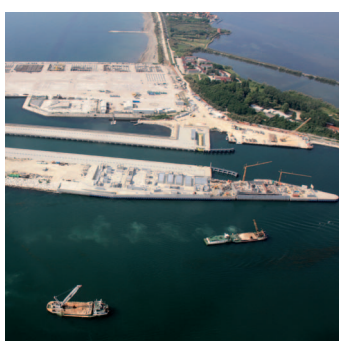
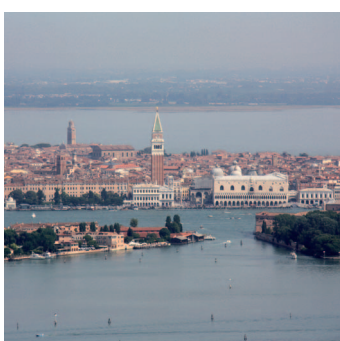
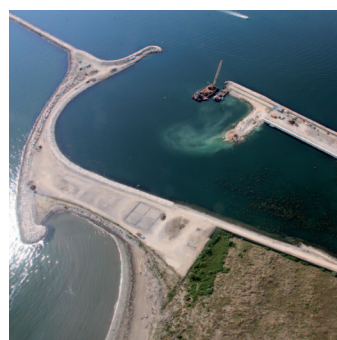
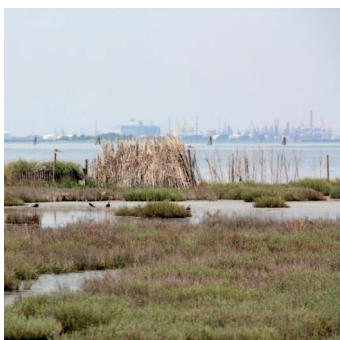


# IL CONTROLLO AMBIENTALE DELLA COSTRUZIONE DEL MOSE

10 anni di monitoraggi  
tra mare e laguna di Venezia  
2004 - 2015



*Editors*

*P. Campostrini, C. Dabalà, P. Del Negro, L. Tosi*



Questo volume riassume i principali risultati dei "Monitoraggi degli effetti dei cantieri prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari" condotti a partire dal 2004 nell'ambito degli Studi B.6.72 B/1 - B/11 del Provveditorato Interregionale per le Opere Pubbliche Veneto - Trentino Alto Adige - Friuli Venezia Giulia (già Magistrato alle Acque di Venezia), affidati al Consorzio Venezia Nuova e sviluppati da CORILA.

#### **Alta sorveglianza**

Provveditorato Interregionale per le Opere Pubbliche Veneto  
- Trentino Alto Adige - Friuli Venezia Giulia (già Magistrato alle  
Acque)

Ufficio Salvaguardia di Venezia  
*Giampietro Mayerle, Fabio Riva,  
Valerio Volpe, Maria Adelaide Zito*

#### **A cura di**

CORILA

*Editors: Pierpaolo Campostrini, Caterina Dabalà,  
Paola Del Negro, Luigi Tosi*

#### **Con i contributi specialistici di**

CORILA

*Pierpaolo Campostrini, Caterina Dabalà, Chiara Dall'Angelo*

Dipartimento di Biologia, sezione di Etologia, Università di Pisa  
*Natale Emilio Baldaccini*

Dipartimento di Georisorse e Territorio, Politecnico di Torino  
*Alessandro Casasso, Antonio Di Molfetta, Rajandrea Sethi*

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale,  
Università degli Studi di Padova (DICEA-UNIPD)  
*Giampaolo Di Silvio*

Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi di Ferrara  
*Renzo Cremonini, Patrizio Fausti, Maria Carmen Guerra,  
Andrea Santoni, Giuliano Scalpelli Quiqueto,  
Nicolò Zuccherini Martello*

Dipartimento di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica,  
Università Ca' Foscari di Venezia (DAIS-UNIVE)  
*Marco Anelli Monti, Francesco Cavarro, Francesca Coccon,  
Piero Franzoi, Vyrion Georgalas, Elisa Morabito, Fabio Pranovi,  
Simone Redolfi Bristol, Giovanni Sburlino, Patrizia Torricelli,  
Matteo Zucchetto*

© Copyright CORILA

Consorzio per il Coordinamento delle Ricerche  
inerenti al sistema Lagunare di Venezia

S. Marco 2847, Palazzo Franchetti  
30124 Venezia

Tel. +39-041.2402511 - pec: corila@pec.it

[direzione@corila.it](mailto:direzione@corila.it)

[www.corila.it](http://www.corila.it)

This work is licensed under a  
Creative Commons Attribution 4.0 International License.  
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Stampa Nuova Jolly, Padova 2017

#### **Coordinamento generale**

Consorzio Venezia Nuova

*Fabio Beraldin, Giovanni Cecconi, Claudia Cerasuolo,  
Massimo Gambillara*

Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima,  
Consiglio Nazionale delle Ricerche (ISAC-CNR)  
*Franco Belosi, Daniela Cesari, Daniele Contini*

Istituto di Scienze Marine, Consiglio Nazionale delle Ricerche  
(ISMAR-CNR)  
*Giuliano Lorenzetti, Giorgia Manfè, Marco Sigovini,  
Davide Tagliapietra, Luca Zaggia*

Istituto per la Dinamica dei Processi Ambientali,  
Consiglio Nazionale delle Ricerche (IDPA-CNR)  
*Andrea Gambaro*

Museo di Storia Naturale di Venezia  
*Luca Mizzan, Marco Uliana, Cecilia Vianello*

SELC soc. coop.  
*Isabelle Cavalli, Emiliano Checchin, Daniele Curiel,  
Daniele Mion, Chiara Miotti, Andrea Rismondo, Francesco Scarton*

Università IUAV di Venezia  
*Marco Della Puppa, Marco Mazzarino*

*Francesco Barbieri, Elena Elvini, Leonardo Ghirelli,  
Lorenzo Zanella*

*Tutti i rapporti relativi ai monitoraggi dei cantieri del MOSE sono  
a disposizione al sito web [www.monitoraggio.corila.it](http://www.monitoraggio.corila.it).*

*La presente relazione scientifica è parte delle attività finanziate  
dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Provveditorato  
Interregionale per le Opere Pubbliche del Veneto - Trentino  
Alto Adige - Friuli Venezia Giulia (PROVV.OO.PP.), già  
Magistrato alle Acque di Venezia (MAG.ACQUE), tramite il  
concessionario Consorzio Venezia Nuova (CVN).*

*Tutte le figure, salvo quelle di cui è indicata esplicitamente la  
fonte, sono di proprietà di CORILA e degli autori.*

*Le affermazioni qui riportate sono di responsabilità degli autori  
e non necessariamente sono condivise dal Provveditorato  
o dal Concessionario.*



# La comunità bentonica: breve storia alle bocche di porto

## *Benthic community at the Venice lagoon inlets: a brief history*

Davide Tagliapietra, Marco Anelli Monti,  
Emiliano Checchin, Daniele Curiel, Chiara Miotti,  
Fabio Pranovi, Marco Sigovini

### Introduzione

L'insieme degli animali acquatici che hanno un rapporto diretto con il fondale costituisce la comunità zoobentonica e gli organismi di dimensioni superiori al millimetro sono detti macro-zoobentos (MZB). Questa comunità è composta dai principali Phyla di invertebrati marini, dai Celenterati agli Artropodi, passando per Molluschi ed Anelidi. Essendo, di norma, dotati di poca mobilità, questi organismi non sono in grado di mettere l'habitat in relazione a loro stessi come, per esempio, cercare una nuova zona quando le condizioni ambientali diventano troppo sfavorevoli, ma devono mettere loro stessi in relazione all'habitat, ossia devono essere in grado di sopportare ampi range di variazione delle condizioni ambientali circostanti. Per questa ragione, gli organismi bentonici sono considerati ottimi indicatori dello stato dei fondali in quanto rispondono ai cambiamenti dell'habitat con variazioni nella struttura della comunità quali la composizione in specie, l'abbondanza degli individui e le dimensioni. Poiché le risposte della comunità macrozoobentonica ai cambiamenti ambientali avvengono in tempi più o meno lunghi, il MZB riflette non soltanto la situazione al momento del campionamento ma, soprattutto, quella del periodo precedente.

Un'altra caratteristica importante di questa comunità è il ruolo chiave giocato in ambienti a bassa profondità, quali le lagune costiere. In tali ecosistemi, infatti, dato lo scarso sviluppo della colonna d'acqua, tutti i principali processi ecologici sono guidati e determinati proprio da quanto avviene in prossimità del fondo, ossia nel cosiddetto comparto bentonico. Tutto ciò contribuisce a creare un forte accoppiamento bento-pelagico, con i fenomeni sia di produzione primaria che di riciclo/utilizzo della sostanza organica che avvengono proprio a carico della componente bentonica (Kennish e Paerl, 2010).

In tale contesto, la configurazione del fondale stesso assume un ruolo cruciale nel determinare la tipologia di organismi, quindi la struttura della comunità e dunque il funzionamento dell'intero comparto, con profonde ripercussioni per l'intero ecosistema.

Per quanto attiene la laguna di Venezia, stiamo parlando di un sistema estremamente complesso, caratterizzato da una elevata varietà di habitat, declinati in una ampia gamma di condizioni ambientali assai differenziate (eterogeneità spaziale) e dinamicità, legata ad esempio all'alternanza della marea (eterogeneità temporale). In tale contesto si sono inserite le opere per la predisposizione del MoSE, che hanno modificato, nel tempo, la struttura ed il funzionamento delle bocche di porto della laguna stessa. Di estremo interesse, dunque, verificare e monitorare i possibili cambiamenti indotti da tali attività sui diversi comparti, tra cui appunto quello bentonico.

