

Comunità macrozoobentonica di substrato solido

Emiliano Molin, Giuseppe Pessa, Andrea Rismondo

Introduzione

L'area di indagine e la comunità bentonica

Come è già stato evidenziato, la presenza, nel tratto di mare tra Chioggia e Trieste, di strutture di natura rocciosa od organogeno-detritica, che si elevano dal piano del fondo per pochi decimetri o per alcuni metri è nota da tempo (STEFANON, 1966; 1967; NEWTON & STEFANON, 1982; MIZZAN, 1995), così come ne sono sostanzialmente noti, sul piano generale, gli aspetti collegati a distribuzione geografica, profondità, distanza dalla costa, problematiche legate alla pesca (OREL *et al.*, 1993) e a volontà conservazionistiche. Del pari, è noto che le *tegnùe* costituiscono ambienti del tutto particolari, veri e propri ecosistemi nonché autentiche riserve naturali per la riproduzione e l'insediamento di taxa altrimenti rari od assenti in questo tratto di mare, caratterizzato com'è da sedimenti sabbiosi-limosi.

La fauna ittica neobentonica e demersale (Figg. 1,3,4), caratteristica o frequente in queste aree, comprende infatti numerose specie commercialmente pregiate quali saraghi (*Diplodus* spp.), orate (*Sparus auratus*), spigole (*Dicentrarchus labrax*), corvine (*Sciaena umbra*), occhiate (*Oblada melanura*), astici (*Homarus gammarus*), granseole (*Maja crispata*) e tartufi (*Venus verrucosa*) (MIZZAN, 1995).



Fig. 1 - Esempio di *Lithognathus mormyrus* (Linnaeus, 1758)



Fig. 2 - Esempio di comunità bentonica nella *tegnùe* del Sorse



Fig. 3 - Esempio di *Scorpaena notata* Rafinesque, 1810

La composizione e la struttura delle comunità che si sviluppano e si stratificano su questi substrati di fondo ed in particolare della componente bentonica – organismi sia fissi in quanto adesi ed incrostati al substrato, che mobili ma fortemente legati alla vita di fondo – rappresenta un'interessante chiave di lettura della qualità degli affioramenti e del loro pregio e risulta decisamente meno nota. Questo per l'esiguità dei lavori di ordine bentologico che sono stati condotti fino ad ora, ma soprattutto per l'esiguità dei lavori di vasto respiro geografico, indirizzati alla comprensione di fenomeni generali quali il ruolo della distanza della costa e della profondità, della dimensione e delle forme delle strutture di fondo, della qualità della colonna d'acqua – per rimanere alle questioni di maggior ordine – nel regolare e caratterizzare i popolamenti di fondo delle numerose *tegnùe* delle coste venete. Queste, di diversa forma ed estensione, solo in qualche caso sono state accuratamente caratterizzate sotto il profilo bentologico e nella maggioranza dei casi tali indagini sono scaturite da specifiche necessità progettuali – prelievo di sabbia per rimpascimento, interventi da svolgere nelle loro vicinanze, installazioni varie - più che dall'esigenza di dare valore alla composizione e alla strutturazione delle comunità degli affioramenti nelle diverse aree, in modo da poterne delineare le caratteristiche generali ed evidenziare affinità e differenze. Manca in sostanza un approccio ecologico e manca un censimento completo di questo tipo di habitat, dato che molte informazioni esistenti, come detto, sono parziali e più tecniche che veramente scientifiche (GIACCONE, 2007).



Fig. 4 - Gruppo di *Trisopterus minutus* (Linnaeus 1758) nella *tegnù* Venezia

Materiali e metodi

Alla luce di quanto esposto, il presente programma di indagini rappresenta un importante passo in questa direzione, sia per il numero di affioramenti studiati - ben sette localizzati al largo della costa Veneta in un'area compresa tra Malamocco e Caorle - sia per l'integrazione di survey bentologiche a indagini geologiche che per la realizzazione di un robusto piano di rilievi topo-batimetrici propedeutici alle attività di prelievo.

La scelta di un'unica campagna di prelievo - una sorta di immagine istantanea delle comunità - è stata certamente dettata anche da ragioni di risorse disponibili, ma pur in mancanza di possibili indicazioni di variabilità su scala stagionale e annuale, ha permesso un primo confronto significativo tra importanti affioramenti che sono quindi stati compiutamente investigati, secondo gli obiettivi del progetto, che ha dovuto tenere conto, nella distribuzione dei punti di raccolta dei campioni, dell'elevata eterogeneità dell'ambiente oggetto di studio su piccola scala spaziale, elemento caratteristico delle *tegnù* (MIZZAN, 2000), come peraltro anche accertato per biotopi di substrati solidi artificiali (BENEDETTI-CECCHI *et al.*, 2003).

La strategia di campionamento della comunità di substrato duro si è basata sull'ipotesi di stratificazione ambientale, in particolare su gradiente verticale (BACCHIOCCHI & AIROLDI, 2003). L'esame dei dati topobatimetrici ha consentito quindi di identificare un'area ambientalmente omogenea

su cui effettuare i campionamenti, individuando nell'elevazione dal fondo uno dei fattori più importanti nel generare stratificazione ambientale nei biotopi delle *tegnù* (GABRIELE *et al.*, 1999; MIZZAN, 2000). Tale processo ha consentito di eliminare per quanto possibile la variabilità dovuta a fattori edifici e morfologici-strutturali.

I campionamenti sono stati condotti lungo transetti comprendenti ognuno quattro stazioni localizzate nella parte più elevata degli affioramenti e il più possibile orizzontali. Le stazioni di campionamento sono risultate posizionate casualmente lungo il transetto, di 12 o 24 m, grazie a targhette posizionate a distanza variabile sulle sagole prima dell'immersione. In Fig. 5 si riporta la mappa di inquadramento generale delle *tegnù* studiate; all'interno delle aree in oggetto sono state evidenziate con un pallino verde la posizione degli affioramenti principali, aree in cui sono state eseguite le campagne batimetriche di precisione e i campionamenti di tipo biologico, granulometrico e chimico-mineralogico. Un esempio dell'ubicazione dei transetti e dei punti di campionamento è invece riportata in Fig. 6 per uno degli affioramenti studiati (*tegnù* del Sorse).

L'attività di campionamento per la raccolta degli organismi è stata condotta nel periodo compreso tra il 18 e il 27 ottobre del 2005, con alcune interruzioni dovute alle condizioni meteomarine, che in alcuni momenti hanno reso proibitivo il campionamento. Il fattore discriminante per la scelta delle stazioni è stato l'elevazione dal fondale: infatti, una volta georeferenziate le tracce *Side Scan Sonar* e le batimetrie, in base ad esse, sulle mappe sono stati tracciati i transetti nella sezione dell'affioramento caratterizzata da maggiore elevazione media e da superfici grossomodo pianeggianti.

I transetti così identificati, in numero di dodici, sono risultati di lunghezza di 12 o 24 metri, in ragione della morfologia e dimensione propria della *tegnù* del caso, come segue:

- 2 nella *tegnù* Caorle;
- 4 nella *tegnù* D'Ancona;
- 1 nella *tegnù* Malamocco;
- 2 nella *tegnù* Sorse;
- 1 nella *tegnù* Venezia;
- 1 nella *tegnù* Cavallino Vicina;
- 1 nella *tegnù* Cavallino Lontana.

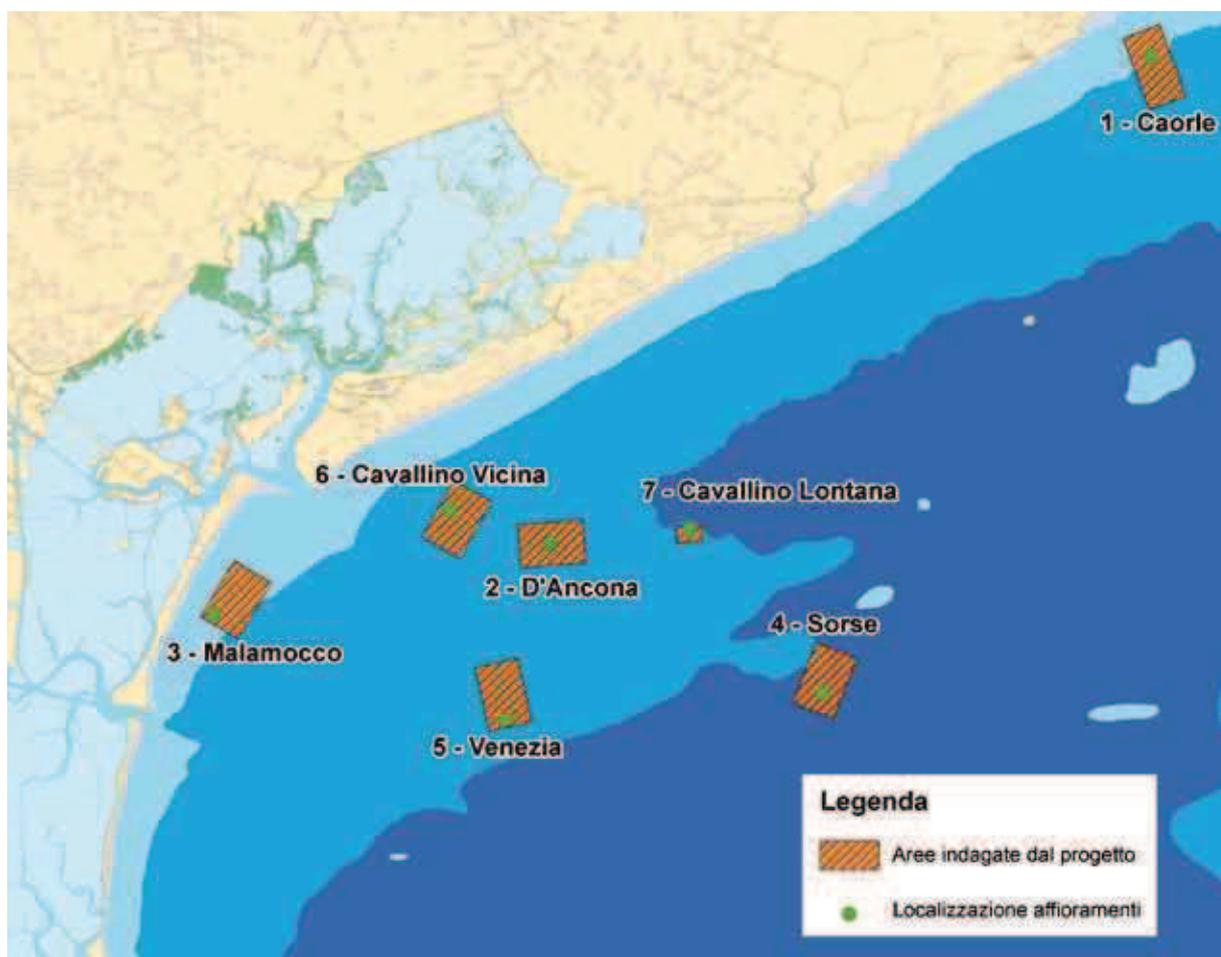


Fig. 5 - Inquadramento spaziale delle aree rocciose monitorate



Fig. 6 - Esempio di posizionamento dei transetti di campionamento del benthos di substrato solido (barra viola) e di substrato mobile (barra grigia) nella tegnù del Sorse

Attività di campionamento in mare

Le operazioni sul fondo, coordinate da un biologo marino, sono state condotte con attrezzatura ARA e con l'ausilio di attrezzature per il grattaggio ed il contemporaneo sorbonamento del materiale biologico incrostante asportato e di quelle necessarie per i rilievi fotografici.

La squadra immersa, in comunicazione con la superficie per mezzo di un sistema interfono, ha operato per i vari prelievi, predisponendo dapprima il telaio flessibile di materiale plastico, quadrato, con lato di 1 m. L'area contrassegnata è stata fotografata con la tecnica del fotomosaico con macchina subacquea dotata di opportuno obiettivo fissata a telaio di 50 x 50 cm (Fig. 2, pag. 61). Successivamente, è stato effettuato il prelievo manuale del materiale incrostante, con spatola e raschietto ed aspirazione con sorbona dotata di retino con maglia di 1,0 mm di luce; contemporaneamente al prelievo con sorbona, per integrazioni di carattere qualitativo su infauna e fauna incrostante fragile, è stato effettuato anche un prelievo di materiale superficiale il più possibile integro, individuando possibilmente un "masso" di dimensioni ridotte (di circa 2 l di volume) in prossimità della stazione.

Il materiale asportato per mezzo della sorbona, contenuto entro il retino, è stato riposto per una sicura identificazione, unitamente ad un contrassegno di etichettatura di materiale plastico opportunamente numerato, all'interno di un sacchetto robusto. Anche la frazione di substrato solido (masso), analogamente, è stata insacchettata sul fondo.

Il materiale campionato è stato quindi lavato in superficie utilizzando un setaccio di maglia 1 mm in modo da eli-

minare la parte più grossolana presente e quindi trattato con soluzione narcotizzante, per evitare la contrazione di alcuni organismi e trasferito all'interno di un robusto sacchetto di nylon etichettato sia all'interno che all'esterno. Lo stoccaggio temporaneo è stato realizzato a bordo dell'imbarcazione stessa, avendo cura di refrigerare al meglio i campioni fino al loro trasferimento al laboratorio di analisi dove sono stati congelati (- 20°C) per una duratura conservazione.

Sorting dei campioni

Tutti i campioni, una volta scongelati, sono stati sottoposti in laboratorio al sorting o smistamento, operazione che consiste nella separazione della frazione detritica e di quella ascrivibile alla tanatocenosi dalla frazione viva del campione al momento della raccolta.

Il campione è stato quindi sciacquato delicatamente con acqua corrente e su di esso è stato condotto un primo esame ad occhio nudo per verificarne l'integrità e la corrispondenza; successivamente il campione è stato setacciato a 0,5 mm così da eliminare la componente sottile del sedimento eventualmente ancora presente. Il campione è stato quindi adagiato su un vassoio a fondo bianco e con l'ausilio di una lampada e di eventuali lenti di ingrandimento si sono separati gli organismi dal detrito, dai resti di altri organismi (ad es. conchiglie vuote) e da frammenti vari. Una volta completato lo smistamento, il campione sgocciolato è stato pesato utilizzando una bilancia digitale così da determinare il peso umido sgocciolato. Per determinare il volume il campione è stato immerso in una caraffa graduata.

TEGNA	denominazione vertici deltrasetto	Long. (GB) X	Lat (GB) Y	lunghezza transetto (m)
CAORLE	CAO_S01_A	1806668	5056094	24
CAORLE	CAO_S01_B	1806678	5056072	
CAORLE	CAO_S02_A	1806731	5056001	24
CAORLE	CAO_S02_B	1806733	5055977	
D'ANCONA	ANC_S01_A	1779367	5033681	12
D'ANCONA	ANC_S01_B	1779359	5033672	
D'ANCONA	ANC_S02_A	1779277	5033527	24
D'ANCONA	ANC_S02_B	1779268	5033505	
D'ANCONA	ANC_S03_A	1779235	5033365	12
D'ANCONA	ANC_S03_B	1779223	5033363	
D'ANCONA	ANC_S04_A	1779239	5033404	12
D'ANCONA	ANC_S04_B	1779232	5033394	
MALAMOCCO	MAL_S01_A	1763890	5030273	24
MALAMOCCO	MAL_S01_B	1763870	5030261	
SORSE	SOR_S01_A	1791621	5026607	24
SORSE	SOR_S01_B	1791598	5026602	
SORSE	SOR_S02_A	1791906	5026691	24
SORSE	SOR_S02_B	1791884	5026683	
VENEZIA	VEN_S01_A	1777260	5025365	12
VENEZIA	VEN_S01_B	1777248	5025361	
CAVALLINO VICINA	CVV_S01_A	1774699	5035040	24
CAVALLINO VICINA	CVV_S01_B	1774720	5035029	
CAVALLINO LONTANA	CVL_S01_A	1784948	5033924	24
CAVALLINO LONTANA	CVL_S01_B	1784926	5033914	

Tab. 1 - Denominazione dei transetti e coordinate dei vertici in Gauss Boaga fuso Est

Determinazione tassonomica

La determinazione tassonomica ha incluso il riconoscimento degli organismi a livello di specie. Per questo ci si è avvalsi delle chiavi dicotomiche più recenti disponibili e di confronti con le collezioni di riferimento raccolte in precedenti monitoraggi e disponibili in laboratorio. Per la nomenclatura si è fatto riferimento alla Check List della Fauna Italiana (MINELLI *et al.*, 1993, 1995) aggiornata secondo quanto riportato dal sito della Società Italiana di Biologia Marina (www.sibm.it).

