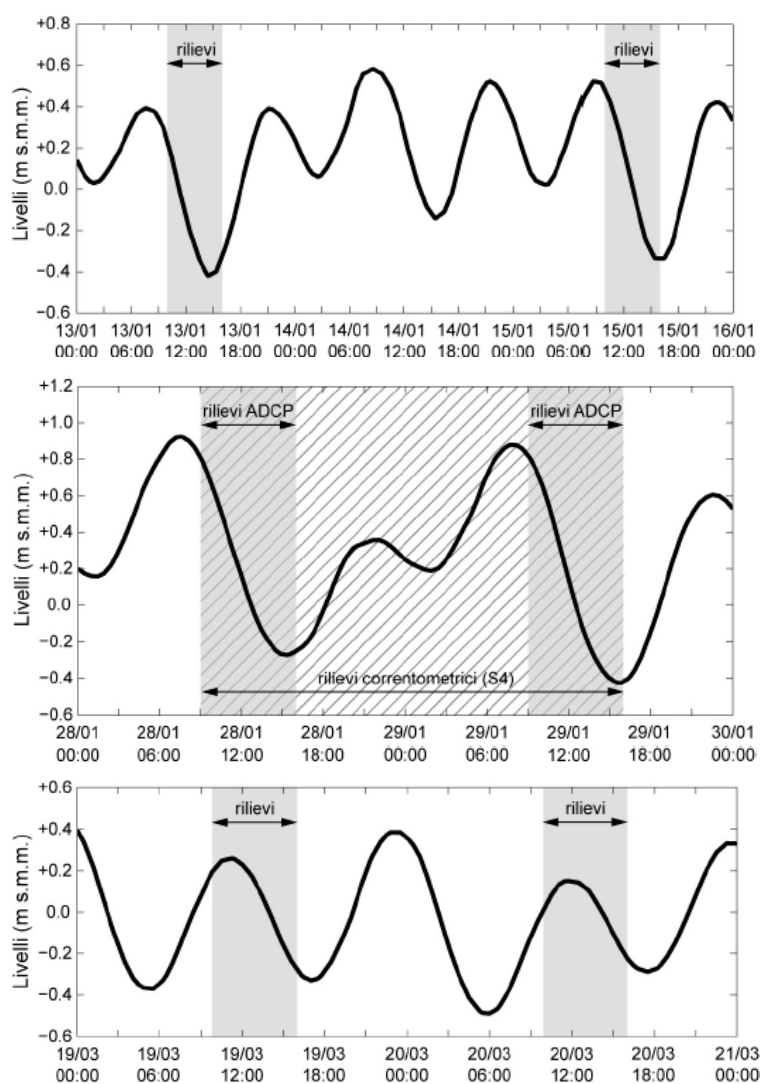


Figura 4.3 - Livelli di marea registrati alla Piattaforma CNR nei giorni 13-15 e 28-29 gennaio, 19-20 marzo 2014 [da MAG. ACQUE - CORILA, 2014c].

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

Come si rileva dai grafici, la velocità della corrente a Malamocco tende ad aumentare spostandosi dalla stazione più lontana dal canale (M3/1) a quella M3 (in un intervallo di circa 400 m), per poi scendere o, nella minoranza dei casi, incrementare ulteriormente in direzione della stazione più vicina al canale (M3/3).

A Chioggia, invece, si è registrato un andamento pressoché opposto nei valori di velocità rispetto a Malamocco; in entrambi i transetti (C2-bis e C5), infatti, i valori di questo parametro tendono a decrescere spostandosi dalle stazioni più lontane dal canale (C2-bis/1 e C5/1) a quelle C2-bis/2 e C5/2 (cioè in un intervallo rispettivamente di circa 200 e 80 m), per poi aumentare dirigendosi verso i siti più vicini al canale (C2-bis/3 e C5/3).

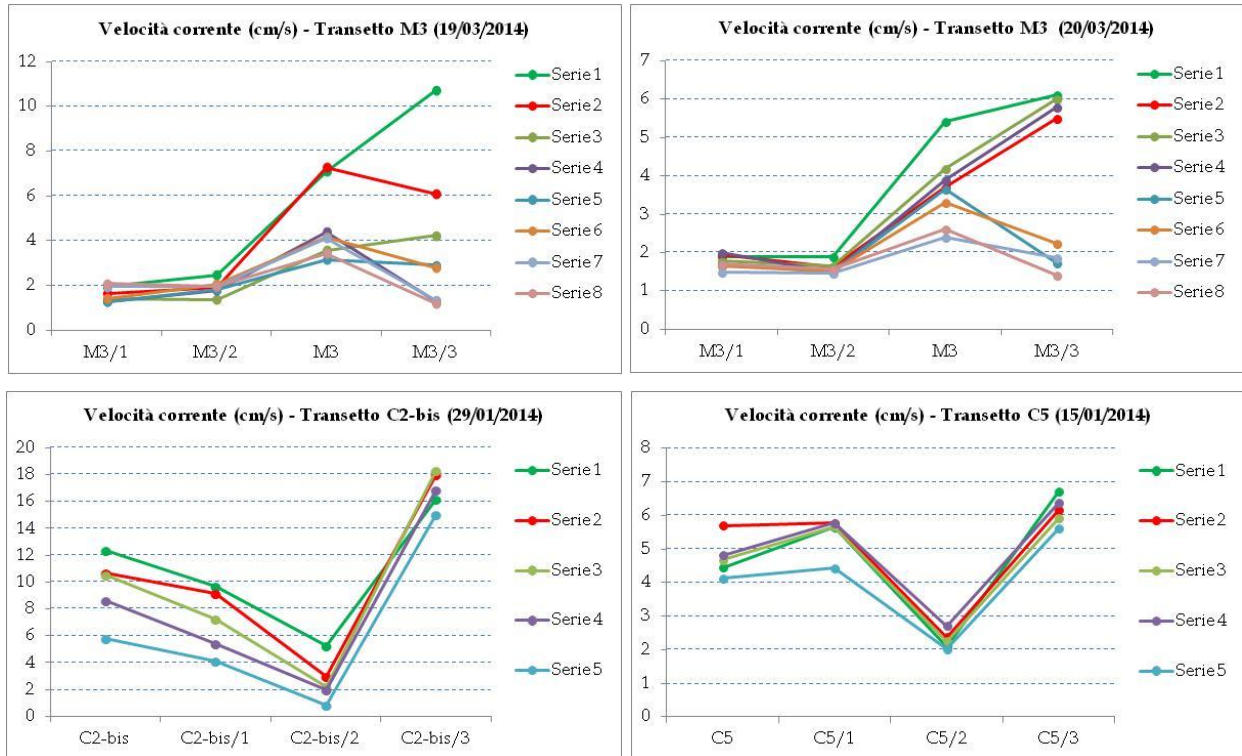


Figura 4.4 – Valori della velocità della corrente (cm/s), nelle stazioni dei tre transetti. I valori di velocità si riferiscono a medie di velocità puntuali misurate in determinati intervalli di tempo (serie) a distanze definite lungo il profilo verticale.