Resta da sottolineare che, proprio perché poco mobili e adattate all'elevata dinamicità

ambientale, le comunità bentoniche possiedono un'elevata resilienza, che conferisce loro la capacità di mantenere le funzionalità ecologiche anche a fronte di notevoli cambiamenti strutturali.

Scopo del presente articolo è quello di descrivere le variazioni di struttura e/o funzionamento delle comunità MZB delle bocche di porto nel corso degli ultimi otto anni (2008-2014), indagando se esse siano in qualche modo riconducibili alle attività di cantiere presenti nelle stesse.

## Metodo di indagine

### Area di studio e scelta delle stazioni

Il monitoraggio del MZB è stato condotto nelle aree di basso fondale prospicienti le bocche di porto di Lido, Malamocco e Chioggia, interessate dai lavori per la costruzione delle dighe mobili del MOSE.

Lo studio è stato condotto analizzando i due habitat principali: la prateria di fanerogame marine, nelle diverse declinazioni dell'habitat dovute alla presenza di specie diverse, e il substrato mobile avegetato, costituito da diversi coacervi di sabbie marine e limi estuari.

In queste aree, sono state individuate 16 stazioni, di cui 8 localizzate alla bocca di Lido, 4 a Malamocco e 4 a Chioggia. Il numero doppio delle stazioni al Lido è giustificato dal fatto che essa convoglia le acque di due sottobacini lagunari, quello del Lido e quello di Treporti. Nove di queste stazioni corrispondono a quelle campionate nell'ambito della fase *ante operam* (2003/04), durante precedenti attività di monitoraggio. Tutti i siti di campionamento sono rappresentativi di aree di velma, che emergono durante le basse maree, o di basso fondale, cioè aree sempre sommerse ma comunque con profondità molto ridotta. L'attività di monitoraggio si è articolata in due campagne annuali condotte in estate (2008-2014) e in autunno (2008-2010).

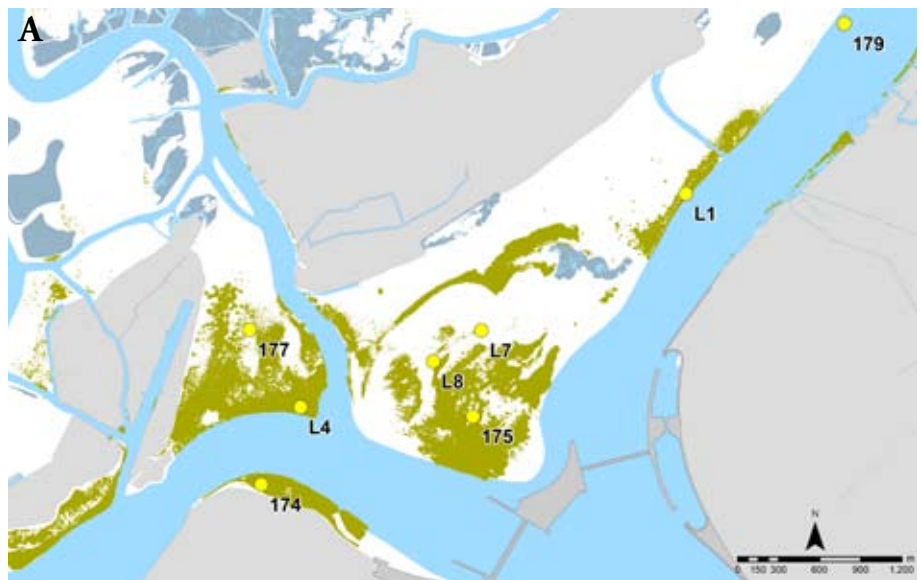
La localizzazione delle stazioni di campionamento alle diverse bocche di porto è riportata nella figura 1; nelle mappe è riportata la distribuzione delle fanerogame marine aggiornata al rilievo dell'ultimo anno di studio (2014, Studio B.6.72 B/10) (PROVV. OO.PP.-CORILA, 2015).

### Modalità di raccolta dei campioni e analisi di laboratorio

I campioni sono stati raccolti con l'ausilio di una sorbona idraulica (figura 2), in grado di penetrare il sedimento verticalmente fino a circa 30 cm, per una superficie di campionamento di 500 cm<sup>2</sup>. In ogni stazione sono state effettuate 5 repliche, per un totale di 2500 cm<sup>2</sup>. All'estremità esalante della sorbona è stato posizionato un sacchetto di rete con maglia inferiore a 1 mm nel quale è stato raccolto il materiale aspirato. Ciascun campione è stato ulteriormente sottoposto a setacciatura su maglia di 1 mm. I campioni, infine, sono stati conservati in contenitori refrigerati, fino alla successiva fase di laboratorio.

Il materiale biologico raccolto è stato quindi sottoposto a identificazione tassonomica, conta di tutti gli individui presenti e successiva determinazione della biomassa per specie, espressa come peso senza ceneri, così da poter comparare diverse tipologie di organismi (ad esempio, con e senza conchiglia).

Per la valutazione delle modificazioni della comunità macrozoobentonica occorse tra il 2008 e il 2014 sono stati utilizzati, per omogeneità, solo i dati relativi alle campagne estive.



1. Ubicazione delle stazioni di campionamento: bocca di porto di Lido (A) (le stazioni 179 e L7 non sono state monitorate nel 2014); bocca di porto di Malamocco (B); bocca di porto di Chioggia (C). Le mappe riportano la distribuzione delle fanerogame marine (2014) (PROVV.OO.PP.-CORILA, 2015).



2. Raccolta dei campioni mediante sorbona idraulica.

## **Analisi dati**

La struttura ed il funzionamento delle comunità sono stati analizzati mediante l'applicazione di alcuni indici univariati, che sintetizzano l'informazione in un singolo numero.

### *Indici di diversità ed equitabilità*

L'indice di Shannon-Wiener ( $H'$ ) è un "classico" indice di diversità che considera sia il numero di taxa presenti sia il modo in cui gli individui sono distribuiti tra essi; non è un indice assoluto ma dipende dalla dimensione del campione che influenza il numero di specie.

L'indice di equitabilità o indice di Pielou (evenness,  $J'$ ), valuta invece il grado di uniformità nella distribuzione degli individui tra i vari taxa. L'equitabilità tende a 1 quanto più gli organismi sono distribuiti uniformemente tra le specie; tende a 0 quanto più poche specie dominano numericamente sulle altre.

### *Indici di saprobietà*

Uno degli aspetti chiave delle comunità MZB è quello di riuscire ad adattarsi alle condizioni più o meno spinte di presenza di sostanza organica nel fondale e nella colonna d'acqua circostante. Dal bilancio della sostanza organica, e pertanto dalla saprobietà del sistema dipendono tutta una serie di caratteristiche dell'ambiente, che vanno dalla generazione di condizioni ipossiche, alla produzione di metaboliti tossici (Tagliapietra *et al.*, 2012). Questo stato del sistema si riflette direttamente sulla struttura della comunità stessa, ossia sulla composizione in specie. Si può, quindi, analizzare la struttura in termini di sensibilità delle specie alle condizioni più o meno spinte di arricchimento organico.

Uno degli indici più usati per valutare lo stato della comunità macrobentonica è il Marine Biotic Index (AMBI) (Borja *et al.*, 2000), che si basa sul calcolo di un coefficiente biotico (Biotic Coefficient, BC) determinato in base alla proporzione di specie sensibili al disturbo presenti nel sito di studio. Il valore di AMBI viene espresso mediante una scala continua di valori che varia da 0, situazione di assenza di inquinamento, a 6, in cui l'ambiente è fortemente inquinato; il valore 7 indica un ambiente privo di organismi macrobentonici. AMBI deriva direttamente da altri modelli (Glémarec & Hily, 1981; Grall & Glémarec, 1997) che suddividono le comunità bentoniche in gruppi di

specie in base alla loro sensibilità nei confronti dell'arricchimento in sostanza organica e del consumo di ossigeno. Esso, quindi, può essere considerato come un indicatore soprattutto di saprobietà, ossia degli effetti legati al metabolismo della sostanza organica, più che di un generico "disturbo" (Sigovini *et al.*, 2013; Tagliapietra *et al.*, 2012).

Un altro indice comunemente usato, soprattutto nell'ambito della Water Framework Directive (2000/60/ EC, WFD; European Community, 2000), è M-AMBI ("Multivariate AMBI") (Bald *et al.*, 2005; Muxika *et al.*, 2007) che rappresenta un ulteriore sviluppo dell'applicazione AMBI. Tale indice, tuttavia, come evidenziato da Sigovini *et al.* (2013), risulta inutilmente ridondante. Pertanto, si è deciso di utilizzare una combinazione grafica fra H' e AMBI. Proiettando i punti sulla diagonale si ottiene il valore dell'indice H-AMBI che approssima molto M-AMBI, ma semplifica la struttura e ne facilita la comprensione.

#### *Analisi multivariata*

L'analisi multivariata (o analisi multidimensionale) dei dati comprende un insieme di metodologie che permettono di sintetizzare un intero data-set, limitando la perdita d'informazione e riuscendo ad evidenziare le strutture intrinseche e le relazioni significative. La similarità strutturale tra i campioni può quindi essere valutata tramite tecniche di analisi multivariata che, invece di riassumere il risultato in un unico valore, utilizzano uno spazio n-dimensionale, poi solitamente ridotto a 2 o 3 dimensioni per ragioni di visualizzazione. In questo modo è possibile tenere conto non solo della struttura in termini quantitativi ma anche qualitativi, ossia di quali specie compongano la comunità stessa e di come queste eventualmente varino nel tempo. Le variazioni temporali nella struttura della comunità sono state quindi analizzate adottando come tecnica di ordinamento il MultiDimensional Scaling (MDS) su una matrice di similarità di Bray-Curtis.