Il campione è stato prima suddiviso mediante l'utilizzo di microscopio stereoscopico nei macrogruppi tassonomici: Poriferi, Antozoi, Idrozoi, Nematodi, Priapulidi, Molluschi, Policheti, Sipunculidi, Crostacei, Briozoi, Tunicati, Cefalocordati, Echinodermi, Vertebrati ed altri taxa non identificati. Per ogni taxon rilevato si è cercato di giungere quando possibile alla determinazione della specie. In caso opposto, ci si è limitati alla determinazione del genere o ad un livello tassonomico superiore. I risultati della determinazione sono stati riportati in un apposito foglio di lavoro.

Determinazione di abbondanze e biomassa

Contestualmente alla determinazione tassonomica si è provveduto al conteggio degli organismi, con valutazione ponderata degli organismi frammentati. Quando impossibilitati alla conta degli organismi, come nel caso di alcune specie di Tunicati, Poriferi, Idrozoi e Briozoi coloniali, si è provveduto alla determinazione della loro copertura specifica, operando in modo analogo a quanto generalmente viene fatto per la componente algale, cioè determinando lo spazio occupato dall'organismo (cm²) in proiezione sul substrato.

Per ciascun campione e per ciascun taxon identificato si è provveduto alla determinazione del peso umido sgocciolato utilizzando una bilancia digitale. Per i Molluschi il peso determinato è comprensivo della conchiglia.

Il peso secco (g) degli organismi è stato misurato mediante trattamento in stufa a 90° C fino a raggiungimento del peso costante.

Analisi dei dati

Il trattamento analitico dei dati è stato effettuato mediante l'utilizzo di tecniche di statistica univariata e multivariata ampiamente utilizzate in letteratura per analisi di tipo biologico e in particolare per studi sul benthos. La comunità animale è stata analizzata sia da un punto di vista tassonomico che ecologico; è stata presa in considerazione inoltre la distribuzione spaziale dei principali gruppi tassonomici e trofici e quella di alcuni taxa maggiormente rappresentativi.

Sono stati ricavati i principali indici biotici utilizzati per le analisi delle comunità quali indici di similarità, di diversità, di equipartizione delle specie ecc., indici in grado di descrivere la struttura della comunità animale e di fornire

precise indicazioni sulla qualità e lo stato delle comunità stesse.

Le elaborazioni realizzate hanno cercato di evidenziare le caratteristiche strutturali delle comunità animali nelle diverse aree; le eventuali peculiarità, quando presenti, sono state messe in relazione con le principali variabili ambientali che possano agire come forzanti nell'ecologia delle diverse specie e nel caratterizzare le comunità dei diversi affioramenti.

Risultati

Analisi di similarità dei campioni

Per confrontare il grado di somiglianza tra i campioni raccolti e la loro rappresentatività rispetto alle comunità animali indagate si è utilizzato un approccio basato sugli indici di similarità appositamente sviluppati per lo studio delle comunità biologiche (SORENSEN, 1948; JACARD, 1901; BRAY CURTIS, 1957). L'indice di similarità di BRAY CURTIS (1957) ¹, utilizzato nell'ambito di questo studio, ha evidenziato innanzitutto valori elevati di somiglianza tra i campioni di una stessa *tegnù* e finanche tra quelli di uno stesso transetto. Questa evidenza è risultata chiaramente dall'analisi delle similarità ² (ANOSIM), che è stata svolta su tutti e tre i data - set analizzati (CLARKE & GREEN, 1988): abbondanze degli organismi non coloniali, copertura superficiale degli organismi coloniali e biomassa di tutti i taxa raccolti, i cui risultati sono riportati nella *Tab.3*.

Matrice d'origine dei dati	Factor	R	P (%)
Biomassa (tutte le specie)	<i>tegnù</i>	0.791	0.01
	transetto	0.745	0.01
Abbondanza (specie non coloniali)	<i>tegnù</i>	0.717	0.01
	transetto	0.613	0.01
Copertura (specie coloniali)	<i>tegnù</i>	0.751	0.01
	transetto	0.682	0.01

Tab. 2 - Risultati del test ANOSIM sulle matrici di dati di biomassa di tutti gli organismi, di abbondanza degli organismi non coloniali e di copertura superficiale delle specie coloniali

Queste somiglianze tra campioni di uno stesso affioramento sono state confermate dalle analisi dei cluster (FIELD *et al.*, 1982) che sono riportate nella *Fig. 8* (a, c, e), dove si possono individuare inoltre quattro raggruppamenti principali di campioni che si differenziano ad un grado di similarità di circa il 40% e che corrispondono a

quelli raccolti rispettivamente nelle *tegnùe* D'Ancona e Cavallino Vicina, in Sorse e Venezia, in Malamocco e Carole e infine quelli della *tegnùa* Cavallino Lontana. Questi gruppi sono più evidenti nella figura che inquadra la comunità di organismi coloniali (c) mentre sono meno distinti in quella che rappresenta le forme non coloniali (b). Le similarità dei campioni sono state inoltre rappresentate con tre MDS, sempre relativi ai tre data – set, che visualizzano graficamente la distribuzione dei campioni in uno spazio bidimensionale (Fig. 8 b, d, f). Tale rappresen-

tazione è in grado di evidenziare la distribuzione spaziale dei campioni e la presenza di particolari *trend* distributivi che possono essere interpretati come frutto di particolari gradienti delle variabili ambientali. Come si può osservare lo stress delle rappresentazioni, indicatore di quanto queste siano distorte rispetto alla reale distribuzione dei campioni, ha valori compresi tra lo 0.19 per la rappresentazione delle biomasse di tutti i taxa e 0.2 per quella delle abbondanze delle specie non coloniali e delle coperture superficiali delle specie coloniali.

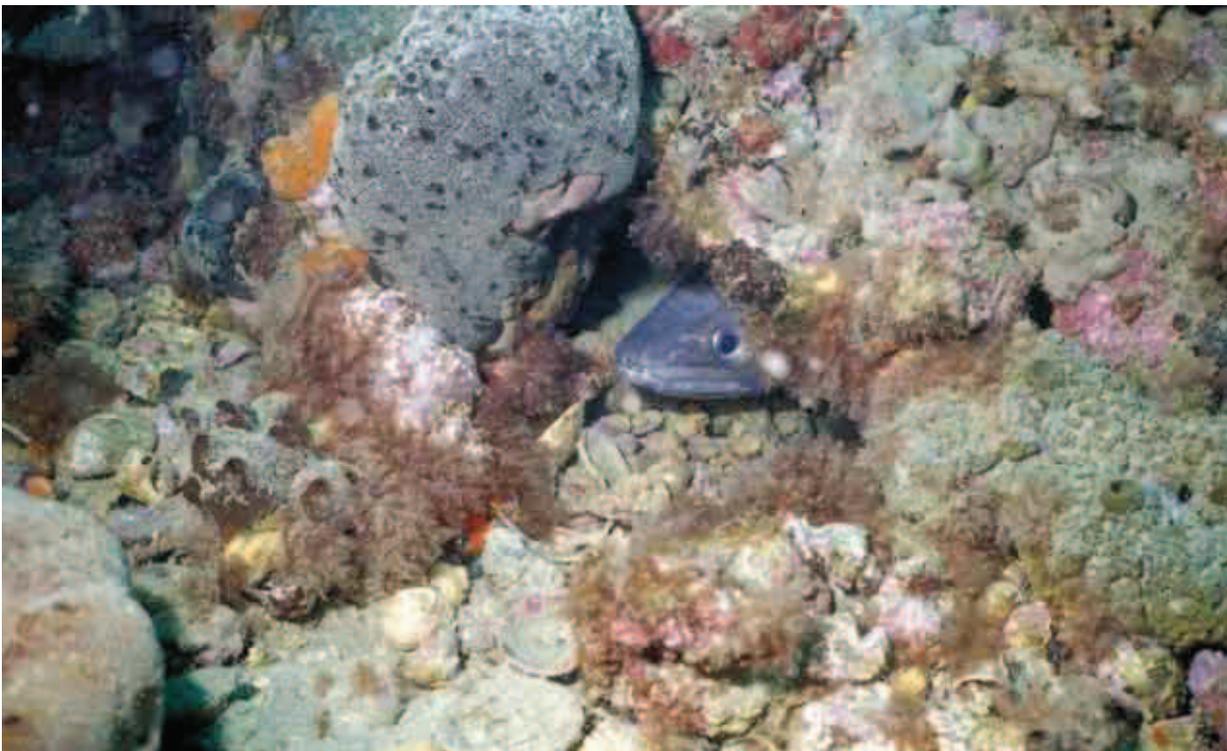


Fig. 7 - Esempio di *Conger conger* (Linnaeus 1758)

1 Indice di Similarità di Bray Curtis (1957):

$$S_{jk} = 100 \left\{ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^n (y_{ij} + y_{ik})} \right\}$$

y_{ij} = dato di abbondanza o biomassa o copertura della specie i nel campione j ;

y_{ik} = dato di abbondanza o biomassa o copertura della specie i nel campione k .

2 Questo test, che si basa sulla verifica dell'ipotesi nulla di assenza di differenze statisticamente rilevanti tra gruppi di campioni, utilizza un confronto a ranghi tra le similarità dei campioni dello stesso gruppo e tra quelle di gruppi diversi. Il confronto viene svolto tra il coefficiente R calcolato sulla matrice di similarità e i valori dei coefficienti R attesi dopo n permutazioni delle celle della matrice stessa ($n = 9999$). Se non ci sono differenze tra gruppi e l'ipotesi nulla è vera, il valore di R deve ricadere all'interno della distribuzione degli R attesi dalle permutazioni; se questo non avviene, si hanno evidenze che esistono delle differenze tra i gruppi di campioni.

$$R = (r_b - r_w) / \frac{1}{2} M$$

$M = n(n - 1) / 2$ dove: n = numero totale delle repliche;

r_b = media dei ranghi di similarità entro le repliche;

r_w = media dei ranghi di similarità tra repliche di gruppi diversi.

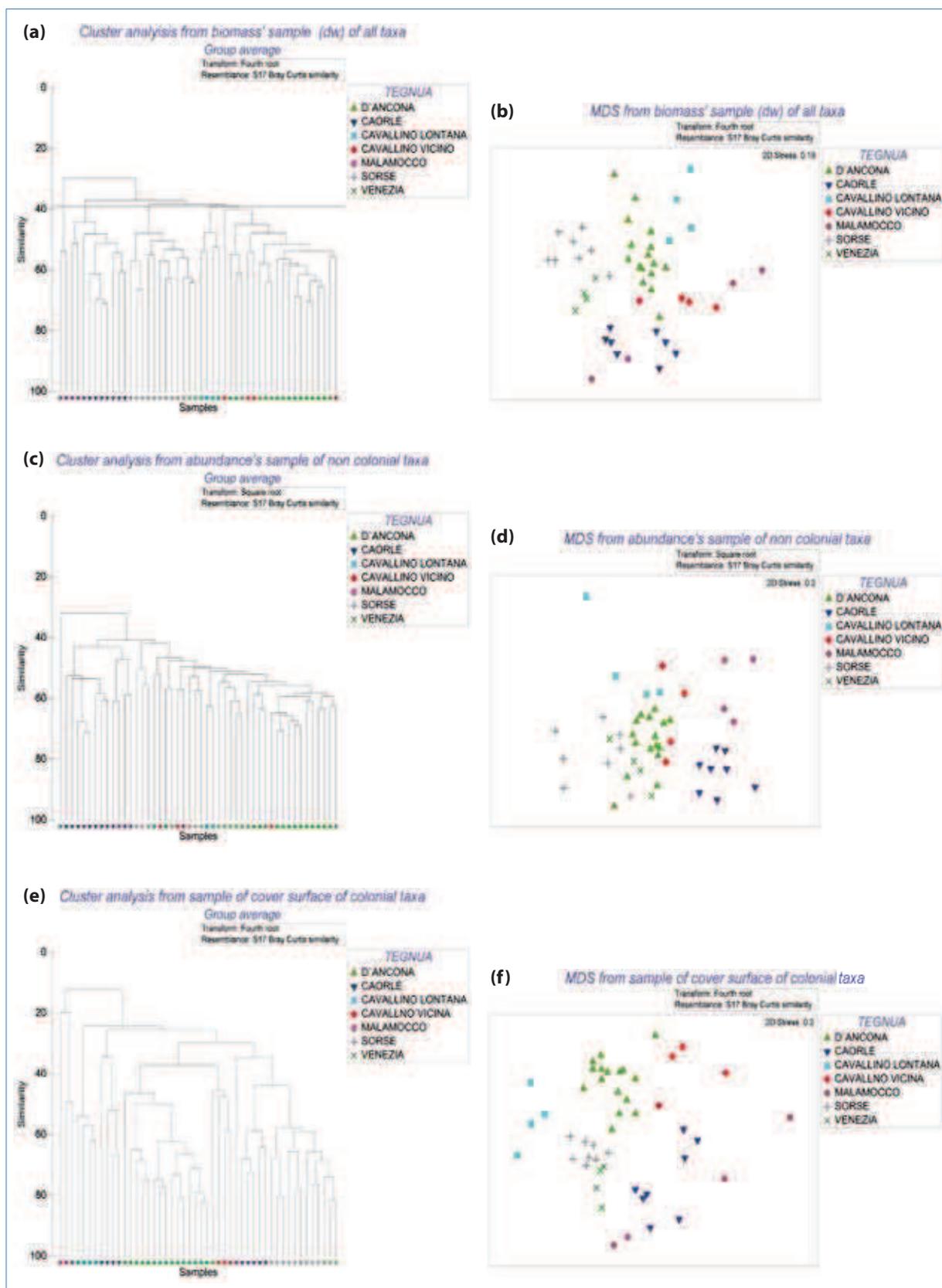


Fig. 8 - Cluster analisi e Non Metric - Multi Dimensional Scaling ricavati dalle matrici di similarità di Bray Curtis dei dati di biomassa (peso secco) degli organismi (a, b), dai dati di abbondanza delle specie non coloniali (c, d) e dai dati di copertura delle specie coloniali (e, f)

Gruppi sistematici e trofici della comunità

L'indagine bentologica, sul totale delle aree campionate, ha consentito la raccolta e l'individuazione di ben 288 taxa (6 appartenenti all'ittiofauna catturati accidentalmente) di cui 198 (69%) determinati fino al livello di specie. Sono stati identificati, 20 Poriferi, 2 Idrozoi, 42 Molluschi Bivalvi, 42 Molluschi Gasteropodi, 28 Anellidi Policheti, 25 Crostacei Decapodi, 10 Briozoi, 5 Echinodermi, 8 Tunicati ed altre specie appartenenti a gruppi minori.

La ripartizione percentuale dei taxa nei principali gruppi sistematici evidenzia una sostanziale omogeneità tra gli affioramenti; i gruppi mediamente più rappresentati, sempre in termini di numero di specie, sono costituiti dai Bivalvi (22%), dai Policheti (19%) e dai Gasteropodi (17%) (Fig. 9). Per quanto riguarda il contributo dei vari gruppi alla biomassa totale espressa in peso secco, risulta degno di nota il ruolo dei Poriferi e dei Tunicati, soprattutto negli affioramenti più lontani dalla costa, dove alcune colonie di Poriferi raggiungono talvolta valori di biomassa per metro quadro di poco inferiori al chilogrammo mentre alcune sinascidie sfiorano l'ettogrammo. I valori medi di copertura totale risultano compresi tra i 2521 cm² (25,2%) nell'affioramento di Caorle e i 341 cm² (3,4%) nella *tegnù*a Cavallino Lontana. Il principale apporto è dato da Poriferi e Tunicati (Fig. 10).

Le *tegnù*e del Sorse, di Venezia e di Caorle sono caratterizzate da una maggior presenza di biomassa e copertura superficiale. In particolare, a Caorle sono stati raggiunti i 900 g/m² di biomassa secca in uno dei due transetti. Tali concentrazioni di biomassa sono sostanzialmente dovute alla presenza di grandi colonie di spugne e sinascidie, come evidenziano le analisi della ripartizione della biomassa nei diversi gruppi sistematici a conferma del notevole apporto di questi due gruppi. Anche Molluschi Bivalvi e Gasteropodi contribuiscono, in subordine, al raggiungimento di questi valori elevati di biomassa totale (Fig. 11).

Tra i Poriferi, le specie più frequenti risultano *Ircinia variabilis* e *Cliona viridis* mentre, tra i Tunicati, in particolare nella *tegnù*a del Sorse, *Aplidium conicum* e *Polycitor adriaticus* raggiungono le maggiori coperture.