Come si rileva dai valori statisticamente significativi ($p < 0,05$, evidenziati in rosso) riportati in tabella 4.1, per il “**transetto M3**” (lungo 435 m) è presente una correlazione tra le variabili abiotiche (distanza dal canale e profondità) e i parametri legati alla fenologia delle fanerogame (densità della prateria e lunghezza del ciuffo) e all’epifitismo fogliare (ricoprimento % e biomassa ma non numero taxa). Queste correlazioni, però, solo poche volte sono di tipo lineare e quindi facilmente descrivibili; un esempio è dato dalla relazione che lega la densità della prateria alla vicinanza al canale (correlazione positiva, all’aumentare del primo parametro, aumenta anche il secondo).

Anche nel “**transetto C2-bis**” (lungo 450 m) e in quello “**C5**” (lungo 160 m) si rilevano correlazioni significative tra le variabili abiotiche distanza dal canale e profondità e i parametri legati alla fenologia delle fanerogame (densità della prateria e lunghezza del ciuffo) e all’epifitismo (numero taxa e biomassa ma non ricoprimento). Queste correlazioni, come nel caso del “transetto M3”, sono molto spesso non lineari e quindi di difficile interpretazione.

Nella valutazione delle relazioni esistenti tra velocità e variazione dei parametri degli epibionti, non appare facile separare il contributo portato dalla diminuzione della profondità. In certe

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

condizioni di marea crescente, infatti, la velocità della corrente risulta 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 epibionti rendendo le coperture degli epifiti percentualmente più elevate.

L'applicazione del test non parametrico di correlazione di Spearman che dà indicazioni anche sul tipo di correlazione (positiva o negativa), rispetto al precedente rileva un minor numero di casi significativi (tabella 4.2). Nel "transetto M3" sembrano esistere solo lievi correlazioni negative tra il ricoprimento degli epibionti e la velocità della corrente e tra la biomassa e la velocità; nel "transetto C2-bis" la correlazione sembra essere, invece, positiva e riguardare anche in questo caso la biomassa e la velocità. Per il "transetto C5", infine, non si segnalano correlazioni significative tra velocità e parametri legati agli epibionti.

A titolo di esempio, nella figura 4.5 sono riportati alcuni grafici di correlazione tra la velocità della corrente e i parametri degli epibionti misurati nei transetti. Le complessità delle dinamiche sopra descritte, con più variabili che spesso interagiscono tra di loro in modo sinergico o antagonista, si possono in parte cogliere dai grafici dove si rilevano correlazioni lineari e spesso anche ad andamento sinusoidale. Va ricordato, comunque, come tali andamenti siano un'interpretazione del software statistico e pertanto non è detto che rappresentino perfettamente i reali trend dei parametri.