#### *Funzionamento*

Ogni individuo, in relazione alla specie di appartenenza, svolge un preciso ruolo ecologico, per cui la composizione in specie (ossia la struttura) e le sue variazioni spazio-temporali si ripercuotono sulla funzionalità della comunità stessa, ovvero sui processi che governano i rapporti tra comunità e habitat.

Nel presente lavoro vengono analizzati due diversi processi ecologici fondamentali, da un lato la struttura trofica che delinea le modalità di trasferimento dell'energia e dall'altro la capacità di modificare l'ambiente circostante, che nel caso del MZB si esplica principalmente nella capacità di modificare il sedimento (bioturbazione).

Per quanto riguarda la struttura trofica, ciascuna specie, sulla base delle caratteristiche ecologiche, è stata attribuita ad uno dei 5 gruppi trofici individuati: filtratori, detritivori, erbivori, carnivori ed onnivori. Successivamente, utilizzando il numero di individui per specie per replica, si sono calcolate le abbondanze di ciascun gruppo trofico.

La capacità della comunità di "rimaneggiare" l'habitat circostante rappresenta una misura della sua dinamicità, resilienza e adattabilità alle forzanti esterne. L'indicatore Biogenic Mixing Depth (BMD) (Solan *et al.*, 2004 a, b) offre indicazioni utili per comparare le diverse situazioni nella spazio e nel tempo, per quanto attiene alla comunità MZB. Si tratta, infatti, di una stima, basata sulla mobilità e sulle caratteristiche biologiche delle diverse specie relative all'interazione con il sedimento, della capacità di bioturbazione della comunità nel suo complesso, valutata in centimetri di profondità entro cui tale azione si verifica.



## Risultati

Nel periodo di indagine sono stati identificati oltre 250.000 individui suddivisi in 327 taxa appartenenti a 14 Phyla (tabella 1, in calce all'articolo). In generale, Artropodi, Molluschi e Anellidi sono risultati i Phyla maggiormente rappresentati, sia in termini di numero di specie, che di numero di individui.

La composizione specifica della comunità, e soprattutto la presenza delle specie dominanti, risulta stabile nel tempo ma evidenzia differenze tra le bocche. 31 specie sono risultate tra le più abbondanti contribuendo all'abbondanza totale per una percentuale compresa tra 52 ed 88%. In termini di biomassa, invece, le specie più rappresentate sono risultate 27, contribuendo per il 62-92% alla biomassa totale (tabella 1).

La variabile ambientale che ha maggiormente determinato differenze tra le comunità è stata la tipologia di habitat, ovvero la presenza di fanerogame o di un sedimento avvegetato.

Per semplificare la lettura, i risultati verranno descritti per bocca di porto e per habitat, seguendo l'evoluzione nel tempo degli indicatori applicati. Le informazioni sulle singole bocche di porto sono state ottenute trattando statisticamente i dati relativi alle distinte stazioni. I risultati verranno presentati come valore medio per anno, per bocca di porto e per habitat, accompagnato dall'errore standard come misura di variabilità.

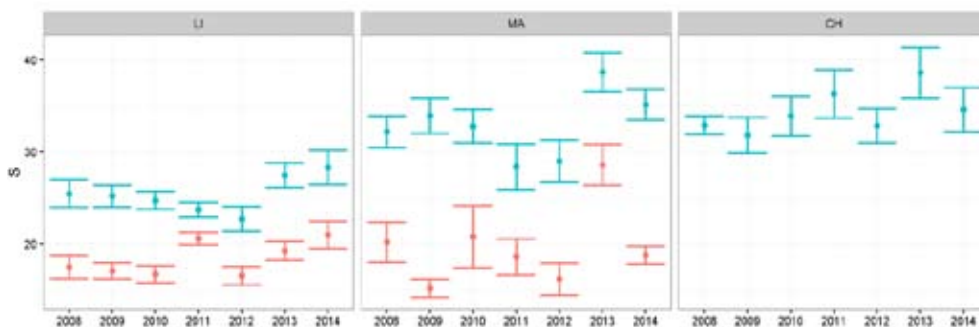
## Struttura

La descrizione della struttura di una comunità biologica passa attraverso l'analisi della ricchezza specifica (numero di specie che compongono la comunità) e della diversità (distribuzione degli individui tra le diverse specie), dell'abbondanza (numero di individui) e della biomassa (quantità di sostanza organica associata a ciascun individuo e dipendente dalle sue dimensioni). Dalla combinazione di alcuni di questi parametri si ricavano gli indici che vengono utilizzati per confrontare nello spazio e/o nel tempo le variazioni della struttura della comunità stesse.

La similarità strutturale tra le comunità può essere valutata anche tramite tecniche di analisi multivariata che tengono conto della presenza delle specie non soltanto in termini quantitativi ma anche qualitativi, nello specifico quali specie compongono la comunità stessa e di come queste varino nel tempo.

### *Ricchezza specifica S*

In tutte le bocche, la ricchezza più elevata corrisponde all'habitat a fanerogame; al Lido l'habitat a fanerogame evidenzia un numero di taxa inferiore rispetto alle altre bocche. Non si osservano andamenti particolari, anche se, negli ultimi anni, si rileva una tendenza all'aumento, come a Malamocco nel 2013 (figura 3).



3. Ricchezza specifica "S" (numero di specie che compongono la comunità). I punti indicano la media annuale e le barre l'errore standard; in blu è rappresentato l'habitat a fanerogame, in rosso l'habitat avvegetato; LI = bocca di Lido, MA = bocca di Malamocco e CH = bocca di Chioggia.

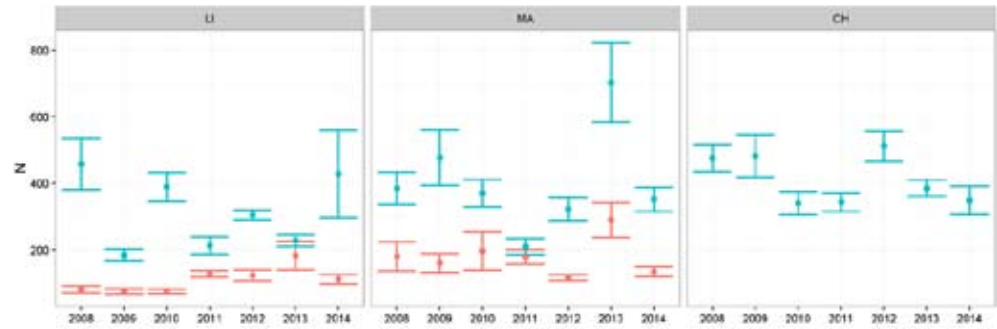
### Abbondanza totale N

Come evidenziato per la ricchezza, anche le abbondanze più elevate corrispondono all'habitat a fanerogame, dove si osservano massimi (2013 a Malamocco e 2014 a Lido) e minimi (2009 a Lido) ma senza particolari trend. A Chioggia si può notare una distinzione tra due periodi 2008-2011 e 2012-2014, entrambi caratterizzati da una tendenza alla diminuzione (figura 4).

#### 4. Abbondanza "N"

(numero di individui/500 cm<sup>2</sup>). I punti indicano la media annuale e le barre l'errore standard; in blu è rappresentato l'habitat a fanerogame, in rosso l'habitat avegetato;

LI = bocca di Lido,  
MA = bocca di Malamocco e  
CH = bocca di Chioggia.

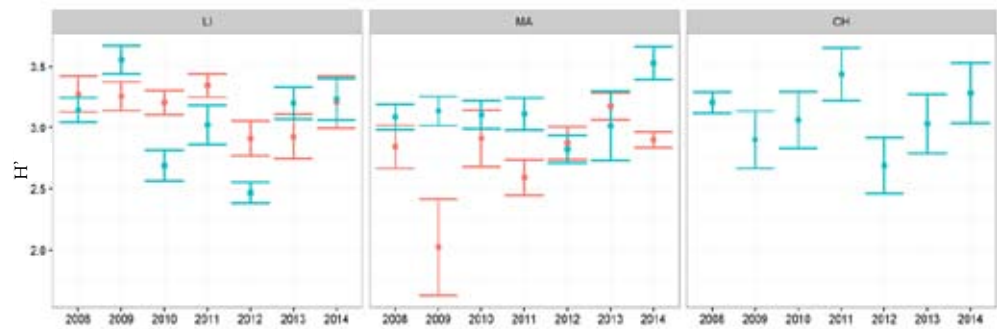


### Indici di diversità H' e J'

Gli indici di diversità di Shannon (H') e di Pielou (J') mostrano andamenti del tutto comparabili tra loro e in relazione alle diverse bocche. A Lido i valori dell'indice di Shannon risultano spesso più elevati nell'habitat avegetato rispetto a quello a fanerogame. Alcune situazioni di overdominance da parte di singole specie hanno determinato significative diminuzioni degli indici, come evidenziato nell'habitat a fanerogame di Lido (2010 e 2012) e nell'habitat avegetato di Malamocco (2009) (figure 5 e 6).