Altre specie coloniali come il briozoo *Schizobrachiella sanguinea* risultano ricoprire vaste aree di substrato, ma solamente nei transetti degli affioramenti di Caorle e Cavallino Vicina, dove questo organismo risulta molto abbondante (Fig. 12). Gli Idrozoi sono invece piuttosto scarsi, dal momento che la loro presenza è documentata solo negli affioramenti D'Ancona e Malamocco, ma in quest'ultimo sito essi raggiungono però, con il genere *Eudendrium* (Fig. 13), i valori massimi di copertura, pari a 600 cm² (6%), corrispondenti a 203 g di peso umido. Tali valori, se confrontati a quelli riscontrati in altre zone del Mediterraneo, risultano molto elevati ed evidenziano la grande produttività del Nord Adriatico ed in particolare delle aree più vicine alla costa; BOERO *et al.*, (1986), infatti, riporta per il Mar Ligure valori decisamente inferiori

di biomassa umida per *Eudendrium glomeratum*, pari a solo 5 g/m².

Gli organismi non coloniali risultano maggiormente abbondanti nelle *tegnù*e più vicine a costa. Negli affioramenti di Caorle e Malamocco si sono rilevate infatti concentrazioni che hanno superato i 600 ind/m², mentre negli affioramenti più lontani (Sorse e Venezia) le concentrazioni sono mediamente inferiori, dell'ordine dei 2-300 ind./m²; nelle altre *tegnù*e le concentrazioni si sono attestate su valori intermedi di ca. 3-400 ind./m² (Fig. 14).

Tra i non coloniali i gruppi sistematici più abbondanti sono i Gasteropodi ed i Bivalvi; i primi risultano particolarmente frequenti nella *tegnù*a di Caorle, mentre i secondi sono in numero maggior nell'affioramento di Malamocco. Le specie più rappresentate, che contribuiscono in modo determinante alla biomassa di questi due gruppi, sono il Gasteropode *Hexaplex trunculus* e il Bivalve *Arca noae*.

Non è stato possibile osservare, invece, particolari trend areali nella distribuzione dei Policheti. Il loro numero oscilla ampiamente tra i 34 e i 92 individui per m², ma senza seguire un preciso gradiente. In termini di biomassa (peso secco) questo gruppo fornisce un contributo decisamente limitato, con valori che oscillano tra 0.08 g/m² nella *tegnù*a del Sorse e 0.55 g/m² nella *tegnù*a di Cavallino Vicina.

L'analisi distributiva dei vari gruppi sistematici ha invece evidenziato come i Crostacei Decapodi siano più frequenti negli affioramenti localizzati più al largo e nell'affioramento di Malamocco, dove il loro numero raggiunge 86 ind/m², mentre nelle *tegnù*e Sorse e Venezia le concentrazioni hanno raggiunto rispettivamente i 67 e i 68 ind/m². Le specie più abbondanti sono *Paguristes eremita* e quelle appartenenti ai generi *Pisidia* e *Pilumnus*.

Va senz'altro sottolineata l'elevata abbondanza di Echinodermi presenti nell'affioramento di Caorle, dove sono state trovate un gran numero di ofiure (*Ophiothrix fragilis*) con valori che toccano, per alcuni punti di campionamento, i 441 individui per m².

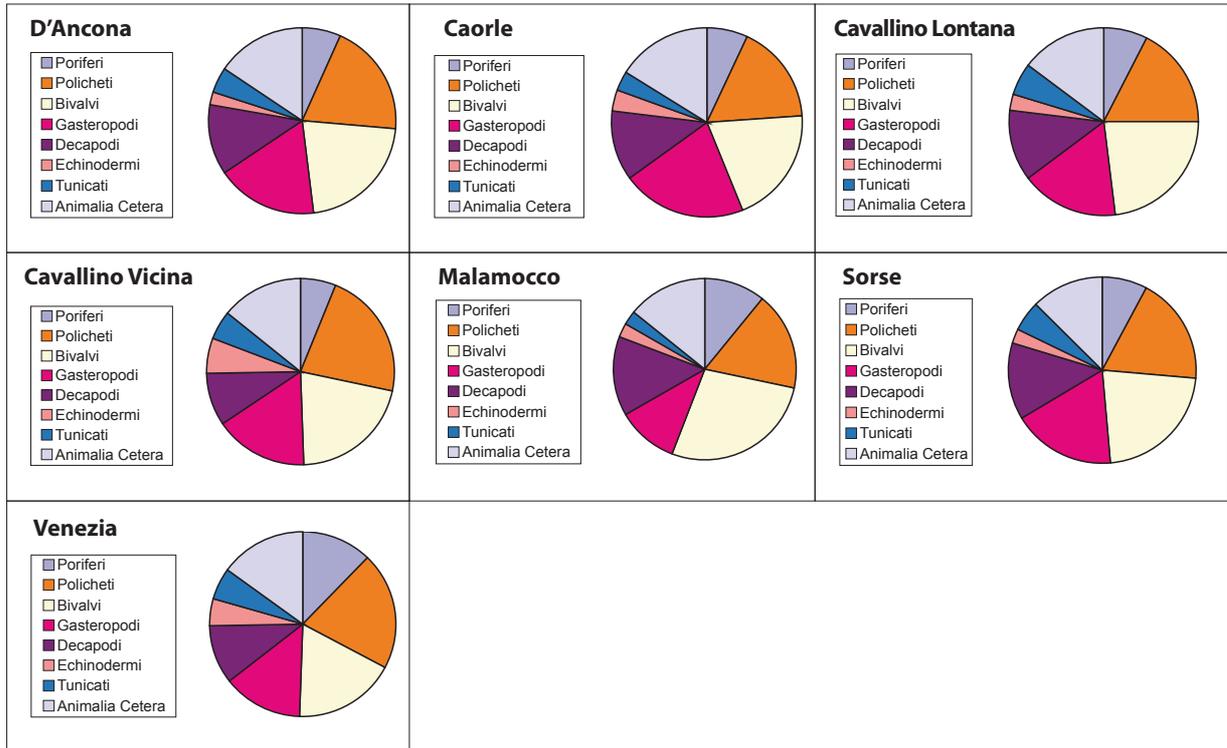


Fig. 9 - Ripartizione dei taxa determinati nelle principali categorie sistematiche

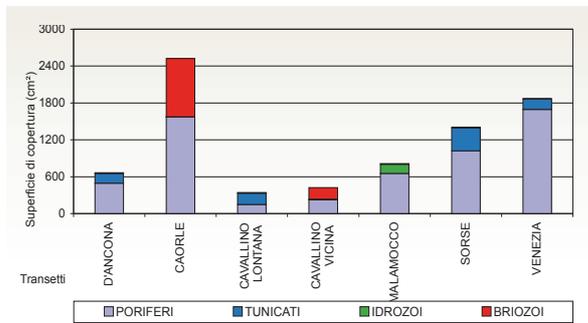


Fig. 10 - Distribuzione spaziale delle coperture superficiali medie degli organismi coloniali degli affioranti

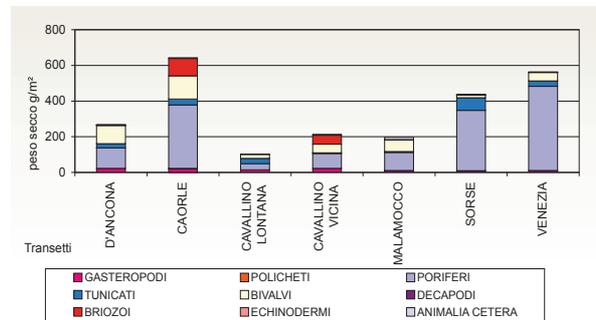


Fig. 11 - Andamento della biomassa media come peso secco negli affioranti

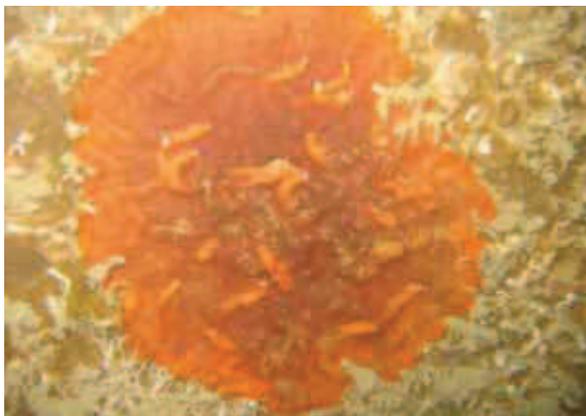


Fig. 12 - Esemplare del briozoo *Schizobrachiella sanguinea* (Normal, 1868) (da MOLIN et al., 2006)



Fig. 13 - Idrozoi del genere *Eudendrium* fotografati in prossimità della costa Nord Adriatica (MOLIN et al., 2006)

Dal punto di vista trofico-funzionale della comunità, cioè considerando i rapporti presenti tra le diverse componenti della catena trofica - produttori primari, consumatori primari e secondari - l'analisi della comunità, condotta secondo gli approcci metodologici adottati per i fondi molli (ASMUS & ASMUS, 1990; GASTON & NASCI, 1988) e per le comunità di fondo roccioso (HISCOCK & HOARE, 1975; JONES, 1973; GABRIELE *et al.*, 1999), può evidenziare quali siano le diverse strategie ecologiche adottate dalle specie e quali siano quelle che meglio si adattano alle condizioni esistenti nell'ambiente di studio.

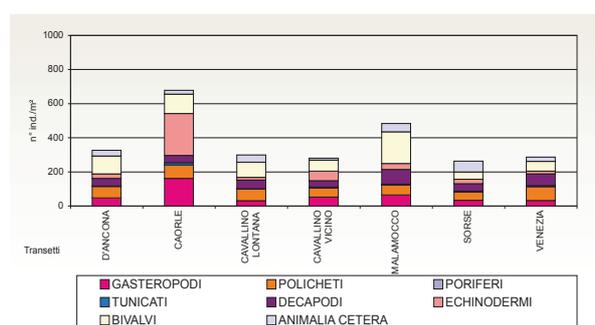


Fig. 14 - Distribuzione spaziale dei valori di abbondanza media degli organismi non coloniali degli affioramenti

A questo scopo, i taxa determinati con le relative biomasse in peso secco sono stati ripartiti, in termini percentuali, nei principali gruppi trofici individuati secondo letteratura, come segue:

- Carnivori: macrofagi in grado di nutrirsi di animali vivi o morti (es. molti Gasteropodi e Crostacei);
- Erbivori: corrispondenti ai consumatori primari che si nutrono di alghe (es. i ricci di mare);
- Onnivori: si nutrono sia di animali vivi che morti e sia di vegetali (es. Gasteropodi e Crostacei);
- Filtratori e Sospensivori: organismi microfagi che si nutrono di minuscole particelle organiche o di plancton sospese nella colonna d'acqua (es. Poriferi, Bivalvi ed Ascidiacei);
- Limivori: organismi che ingurgitano grosse quantità di limo e sedimento da cui estrarre le particelle organiche e/o il film batterico (es. molte specie di Policheti);
- Detritivori: microfagi che si nutrono di detrito organico presente nel sedimento (es. alcuni Bivalvi ed oloturie).

Gli organismi per i quali non è stato possibile determinare il gruppo trofico, vuoi per le scarse informazioni presenti in letteratura, vuoi per la grande varietà nel tipo di dieta seguito, sono stati raggruppati in un gruppo di "indeter-

minati". Dai campioni raccolti è stato possibile attribuire complessivamente il gruppo trofico di appartenenza a 194 taxa su di un totale di 282 taxa determinati.

I filtratori e i sospensivori sono risultati essere i gruppi più rappresentati come numero di specie, con valori in percentuale compresi tra il 40% (*tegnù*a Cavallino Vicina) e il 49% (*tegnù*a di Venezia) delle specie totali; a seguire il gruppo dei carnivori con valori compresi tra il 14% (*tegnù*a di Malamocco) e il 20% (*tegnù*a Cavallino Lontana). Il gruppo formato dagli organismi detritivori è il terzo per importanza con valori compresi tra il 10% (*tegnù*a del Sorse) ed il 15% (*tegnù*a di Malamocco) mentre i limivori hanno una presenza piuttosto bassa come numero di taxa che si attesta sull'1-2% (Fig. 15). La ridotta o nulla presenza della componente degli erbivori è da collegare alla limitata presenza delle macroalghe che, in termini di copertura dei substrati, è mediamente inferiore al 5-10%.

In quest'ottica l'affioramento di Malamocco spicca rispetto a tutte le altre *tegnù*e indagate in quanto a detritivori, che risultano essere i più rappresentati. La sua vicinanza alla costa giustifica, come possibile spiegazione, una maggiore presenza di materiale organico nel fondale e, di conseguenza, la disponibilità di pabulum per gli organismi favoriti dal detrito. Nella *tegnù*a del Sorse, localizzata a maggior distanza dalla costa e, quindi, dalle fonti di apporti terrigeni costieri questa componente è risultata infatti minoritaria.

Anche per quanto riguarda la ripartizione delle biomasse in peso secco degli organismi nelle diverse categorie trofiche sono i filtratori e i sospensivori a contribuire in modo determinante. In termini percentuali questo gruppo trofico rappresenta valori compresi tra l'85% (*tegnù*a Cavallino Lontana) e il 98% (*tegnù*a Venezia) del totale della biomassa presente.

E' d'altronde evidente che l'alta produttività della colonna d'acqua, la sua ricchezza in particellato organico ed organismi planctonici rappresenta un'abbondante fonte energetica per questi organismi, praticamente illimitata. Le evidenze disponibili indicano inoltre che le grandi colonie di spugne e tunicati sarebbero poco soggette a forme di predazione ad opera di altri organismi bentonici o neptonici forse per la presenza di sostanze tossiche all'interno delle strutture di alcune specie (GOODBODY & GIBSON, 1974; DAVIS & WRIGHT, 1990; TEO & RYLAND, 1994). Anche l'assenza di epibionti favorirebbe questa ipotesi (MOLIN *et al.*, 2003).

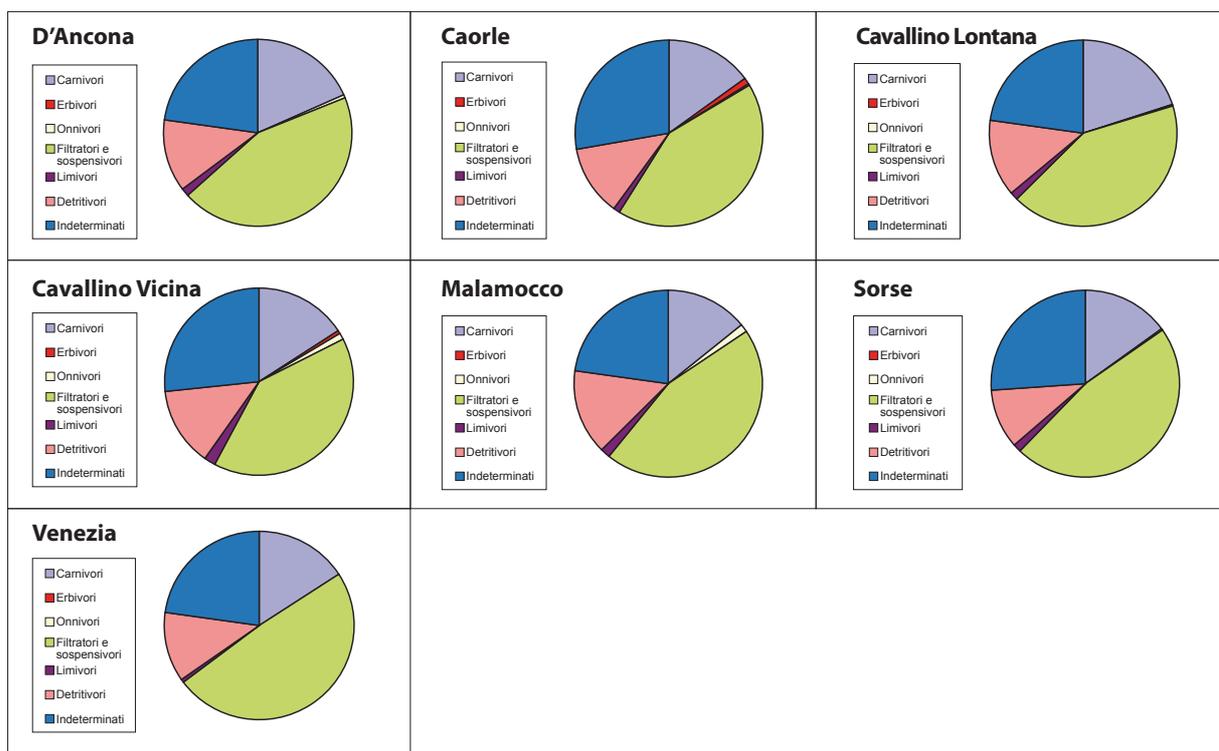


Fig. 15 - Ripartizione del numero di taxa nelle principali categorie trofiche

Indici ecologici

L'analisi dei principali indici ecologici delle comunità indagate consente principalmente l'effettuazione di valutazioni comparative tra i popolamenti rilevati sulle diverse *tegnùe* e di porre in risalto le loro caratteristiche in quanto a biodiversità, biomassa, strategie d'alimentazione, dinamiche di insediamento, ecc. Gli indici biologici che sono stati considerati sono di seguito elencati:

- indice di ricchezza in specie (S) che rappresenta il numero totale di specie del campione;
- indice di abbondanza (N), di copertura (C) e di biomassa (B) che rappresentano i valori totali di abbondanza, copertura e biomassa del campione;
- indice di ricchezza in specie di Margalef-d (MARGALEF, 1958) che tiene conto del numero di specie e del numero totale di individui del campione;
- indice di Pielou-j' (PIELOU, 1966), che considera la distribuzione degli individui nelle varie specie che compongono la comunità;
- indice di diversità di Shannon H' (SHANNON E WEANER, 1949) che rappresenta la proporzione, in termini di abbondanza o biomassa, tra ogni singola specie ed il totale delle specie.