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

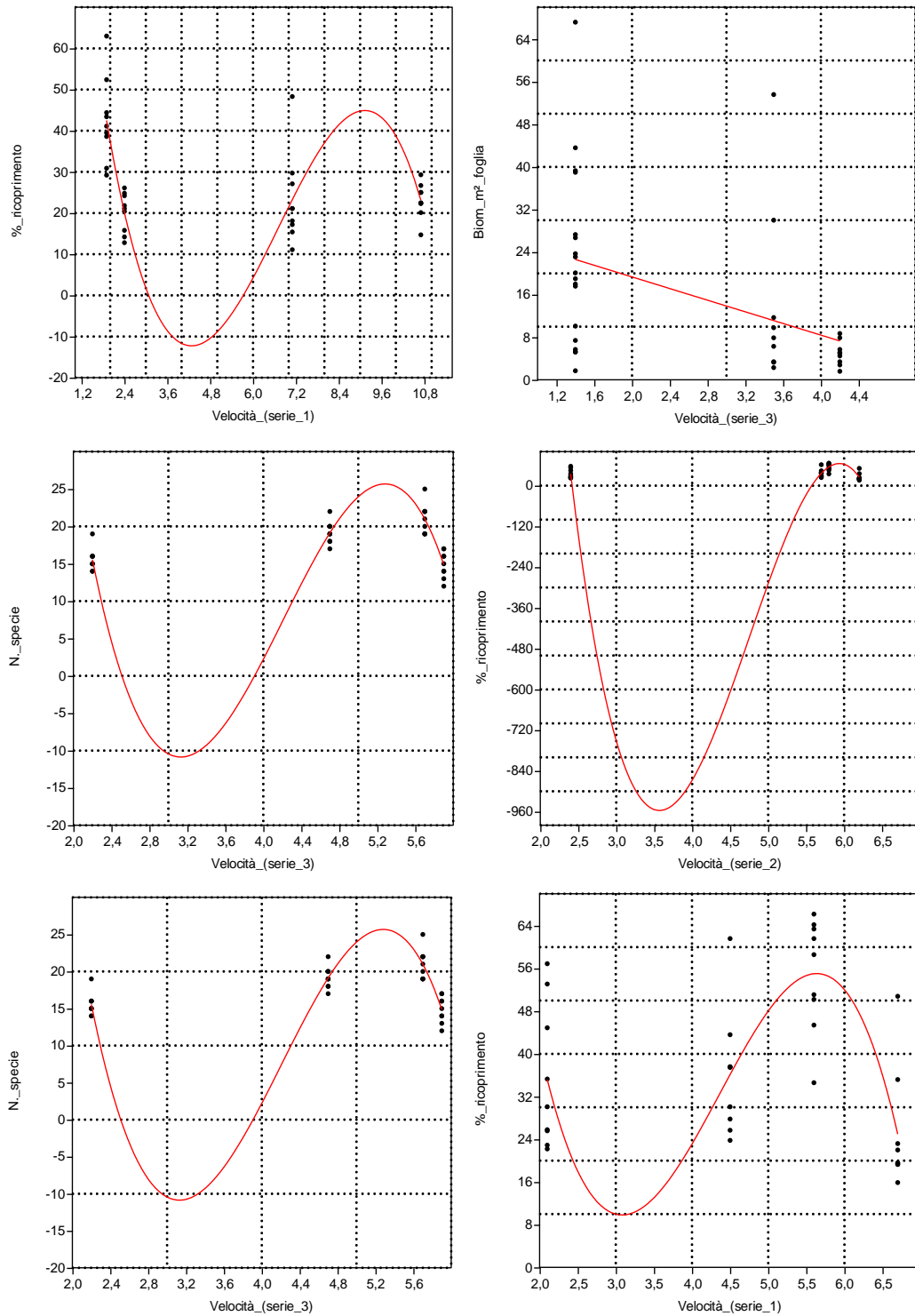


Figura 4.5 – Esempi di grafici di correlazione tra la velocità della corrente e i parametri degli epibionti (in alto “transetto M3”, al centro “transetto C2-bis” e in basso “transetto C5”).

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]

M3 (19 marzo 2014)	Densità	Lunghezza ciuffo	N. taxa	Ricoprimento epibionti	Biomassa epibionti
Distanza canale	4,26E-16	8,56E-09	0,35	9,71E-07	1,63E-04
Profondità stazione (l.m.m.)	3,13E-15	8,56E-09	0,51	4,91E-06	1,42E-03
Velocità corrente (serie 1)	n.c.	n.c.	0,22	4,91E-06	1,42E-03
Velocità corrente (serie 2)	n.c.	n.c.	0,24	4,91E-06	1,42E-03
Velocità corrente (serie 3)	n.c.	n.c.	0,21	0,04	8,35E-03
Velocità corrente (serie 4)	n.c.	n.c.	0,65	0,01	0,63
Velocità corrente (serie 5)	n.c.	n.c.	0,25	4,91E-06	4,01E-04
Velocità corrente (serie 6)	n.c.	n.c.	0,33	4,91E-06	4,20E-04
Velocità corrente (serie 7)	n.c.	n.c.	0,47	4,91E-06	1,42E-03
Velocità corrente (serie 8)	n.c.	n.c.	0,46	4,91E-06	1,42E-03

M3 (20 marzo 2014)	Densità	Lunghezza ciuffo	N. taxa	Ricoprimento epibionti	Biomassa epibionti
Distanza canale	4,26E-16	8,56E-09	0,35	9,71E-07	1,63E-04
Profondità stazione (l.m.m.)	3,13E-15	8,56E-09	0,51	4,91E-06	1,42E-03
Velocità corrente (serie 1)	n.c.	n.c.	0,21	0,04	0,01
Velocità corrente (serie 2)	n.c.	n.c.	0,23	4,91E-06	1,42E-03
Velocità corrente (serie 3)	n.c.	n.c.	0,22	4,91E-06	1,42E-03
Velocità corrente (serie 4)	n.c.	n.c.	0,23	4,91E-06	1,42E-03
Velocità corrente (serie 5)	n.c.	n.c.	0,55	0,013017	0,67
Velocità corrente (serie 6)	n.c.	n.c.	0,37	4,91E-06	1,42E-03
Velocità corrente (serie 7)	n.c.	n.c.	0,32	0,07	0,02
Velocità corrente (serie 8)	n.c.	n.c.	0,48	4,91E-06	3,08E-03

C2-bis (29 gennaio 2014)	Densità	Lunghezza ciuffo	N. taxa	Ricoprimento epifite	Biomassa epifite
Distanza canale	0,04	0,02	4,82E-08	6,40E-05	0,22
Profondità stazione (l.m.m.)	0,04	0,02	8,46E-09	6,40E-05	0,20
Velocità corrente (serie 1)	n.c.	n.c.	8,46E-09	6,40E-05	0,32
Velocità corrente (serie 2)	n.c.	n.c.	8,46E-09	6,40E-05	0,29
Velocità corrente (serie 3)	n.c.	n.c.	8,46E-09	6,40E-05	0,35
Velocità corrente (serie 4)	n.c.	n.c.	8,46E-09	6,40E-05	0,32
Velocità corrente (serie 5)	n.c.	n.c.	8,46E-09	6,40E-05	0,33

C5 (15 gennaio 2014)	Densità	Lunghezza ciuffo	N. taxa	Ricoprimento epibionti	Biomassa epibionti
Distanza canale	0,04	0,02	8,46E-09	6,40E-05	0,22
Profondità stazione (l.m.m.)	0,04	0,02	8,46E-09	6,40E-05	0,20
Velocità corrente (serie 1)	n.c.	n.c.	8,46E-09	6,40E-05	0,32
Velocità corrente (serie 2)	n.c.	n.c.	8,46E-09	6,40E-05	0,29
Velocità corrente (serie 3)	n.c.	n.c.	8,46E-09	6,40E-05	0,35
Velocità corrente (serie 4)	n.c.	n.c.	8,46E-09	6,40E-05	0,32
Velocità corrente (serie 5)	n.c.	n.c.	8,46E-09	6,40E-05	0,33

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

Tabella 4.2 – Analisi delle correlazioni esistenti tra i parametri biotici delle fanerogame marine e le variabili abiotiche idrodinamico-morfologiche. In tabella sono riportati i valori del coefficiente di correlazione di Spearman (in rosso i valori che indicano l'esistenza di correlazioni (positive o negative) statisticamente significative, $p < 0,05$). [n.c.= non considerato]