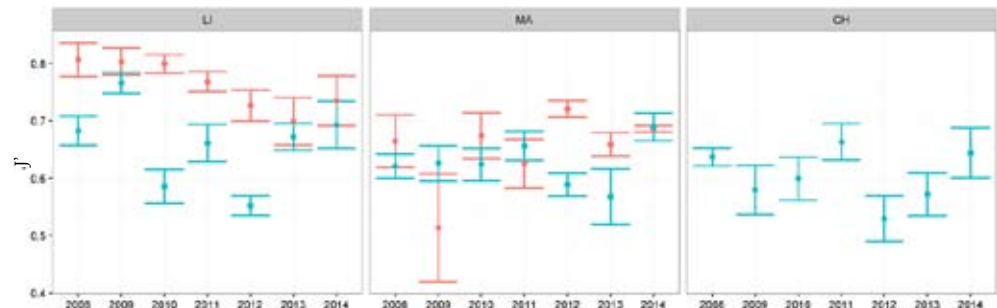
5. Indice di diversità di Shannon "H'" (distribuzione degli individui tra le diverse specie). I punti indicano la media annuale e le barre l'errore standard; in blu è rappresentato l'habitat a fanerogame, in rosso l'habitat avegetato;

LI = bocca di Lido,  
MA = bocca di Malamocco e  
CH = bocca di Chioggia.



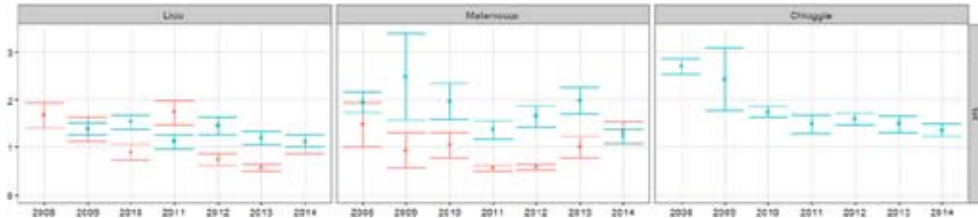
6. Indice di equitabilità Pielou "J'" (omogeneità nella distribuzione degli individui tra le diverse specie). I punti indicano la media annuale e le barre l'errore standard; in blu è rappresentato l'habitat a fanerogame, in rosso l'habitat avegetato;

LI = bocca di Lido,  
MA = bocca di Malamocco e  
CH = bocca di Chioggia.



## Biomassa totale

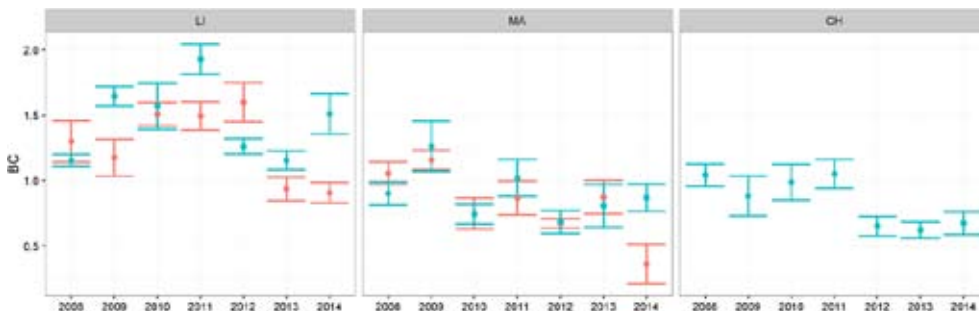
La biomassa totale evidenzia un trend in diminuzione sia a Lido che a Chioggia mentre a Malamocco, ad una diminuzione registrata nel 2014 nell'habitat a fanerogame, corrisponde un aumento in quello avevegetato. Anche per la biomassa è evidente (Lido e Malamocco) la presenza di due periodi 2008-2011 e 2012 (figura 7).



7. Biomassa totale della comunità "B", espressa come peso senza ceneri (grammi/500 cm<sup>2</sup>). I punti indicano la media annuale e le barre l'errore standard; in blu è rappresentato l'habitat a fanerogame, in rosso l'habitat avevegetato.

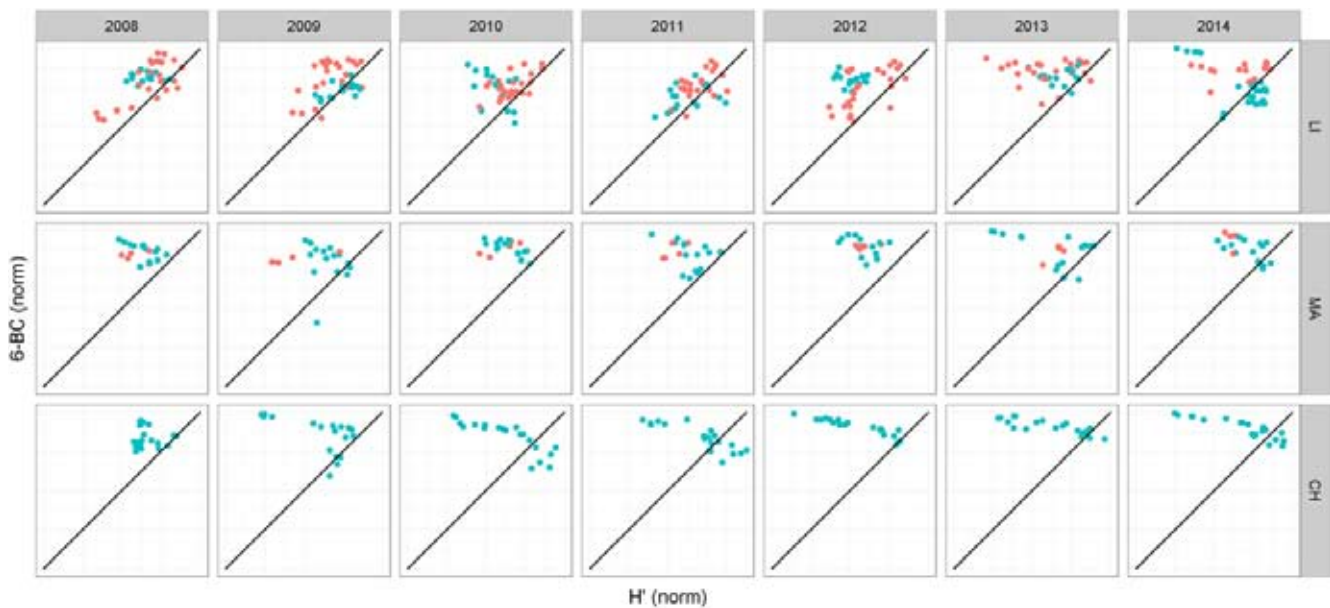
## Indice di Saprobietà BC

L'indice di Saprobietà assegna alle comunità bentoniche, tipiche di un ambiente costiero protetto più che di zone francamente lagunari, valori poco saprobici. Nonostante ciò, il coefficiente evidenzia ancora il trend "a doppio dente di sega" con aumento di specie più tolleranti alla saprobietà dal 2008 al 2011 e poi di nuovo dal 2012 al 2014. Le comunità presenti nelle stazioni a fanerogame sembrano essere più saprobiche di quelle presenti sull'avevegetato, condizione, anche questa, che potrebbe caratterizzare ambienti a forte ricambio idrico dove il detrito si accumula più nelle praterie che sui bassofondali nudi. Oltre all'andamento bimodale, si nota anche una generale tendenza alla marinizzazione, più evidente a Malamocco e Chioggia, rispetto al Lido (figura 8).



8. Indice di Saprobietà (BC); i punti indicano la media annuale e le barre l'errore standard; in blu è rappresentato l'habitat a fanerogame, in rosso l'habitat avevegetato; LI = bocca di Lido, MA = bocca di Malamocco e CH = bocca di Chioggia.

Nella figura 9 vengono valutati, sinotticamente, l'indice di Shannon e l'AMBI. I risultati sono stati normalizzati entro un range che varia tra zero ed i massimi valori assunti nel dataset dalle due metriche (per l'AMBI, l'inverso del BC). Nella interpretazione "classica", riferita alla "qualità ambientale", la diagonale va vista come una freccia che, partendo dall'angolo in basso a sinistra, muove verso l'alto a destra, in un ipotetico gradiente di qualità crescente. La figura consente una valutazione del contributo delle varie repliche nello stesso momento: Chioggia mostra negli ultimi anni una forte variabilità di H' e una sostanziale uniformità di BC e sono sempre presenti comunità caratterizzate da specie a "bassa saprobietà" anche in caso di "bassa" diversità, mentre il Lido mostra una ampia variabilità di entrambe le metriche, con un ampio grado di sovrapposizione tra le stazioni vegetate e quelle avevegetate. Malamocco, infine, mostra una situazione intermedia tra le altre due bocche.