Il calcolo degli indici sui valori di abbondanza delle specie non coloniali, sui valori di copertura delle specie coloniali e, infine, sulle biomasse di tutte le specie delle sette *tegnùe*

indagate ha permesso di evidenziare l'esistenza di significative differenze tra i diversi gruppi di organismi rilevati, caratterizzati dall'applicazione di diverse strategie ecologiche, da diverse strutture anatomiche e da diverse modalità di approvvigionamento del cibo.

Le specie non coloniali, ascrivibili a Bivalvi, Gasteropodi, Policheti ecc., sono risultate relativamente meno diversificate rispetto a quanto riscontrato per le forme coloniali che sono relativamente più varie sia in termini di specie sia come forma ed estensione dei popolamenti sui diversi affioramenti. Tale varietà corrisponde a differenze degli indici calcolati che sono risultate infatti statisticamente significative. Non altrettanto significatività, sul piano statistico, è emersa analizzando gli stessi dati per le forme non coloniali, per le quali solamente il numero complessivo di individui e la loro distribuzione nelle diverse specie (indice di Pielou-j) sono risultati statisticamente differenti (Tab. 3).

Alla domanda circa la possibilità di individuare, nella globalità, comportamenti caratteristici delle diverse *tegnùe* attraverso l'espressione di comunità differenti può essere data attraverso questi indici una risposta parzialmente positiva: per quanto riguarda le specie non coloniali ascrivibili a Bivalvi, Gasteropodi, Policheti etc., i popolamenti dei diversi affioramenti presentano una differenziazione scarsamente significativa o comunque minore rispetto a quanto emerge dall'analisi dei popolamenti coloniali. Mentre per quest'ultimi tutti gli indici

convergono su una peculiare specificità delle comunità delle diverse *tegnùe*, per i non coloniali risultano evidenti differenze statisticamente significative tra *tegnùe* solamente a livello del numero complessivo di individui e della loro distribuzione nelle diverse specie (indice di Pielou-j) (Tab. 3).

Esiste quindi uno schema distributivo dei popolamenti delle *tegnùe* dei litorali veneti? E può esistere in condizioni di così forte eterogeneità sul piano batiale, morfologico e delle caratteristiche sedimentologiche e idrologiche? In linea generale le *tegnùe* di Caorle e di Malamocco sono risultate essere caratterizzate da una maggiore ricchezza di specie ed individui e da valori più elevati degli indici di diversità (Margalef-d e Shannon-H), indici che considerano non solo il numero di specie ed individui totale, ma anche la loro distribuzione relativa (Fig. 16 e 17). Il confronto tra i valori medi degli indici per transetto, operato mediante analisi della varianza (ANOVA) ³ ad un fattore (=Transetto), ha confermato un'elevata variabilità presente nell'ecosistema, in particolare per quelle specie che necessitano di vaste estensioni rocciose per la loro crescita e di condizioni chimico-fisiche piuttosto stabili. Da questi risultati, che valorizzano l'approccio metodologico utilizzato, emerge una forte propensione da parte delle comunità a svolgere un ruolo passivo rispetto alle forzanti idro-morfologiche, evidenza emersa, con i dovuti distinguo, anche per le comunità costiere e lagunari, dove le energie in gioco e le caratteristiche chimico-fisiche e idrologiche, sembrano soverchiare sia possibili pattern distributivi legati a strategie di insediamento e di successione che l'azione di fattori edifici e di competizione, di difficile individuazione.

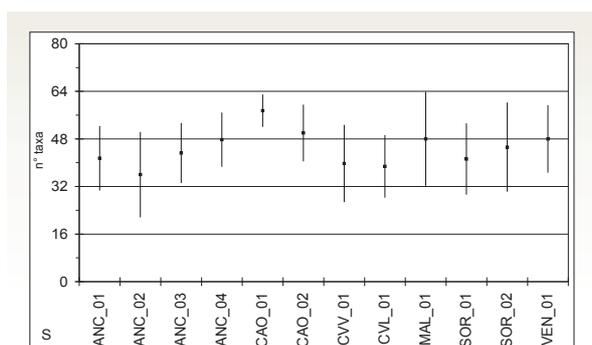


Fig. 16 - Valori medi degli indici di Ricchezza Specifica per transetto

³ Questo test si basa sulla verifica dell'ipotesi nulla (H0) che non ci siano differenze tra le medie degli indici biotici dei transetti; confrontando la variabilità (varianza) tra campioni del transetto con quella tra campioni di differenti transetti. Tale confronto viene effettuato calcolando il rapporto tra le due varianze (F) e confrontandolo con il valore di F critico teorico associato ad una determinata probabilità d'errore (P<0.05 pari al 5 % delle probabilità che il risultato del test sia errato). Il valore di F critico è fisso ed è associato ai gradi di libertà all'interno dei gruppi e totale. Quando il nostro valore di F calcolato supera quello di F critico significa che la variazione della media dei gruppi di campioni confrontati è statisticamente significativa e l'ipotesi nulla di assenza di differenze tra gruppi di campioni viene rigettata (FOWLER & CHOEN, 2002).

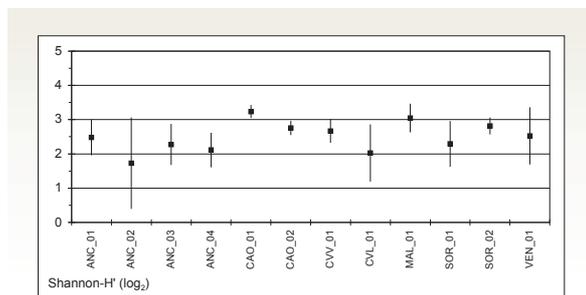


Fig. 17- Valori medi per transetto dell'indice di diversità di Shannon calcolato sulle biomasse di tutti gli organismi

Ulteriore conferma della validità dell'approccio teso ad un'immagine istantanea della realtà, pur limitata sotto il profilo della variabilità, proviene dalla distribuzione numerica degli organismi, che risulta per tutti gli affioramenti ben ripartita tra le diverse specie ed i valori dell'indice di Pielou - j sono sempre prossimi all'unità, valore ideale a cui corrisponde una totale equiripartizione degli individui nelle diverse specie presenti. Valori leggermente inferiori sono stati trovati solamente in uno dei transetti dell'affioramento di Caorle, dove, ancorché siano presenti un elevato numero di specie ed individui, alcune di queste specie risultano dominanti numericamente rispetto alle altre. In particolare la presenza in quest'area di un elevato numero di esemplari di *Ophiotrix fragilis* sposta significativamente l'equilibrio della composizione specifica (Fig. 18).

La maggiore biodiversità presentata dagli affioramenti vicini a costa di Caorle e Malamocco può essere giudicata un risultato interessante sia nel metodo che nel merito ed è spiegabile con la maggiore ricchezza in specie ed individui di Molluschi Bivalvi e Gasteropodi. La loro presenza è imputabile alla vicinanza di questi siti rispetto alle aree lagunari da dove provengono specie con una maggiore affinità per le zone costiere che si aggiungono a quelle più tipiche marine al largo delle *tegnùe*. Nell'affioramento di Caorle è stata osservata, infatti, una maggior presenza di Gasteropodi, mentre nell'affioramento di Malamocco sono i Bivalvi a dare il maggior contributo. Un numero inferiore di specie è stato invece riscontrato nelle *tegnùe* D'Ancona, Cavallino Lontana e nella *tegnùe* del Sorse.

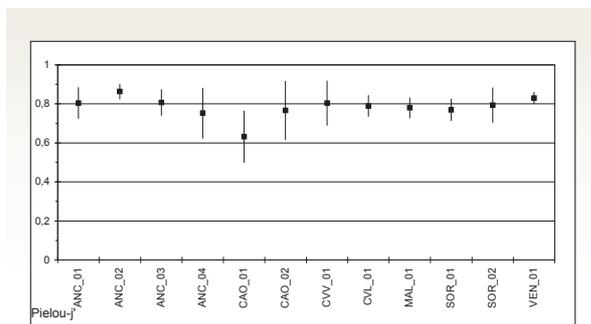


Fig.18 - Valori medi dell'indice di Pielou per le specie non coloniali

Come detto, i popolamenti composti dalle specie coloniali presentano una distribuzione significativamente diversificata nelle diverse aree campionate. Le *tegnùe* con i transetti più ricchi di specie e con elevate estensioni di substrato ricoperte dalle colonie sono quelle più distanti dalla linea di costa, *tegnùe* del Sorse e di Venezia, e la *tegnù*a di Caorle. Tale risultato consente di valorizzare tale componente faunistica come elemento discriminante e in grado di ben rappresentare le caratteristiche degli affioramenti e di consentirne la loro mappatura, secondo valori di qualità o pregio, tenuto conto del significato ecologico di questa ricchezza. A livello di singolo affioramento - ed è il caso della te-

Data - set			Non coloniali (Abbondanze)			Coloniali (Coperture)			Tutti i taxa (Biomasse)		
	<i>gdl</i>	<i>Fcritic</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Indice biotico											
Richness ln(S)											
Tra transetti	11	2,067	0,076	1,463	0,188	0,513	4,550	<0,001	0,073	1,812	0,088
Entro transetti	36		0,052			0,113			0,040		
Abbondanza totale, Copertura totale e Biomassa totale*											
Tra transetti	11	2,067	0,81	2,995	0,006	2,909	3,423	0,003	2,125	4,363	<0,001
Entro transetti	36		0,27			0,850			0,487		
Margalef (d)**											
Tra transetti		2,067	0,74	0,608	0,809						
Entro transetti			1,216								
Pielou (j)											
Tra transetti	11	2,067	0,013	2,197	0,007	0,047	2,376	0,025	0,020	3,207	0,004
Entro transetti	36		0,004			0,020			0,006		
Shannon-Wiener (H)											
Tra transetti	11	2,067	0,223	1,305	0,261	1,242	5,372	<0,001	0,761	3,643	0,002
Entro transetti	36		0,171			0,231			0,209		

** Per l'abbondanza totale, la copertura totale e la biomassa totale i dati sono stati trasformati con il logaritmi naturale per omogeneizzare la varianza

* Non sono stati ricavati gli indici di Margalef e di Sanders sui valori di copertura e biomassa poiché questi richiedono di essere calcolati su valori non continui, come le abbondanze numeriche, e non su valori continui come le coperture e le biomasse.

Tab. 3 - Risultati dell'analisi della varianza (ANOVA) ad un fattore (Transetti) effettuata sui principali indici biotici calcolati sui tre data - set: abbondanze degli organismi non coloniali; coperture degli organismi coloniali; biomasse (peso secco) di tutti gli organismi

gnù di Caorle - i popolamenti dei due transetti campionati presentano differenze rilevanti statisticamente, a significare come le stazioni dei due transetti siano piuttosto diverse per composizione faunistica. Per comprendere meglio quanto si differenzino i popolamenti dei diversi transetti di una stessa *tegnù*, sono state eseguite analisi della varianza anche tra i valori medi dei transetti delle *tegnù* di Caorle, D'Ancona e Sorse. Nei rimanenti affioramenti è infatti stato individuato solamente un transetto per *tegnù*.

Nel caso dell'affioramento D'Ancona i popolamenti risultano molto omogenei tra loro e non hanno mostrato differenze strutturali significative, mentre i popolamenti della *tegnù* del Sorse si differenziano in quanto a ricchezza di specie e grado di copertura delle colonie presenti. La presenza di specie di grandi dimensioni il cui apporto in termini di biomassa è molto elevato si è riflessa sui valori di biomassa totale che ha raggiunto i valori più elevati negli affioramenti di Caorle, del Sorse e di Venezia. Questo parametro, come precedentemente discusso, ha rispecchiato la presenza delle grosse colonie di Poriferi e di Ascidiacei presenti in alcuni affioramenti siti più al largo (Sorse, Venezia, Caorle) e comunque in posizione più defilata rispetto alle bocche di porto della laguna di Venezia nel caso di Caorle. Come vedremo più avanti, tali evidenze pongono all'attenzione il possibile ruolo della distanza dalla costa - a significare valori limitati di deposizione di particolato fine - nel consentire lo sviluppo di estesi popolamenti coloniali, particolarmente sensibili in questo senso.

E' stata più volte evidenziata l'importanza del gradiente costa-largo nel determinare la diversa distribuzione delle specie. Alcuni organismi o alcune strategie insediative, infatti, possono risultare più esposti a fattori di stress che caratterizzano gli ambienti più vicini a costa. Per la comprensione degli schemi distributivi degli organismi all'interno della comunità e per verificare le condizioni di equilibrio delle comunità con l'ambiente circostante o, in caso contrario, se

queste siano sottoposte a fattori di stress che ostacolano la loro evoluzione verso stadi a maggior stabilità risulta molto utile l'applicazione di tecniche grafico - distributive. Nelle *tegnù* indagate infatti sono diverse le condizioni edafiche del substrato e le caratteristiche chimico-fisiche della colonna d'acqua ed esistono inoltre gradienti e livelli di variabilità piuttosto spinti sia tra diversi affioramenti sia all'interno degli stessi affioramenti: aree più esposte alle correnti, aree prossime al fondale sabbioso-limoso, cavità più protette dalla deposizione e dalle correnti fredde invernali ecc.

L'analisi distributiva delle abbondanze sotto forma di curve dette di k-dominanza ha permesso di valutare quanto le comunità delle *tegnù* siano dominate da poche specie ma abbondanze elevate o, viceversa, siano composte da molte specie con abbondanze comparabili (SOLOMON, 1979; LAMBHEAD *et al.*, 1983).

Il confronto tra le curve riportate in Fig. 19a evidenzia come i popolamenti degli affioramenti di Caorle e Cavallino Lontana siano caratterizzati da un maggior grado di dominanza, evidenziata da una curva rappresentativa della comunità caratterizzata da maggior altezza, a significare una comunità sottoposta a situazione di disturbo ambientale. Negli affioramenti di Malamocco, Cavallino Vicina e Sorse le comunità sono caratterizzate da una minor dominanza, evidenziata da una curva di minor altezza, a significare maggior equilibrio.

Tuttavia in tutti gli affioramenti non si registrano situazioni di estrema dominanza; solamente in uno dei transetti dell'affioramento di Caorle il popolamento appare condizionato da una dominanza più spinta di alcune specie (Fig. 19b), fatto collegato all'elevata concentrazione di Ofiure, già segnalato più sopra.

Il confronto tra le curve relative ai singoli transetti evidenzia per la *tegnù* D'Ancona popolamenti con dominanze alquanto simili, mentre le curve relative ai transetti effettuati nella *tegnù* del Sorse e ancor più di Caorle evidenziano una qualche differenza tra le comunità dei due transetti.