M3 (19 marzo 2014)	Densità	Lunghezza ciuffo	N. taxa	Ricoprimento epibionti	Biomassa epibionti
Distanza canale	-0,885	0,556	0,149	0,430	0,633
Profondità stazione (l.m.m.)	-0,038	0,185	-0,058	0,282	-0,117
Velocità corrente (serie 1)	n.c.	n.c.	0,015	-0,430	-0,633
Velocità corrente (serie 2)	n.c.	n.c.	-0,126	-0,487	-0,464
Velocità corrente (serie 3)	n.c.	n.c.	-0,202	-0,016	-0,380
Velocità corrente (serie 4)	n.c.	n.c.	0,058	-0,282	0,117
Velocità corrente (serie 5)	n.c.	n.c.	-0,128	-0,480	-0,471
Velocità corrente (serie 6)	n.c.	n.c.	-0,128	-0,480	-0,471
Velocità corrente (serie 7)	n.c.	n.c.	0,058	-0,282	0,117
Velocità corrente (serie 8)	n.c.	n.c.	0,004	0,131	0,370

M3 (20 marzo 2014)	Densità	Lunghezza ciuffo	N. taxa	Ricoprimento epibionti	Biomassa epibionti
Distanza canale	-0,885	-0,556	0,149	0,430	0,633
Profondità stazione (l.m.m.)	-0,038	0,185	-0,058	0,282	-0,117
Velocità corrente (serie 1)	n.c.	n.c.	-0,149	-0,016	-0,380
Velocità corrente (serie 2)	n.c.	n.c.	-0,126	-0,016	-0,380
Velocità corrente (serie 3)	n.c.	n.c.	-0,202	-0,016	-0,380
Velocità corrente (serie 4)	n.c.	n.c.	0,058	-0,016	-0,380
Velocità corrente (serie 5)	n.c.	n.c.	-0,128	-0,066	-0,217
Velocità corrente (serie 6)	n.c.	n.c.	-0,128	-0,066	-0,217
Velocità corrente (serie 7)	n.c.	n.c.	0,058	-0,066	-0,217
Velocità corrente (serie 8)	n.c.	n.c.	0,004	0,131	0,370

C2-bis (29 gennaio 2014)	Densità	Lunghezza ciuffo	N. taxa	Ricoprimento epifite	Biomassa epifite
Distanza canale	0,633	-0,467	0,483	0,021	0,034
Profondità stazione (l.m.m.)	-0,633	0,467	-0,483	-0,021	0,342
Velocità corrente (serie 1)	n.c.	n.c.	0,256	-0,279	0,810
Velocità corrente (serie 2)	n.c.	n.c.	0,256	-0,279	0,810
Velocità corrente (serie 3)	n.c.	n.c.	0,256	-0,279	0,810
Velocità corrente (serie 4)	n.c.	n.c.	0,256	-0,279	0,810
Velocità corrente (serie 5)	n.c.	n.c.	0,256	-0,279	0,810

C5 (15 gennaio 2014)	Densità	Lunghezza ciuffo	N. taxa	Ricoprimento epibionti	Biomassa epibionti
Distanza canale	-0,030	0,248	0,708	0,466	0,212
Profondità stazione (l.m.m.)	0,030	-0,248	-0,708	-0,466	-0,212
Velocità corrente (serie 1)	n.c.	n.c.	-0,002	0,179	0,098
Velocità corrente (serie 2)	n.c.	n.c.	-0,002	0,179	0,098
Velocità corrente (serie 3)	n.c.	n.c.	-0,002	0,179	0,098
Velocità corrente (serie 4)	n.c.	n.c.	-0,002	0,179	0,098
Velocità corrente (serie 5)	n.c.	n.c.	-0,002	0,179	0,098

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

Tra gli obiettivi che questa attività si propone vi è quello di verificare, nelle bocche di porto, l'esistenza o meno di variazioni idrodinamiche e dei valori di 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, sulla base di specifici dati sia di campo sia pregressi, ha messo a punto un modello matematico, grazie al quale ha potuto elaborare una serie di carte che hanno permesso di evidenziare e comprendere eventuali variazioni verificatesi dopo la realizzazione delle opere alle bocche di Lido, Malamocco e Chioggia.

Per ciò che riguarda questo rapporto, si fa riferimento ad alcune elaborazioni grafiche riportate nelle relazioni del Magistrato alle Acque di Venezia [MAG. ACQUE - CORILA, 2013b; 2014c] e che risultano di interesse in relazione allo stato delle praterie a fanerogame marine.

Per quanto riguarda le bocche di porto di Malamocco e Chioggia, sono state considerate le variazioni delle velocità riferite a due interi cicli di marea, uno di sizigia e uno di quadratura. Tali elaborazioni si riferiscono ai valori massimi di velocità, sforzo tangenziale e concentrazioni di solidi in sospensione, calcolati per un intero ciclo di marea o per singole fasi di flusso e riflusso. Nelle figure 5.1 e 5.2 è riportato il modello matematico che raffigura tali variazioni delle velocità per un intero ciclo di marea di sizigia² nel confronto tra la fase *ante operam* e quella attuale, in aree di canale e di basso fondale dove sono presenti le praterie a fanerogame (rappresentate dalle aree bianche). 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.

Nella bocca di Malamocco (figura 5.1), per quanto riguarda i possibili effetti sulle praterie a fanerogame marine, l'applicazione del modello matematico durante le attività del precedente monitoraggio (Studio B.6.72 B/8) [MAG. ACQUE - CORILA, 2013b] ha evidenziato come:

- a seguito della realizzazione delle opere si sia verificata una riduzione della portata del 10-15% in marea uscente e del 5% in marea entrante;
- non siano state rilevate apprezzabili variazioni della velocità in prossimità delle praterie a fanerogame, sia in marea di sizigia, sia di quadratura;
- le variazioni delle velocità rilevate nei grafici riguardino 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.

Considerato che per lo Studio B.6.72 B/8, per verificare l'efficacia della modellazione matematica sono stati utilizzati dati raccolti durante una campagna di misure svoltasi in presenza di forte vento, una verifica ulteriore è stata effettuata per il presente studio (B.6.72 B/9), impiegando i dati rilevati a marzo 2014, in condizioni di vento dagli effetti trascurabili.

I risultati di tale campagna hanno confermato la validità della modellazione matematica proposta nell'ambito del precedente monitoraggio e quindi è da ritenersi ancora corretto quanto riportato pocanzi.