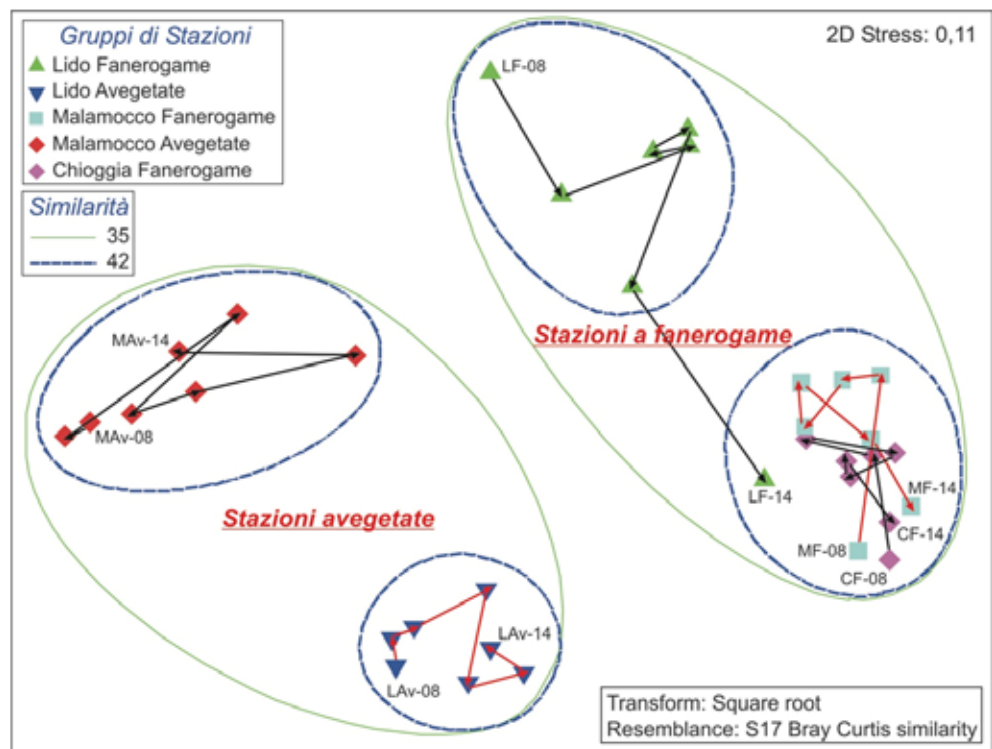
9. Comparazione tra indice di Shannon ( $H'$ ) e Saprobietà (AMBI-BC); in blu è rappresentato l'habitat a fanerogame, in rosso l'habitat avegetato; LI = bocca di Lido, MA = bocca di Malamocco e CH = bocca di Chioggia.

*Similarità strutturale*

La struttura delle comunità, in termini di specie e rispettiva abbondanza, può essere quantificata tramite l'indice di similarità di Bray-Curtis e visualizzata con un ordinamento multivariato.

L'analisi multivariata evidenzia chiaramente quattro gruppi principali, costituiti da insieme di stazioni omologhe (linea blu tratteggiata): le stazioni avegetate di Malamocco (MAv), le stazioni avegetate di Lido (LAv), le stazioni con fanerogame di Lido (LF) ed un ultimo gruppo composto dall'insieme delle stazioni con fanerogame di Chioggia e

10. Analisi multivariata (MultiDimensional Scaling – MDS), riferita alla similarità tra le diverse stazioni nei vari anni (basata sui valori di abbondanza); LF=Lido, habitat a fanerogame, MF=Malamocco, habitat a fanerogame, CF=Chioggia, habitat a fanerogame, LAv=Lido, habitat avegetato e MAv=Malamocco, habitat avegetato; i numeri rappresentano i diversi anni. Una freccia collega le stazioni appartenenti al medesimo habitat/bocca, evidenziando l'evoluzione temporale.



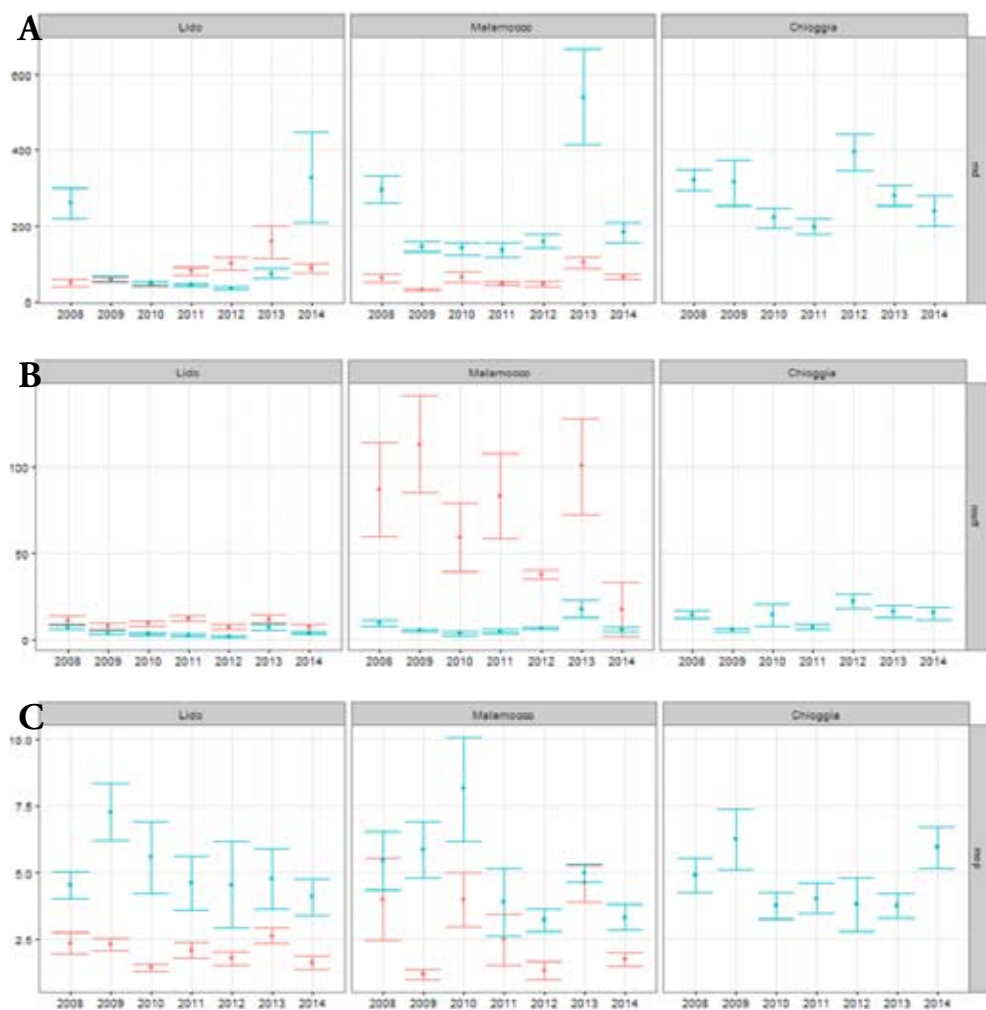
Malamocco (CF, MF), che dimostra la similarità tra le praterie di queste due Bocche. Questi gruppi, poi, si differenziano ulteriormente, ad un livello di similarità inferiore (linea verde continua), tra stazioni avegetate e stazioni a fanerogame. In figura 10, l'evoluzione temporale di ogni ambiente può essere apprezzata seguendo la freccia che collega le diverse annate. Ad esempio, si evidenzia come la situazione delle comunità nell'habitat a fanerogame del 2014 a Lido si ricongiunge a quella degli habitat analoghi di Malamocco e Chioggia.

## Funzionamento

### Struttura trofica

Nel presente lavoro vengono considerati solo i tre principali gruppi trofici: i detritivori, organismi che si nutrono di sostanza organica presente nel sedimento; i filtratori, organismi che si nutrono di sostanza organica, prevalentemente viva, presente in sospensione nella colonna d'acqua; i predatori.

Il gruppo dominante, in termini di abbondanza numerica, nelle tre bocche di porto è sempre risultato quello dei detritivori (figura 11A). La distribuzione dell'abbondanza evidenzia, a Chioggia, due periodi distinti: 2008-2011 e 2012-2014. A Lido, invece, si rileva un incremento delle abbondanze nella parte finale della serie sia per l'habitat a fa-



11. Andamento temporale dell'abbondanza (nr ind./500 cm<sup>2</sup>) di A) detritivori, B) filtratori, C) predatori; i punti indicano la media annuale e le barre l'errore standard; in blu è rappresentato l'habitat a fanerogame, in rosso l'habitat avegetato.

nerogame che per l'habitat avegetato. A Malamocco non si notano variazioni temporali se non un picco nel 2013. A Malamocco, inoltre, al contrario di quanto osservato a Lido, è evidente la netta differenza tra i due habitat studiati.

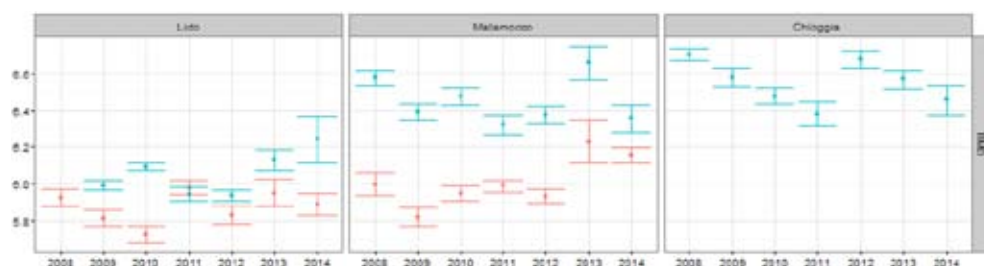
Per quanto riguarda i filtratori, invece, si evidenzia ancora la presenza di due periodi distinti a Chioggia (2008-2011 e 2012-2014). Nelle altre due bocche di porto è evidenziabile un trend in leggera diminuzione che mostra il suo minimo nel 2014, in entrambi gli habitat (figura 11B). Da sottolineare come le abbondanze maggiori siano state rilevate nell'habitat avegetato, con i valori massimi registrati a Malamocco.