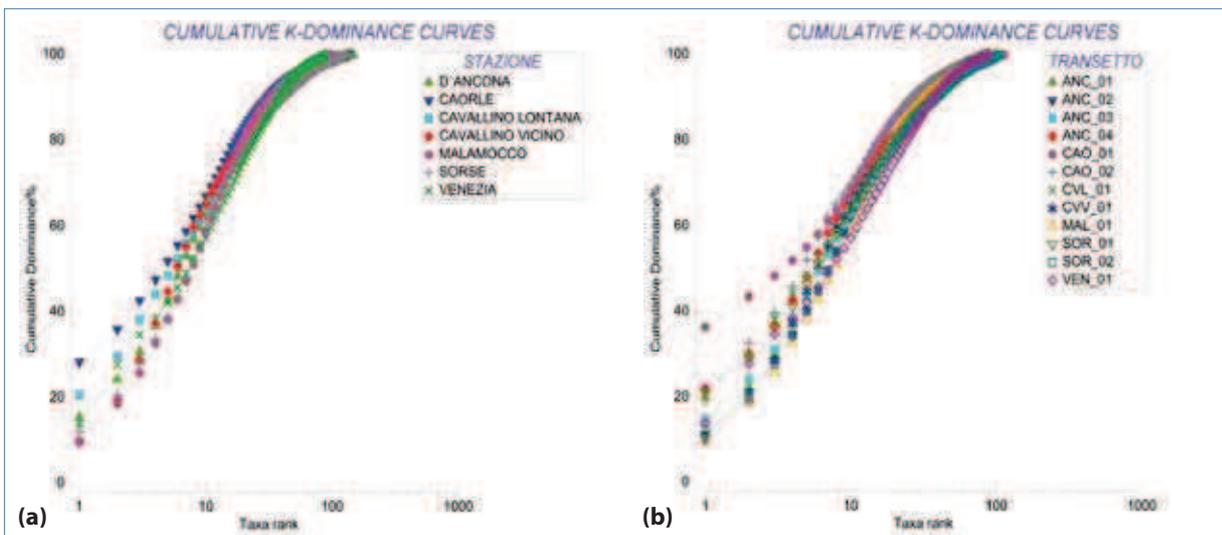


Fig. 19 - Curve di k-dominanza ricavate dai dati di abbondanza degli organismi non coloniali per affioramento (a) e per transetto (b)

Locali condizioni di stabilità o al contrario la presenza di eventuali fenomeni di stress, possono essere ulteriormente evidenziati procedendo alla comparazione delle distribuzioni delle biomasse e delle abbondanze delle specie non coloniali. Questa tecnica, denominata ABC comparison (abundance/biomass comparison) consente, tramite il confronto dell'andamento delle due curve distributive, di valutare se i popolamenti sono composti da molte specie di piccole dimensioni oppure da poche specie di grandi dimensioni (WARWICK, 1986; WARWICK *et al.*, 1987).

Nel caso in esame, i popolamenti appaiono caratterizzati sempre da un buon grado di stabilità e le curve di distribuzione della biomassa, infatti, sono sempre abbondantemente al di sopra delle curve di distribuzione delle abbondanze, indicando popolamenti ben strutturati (Fig. 21), con un modello di crescita di tipo K (comunità dominata da organismi di maggior dimensioni e lento turnover) all'interno dei quali non sembrano esistere fenome-

ni di stress che possano influire sulla distribuzione delle curve, neanche quelle degli affioramenti più vicini a costa soggette alle maggiori fonti di perturbazione antropica e naturale. A conferma di quanto fin qui esposto l'indice di Warwick (W) che rappresenta la distanza tra le due curve (Warwick) (CLARKE, 1990) è sempre risultato positivo. Quest'indice infatti può variare da +1 a -1, a seconda che la distribuzione delle abbondanze sia simile tra le specie e siano presenti specie di grandi dimensioni oppure che prevalgono poche specie con un gran numero di individui di biomassa ridotta (=presenza di specie di piccola dimensione). Si è in presenza quindi di popolamenti che non sembrano fortemente disturbati e il confronto tra *tegnùe* evidenzia come i valori più elevati dell'indice W siano stati riscontrati nelle *tegnùe* Venezia, lontana dalla costa e Malamocco e Cavallino Vicina, aree soggette all'influenza degli apporti costieri che tuttavia non sembrano presentare comunità animali disturbate.



Fig. 20 - Fittissime colonie di poriferi su di un affioramento suborizzontale

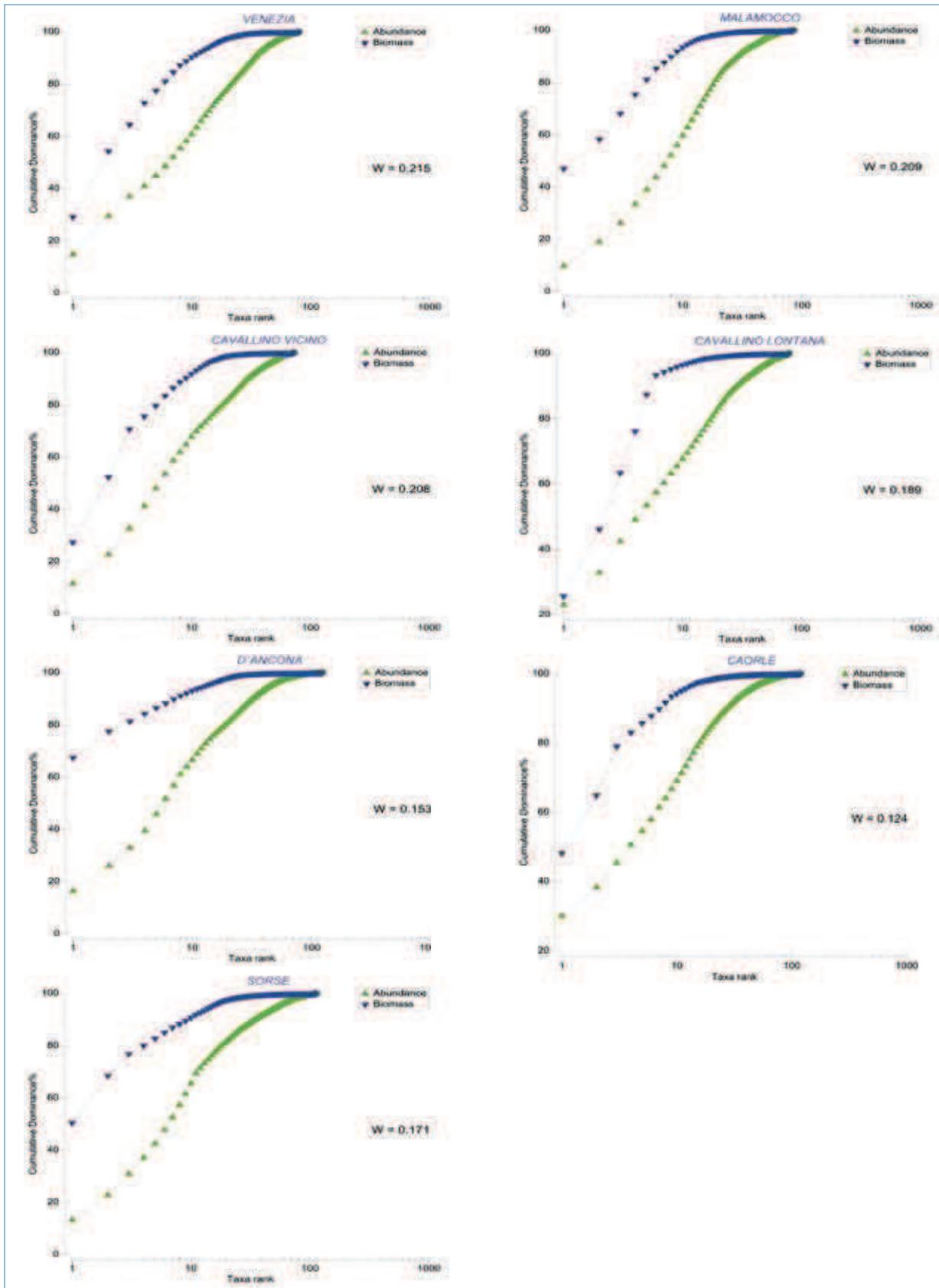


Fig. 21- ABC comparison tra dati di abbondanza e biomassa (peso secco) per le specie non coloniali

Analisi biocenotica della comunità di substrato solido

I risultati fin qui sopra riportati indicano come le comunità biologiche dei sette affioramenti studiati siano caratterizzate da popolamenti in vario modo diversificati tra loro nella composizione specifica, nella abbondanza relativa delle specie e in biomassa. Lo schema di aggregazione delle diverse specie – fino a formare precise biocenosi – può spiegare il differenziamento dei popolamenti delle diverse aree così come è stato rilevato dall'indagine.

Lo studio delle biocenosi – complesso di comunità di specie che vivono in un determinato ambiente - ha una lunga tradizione nell'ambito della biologia marina mediterranea (PERÉS e PICARD, 1964; GAMULIN-BRIDA, 1974). Seppure messa in discussione da alcuni Autori, rimane una tecnica di analisi delle comunità largamente utilizzata, anche attualmente, in particolare negli studi relativi al bacino Mediterraneo. Si ritiene quindi utile aggiungere questo ulteriore livello di analisi ai risultati di questo studio.

I popolamenti delle *tegnùe* ai quali è stato possibile attribuire una precisa collocazione appartengono in prevalenza alle biocenosi dei piani infralitorale e circalitorale (Tab. 4), anche se molte specie non sono contraddistinguibili da una precisa collocazione e vengono definite specie a "Larga Ripartizione Ecologica", senza quindi un preciso significato ecologico. Sono queste le specie a rappresentare in tutti gli affioramenti la componente predominante (circa il 40%).

E' vero peraltro che l'elenco delle biocenosi mediterranee è tuttora oggetto di discussione e aggiornamento (BELLAN-SANTINI *et al.*, 1994; RELINI, 2000); è comunque possibile, sulla base di elenchi di specie appartenenti in

modo esclusivo e caratteristico alle diverse biocenosi e sulla loro abbondanza percentuale, classificare il popolamento di un determinato campione bentonico come appartenente ad una o più biocenosi.

Escludendo le specie a larga ripartizione ecologica dalle valutazioni effettuate, è possibile notare che le rimanenti appartengono in maggioranza alla biocenosi del Detritico Costiero, rappresentata nel popolamento delle *tegnùe* dai molluschi *Aporrhais pespelecani* e *Mimachlamys varia* oltre che da altri piccoli bivalvi, da Tunicati come il limone di mare (*Microcosmus vulgaris*) e da Crostacei Decapodi come il paguro *Paguristes eremita* e il granchio *Ebalia edwardsi*. Assieme alle specie del Detritico Costiero ne risultano altre appartenenti alle biocenosi del Coralligeno (C) e delle Alghe Fotofile (AP), seguite dalle specie delle praterie a Posidonia (HP) e di altre biocenosi di substrato incoerente. La composizione biocenotica appare quindi caratterizzata da un'estrema variabilità, venendo a comprendere aggregazioni appartenenti a piani ed ambienti molto diversi. Tale situazione rispecchia l'estrema variabilità ambientale che caratterizza l'area di studio e i gradienti in essa presenti. La presenza di specie appartenenti al Detritico Costiero e al Coralligeno, appartenenti al circalitorale, insieme a specie del Posidonieto in ambiente Fotofilo, già notato da Mizzan (MIZZAN, 1992; 1994), conferma inoltre la grande variabilità ambientale all'interno dei singoli biotopi, con presenza di microhabitat altamente differenziati.

Un confronto completo, che consideri tutti i popolamenti delle *tegnùe* indagate (Fig. 22), permette comunque di evidenziare la maggiore affinità per le biocenosi del Detritico Costiero per le D'Ancona, Sorse, Caorle e per quelle di Cavallino (sia Vicina che Lontana).

Nome Biocenosi	Sigla Biocenosi	Piano bionomico	Tipo di Substrato
Alghe Fotofile	AP	Infralitorale	Solido
Coralligeno	C	Circalitorale	Solido
Detritico Costiero	DC	Circalitorale	Incoerente
Posidonieto - praterie di fanerogame	HP	Infralitorale	Incoerente
Invertebrati delle acque molto inquinate	IETP	Infralitorale	Solido
Sabbie Fini Ben Calibrate/Classate	SFBC	Infralitorale	Incoerente
Sabbie Grossolane con Correnti di Fondo	SGCF	indipendente	Incoerente
Sabbie relativamente protette dal moto ondoso	SRPV	Infralitorale	Incoerente
Sabbie fangose di moda calma	SVMC	Infralitorale	Incoerente
Fanghi terrigeni costieri	VTC	Circalitorale	Incoerente
Specie a larga ripartizione ecologica*	Lre		
Specie senza significato preciso*	Sspr		

*Le ultime due righe non si riferiscono a biocenosi ma a codifiche di specie

Tab. 4 - Elenco delle Biocenosi a cui appartengono le specie caratteristiche esclusive rinvenute nei campioni di substrato solido

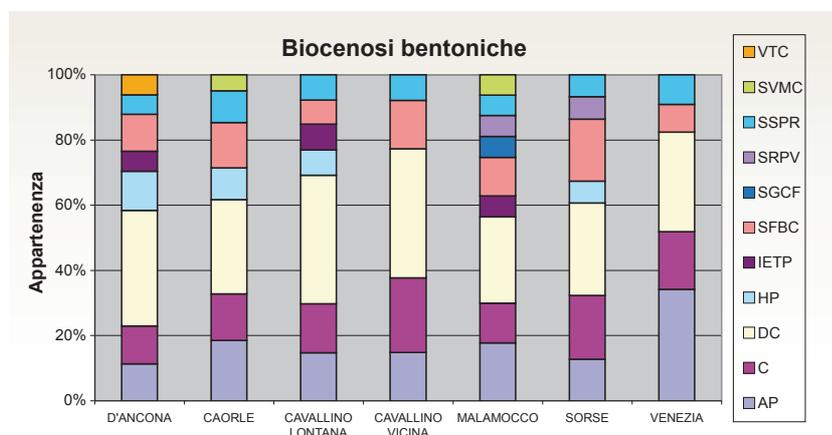


Fig. 22 - Inquadramento biocenotico della comunità rinvenute nelle sette tegnùe indagate

La tegnùa di Malamocco, invece, posta a minori profondità e più vicina alla costa, è quella che ha affinità per un maggior numero di biocenosi appartenenti a piani diversi, confermando ancora una volta, come già ipotizzato più sopra, la situazione intermedia di questi affioramenti fra aree lagunari o francamente litorali e ambienti più tipicamente marini del largo, con il robusto ruolo del condizionamento fisico esistente nell'area (sedimentazione ed idrodinamismo) nei confronti dei popolamenti, che risultano più diversificati ma probabilmente meno stabili. In questo affioramento, come in quello di Caorle e Cavallino Vicina, alcune specie contribuiscono a caratterizzare maggiormente i campioni. Le comunità sono caratterizzate infatti dalla forte presenza del briozoo *Schizobrachiella sanguinea*, del bivalve *Arca noae* e del gasteropode *Hexaplex trunculus*.

A livello generale la ricerca di taxa maggiormente rappresentativi dei diversi affioramenti indica, grazie all'impiego di opportuni test statistici (BEST-BVSTEP, CLARKE e WARWICK, 1998; 2001), il ruolo fortemente rappresentativo dei Poriferi (10 taxa, di cui tre non determinati a livello specifico e per questo non inseriti nelle tabelle delle determinazioni) e in subordine dei Molluschi Bivalvi (7 taxa), dei Molluschi Gasteropodi (5 taxa) e degli Ascidiacei (5 taxa).

Limitandoci agli affioramenti più lontani dalla costa, per i quali la componente coloniale – si è visto – assume un ruolo determinante e anche un preciso significato di indicatore di stato ecologico, le specie che contribuiscono in modo statisticamente significativo e rilevante a differenziare i popolamenti sono in particolare le spugne *Sarcotragus spinosulus*, *Ircinia variabilis* e *Cliona viridis*, gli ascidiacei *Polycitor adriaticus* e *Aplidium conicum* (Figg. 23, 24) e il bivalve *Arca noae* (Tab. 5). Mentre i Poriferi *C. nucula*, *I. variabilis*, *S. spinosulus* predominano nelle tegnùe al largo, *Cliona viridis* è abbondante anche in quelle intermedie (Fig. 25a,b).