² Vengono riportati i grafici relativi alla marea di sizigia poiché le variazioni sono più marcate rispetto a quanto si riscontra per un ciclo di marea di quadratura.

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

L'applicazione del modello matematico per evidenziare i possibili effetti sulle praterie a fanerogame marine della bocca di Chioggia (figura 5.2), condotta nell'ambito del presente monitoraggio (Studio B.6.72 B/9) [MAG. ACQUE - CORILA, 2014c], ha rilevato come:

- a seguito della realizzazione delle opere non ci siano variazioni della portata in marea uscente ed entrante, considerando sia maree di sizigia che di quadratura, diversamente da quanto rilevato per Lido e Malamocco [MAG. ACQUE - CORILA, 2012c; 2013b];
- le variazioni delle velocità, comunque di piccola entità, siano riferibili a poche aree di limitata estensione e situate in prossimità della bocca. In condizioni di sizigia, le variazioni più alte di velocità sono state rilevate nel primo tratto del canale di Caroman, con incrementi complessivi di circa 5 cm/s (e massimi locali di 10 cm/s). Lungo questo tratto del canale, l'aumento di velocità lambisce i margini della prateria situata a ovest, con variazioni sino a 2-3 cm/s (e massimi locali di circa 5 cm/s). A est del canale, in corrispondenza della prateria di estensione minore si registra, invece, una riduzione generale di velocità (tra i 2 e gli 8 cm/s). In un'ampia area della prateria situata davanti alla bocca, invece, sono state rilevate riduzioni della velocità, attorno ai 2-4 cm/s (con massimi locali di 5 cm/s). Incrementi e cali dell'ordine dei 2-3 cm/s, infine, sono stati misurati lungo i margini delle praterie situate a est e a ovest del canale Perognola. Nelle altre zone prossime alla bocca dove sono presenti praterie a fanerogame non sono stati registrati apprezzabili riduzioni o incrementi di velocità. In condizioni di quadratura, le differenze rilevate nelle velocità sono ancora più contenute (circa 2-3 cm/s) e interessano zone con un'estensione molto limitata.

In riferimento alla torbidità della colonna d'acqua e alla risospensione dei sedimenti generati dall'effetto combinato di correnti e dal moto ondoso, vengono di seguito riportate le principali valutazioni del gruppo di lavoro [MAG. ACQUE - CORILA, 2013b] nell'ambito dello studio precedente (B.6.72 B/8) per Malamocco e di quello attuale (B.6.72 B/9) per Chioggia [MAG. ACQUE, 2013b; 2014c]; in entrambi i casi, per tutta la durata delle simulazioni, sono stati considerati 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).

Nella bocca di Malamocco, tra le due configurazioni (stato *ante operam* ed attuale) sono state osservate differenze di piccola entità nella distribuzione dei sedimenti in sospensione, particolarmente in condizioni di sizigia (figura 5.3). Sono state segnalate riduzioni dei valori dell'ordine di 10-15 mg/l nella prateria situata a nord della bocca, in 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 sono state evidenziate differenze di rilievo tra le configurazioni *ante operam* e quella attuale.

Per la bocca di porto di Chioggia, nel confronto tra la configurazione *ante operam* e quella *post operam*, in condizioni di sizigia e, solo durante la fase di flusso, è stato registrato un incremento delle concentrazioni massime di sedimenti in sospensione (circa 40 mg/l) lungo il margine della prateria situato davanti alla bocca; incrementi di lieve entità (circa 10 mg/l) si osservano, invece, lungo i canali della Perognola e di Poco Pesce per la fase sia di flusso che di riflusso (aree cerchiata in figura 5.4). Non sono state, invece, registrate differenze di rilievo tra le configurazioni *ante* e *post operam*, considerando la marea di quadratura (né per la fase di flusso né per quella di riflusso).

Nonostante i risultati dei modelli matematici segnalino lievi incrementi per quanto riguarda gli aspetti della torbidità in prossimità della bocca di porto di Chioggia, i dati del monitoraggio relativi alle sonde fisse dello studio B.6.72 B/9 [MAG. ACQUE - CORILA, 2014b] non indicano variazioni marcate per questo parametro per il periodo 2013-2014. Inoltre, durante i tre controlli stagionali del presente studio (maggio, agosto e novembre), in nessuna stazione della bocca di Chioggia (e anche di Lido e Malamocco) sono stati rilevati tassi anomali di **sedimentazione** di

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

particellato sulle lamine, tali da ostacolare lo sviluppo di ciuffi fogliari e/o portare ad incrementi dei fenomeni di necrosi [MAG. ACQUE - CORILA, 2014a].