Per quanto attiene, infine, ai predatori, nelle tre bocche di porto si rileva uno stesso trend, con un aumento tra 2009 e 2010, seguito da una diminuzione ed una parziale ripresa. In questo caso, le abbondanze maggiori sono registrate sempre nell'habitat a fanerogame (figura 11C).

### Bioturbazione

Ancora una volta (figura 12), a Chioggia emerge il trend con due andamenti paralleli, prima e dopo il 2011. Per quanto riguarda, invece, Lido e Malamocco, l'andamento risulta piuttosto oscillante, con un incremento tra il 2013 e il 2014. In generale, l'habitat a fanerogame mostra valori maggiori rispetto a quello avegetato.

12. Bioturbazione, descritta tramite l'indicatore Biogenic Mixing Depth (BMD), espresso in cm; i punti indicano la media annuale e le barre l'errore standard; in blu è rappresentato l'habitat a fanerogame, in rosso l'habitat avegetato.



## Considerazioni conclusive

I dati raccolti evidenziano la presenza di una comunità tipica di ambienti lagunari, soggetti ad elevata influenza marina, caratterizzata da elevata ricchezza specifica ed abbondanza, che si riflette in un buon livello di diversità e limitata saprobietà. L'elevato idrodinamismo delle aree prospicienti le bocche di porto, infatti, riduce il tasso di sedimentazione di sostanza organica al fondo e consente la coesistenza di specie tipicamente marine (*Chamelea gallina*, *Liocarcinus depurator*, *Hyppolite* spp.) con altre proprie invece di ambienti di transizione (*Cerastoderma edulis*, *Carcinus aestuarii*, *Rhithropanopeus harrisi*). L'analisi dei dati mostra, comunque, chiare differenze spaziali determinate, da un lato, dalla presenza di due habitat diversi (fanerogame e avegetato), seppur ascrivibili al medesimo macrohabitat, e, dall'altro, dalle diverse condizioni idrodinamiche e dalla diversa morfologia del fondale alle tre bocche di porto. Tra le altre cose, è interessante notare come questi elementi agiscano in modo sinergico nel modellare la comunità; si vedano, ad esempio, le differenze rilevate tra l'habitat a prateria di Lido in confronto con quello di Malamocco e Chioggia.

In termini temporali si evidenziano delle variazioni che sono difficilmente associabili al disturbo provocato dai lavori dei cantieri per la costruzione del MOSE, ragione del monitoraggio. Rimane da investigare se non si tratti piuttosto di modificazioni indotte dal cambiamento della struttura delle bocche stesse con effetti, ad esempio, su circolazio-

ne, flussi o tassi di sedimentazione, come sembrerebbe suggerire l'andamento dell'habitat vegetato di Lido che tende ad uniformarsi a quello di Malamocco e Chioggia con il passare del tempo.

Per il periodo 2003-2004 sono disponibili campioni per alcune delle stazioni utilizzate nel presente lavoro. Tali dati potrebbero dunque fornire una sorta di "condizione di riferimento". Il confronto con questa situazione evidenzia, in effetti, differenze sostanziali che, tuttavia, vanno nella direzione opposta a quella che ci si potrebbe attendere in caso di impatto dei cantieri; si nota, infatti, un generale aumento dei parametri, dalla ricchezza specifica, all'abbondanza totale, fino alla biomassa totale e gli indici di diversità. In generale, si tratta di modificazioni che si potrebbero ascrivere ad un miglioramento delle condizioni della comunità MZB in tutte le bocche. Questo fenomeno, tuttavia, potrebbe essere interpretato come una tendenza verso la marinizzazione, con attenuazione delle condizioni tipicamente lagunari, quali ad esempio elevate condizioni saprobiche. In tutto questo, va comunque sottolineato come il 2003 rappresenti un anno caratterizzato da condizioni meteorologiche particolari come primavera secca ed estate calda che si sono sicuramente ripercosse sull'ecologia lagunare, come ha evidenziato la forte contrazione di *Zostera marina* nel biennio 2003-2004 (Rismondo e Mion, 2008). In qualche modo, dunque, lo stato di riferimento non rappresenta una baseline del tutto affidabile.

L'anno 2011, infine, sembra discriminare tra due periodi (2008-2011 e 2012-2014) caratterizzati da trend simili nei maggiori descrittori. Una prima analisi condotta sulle caratteristiche idrologiche non ha evidenziato causalità certe, ma suggerisce una certa dipendenza da variabili meteo-climatiche che meritano di essere investigate in seguito.

In conclusione, quindi, si può affermare che la comunità MZB ha mostrato una sostanziale stabilità nella scala temporale analizzata (2008-2014), pur con l'evidenza di leggeri trend; tuttavia, a parità di habitat, le variazioni osservate all'interno di una stessa bocca si sono spesso rivelate inferiori alle differenze rilevate tra bocche.

## Ringraziamenti

Si ringrazia Andrea Pierini (SELC soc. coop.) per la collaborazione nel corso delle attività.

Tabella 1. Elenco delle specie campionate (☉) nei due habitat “av”, avegetato, e “f”, a fanerogame, nelle tre bocche di porto LI (Lido), MA (Malamocco) e CH (Chioggia); A=specie che, almeno in un anno, era presente nella top5 per abbondanza; B=specie che, almeno in un anno, era presente nella top5 per biomassa.

Phylum	classe/ordine	specie	LI av	LI f	MA av	MA f	CH
Anthozoa		<i>Actiniaria</i> indet.	☉		☉	☉	☉
		<i>Anemonia viridis</i>	☉	☉	☉	☉	☉
Artropoda	Crustacea Amphipoda	<i>Ampelisca sarsi</i>	☉ A	☉ A	☉ B	☉	☉
		<i>Ampithoe belleri</i>	☉	☉ A	☉	☉ A	☉
		<i>Ampithoe ramondi</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Apherusa</i> indet.	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Apocorophium acutum</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Caprella acanthifera</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Caprella equilibra</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Caprella</i> indet.	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Caprella liparotensis</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Caprella mitis</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Caprella scaura</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Caprellidea</i> indet.	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Corophiidae</i> indet.	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Dexamine spiniventris</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Dexamine spinosa</i>	☉	☉ A	☉	☉	☉
		<i>Elasmopus pecteniscrus</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Elasmopus rapax</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Erichthonius punctatus</i>	☉	☉ A	☉	☉ A	☉ A
		<i>Gammarella fucicola</i>	☉	☉	☉	☉ A	☉
		<i>Gammarus aequicauda</i>		☉	☉	☉	
		<i>Gammarus</i> indet.	☉	☉	☉		☉
		<i>Gammarus insensibilis</i>	☉	☉	☉	☉ A	☉ A
		<i>Iphimedia minuta</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Jassa</i> cfr. <i>marmorata</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Leucothoe</i> indet.	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Leucothoe oboa</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Leucothoe procera</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Leucothoe spinicarpa</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Leucothoe venetiaram</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Lysianassa costae</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Maera grossimana</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Medicorophium minimum</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Melita bergensis</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Melita palmata</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Metaphoxus simplex</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Microdeutopus anomalus</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Microdeutopus chelifer</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Microdeutopus</i> indet.	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Microdeutopus versiculatus</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Monocorophium insidiosum</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Orchomene humilis</i>	☉	☉	☉	☉	☉
<i>Pericolodes</i> indet.	☉	☉	☉	☉	☉		
<i>Phoxocephalidae</i> indet.					☉		
<i>Phtisica marina</i>	☉	☉	☉	☉	☉		
<i>Pseudoprotella phasma</i>	☉	☉	☉	☉	☉		
<i>Stenothoe</i> indet.	☉	☉	☉	☉	☉		
<i>Stenothoe valida</i>	☉	☉	☉	☉	☉		
<i>Urothoe poseidonis</i>	☉	☉	☉	☉	☉		
Crustacea		<i>Amphibalanus amphitrite</i>	☉	☉	☉	☉	☉
Balanida		<i>Amphibalanus improvisus</i>	☉	☉	☉	☉	☉
Crustacea							
Cumacea		<i>Iphinoe</i> sp.	☉	☉	☉	☉	☉