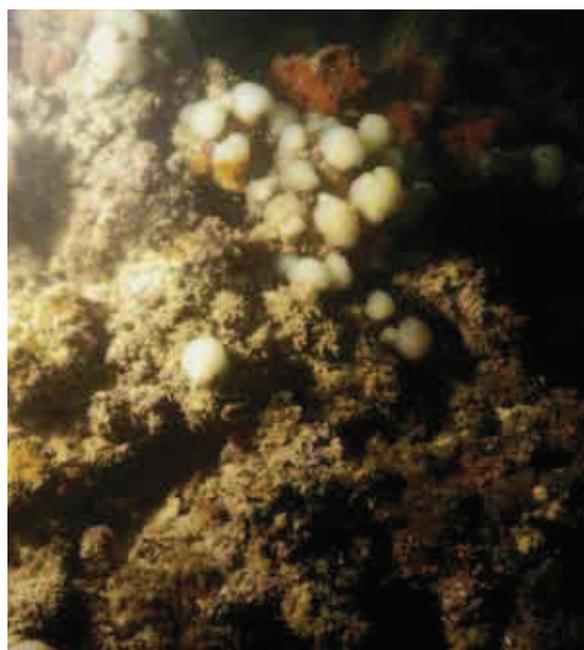


Fig. 23 - Colonie dell'ascidiaceo *Polycitor adriaticus* (Von Drasche, 1983)

PORIFERA	<i>Aplysina aerophoba</i> Schmidt, 1862
	<i>Cliona viridis</i> Schmidt, 1862
	<i>Dysidea fragilis</i> Montagu, 1818
	<i>Geodia</i> sp.
	<i>Ircinia variabilis</i> Schmidt, 1862
	<i>Sarcotragus spinosulus</i> Schmidt, 1862
	<i>Tethya aurantium</i> (Pallas, 1766)
SIPUNCULIDA	Sipunculidae sp. 1
POLIPLACOPHORA	Polyplacophora indet.
GASTROPODA	<i>Diodora gibberula</i> (Lamarck, 1822)
	<i>Hexaplex trunculus</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Muricopsis cristata</i> (Brocchi, 1814)
BIVALVIA	<i>Arca noae</i> Linnaeus, 1758
	<i>Chama gryphoides</i> Linnaeus, 1758
	<i>Hiatella rugosa</i> (Linnaeus, 1767)
	<i>Modiolus barbatus</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Mimachlamys varia</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Nucula nucleus</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Striarca lactea</i> (Linnaeus, 1758)
DECAPODA	<i>Paguristes eremita</i> (Linnaeus, 1767)
	<i>Pilumnus hirtellus</i> (Linnaeus, 1761)
BRYOZOA	Microporellidae indet.
ASCIDIACEA	<i>Aplidium conicum</i> (Olivier, 1792)
	<i>Microcosmus vulgaris</i> Heller, 1877
	<i>Phallusia fumigata</i> Grube, 1864
	<i>Polycitor adriaticus</i> (von Drasche, 1883)
	<i>Pyura dura</i> (Heller, 1877)

Tab. 5 - Specie principali che identificano i popolamenti degli affioramenti

Tra i Tunicati rinvenuti, *Microcosmus vulgaris* risulta in particolare abbondante presso la *tegnù* di Caorle, mentre le colonie di *Polycitor adriaticus* e gli esemplari di *Phallusia fumigata* sono più abbondanti nelle *tegnù* D'Ancona, Sorse e Venezia. Tali particolari vanno considerati tenendo comunque in evidenza il trend generale contraddistinto dalla marcata presenza di organismi coloniali soprattutto nelle aree più al largo (Fig. 26a,b). I Bivalvi *Arca noae* (Fig. 27a), i Gasteropodi *Hexaplex trunculus* e il Briozoo *Schizobrachiella sanguinea* raggiungono, invece, i valori più elevati di biomassa nelle aree intermedie e in quelle più prossime alla costa, risultando quasi assenti nelle *tegnù* del Sorse e di Venezia. Per una nutrita lista di macrobentoni sembra quindi riscontrabile un ruolo marcatamente condizionato dalla vicinanza o dalla lontananza dalla costa, ruolo già segnalato da specifici contributi, del tutto recenti, relativi



Fig. 23 - Grossa colonie dell'ascidiaceo *Aplidium conicum* e vaste estensioni di poriferi nella *tegnù* del Sorse

ad altri studi (MIZZAN, 1992; GABRIELE *et al.*, 1999; MIZZAN, 2000; MOLIN *et al.*, 2003; MAG.ACQUE – MIZZAN, 2006; PONTI *et al.*, 2006; PONTI & MASTROTOTARO, 2006; CASELLATO & STEFANON, 2008; FAVA *et al.*, 2009; MOLIN *et al.*, 2009a).

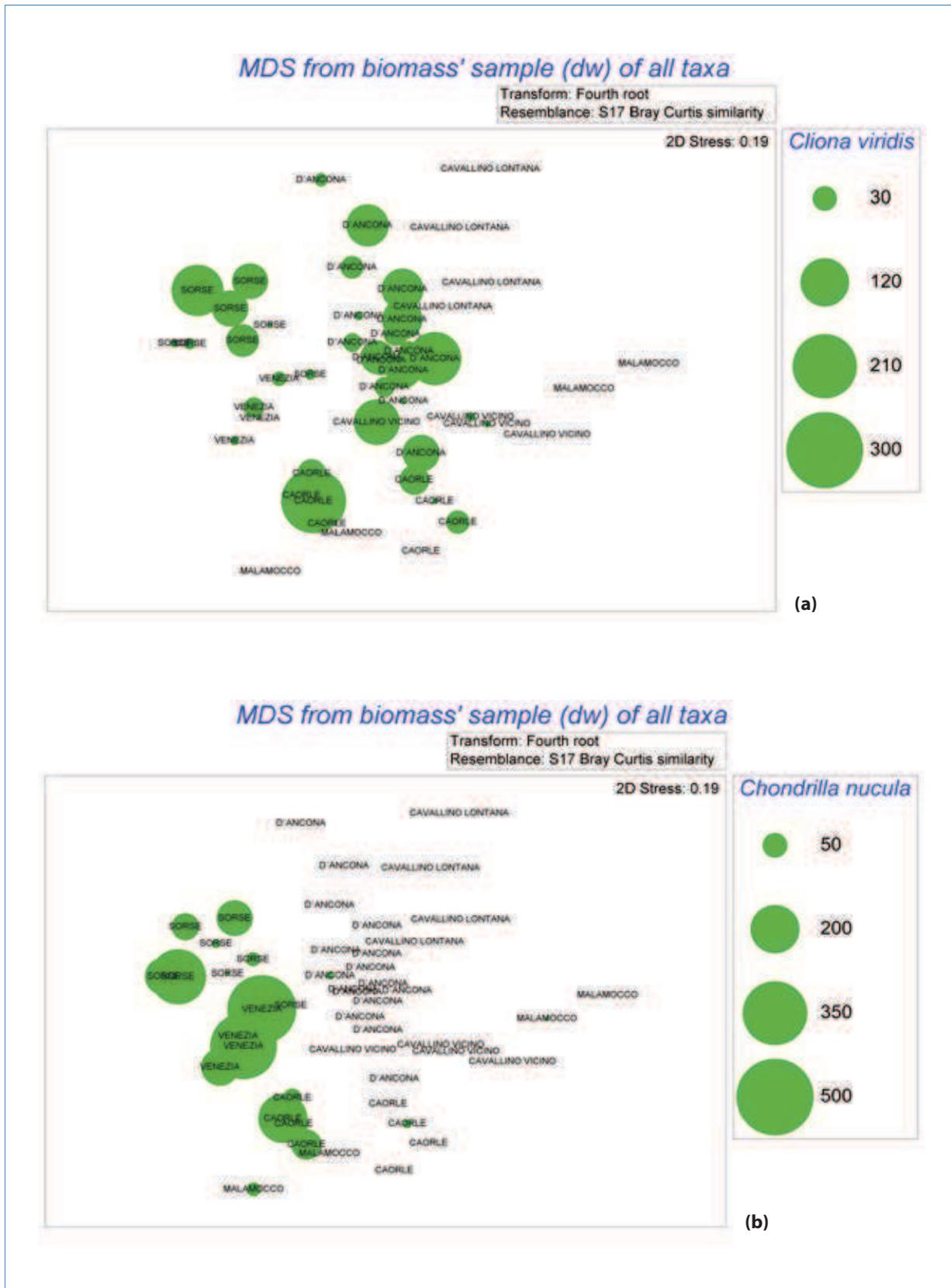


Fig. 25 - Non metric-MDS dei valori di similarità tra campioni (dati di biomassa in peso secco) con superimposti i valori di biomassa di alcuni taxa più rappresentati di Poriferi, Bivalvi, Briozoi e Ascidiacei

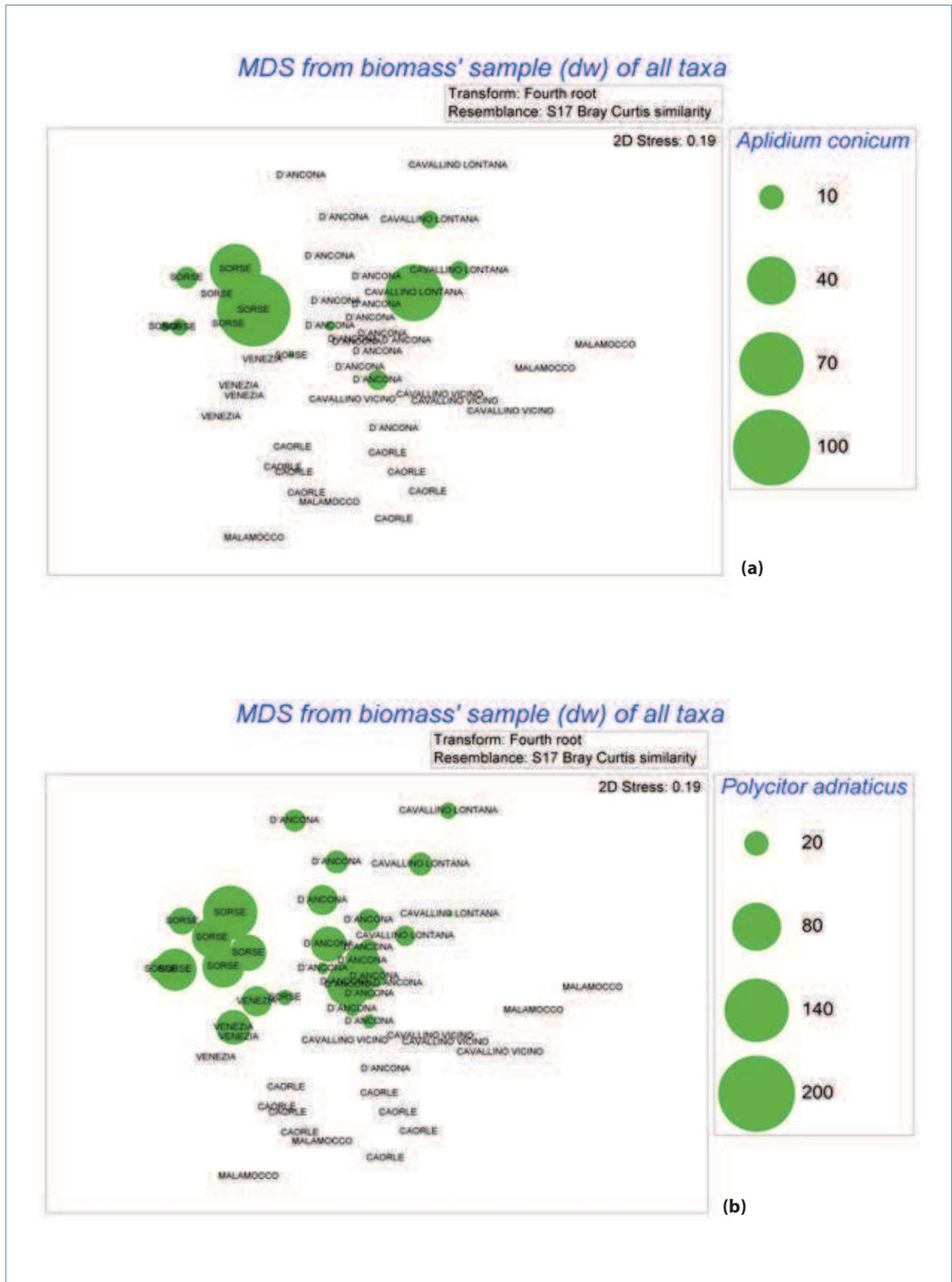
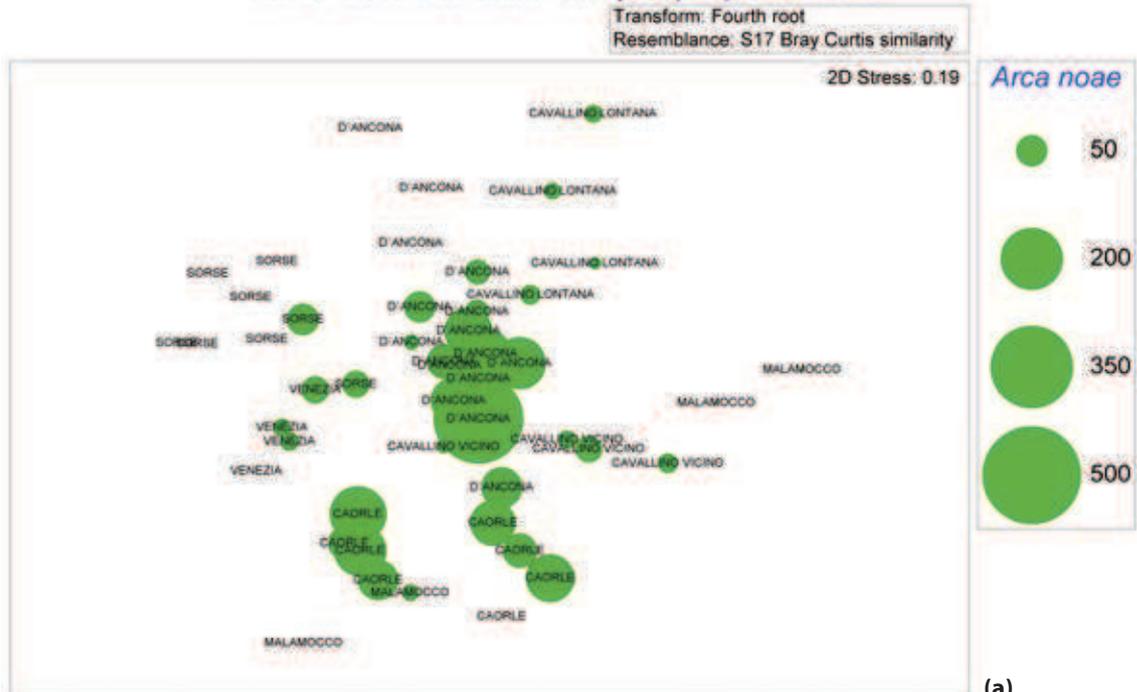


Fig. 26 - Non metric-MDS dei valori di similarità tra campioni (dati di biomassa in peso secco) con superimposti i valori di biomassa di alcuni taxa più rappresentati di Poriferi, Bivalvi, Briozoi e Ascidiacei

MDS from biomass' sample (dw) of all taxa



MDS from biomass' sample (dw) of all taxa

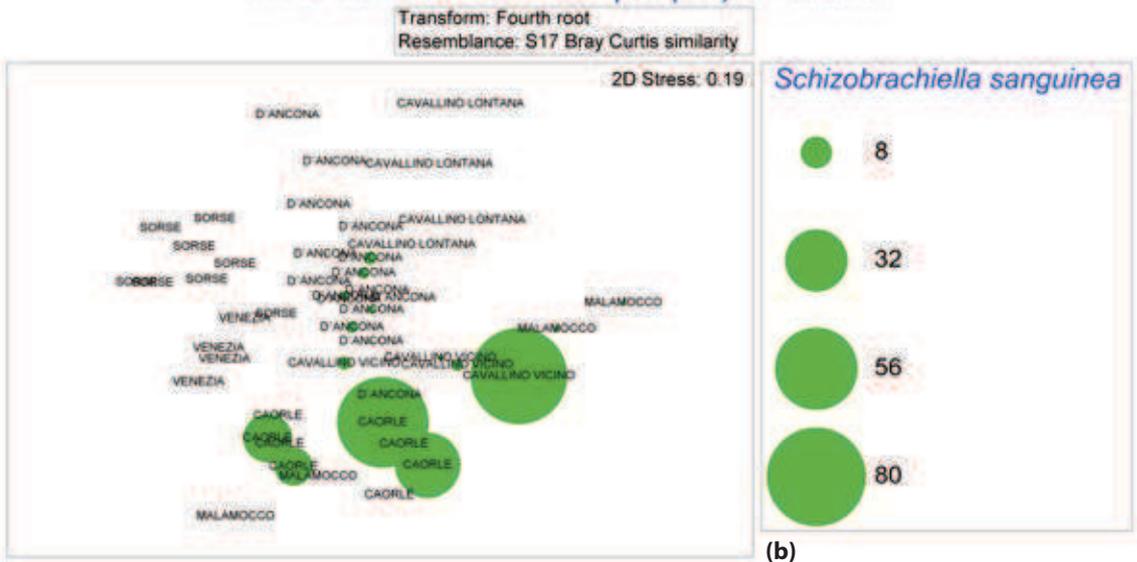


Fig. 27 - Non metric-MDS dei valori di similarità tra campioni (dati di biomassa in peso secco) con superimposti i valori di biomassa di alcuni taxa più rappresentati di Poriferi, Bivalvi, Briozoi e Ascidiacei

Relazioni tra la comunità bentonica di substrato duro e le variabili ambientali

Nel complesso le comunità animali studiate sono risultate essere influenzate da molti fattori. Come noto, infatti, le caratteristiche chimico-fisiche delle masse d'acqua, le condizioni idrodinamiche, le caratteristiche morfologiche del substrato possono determinare significative differenze nei popolamenti macrobentonici (SEAPY & LITTLER, 1982; ALEFFI *et al.*, 1995; AIROLDI, 2003; MIZZAN, 1995; 2000; GABRIELE *et al.*, 1999; MORGANTI *et al.*, 2001; MOLIN *et al.*, 2003; MOLIN *et al.*, 2009a; PONTI & MASTROTOTARO, 2006; CASELLATO *et al.*, 2007).