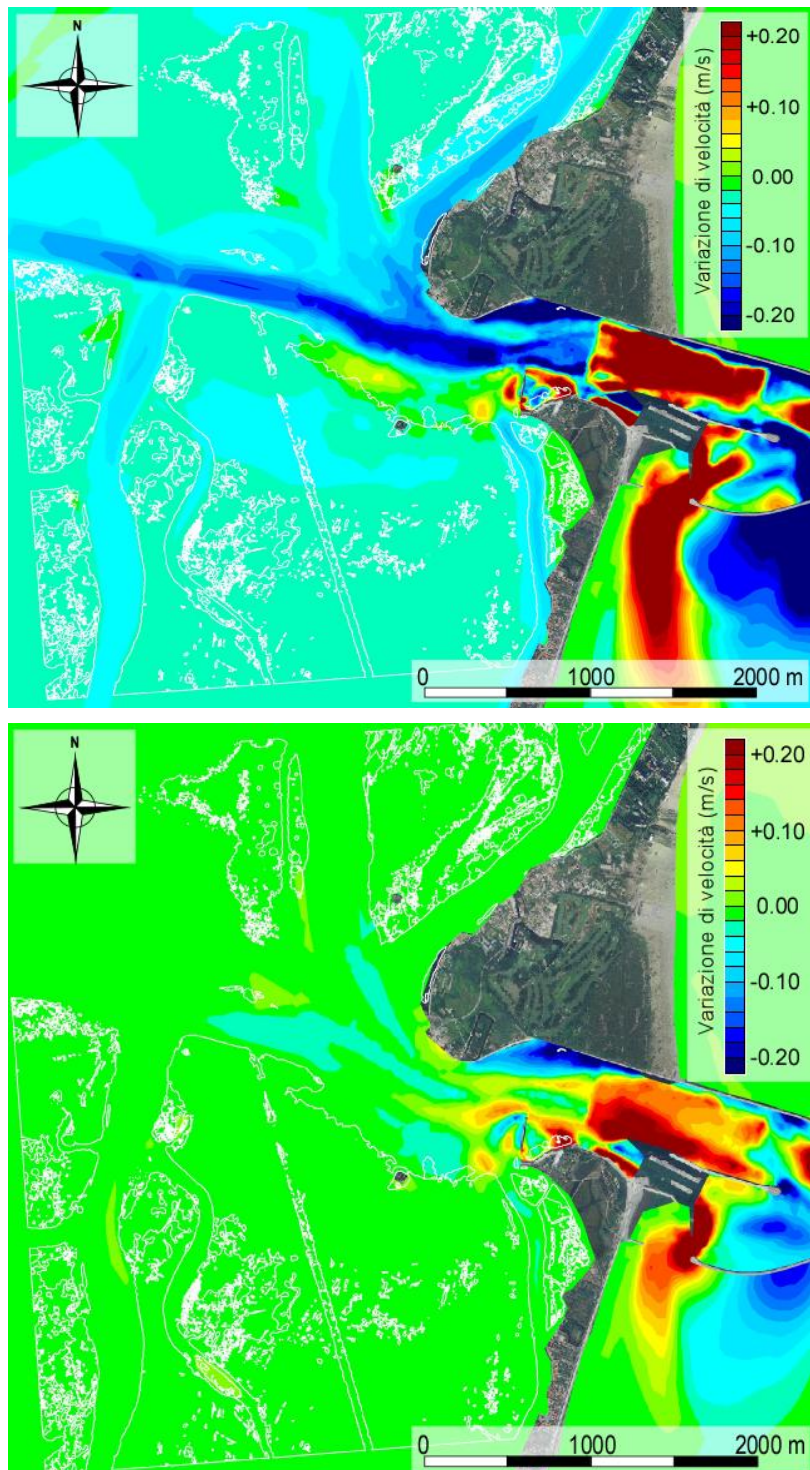


Figura 5.1 – Bocca di porto di Malamocco. Marea di sizigia. Variazioni delle velocità massime della corrente tra la fase *ante operam* e lo stato attuale, riferite alla marea entrante e uscente. In bianco sono raffigurati i bordi delle praterie a fanerogame marine.

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

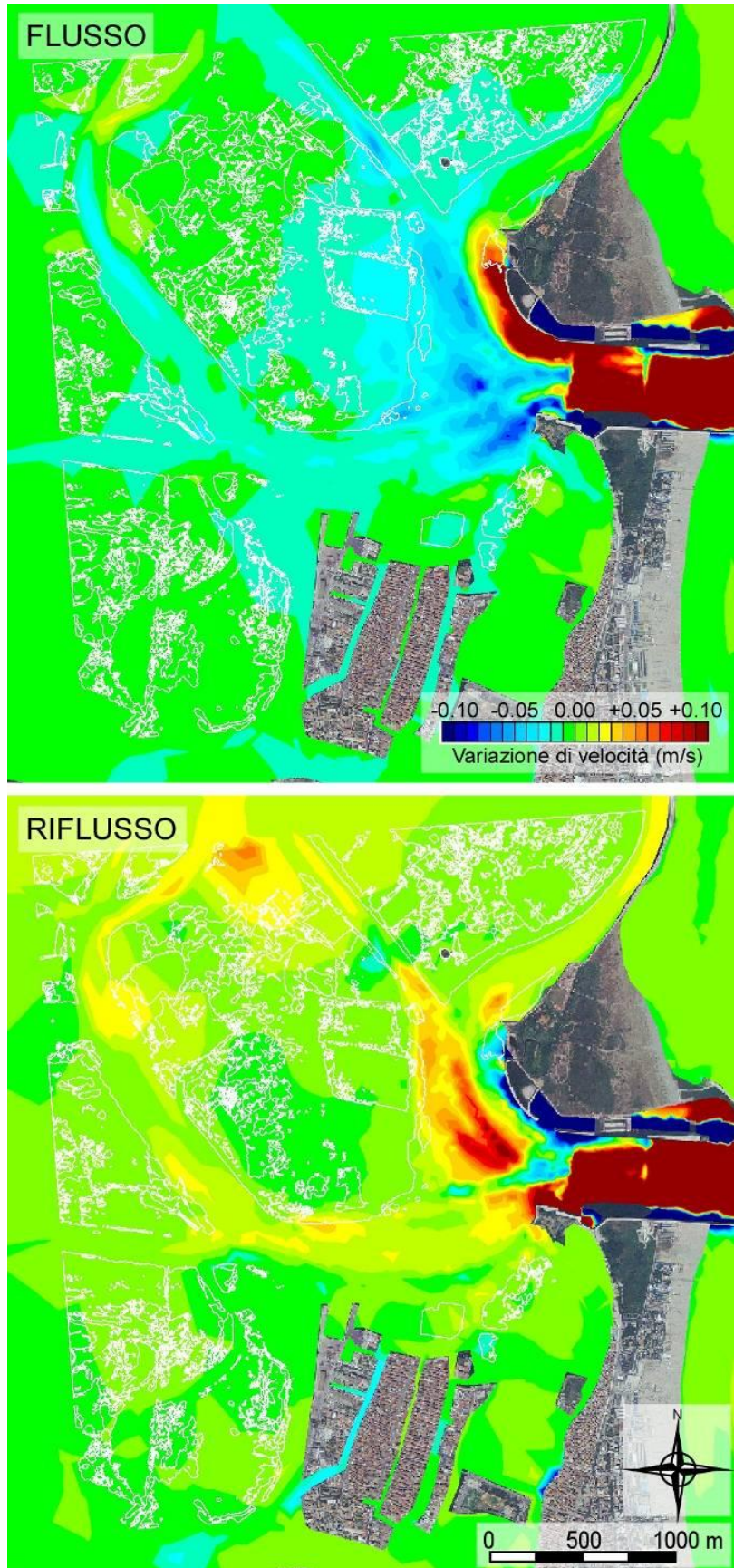


Figura 5.2 - Bocca di porto di Chioggia. Marea di sizigia. Variazioni delle velocità massime della corrente tra la fase ante operam e lo stato attuale, riferite alla marea entrante e uscente. In bianco sono raffigurati i bordi delle praterie a fanerogame marine.