Phylum	classe/ordine	specie	LI av	LI f	MA av	MA f	CH	
Artropoda	Crustacea Decapoda	<i>Athanas nitescens</i>	☺	☺	☺	☺	☺	
		<i>Carcinus aestuarii</i>	☺ B	☺ B	☺	☺ B	☺ B	
		<i>Clibanarius erythropus</i>	☺	☺	☺	☺	☺	
		<i>Crangon crangon</i>	☺	☺	☺	☺	☺	
		<i>Diogenes pugilator</i>	☺	☺	☺ A	☺	☺	
		<i>Dyspanopeus sayi</i>	☺	☺	☺	☺	☺	
		<i>Hippolyte inermis</i>	☺	☺	☺	☺	☺	
		<i>Hippolyte leptocerus</i>	☺	☺	☺	☺	☺	
		<i>Hippolyte longirostris</i>	☺	☺	☺	☺	☺	
		<i>Liocarcinus depurator</i>	☺	☺	☺	☺	☺	
		<i>Palaemon adspersus</i>	☺	☺	☺	☺	☺	
		<i>Pestarella tyrrhena</i>	☺	☺	☺	☺	☺	
		<i>Pisidia longimana</i>	☺	☺	☺	☺	☺	
		<i>Processa edulis</i>	☺	☺	☺	☺	☺	
		<i>Rhithropanopeus harrisi</i>	☺	☺	☺	☺	☺	
		<i>Upogebia deltaura</i>	☺	☺	☺	☺	☺	
		<i>Upogebia pusilla</i>	☺ B	☺	☺	☺	☺	
		<i>Upogebia tipica</i>	☺	☺	☺	☺	☺	
		Crustacea Isopoda	<i>Arcturidae</i> indet.	☺	☺	☺	☺	☺
			<i>Bopyridae</i> indet.	☺	☺	☺	☺	☺
	<i>Cirolanidae</i> indet.		☺	☺	☺	☺	☺	
	<i>Cleantis</i> cfr. <i>prismatica</i>		☺	☺	☺	☺	☺	
	<i>Cyathura carinata</i>		☺	☺	☺	☺	☺	
	<i>Cymodoce truncata</i>		☺	☺	☺	☺	☺	
	<i>Dynamene edwardsi</i>		☺	☺			☺	
	<i>Idotea balthica</i>		☺	☺	☺	☺	☺	
	<i>Idotea</i> cfr. <i>metallica</i>		☺	☺	☺	☺	☺	
	<i>Idotea chelipes</i>		☺	☺	☺	☺	☺	
	<i>Jaera</i> indet.		☺	☺	☺	☺	☺	
	<i>Janiridae</i> indet.		☺	☺	☺	☺	☺	
	<i>Lekanesphaera hookeri</i>		☺	☺	☺	☺	☺	
	<i>Lekanesphaera monodi</i>		☺	☺	☺	☺		
	<i>Paracercis sculpta</i>		☺	☺	☺	☺	☺	
	<i>Sphaeroma serratum</i>	☺	☺	☺	☺	☺		
	<i>Synischia hectica</i>	☺	☺	☺	☺	☺		
	Crustacea Leptostraca	<i>Nebalia bipes</i>	☺	☺	☺	☺	☺	
		<i>Diamysis bahirensis</i>	☺	☺	☺	☺	☺	
		<i>Mesopodopsis slabberi</i>	☺	☺	☺	☺	☺	
	Crustacea Mysidacea	<i>Mysida</i> indet.	☺	☺	☺	☺	☺	
		<i>Ostracoda</i> indet.	☺	☺	☺	☺	☺	
		<i>Apsendes talpa</i>	☺	☺	☺	☺	☺	
		<i>Apsendopsis latreillii</i>	☺	☺	☺	☺	☺	
		<i>Leptocheilia savignyi</i>	☺	☺	☺	☺	☺	
	Crustacea Tanaidacea	<i>Tanaidae</i> indet.	☺				☺	
		<i>Acrocrida brachiata</i>	☺	☺	☺	☺	☺	
		<i>Amphipholis squamata</i>	☺	☺	☺	☺	☺	
		<i>Amphiura chiajei</i>	☺	☺	☺	☺	☺	
	Echinodermata	Asteroidea	<i>Asterina gibbosa</i>	☺	☺	☺	☺	☺
			<i>Holothuria</i> ( <i>Roweothuria</i> ) cfr. <i>poli</i>	☺	☺	☺	☺	☺
			<i>Holothuroidea</i> indet.	☺	☺	☺	☺	☺
			<i>Labidoplax digitata</i>	☺	☺	☺	☺	☺
			<i>Ocnus planci</i>					
			<i>Ophiotrix fragilis</i>	☺	☺	☺	☺	☺
			<i>Ophiura</i> indet.		☺	☺	☺	
			<i>Ophiura</i> indet. (juv)	☺	☺	☺	☺	☺
		Echinoidea	<i>Paracentrotus lividus</i>	☺	☺	☺	☺	☺
			<i>Psammechinus microtuberculatus</i>	☺	☺	☺	☺	☺
Holoturoidea		<i>Trachythone elongata</i>	☺	☺	☺	☺	☺	

Tabella 1 continua.

Phylum	classe/ordine	specie	LI av	LI f	MA av	MA f	CH
Mollusca	Bivalvia	<i>Abra alba</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Abra prismatica</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Abra segmentum</i>	☺	☺	☺	☺	☺ A
		<i>Abra tenuis</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Acanthocardia tuberculata</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Anadara transversa</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Angulus fabula</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Angulus tenuis</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Anomia ephippium</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Arcuatula senhousia</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Azorinus chamasolen</i>					☺
		<i>Cerastoderma glaucum</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Chamelea gallina</i>	☺ B	☺	☺ A	☺	☺
		<i>Clausinella cfr. fasciata</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Corbula gibba</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Ctena decussata</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Donax semistriatus</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Dosinia lupinus</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Ensis minor</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Flexopecten glaber</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Gari depressa</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Gastrana fragilis</i>	☺	☺ B	☺	☺	☺ B
		<i>Glans cfr. trapezia</i>		☺	☺	☺	
		<i>Gouldia minima</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Gregariella petagnae</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Hemilepton nitidum</i>	☺ A	☺	☺	☺	☺
		<i>Hiatella arctica</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Lentidium mediterraneum</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Limaria hians</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Limaria tuberculata</i>	☺	☺	☺	☺	☺
			☺	☺		☺	☺
		<i>Loripes lucinalis</i>	A B	A B	☺ A B	A B	A B
		<i>Loripinus fragilis</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Lucinella divaricata</i>	☺	☺	☺ B	☺	☺
		<i>Mactra stultorum</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Mimachlamys varia</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Modiolus barbatus</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Modiolus cfr. adriaticus</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Moerella cfr. donacina</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Moerella distorta</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Monia patelliformis</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Musculus cfr. costulatus</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Musculus subpictus</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Mytilaster lineatus</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Mytilus galloprovincialis</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Nucula nucleus</i>	☺	☺	☺	☺	☺ B
		<i>Ostrea edulis</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Papillicardium papillosum</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Parvicardium exiguum</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Peronaea planata</i>	☺	☺	☺ A	☺	☺
<i>Petricola lithophaga</i>	☺	☺	☺	☺	☺		
<i>Pharus legumen</i>	☺	☺	☺	☺	☺		
<i>Phaxas adriaticus</i>	☺	☺	☺	☺	☺		
<i>Pinna nobilis</i>	☺	☺	☺	☺	☺		
<i>Pitar rudis</i>	☺	☺	☺	☺	☺		
<i>Polititapes aureus</i>	☺	☺ B	☺	☺	☺		
<i>Roccellaria dubia</i>	☺	☺	☺	☺	☺		
<i>Ruditapes philippinarum</i>	☺ B	☺	☺	☺	☺		

Tabella 1 continua.

Phylum	classe/ordine	specie	LI av	LI f	MA av	MA f	CH
Mollusca	Bivalvia	<i>Solen marginatus</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Spisula subtruncata</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Tellimya ferruginosa</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Tellina nitida</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Thracia corbuloidea</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Thracia phaseolina</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Timoclea ovata</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Venerupis decussata</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Venus</i> cfr. <i>casina</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Venus verrucosa</i>	☉	☉	☉	☉ B	☉
	Gastropoda	<i>Acteon tornatilis</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Alvania cimex</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Bela nebula</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Bittium latreillii</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Bittium reticulatum</i>	☉ A	A B	☉	A B	A B
		<i>Bolinus brandaris</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Calliostoma virescens</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Calyptrea chinensis</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Cerithium vulgatum</i>	☉	☉	☉	☉ B	☉
		<i>Coralliophila squamosa</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Cyclope neritea</i>	☉ A B	☉	☉ A B	☉	☉
		<i>Fusinus rostratus</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Gibbula adriatica</i>	☉	☉	☉	☉	☉ A
		<i>Gibbula albida</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Haminoea navicula</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Hexaplex trunculus</i>	☉ B	☉ B	☉	☉ B	☉
		<i>Hydrobia acuta</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Nassarius corniculum</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Nassarius incrassatus</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Nassarius nitidus</i>	☉ B	☉ B	☉ A	☉ B	☉ B
		<i>Nassarius pygmaeus</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Naticarius hebraeus</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Nudibranchia</i> indet.	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Ocenebra erinaceus</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Ondina</i> cfr. <i>scandens</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Parthenina indistincta</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Pusillina</i> cfr. <i>sarsii</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Pusillina lineolata</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Rissoa splendida</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Smithiella costulata</i>	☉	☉	☉	☉	☉
	<i>Tricolia pullus</i>	☉	☉ A	☉	☉ A	☉ A	
	Polyplacophora	<i>Acanthochitona fascicularis</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Lepidochitona (Lepidochitona) cinerea</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Polyplacophora</i> indet.	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Nemertea</i> indet.	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Pantopoda</i> indet.	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Phoronis muelleri</i>	☉	☉	☉ B	☉	☉
		<i>Alitta succinea</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Ampharete acutifrons</i>					☉
		<i>Amphitene auricoma</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Aphroditidae</i> indet.	☉				☉
		<i>Aponuphis fauveli</i>	☉	☉	☉	☉	☉
		<i>Arenicola marina</i>	☉	☉	☉	☉	☉
<i>Asclerocheilus intermedius</i>		☉	☉	☉	☉	☉	
<i>Branchiomma</i> sp.	☉	☉	☉	☉	☉		

Tabella 1 continua.