L'estensione dell'area marina che comprende gli affioramenti studiati fa sì che vi sia presente una grande variabilità ambientale tra un affioramento e l'altro. Questa è evidentemente dovuta sia a fattori legati alle caratteristiche chimico-fisiche ed ai movimenti delle masse d'acqua, quali gli apporti di materiale terrigeno e i fenomeni di moto ondoso e corrente sia a fattori edafici legati alle caratteristiche geologiche e morfologiche degli affioramenti rocciosi stessi.

Il carico di nutrienti e di materiale sospeso (organico ed inorganico) e le variazioni in idrodinamismo, dovute alla maggior o minor vicinanza a riva e al battente idrico, hanno una notevole influenza sulle concentrazioni di ossigeno disciolto lungo la colonna d'acqua e sui tassi di sedimentazione al fondo. Questi due fattori influenzano i meccanismi di respirazione e approvvigionamento del cibo di molti organismi degli affioramenti, che come abbiamo visto appartengono in prevalenza al gruppo trofico dei filtratori e utilizzano quindi i loro apparati filtranti non solo per la respirazione ma anche per l'approvvigionamento del cibo. Gli apparati branchiali necessitano di un continuo afflusso di ossigeno e non devono essere meccanicamente occlusi dal materiale filtrato (AIROLDI, 2003). In zona sono in effetti documentati fenomeni di stress quali minor tasso di crescita e maggiore mortalità in allevamenti di mitili a causa di locali fenomeni di eccesso di sedimentazione in sospensione.

Anche i fattori ambientali legati alle caratteristiche del substrato giocano un importante ruolo nel determinare la composizione specifica dei popolamenti macrobentonici (GUIDETTI *et al.*, 2004; GUARNIERI *et al.*, 2005); la disponibilità di microanfratti e di cavità può infatti notevolmente influenzare lo sviluppo di alcuni taxa coloniali piuttosto che di altri; si pensi ad esempio alle grandi colonie di Poriferi ed Ascidiacei che necessitano di vaste estensioni di substrato per la loro crescita. L'insieme di questi fattori agisce in maniera sinergica determinando, come visto nei precedenti paragrafi, una certa variabilità delle comunità animali; risulta quanto mai determinante quindi comprendere quali siano e quanto importanti siano i diversi contributi delle forzanti che agiscono sull'ecosistema.

I principali fattori che sono stati qui considerati sono:

1. il gradiente geografico (latitudinale e longitudinale);
2. la distanza dalla costa;
3. la profondità della colonna d'acqua;
4. la torbidità media al fondo;
5. le caratteristiche morfologiche degli affioramenti;
6. le caratteristiche mineralogiche delle rocce che formano gli affioramenti.

La distribuzione dei popolamenti negli affioramenti è risultata essere caratterizzata da una forte dipendenza dalla loro posizione, dalla distanza dalla costa e dai relativi battente idrico e torbidità al fondo. Questi fattori, infatti, sono strettamente legati tra loro; gli affioramenti che distano maggiormente da riva, come le *tegnùe* del Sorse e Venezia, sono infatti caratterizzati da maggiori profondità e acque più limpide. La conformazione della costa del nord Adriatico, inoltre, fa sì che il gradiente largocosta sia associato a quello latitudinale per cui anche questi due fattori risultano altamente correlati alla composizione dei popolamenti macrobentonici delle *tegnùe*.

Tutti questi fattori sono risultati significativamente correlati ad alcuni dei principali gruppi sistematici che caratterizzano i popolamenti delle *tegnùe* tra i quali Poriferi, Briozoi, Bivalvi, Crostacei Decapodi, Tunicati mentre non sembrano avere una grossa influenza per altri gruppi come i Policheti e gli Echinodermi.

Le analisi svolte⁴ hanno infatti evidenziato come la quantità di biomassa totale di Poriferi, Briozoi, Idrozoi, Bivalvi, Crostacei, Tunicati e Decapodi sia significativamente correlata al gradiente latitudinale, alla distanza dei punti di campionamento dalla linea di costa, alla loro profondità e al valore medio di torbidità al fondo.

La biomassa di Antozoi, Echinodermi, Policheti, e Gasteropodi non è invece risultata significativamente correlata a nessuna delle variabili ambientali considerate.

Briozoi, Bivalvi e Idrozoi sono risultati significativamente più abbondanti, a livello di biomassa, nelle *tegnùe* vicino a riva e meno profonde dove maggiore e più persistente è il livello di torbidità. Qui, particolarmente abbondante è risultato il briozoo *Schizobrachiella sanguinea* che nelle aree costiere nord Adriatiche riesce a raggiungere un notevole sviluppo (MOLIN *et al.*, 2006).

Poriferi, Tunicati e Decapodi, sempre per biomassa, sono risultati invece significativamente più abbondanti e tipici delle zone più al largo e a maggior battente idrico e sono correlati alle minori concentrazioni di solidi sospesi della colonna d'acqua.

⁴L'analisi di correlazione di Spearman si basa sul confronto gerarchico a ranghi tra due set di dati; si confronta cioè il loro ordinamento e si calcola mediante uno specifico algoritmo il grado di somiglianza dei due ordinamenti. Se i due set di dati sono ordinati allo stesso modo ($Rho = 1$) è evidente che le due variabili sono in qualche modo correlate tra loro. Ciò non significa una relazione di causa effetto, poiché una terza variabile, correlata ad entrambe le precedenti, potrebbe influenzare i risultati del test (FOWLER & COHEN, 2002).

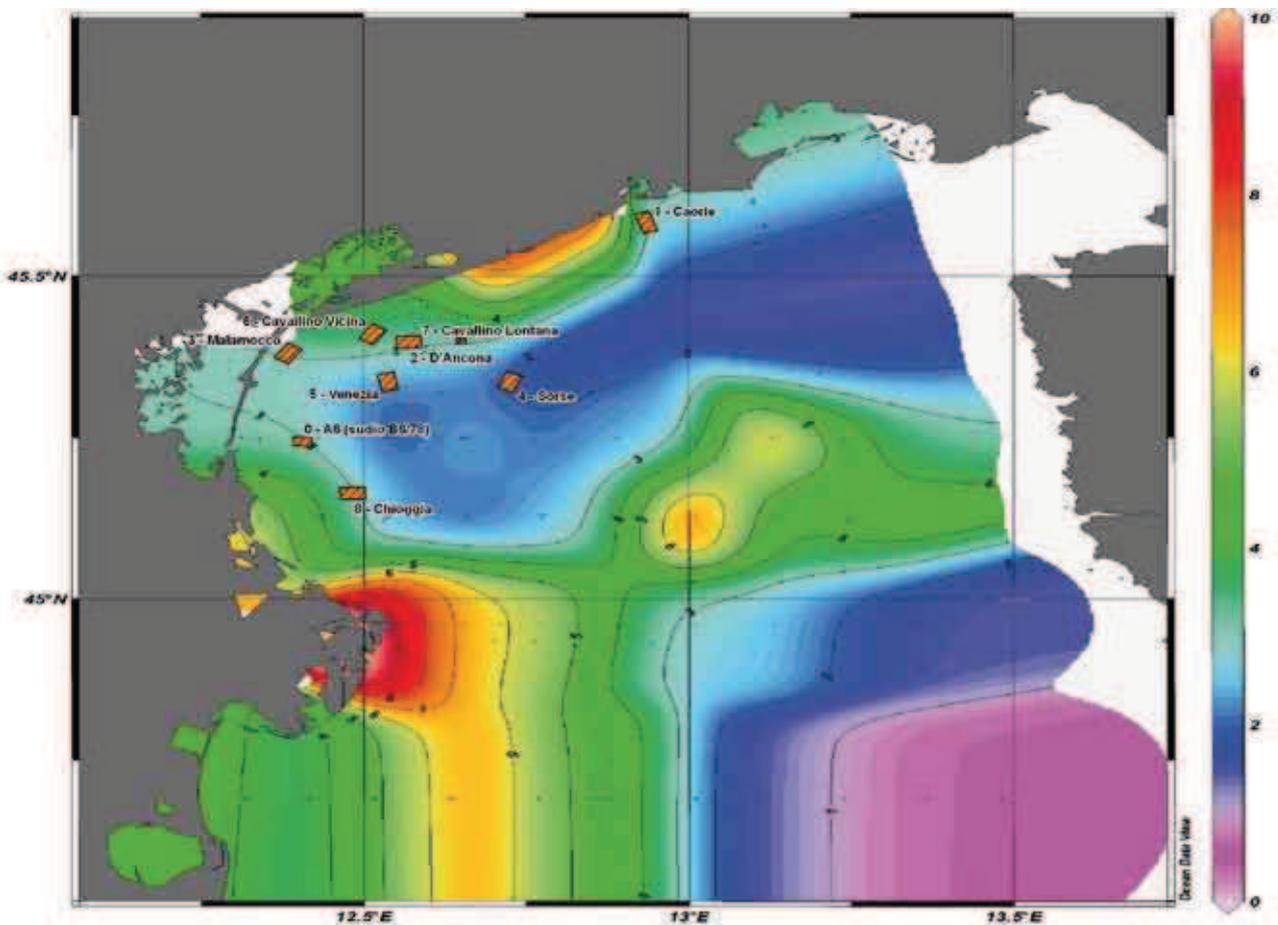


Fig. 28 - Valori medi di torbidità al fondo - area Nord Adriatico anni 2003-2006 (ISMAR dati misurati nell'ambito del Progetto "OBAS Oceanografia Biologica dell'Adriatico Settentrionale" e dalla Rete Regionale di Monitoraggio delle Acque Marino Costiere)

Sembra dunque che questi gruppi di organismi prediligano le acque più profonde e limpide e con minor trofia che caratterizzano gli affioramenti localizzati più al largo (MCQUAID & BRANCH, 1984; GABRIELE *et al.*, 1999; MOLIN *et al.*, 2003; PONTI *et al.*, 2006; CASELLATO *et al.*, 2007; CASELLATO & STEFANON, 2008; MOLIN *et al.*, 2008; MOLIN *et al.*, 2009a). Per i valori di torbidità al fondo delle aree di campionamento si è fatto riferimento ai dati messi a disposizione da ARPAV e misurati nell'ambito del Progetto "OBAS Oceanografia Biologica dell'Adriatico Settentrionale" dalla Rete Regionale di Monitoraggio delle Acque Marino Costiere (Programma di iniziativa comunitaria Interreg III A/Phare CBC Italia-Slovenia). I valori medi di torbidità degli anni 2003 – 2006 delle aree di *tegnù* sono stati ottenuti per interpolazione mediante IDW (Inverse Distance Weight) dal Software Ocean Data View (Fig. 28).

Esiste quindi un preciso comportamento dei gruppi sistematici indagati, con le dovute eccezioni e tenendo sempre conto di una ragionevole variabilità, ed un collegamento con gli affioramenti più vicini o più lontani dalla costa. Molti autori hanno descritto tali comportamenti

delle comunità bentoniche mettendoli in relazione con le principali caratteristiche chimico-fisiche della colonna d'acqua (BENEDETTI-CECCHI *et al.*, 2000; AIROLDI, 2003), mentre pochi di essi hanno invece concentrato le loro ricerche sugli effetti delle caratteristiche del substrato sulle comunità epibentoniche GUIDETTI *et al.*, (2004), in particolare, hanno trovato evidenze di significative differenze tra comunità presenti su diverse tipologie di roccia: graniti e calcari. Per approfondire anche quest'aspetto, l'indagine ha compreso l'analisi mineralogica di campioni rocciosi degli affioramenti investigati per determinare se vi sia un possibile legame tra le caratteristiche delle rocce esaminate e la distribuzione degli organismi. Tuttavia da un punto di vista litologico le *tegnù* risultano sempre costituite da rocce carbonatiche, (composte da almeno il 50% di minerali carbonatici: calcite, aragonite, dolomite). Tali rocce possono però avere un'origine sedimentaria ed essere più ricche in dolomia (minerale di origine terrigena) o origine organogena, quindi più ricche in aragonite (minerale presente in quantità nei

gusci di alcuni di questi organismi). I parametri mineralogici considerati al fine di capire quali siano le relazioni tra comunità biologiche e litologia del substrato sono state:

- la presenza in termini percentuali degli elementi maggiori;
- la concentrazioni degli elementi in tracce;
- la percentuale di calcite e dolomite delle rocce.

I risultati ottenuti hanno evidenziato come nei casi osservati i popolamenti non appaiano sostanzialmente influenzati dalla tipologia del substrato su cui vivono; malgrado ci sia una certa differenziazione delle diverse *tegnùe* a livello di composizione chimico-mineralogica esiste solo una debole correlazione tra composizione chimica e biomassa delle comunità, come evidenziato nella Tab. 6. Una lieve correlazione con la biomassa può essere appunto individuata relativamente al tenore in silice e agli ossidi di calcio in *primis*, più abbondanti negli affioramenti vicini a costa e quindi maggiormente esposti agli apporti terrigeni a causa della loro prossimità alla costa (affioramenti di Malamocco e Caorle). Tuttavia questa correlazione non necessariamente imputa un rapporto di causa effetto tra le due variabili, ma potrebbe nascondere altre relazioni quali quelle con la torbidità e/o la profondità e/o il gradiente longitudinale già discusse e anch'esse legate al gradiente costa-largo. A tal proposito si veda la Fig. 29 dove si propone il grafico con l'analisi di correlazione di Spearman tra la matrice di dati biologici e quella ricavata dai risultati delle calcimetrie che non evidenzia nessuna relazione significativa anche se, come già evidenziato, il rapporto calcite/dolomite è in grado di discriminare le *tegnùe* più vicine alla costa (Malamocco e Caorle) da quelle più lontane.

Variables		
1 Calcite	11 K2O	21 Sr
2 Dolomite	12 P2O5	22 Y
3 SiO2	13 V	23 Zr
4 TiO2	14 Cr	24 Nb
5 Al2O3	15 Co	25 Ba
6 Fe2O3	16 Ni	26 La
7 MnO	17 Cu	27 Ce
8 MgO	18 Zn	28 Nd
9 CaO	19 Ga	29 Pb
10 Na2O	20 Rb	30 Th

Best results N=4
 No.Vars. Corr. Selections
 4 0.543 3;9;20;22

Tab. 6 - Test BIO-ENV: elementi e composti minerali che più si correlano alla matrice di similarità di Bray-Curtis ricavata dai dati biologici (biomassa dei taxa)

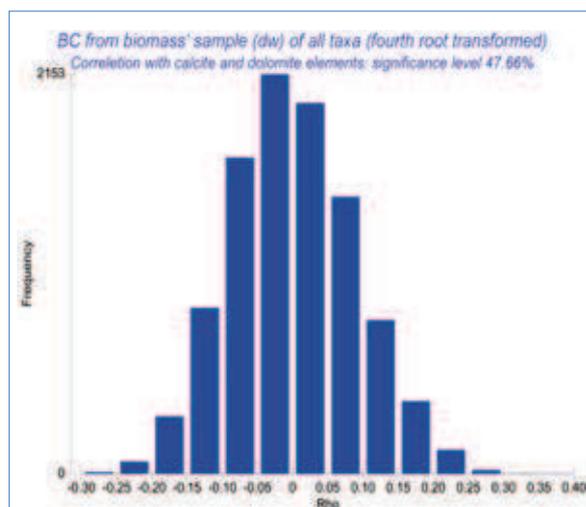


Fig. 29 - Analisi di correlazione tra matrice biologica e matrice euclidea ricavata dai risultati delle calcimetrie

Le comunità animali non sembrano quindi particolarmente condizionate dalle caratteristiche mineralogiche e dalla natura organogena o clastica degli affioramenti; è apparso invece che sono le caratteristiche morfologico - strutturali delle *tegnùe* ad influenzare la distribuzione degli organismi. Si tratta di un risultato importante, che sottolinea il ruolo delle forzanti fisiche e delle forme dell'ambiente nel guidare lo sviluppo degli insediamenti, evidenza che, come si vedrà, verrà richiamata più oltre anche a proposito delle comunità di substrato incoerente circostanti gli affioramenti.

Tra le *tegnùe* studiate, grazie all'analisi e allo studio dei rilievi Side Scan Sonar e Multibeam e all'utilizzo di analisi GIS (ZANETTO *et al.*, 2006), si sono potute infatti individuare diverse tipologie di affioramenti caratterizzati da forme, estensione, elevazione e numero di unità rocciose differenti. Tali caratteristiche sono state individuate e organizzate in modo da evidenziare la presenza, la dove presente, di relazioni con la distribuzione degli organismi. I principali parametri analizzati sono stati:

- numero di unità rocciose presenti nei diversi affioramenti;
- loro composizione in piccole, medie, grandi e molto grandi;
- superficie totale delle unità;
- superficie per classe dimensionale di unità rocciosa;
- numero di unità per grado di elevazione dal fondale;
- superficie relativa per grado di elevazione dal fondale.