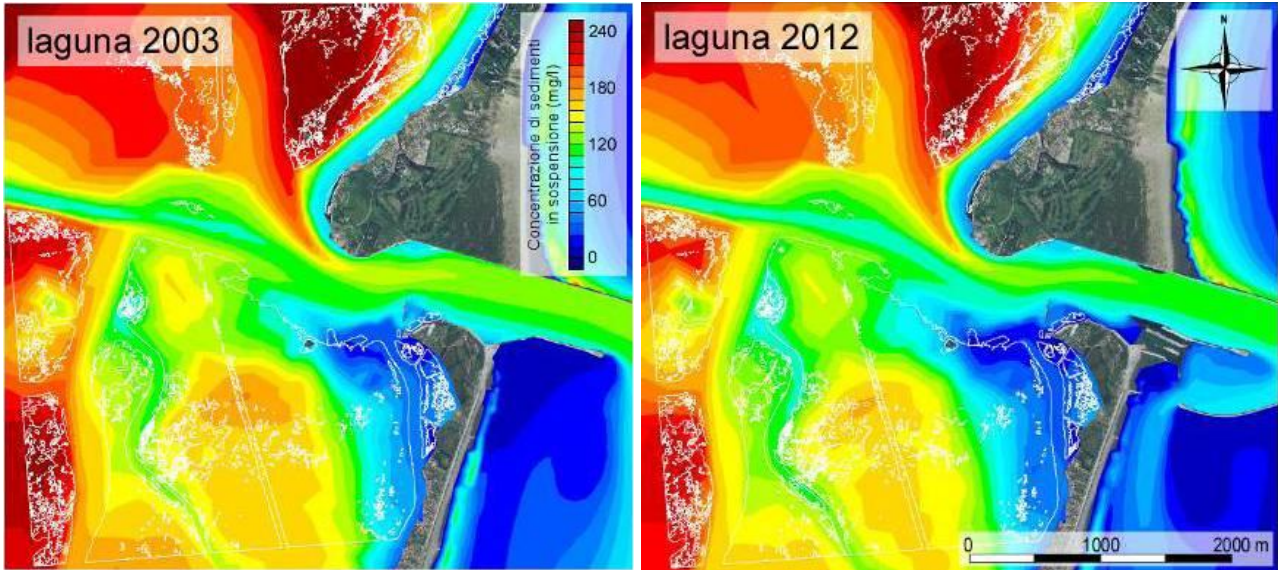


Figura 5.3 – Bocca di porto di Malamocco: concentrazioni massime di sedimenti in sospensione in condizioni di flusso indotte dall'effetto combinato di correnti e moto ondoso per le configurazioni *ante operam* (laguna 2003) e lo stato attuale (laguna 2012). In bianco sono raffigurati i bordi delle praterie a fanerogame marine.

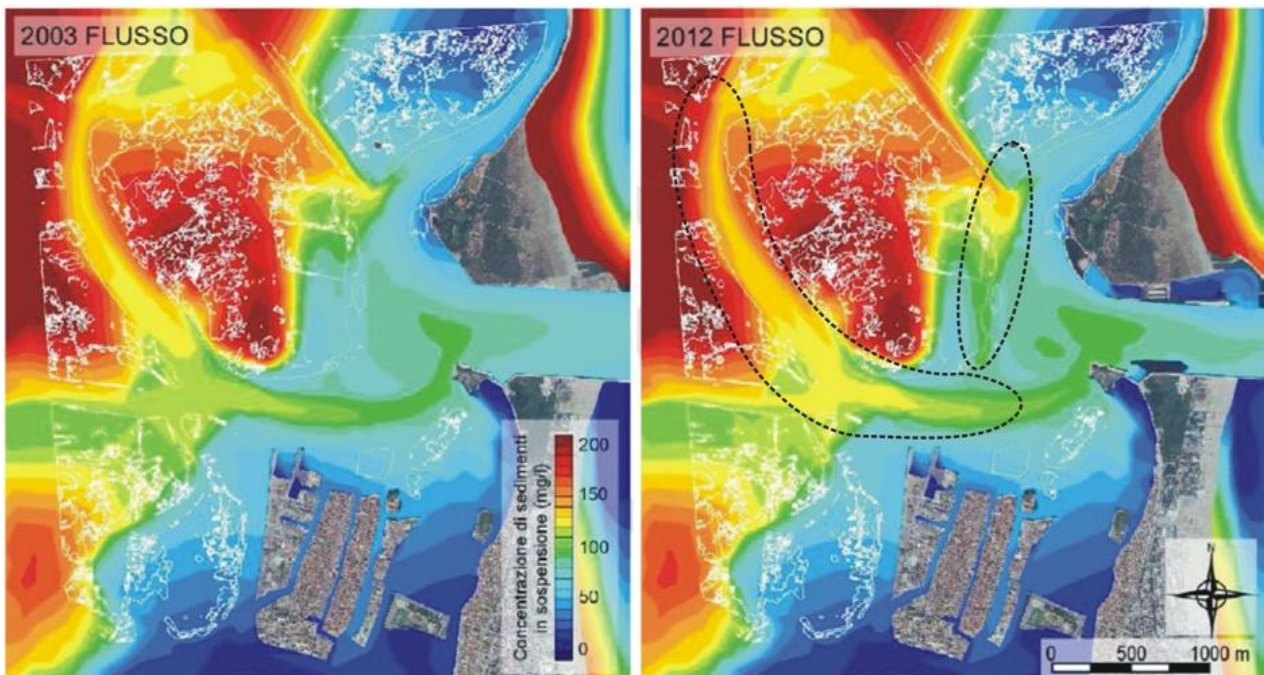


Figura 5.4 – Bocca di porto di Chioggia: concentrazioni massime di sedimenti in sospensione in condizioni di flusso indotte dall'effetto combinato di correnti e moto ondoso per le configurazioni *ante operam* (laguna 2003) e lo stato attuale (laguna 2012). In bianco sono raffigurati i bordi delle praterie a fanerogame marine. Sono state cerchiare le aree dove sono state registrate le maggiori variazioni nelle concentrazioni dei sedimenti.