Phylum	classe/ordine	specie	LI av	LI f	MA av	MA f	CH
Mollusca	Polyplacophora	<i>Capitella capitata</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Capitella minima</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Capitellidae</i> indet.	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Capitellidae</i> sp.1	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Capitellidae</i> sp.2	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Cirratulidae</i> indet.	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Cirriformia tentaculata</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Chymenura clypeata</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Euclymene</i> cfr. <i>lombricoides</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Euclymene lombricoides</i>	☺				☺
		<i>Euclymene oerstedii</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Euclymene palermitana</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Euclymene santandarensis</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Euclymene</i> sp.	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Eunice</i> indet.	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Eunice pennata</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Eunice vittata</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Eupolyornia nebulosa</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Flabelligeridae</i> indet.	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Galathonina oculata</i>	☺	☺	☺		☺
		<i>Glycera alba</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Glycera fallax</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Glycera tridactyla</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Glycera unicornis</i>			☺	☺	
		<i>Harmothoe antilopes</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Harmothoe areolata</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Harmothoe longisetis</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Harmothoe</i> sp.		☺	☺	☺	
		<i>Heteromastus filiformis</i>	☺ A	☺	☺	☺	☺
		<i>Hilbigneris gracilis</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Hydroides dianthus</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Lagis koreni</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Lumbrineridae</i> indet.	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Lumbrineris coccinea</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Lumbrineris</i> indet.	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Lumbrineris latreilli</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Lysidice ninetta</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Magelona filiformis</i>	☺	☺	☺	☺	
		<i>Magelona rosea</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Magelona</i> sp.	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Maldanidae</i> indet.	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Marphysa bellii</i>	☺	☺			☺
		<i>Marphysa fallax</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Marphysa sanguinea</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Mediomastus capensis</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Megalomma vesiculosum</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Melinna palmata</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Metavermilia multicristata</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Mysta picta</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Mysta</i> sp.	☺	☺	☺	☺	☺
<i>Neanthes caudata</i>	☺	☺ A	☺	☺	☺		
<i>Neanthes irrorata</i>	☺	☺			☺		
<i>Nematoneis unicornis</i>	☺	☺			☺		
<i>Neoleanira tetragona</i>	☺	☺	☺	☺	☺		
<i>Nephtys hombergii</i>	☺	☺	☺	☺	☺		
<i>Nereidae</i> indet.	☺	☺	☺	☺	☺		
<i>Nereis rava</i>	☺	☺	☺	☺	☺		

Tabella 1 continua.

Phylum	classe/ordine	specie	LI av	LI f	MA av	MA f	CH
Mollusca	Polyplacophora	<i>Nereis zonata</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Notomastus lineatus</i>	☺ A	☺ A	☺	☺ A	☺ A
		<i>Notomastus profundus</i>		☺	☺	☺	
		<i>Notomastus</i> sp.	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Onuphidae</i> indet.	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Onuphis eremita</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Orbinia sertulata</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Owenia fusiformis</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Paraonidae</i> indet.	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Pectinariae</i> indet.	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Pectinaria</i> ( <i>Pectinaria</i> ) <i>belgica</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Pelogenia arenosa</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Perinereis cultrifera</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Petaloproctus terricolus</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Petta pusilla</i>	☺				☺
		<i>Pherusa monilifera</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Phyllodoce lineata</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Pilargidae</i> indet.	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Pista</i> sp. 1	☺	☺	☺	☺	
		<i>Platynereis dumerilii</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Pomatoceros triqueter</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Praxilella pratermissa</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Praxilella gracilis</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Protodorvillea kefersteini</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Pseudoleiocardia fauveli</i>	☺ A	☺	☺	☺	☺
		<i>Sabellaria alveolata</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Sabellaria spinulosa</i>	☺	☺			☺
		<i>Scalibregma inflatum</i>					☺
		<i>Schistomeringos rudolphi</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Scoloplos armiger</i>	☺				☺
		<i>Serpula vermicularis</i>	☺	☺			☺
		<i>Sigambra tentaculata</i>				☺	
		<i>Spionidae</i> indet.	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Sibonellais boa</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Sygalion mathildae</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Syllis gracilis</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Terebellidae</i> indet.	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Terebellides stroemii</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Thelepus setosus</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Vermiliopsis infundibulum</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Vermiliopsis multistriata</i>	☺	☺	☺	☺	☺
Pycnogonida		<i>Pantopoda</i> indet.	☺	☺	☺	☺	☺
Sipunculida		<i>Golfingidae</i> indet.	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Sipunculus</i> ( <i>Sipunculus</i> ) <i>nudus</i>	☺	☺	☺	☺	☺
Tunicata		<i>Asciadiella aspersa</i>	☺	☺	☺	☺	☺
		<i>Molgula</i> indet.	☺	☺			☺

Tabella 1 fine.

## Bibliografia

- Bald J., Borja A., Muxika I., Franco J., Valencia V. (2005) Assessing reference conditions and physico-chemical status according to the European Water Framework Directive: a case-study from the Basque Country (Northern Spain). *Marine Pollution Bulletin*, 50: 1508–1522.
- Borja A., Franco J., Pérez V. (2000) A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin*, 40: 1100–1114.
- Direttiva 2000/60/CE del parlamento europeo e del consiglio del 23 ottobre 2000 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque. a.u.c.E. 22/12/2000 L 327.
- Glémarec M., Hily C. (1981) Perturbations apportées à la macrofaune benthique de la baie de Concarneau par les effluents urbains et portuaires. *Acta Oecologica, Oecologia Applicata*, 2: 139–150.
- Grall J., Glémarec M. (1997) Using biotic indices to estimate macrobenthic community perturbations in the Bay of Brest. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 44 (Suppl. A): 43–53.
- Kennish M.J., Paerl H.W. (2010) Coastal lagoons. Critical habitats of environmental change. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton FL, 540 pp.
- Muxika I., Borja A., Bald J. (2007) Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin*, 55: 16–29.
- Provveditorato Interregionale alle OO. PP. del Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia (ex Magistrato alle Acque di Venezia)-CORILA (2015) Studio B.6.72 B/10. 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.
- Rismondo A., Mion D. (2008) Variabilità dei popolamenti a fanerogame marine in Laguna di Venezia: dinamismi naturali o modificazioni indotte? *Biologia Marina Mediterranea*, 15 (1): 130-133
- Sigovini M., Keppel E., Tagliapietra D. (2013) M-AMBI revisited: looking inside a widely-used benthic index, *Hydrobiologia*, 717: 41–50.
- Solan M., Cardinale B.J., Downing A.L., Engelhardt K.A.M., Ruesink J.L., Srivastava D.S. (2004). Extinction and Ecosystem Function in the Marine Benthos. *Science*, 306 (5699): 1177-1180.
- Solan M., Wigham B.D., Hudson I.R., Kennedy R., Coulon C. H. , Norling K., Nilsson H., Rosenberg R. (2004) In situ quantification of bioturbation using time lapse fluorescent sediment profile imaging (f-SPI), luminophore tracers and model simulation. *Marine Ecology Progress Series*, 271: 1–12.
- Tagliapietra D., Sigovini M., Magni P. (2012) Saprobity: a unified view of benthic succession models for coastal lagoon. *Hydrobiologia*, 686: 15–28.

## Summary

Benthic compartment plays a crucial role in determining the ecosystem functioning in shallow water environments, such as transitional waters and coastal lagoons. Due to the shallowness, indeed, all the main ecological processes (as primary and secondary production, organic matter degradation, etc.) are mainly in charge to the benthic organisms living on the bottom, instead of organisms living in the water column. On the other side, benthic assemblage, being mainly composed by scarcely mobile species, is considered a good indicator of environmental conditions, offering an integrated view of them on relatively large temporal scale. For these reasons, macrobenthic community has been proposed as one of the elements to be analyzed within the context of the monitoring activities for the effects of the mobile dams (MOSE) at the inlets of the Venice lagoon. The analysis of the samples collected from 2008 to 2014, offers the opportunity to reconstruct a sort of dynamic picture, giving an overview of recent modifications of the compartment. The analysis has been carried out by using both the univariate and multivariate approach, also combining structural and functional issues. The community structure has been described according to 'classic' indicators, namely the specific richness, total abundance, biomass and some diversity indicators as the Shannon and Pielou index; in order to analyze the temporal changes in terms of composition a re-ordination (MultiDimensional Scaling, MDS) based on a similarity matrix (Bray Curtis matrix) has been performed. About the functioning issue, the saprobity (as adaptation of community to organic enrichment, AMBI Biotic Coefficient), the trophic structure and the sediment reworking capability (as combination of mobility and reworking traits of different species) have been calculated. The structural indices resulted higher in the seagrass habitat than in the bare one, with the exception of the Pielou index; the values are comparable across the three inlets (Lido, Malamocco and Chioggia). No clear temporal trend has been detected, even if in some cases (as the Chioggia inlet) a decreasing trend until 2011, a recovery and another decreasing can be recognized. The saprobity index showed a similar pattern, with the highest BC values recorded in the seagrass habitat (differences, however, resulted to be less evident), and again two different 'periods' recognized in Chioggia, before and after 2011. The differences between the two habitats resulted to be more evident in terms of community composition, as revealed by the MDS analysis; bare and seagrass communities are clearly distinguished. In this case, for the bare bottom, differences are recorded also in the comparison between the Lido and the Malamocco inlet. Finally, the temporal trend, showed a good stability of all habitats in all the three inlets, with the exception of the seagrass habitat at Lido, which increases its similarity with the homologue habitat of the other inlets through the time. In relation to the trophic structure, the analysis showed that the community is dominated by detritivorous species in both habitats and all the three inlets. The second most important group is the filter feeders species, which resulted particularly abundant in the bare habitat of the Malamocco inlet. The reworking index resulted to be higher in the seagrass habitat, with values comparable across the inlets and the presence of the above-described trend in Chioggia. In conclusion, the benthic community revealed to be quite resilient, with small changes during the analyzed period. The major differences have been detected in the habitat comparison, whereas the inlets seem to play a relative role. Some trends (before-after 2011) have been detected, but, at the moment, it not so easy to assess a direct cause-effect relationship.