6 CONSIDERAZIONI FINALI

L'esame dei risultati dei rilievi sui transetti della bocca di porto di Malamocco (Studi B.6.72 B/8 e B/9) e di Chioggia (Studio B.6.72 B/9), per quanto attiene i parametri legati alle 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 poco conosciuti.

L'analisi pluriennale della componente degli epibionti, nel confronto tra la fase *ante operam* e i monitoraggi successivi (B.6.72 B/1-B/9), ha evidenziato che:

- anche dopo una rivisitazione tassonomica complessiva, permane una riduzione del numero di taxa che, a seconda della bocca di porto, può essere graduale negli anni o più marcata (soprattutto tra lo studio *ante operam* del 2003 ed il primo monitoraggio);
- la struttura e la composizione della comunità degli epibionti non ha subito una trasformazione radicale, poiché si sono modificati principalmente i rapporti di abbondanza tra le specie più frequenti, che hanno portato ad un sensibile incremento delle alghe rosse coralline e ad una riduzione di quelle di tipo *turf* (soprattutto delle diatomee bentoniche). La scomparsa/comparsa di alcuni taxa, che comunque si è verificata, è stata compensata dal ritrovamento di altri, in modo più evidente a Lido rispetto a Malamocco e Chioggia;
- è possibile che nella differenziazione delle comunità epibionti 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, agendo più lentamente ma in modo costante, modifica gradualmente la comunità di epibionti.

L'analisi dell'andamento dei parametri relativi all'epifitismo lungo i transetti valutando possibili relazioni con la velocità della corrente, porta a formulare conclusioni che non sono univoche per le due bocche indagate (Malamocco e Chioggia), come si è verificato anche per i transetti di Lido nei precedenti Studi B.6.72 B/7 e B/8. I parametri che presentano correlazioni statisticamente significative con la velocità della corrente sono, infatti, il numero di taxa e il ricoprimento nei transetti della bocca di Chioggia ("C2-bis e C5"), il ricoprimento e la biomassa in quello di Malamocco ("transetto M3"). Queste correlazioni, nella maggior parte dei casi, non sono di tipo lineare e quindi risultano non facilmente interpretabili; non bisogna poi dimenticare che nella valutazione delle relazioni esistenti tra la velocità e i parametri legati all'epifitismo rivestono un ruolo importante anche la riduzione o l'aumento della stessa velocità dovuti al cambiamento di profondità, in quanto entrambi i parametri tendenzialmente riducono il proprio valore spostandosi verso l'interno delle praterie. Inoltre, va precisato come la riduzione della profondità determini una minore lunghezza dei ciuffi fogliari e di conseguenza una minore superficie disponibile per l'attecchimento da parte degli epibionti³.

Nel "transetto M3", che si estende per 435 m dal canale, i valori dei parametri fenologici della prateria tendenzialmente aumentano spostandosi verso il margine del canale, mentre quelli legati all'epifitismo (numero totale e medio di taxa in particolare) presentano un andamento opposto poiché complessivamente calano avvicinandosi al margine del canale.

Nel "transetto C2-bis" e in quello "C5", che si estendono rispettivamente per 450 m e 160 m dal margine del canale, i parametri fenologici, seppur con andamenti altalenanti, tendono ad aumentare spostandosi verso il margine del canale (ad eccezione della densità nel "transetto C2-

³ Esprimendo il ricoprimento come valore percentuale rispetto alla superficie fogliare totale e la biomassa alla superficie fogliare unitaria di 1 m², la differenza di lunghezza delle foglie lungo il transetto è in gran parte annullata; il numero di taxa, invece, resta ancora influenzato da questo parametro dal momento che la maggiore superficie fogliare può favorire il reclutamento di un maggior numero di specie.

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

bis"); per i parametri legati all'epifitismo non si nota una tendenza definita tra la prima e l'ultima stazione del "transetto C2-bis" mentre, in quello "C5", seppur con trend non lineari, si registrano cali complessivi verso il margine del canale.

Tenendo conto di quanto osservato nei transetti, in particolare nel "transetto M3" e nel "transetto C5", pur con modalità non del tutto definite e lineari, sembra esista una relazione inversa tra la distanza e i parametri relativi all'epifitismo; il passo successivo ha previsto la verifica di eventuali relazioni tra l'andamento di questi parametri (epifitismo e distanza canale/profondità) con eventuali variazioni nella velocità della corrente tra la configurazione *ante operam* e quella finale.

I risultati della modellazione matematica idro-morfodinamica, però, non evidenziano apprezzabili variazioni della velocità in prossimità delle praterie a fanerogame della bocca di porto di Malamocco, mentre in quella di Chioggia variazioni modeste sono state segnalate lungo i margini delle praterie a fanerogame situati più vicino alla bocca. In queste zone, i controlli eseguiti durante le attività di mappatura non hanno comunque segnalato fenomeni erosivi o arretramenti nelle praterie. Per quanto riguarda la maggior parte di quelle presenti sui bassifondi della bocca di porto, i risultati della modellazione matematica idro-morfodinamica non evidenziano significative variazioni tra la configurazione *ante operam* e quella finale.

Nel complesso della bocca di porto di Chioggia e di Malamocco, anche le praterie distanti dai canali principali non sembrano risentire degli incrementi della velocità dovuti alle modifiche morfologiche apportate dalle opere alle bocche.

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

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 *Hydrobia ulvae* population. Mar Poll Bull 56:483-492.
- Curjel 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 BOCCHE 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. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA, 2012d. 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: Acque. Campagne di misura per la caratterizzazione delle aree a praterie a fanerogame. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

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. Rapporto Finale. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova. 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. Modellazione matematica idro-

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

morfodinamica delle praterie a fanerogame marine. 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: Acque. Campagne di misura per la caratterizzazione delle aree a praterie a fanerogame. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA, 2014a. Studio B.6.72 B/9. 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, 2014b. Studio B.6.72 B/9. 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. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA, 2014c. Studio B.6.72 B/9. 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. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA, 2014d. Studio B.6.72 B/9. 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.

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.

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/>