I parametri relativi alla dimensione e alla elevazione dal fondale degli affioramenti sono stati suddivisi in classi di appartenenza (Tab. 7). Le informazioni così ottenute e le correlazioni svolte hanno evidenziato che esiste una relazione tra distribuzione degli organismi e morfologia degli affioramenti. Una particolare influenza sui popolamenti sembra ascrivibile sia alla struttura frammentata dell'affioramento in piccole unità morfologiche che all'elevazione degli affioramenti dal fondale (Tab. 8). Il primo di questi due fattori influenza la disponibili-

tà di superficie colonizzabile dalle specie mentre l'elevazione dal fondale determina la maggiore o minore presenza di materiale risospeso dal moto ondoso che influenza quindi la distribuzione degli organismi filtratori: un loro maggior sviluppo nelle aree a maggior elevazione e di maggior superficie è quindi prevedibile date le caratteristiche di queste specie.

I rilievi batimetrici hanno identificato l'affioramento di Malamocco come quello che presenta minori elevazioni ed una maggiore frammentazione in piccole unità rocciose; in esso risultano assenti gli Ascidiacei coloniali. Sono assenti sia le grandi specie *P. adriaticus* e *A. conicum* sia quelle, di minori dimensioni, quali il Didemnide *Didemnum maculosum* e *Cystodytes dellechiaiei*. La tipologia di questa *tegnù*, denominata *lastrura*, è costituita da estesi strati di roccia orizzontali che si elevano molto poco dal circostante fondale sabbioso

e possono essere sommersi in alcuni tratti determinandone la sua frammentarietà *Fig. 30*. Questo affioramento è caratterizzato da un ridotto battente idrico (ca. 9 m), da una maggior influenza del moto ondoso e da maggiori effetti in termini di risospensione. Sono questi, probabilmente, i fattori che possono risultare determinanti per l'assenza di queste specie.

I Poriferi sembrano meglio adattarsi a questa situazione, anche se all'interno di questo gruppo sistematico esiste una varietà di comportamenti, di modo che alcune specie come *Geodia sp.*, *Cliona viridis*, *Haliclona mediterranea* e *Dysidea fragilis* risultano assenti da condizioni spinte di questo tipo, mentre *Ircinia variabilis* è risultata la più comune tra le spugne.

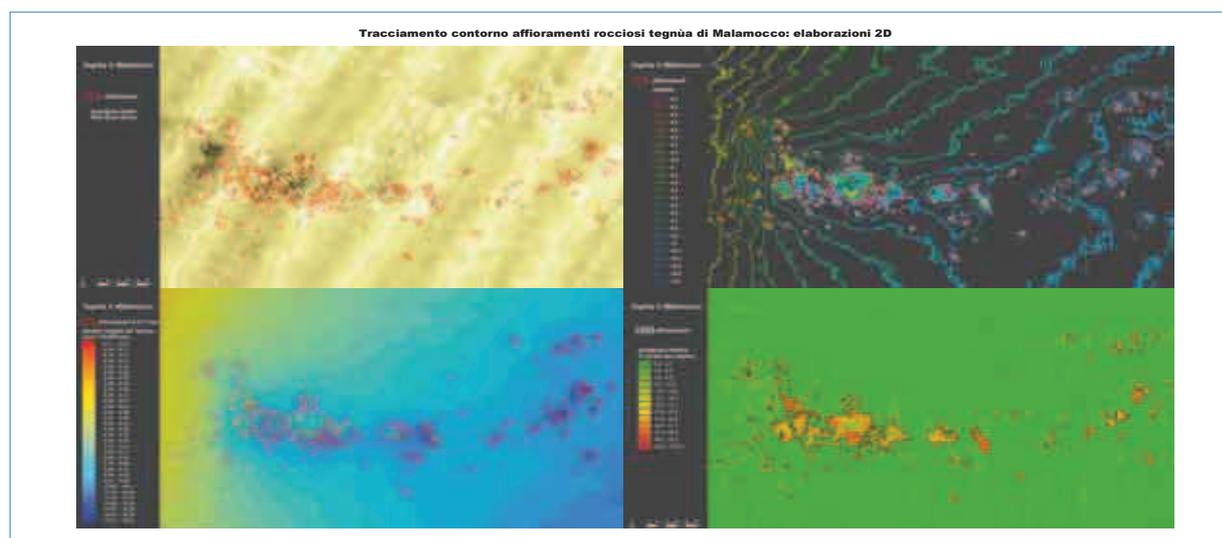


Fig. 30 - Visualizzazione 3D dell'affioramento di Malamocco (a) e rilievo delle isobate nell'area di affioramento (b)

Dimensioni delle unità rocciose	
classe	descrizione
piccoli	< 500 mq
medi	500 - 5.000 mq
grandi	5.000 - 10.000 mq
molto grandi	> 10.000 mq
Elevazione dal fondale	
classe	descrizione
molto bassi	< 0.5 m
bassi	0.5 - 1 m
medi	1 - 2 m
alti	> 2 m

nota: le classi sono state impostate arrotondando gli intervalli di Janks calcolati sui DB totali di superficie e altezza

Tab. 7 - Classi dimensionali e di elevazione delle unità rocciose considerate

Variabili morfologiche delle unità rocciose						
1 n unità piccola superficie				10 superficie totale affioramento		
2 n unità media superficie				11 n unità con elevazione molto bassa		
3 unità di grande superficie				12 n unità con bassa elevazione		
4 unità di superficie molto grande				13 n unità con media elevazione		
5 n totale di unità				14 n unità con alta elevazione		
6 superficie piccole unità				15 superficie unità con elevazione molto bassa		
7 superficie medie unità				16 superficie unità con elevazione bassa		
8 superficie grandi unità				17 superficie unità con elevazione media		
9 superficie unità molto grandi				18 superficie unità con elevazione alta		
Best results N=3				Best results N=3		
No.Vars.	Corr.	Selections		No.Vars.	Corr.	Selections
3	0,567	5; 17; 18		5	0,580	3; 5; 12; 17; 18

Tab. 8 - Test BIO-ENV: variabili morfologiche la cui matrice di distanza euclidea è maggiormente correlata con la matrice di similarità di Bray Curtis ricavata dai dati di biomassa in peso secco di tutti i taxa

Conclusioni

Lo studio compiuto sulle comunità macrobentoniche degli affioramenti ha permesso di evidenziare una loro spiccata rappresentatività nei confronti delle diverse aree indagate. E' risultata inoltre evidente una certa differenza tra i popolamenti dei diversi affioramenti, in particolare tra quelli più lontani tra loro.

Nelle aree campionate sono stati raccolti complessivamente 288 taxa di cui 198 determinati a livello specifico. I gruppi più rappresentati sono stati i Molluschi Bivalvi e Gasteropodi e i Policheti. Il numero di taxa risulta confrontabile con quello raccolto da altri autori nell'ambito di altri studi (MIZZAN, 1992; GABRIELE *et al.*, 1999; CASELLATO *et al.*, 2005, 2007).

Il numero totale di individui per metro quadrato è risultato mediamente dell'ordine dei 400 ind./m² con i valori massimi raggiunti nella *tegnù* di Caorle di 1390 ind./m², tali valori sono comparabili con quelli ottenuti da CASELLATO *et al.* (2005, 2007).

La biomassa totale raccolta è risultata molto elevata; in alcuni affioramenti, come a Caorle, sono stati superati i 1000 g/m² in peso secco in alcune stazioni del transetto CAO_01 per le sole specie coloniali.

L'analisi dei principali indici biotici ha evidenziato come le macrofaune degli affioramenti al largo siano caratterizzate da maggiore ricchezza specifica e diversità di forme coloniali, mentre le *tegnù* più vicine a riva possiedono maggior ricchezza e diversità di organismi non coloniali.

I valori di diversità (indice di Shannon), compresi tra 3.4 e 4.4, sono confrontabili con quelli misurati nell'ambito di altri studi (GABRIELE *et al.*, 1999) e sottolineano la grande biodiversità di questi ambienti. Tale biodiversità è evidenziata se viene confrontata con i valori misurati in ambiente lagunare, dove le specie censite diminuiscono e i valori dell'indice di Shannon sono mediamente inferiori; solamente nelle aree con presenza di prateria di fanerogame si avvicinano a quelli misurati nelle *tegnù* (MAG.ACQUE - SELC, 2005).

Particolarmente rilevante è risultato il contributo in biomassa delle grandi colonie di organismi filtratori rappresentate principalmente dalle spugne e dalle sinascidie (ascidie coloniali). E' evidente l'importanza di questo gruppo di organismi; alcune specie, infatti, possono colonizzare e ricoprire vaste estensioni del substrato a scapito di altri taxa, soprattutto della componente algale. La competizione per lo spazio risulta quindi fortemente influenzare lo sviluppo di alcune specie piuttosto che di altre (DAYTON, 1971). E' anche vero che solamente di recente la comunità algale degli affioramenti è stata oggetto di studi approfonditi (CURIEL *et al.*, 2001; CASELLATO *et al.*, 2008).

In linea generale la composizione dei popolamenti è caratterizzata da una minor copertura algale rispetto ad altri ambienti del Coralligeno, dove la componente delle alghe calcaree, in particolare dell'associazione

Lithophyllo-Halimedetum tunae GIACCONE 1965, risulta fondamentale per la biocostruzione (PERES E PICARD, 1964; GABRIELE, 2007). La riconducibilità complessiva di questi biotopi, nella loro evidente diversificazione, ad un generico Coralligeno, appare pertanto poco precisa. Ad una minore produzione primaria si contrappone però la forte presenza di organismi filtratori che riescono a metabolizzare grosse quantità di particolato organico immesso nel sistema e proveniente dalla costa. Questo gruppo trofico riesce a rendere questi ecosistemi altamente produttivi fungendo da condensatore di energia, che viene convertita in biomassa e che altrimenti sarebbe dispersa e non più recuperabile.

Se da un lato però questa enorme fonte di energia risulta molto utile in un sistema in cui la produttività primaria macroalgale è limitata, d'altro canto l'accumulo di sostanza organica nel fondo e gli elevati tassi di sedimentazione possono risultare essere fattore limitante per lo sviluppo di alcune specie. Ad esempio sembra che tra le ascidie coloniali *Polycitor adriaticus* riesca a resistere di più ai tassi di sedimentazione rispetto ad *Aplidium conicum*, grazie alla capacità della colonia di contrarsi e di chiudere i sifoni inalanti dei singoli individui, evitando così l'intasamento dei cestelli branchiali (TURON & BACERRO, 1992; MOLIN *et al.*, 2003). *Aplidium*, invece, non sembra in grado di resistere agli elevati tassi di sedimentazione presenti in alcune aree vicine a riva, dove la sua numerosità diminuisce sensibilmente (GABRIELE *et al.*, 1999). Spesso, inoltre, questa specie tende a colonizzare con grosse colonie di colore arancio le pareti laterali e/o le porzioni di affioramento più elevate e più esposte alle correnti (osserv. pers) Fig. 31.

Le capacità adattative di alcuni Ascidiacei nei confronti delle caratteristiche chimico-fisiche della colonna d'acqua sono da porre in relazione alle differenti strategie ecologiche adottate (forme pioniere, solitarie e coloniali) e alla diversa capacità selettiva di filtrazione del particolato organico sospeso. Alcune specie, infatti, sono in grado di resistere agli alti tassi di sedimentazione.

Osservazioni simili sono state svolte da NARAJO *et al.*, (1996) in base a ricerche effettuate nella baia di Algeciras, nella Spagna meridionale. E' stata evidenziata l'utilità di alcune specie di Ascidiacei quali bioindicatori rispetto ad alcuni fattori idrologici come le concentrazioni di solidi sospesi totali e di particolato di origine organica nella colonna d'acqua. Gli autori hanno suddiviso le specie in base alla loro tolleranza alle diverse concentrazioni di particolato.

Se si confrontano le specie raccolte negli affioramenti nell'ambito di questo studio con quelle elencate da NARAJO *et al.*, (1996) è possibile osservare come alcune, classificate come *regressive* cioè non tolleranti, siano più abbondanti nelle *tegnù* più lontane dalla costa, dove le condizioni ambientali sono migliori: minore concentrazione di materiale in sospensione, minori tassi di sedimentazione, minore effetto dell'idrodinamismo per il maggior battente presente.

Da questo studio è emerso inoltre che molte specie non

coloniali (Bivalvi e Gasteropodi, Policheti ecc.) presentano una minor abbondanza di individui nelle *tegnùe* più lontane dalla costa e alcune specie, più legate ad ambienti di transizione lagunari, risultano assenti. Tale fenomeno è speculare rispetto a quello descritto per i grandi organismi coloniali (Poriferi e Ascidiacei) che si concentrano nelle aree al largo.

Gli affioramenti di Caorle e Malamocco possiedono una maggior ricchezza specifica e maggiori abbondanze di forme non coloniali. La loro maggior vicinanza alla costa e alle aree lagunari influisce probabilmente sulla capacità di reclutamento di forme larvali provenienti da queste aree dove sono presenti specie con maggiore affinità per gli ambienti lagunari e costieri. In tal senso il Nord Adriatico potrebbe fungere come una grande area di transizione tra le estese zone lagunari e deltizie della pianura padana e gli ambienti prettamente mediterranei delle coste centrali e meridionali di questo mare.

Le caratteristiche chimico fisiche delle acque, concentrazione di nutrienti e di materiale in sospensione si modifi-

cano man mano che ci si allontana dalla costa e ci si spinge al largo. Mentre le masse d'acqua lagunari e deltizie hanno caratteristiche fortemente eutrofiche, procedendo verso il largo si passa a condizioni di mesotrofia fino ad arrivare a condizioni di oligotrofia sostanzialmente paragonabili a quelle del resto del bacino Mediterraneo. Tale gradiente svolge ragionevolmente un attivo ruolo nel determinare la distribuzione dei popolamenti animali.

Le comunità animali delle *tegnùe* sono quindi il frutto di lunghi e complessi meccanismi inter- e intraspecifici che coinvolgono l'autoecologia delle specie, ma soprattutto la sinecologia dell'intero ecosistema (MOLIN *et al.*, 2006) come, in generale anche per tutti gli ambienti del Coralligeno (GIACCONE & DI MARTINO, 1997). Le strategie evolutive e il loro successo sono strettamente legate alle caratteristiche edafiche, morfologiche, dimensionali e tipologiche dei singoli affioramenti e chimico-fisiche delle masse d'acqua. Ciò si ripercuote sulla diversificazione distributiva delle specie e sui rapporti tra di esse e con i principali fattori ambientali.



Fig. 31 - Colonie di *Aplidium conicum* e di *Polycitor adriaticus* fotografate nella *tegnùe* D'Ancona

Bibliografia

- AIROLDI L., RINDI F., CINELLI F., 1995 - Structure, seasonal dynamics and reproductive phenology of a filamentous turf assemblage on a sediment influenced, rocky subtidal shore. *Bot. Mar.* **38**: 227-237.
- AIROLDI L., 2003 - The effects of sedimentation on rocky coast assemblages. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, **41**: 161-236.
- ALEFFI F., DELLA SETA G., GORIUP F., LANDRI P., OREL G., 1995 - Fattori climatici ed edafici e popolamenti bentonici dell'Adriatico Settentrionale e del Golfo di Trieste. *Atti del Congresso "Evoluzione dello stato trofico in Adriatico" Regione Emilia Romagna*, Marina di Ravenna 28-29/9/1995 81-99 pp..
- AMBROGI R., FONTANA P., SALA I., 2001 - Long term series (1979-93) of macrobenthos data on the soft bottoms in front of the po river delta. *Archo Oceanogr. Limnol.* **22** (2001), 167-174.
- ANDREOLI A.R., 1979 - Geo-idrologia di affioramenti rocciosi litorali veneziani. *Quaderni civ.staz.idrobiol. Milano* **7**: 100-124.
- ANDEROLI A.R., 1981 - Nuove tecniche di campionamento in immersione nello studio di una biocenosi bentonica di fondi duri naturali presso Venezia. *Boll. Mus. civ. St. Nat. Venezia* **32**: 7-32.
- ASMUS H., ASMUS R.M., 1990 - Trophic relationships in tidal flat areas: to what extent are tidal flat dependent on imported food? *Neth. J. Sea Res.* **27**: 93-99.
- BACCHIOCCHI F., AIROLDI L., 2003 - Distribution and dynamics of epibionta on hard structures for coastal protection. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* **51**: 1157-1166.
- BALLATA D., PIAZZI L., PICA D., CINELLI F., 2004 - Influenza della sedimentazione su un popolamento coralligeno Mediterraneo. *XIV Congresso della Società Italiana di Ecologia (4-6 Ottobre)*, Siena.
- BALLESTEROS E., 2006 - Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of present knowledge. *Ocean. And Marin. Biol.: Ann. Rev.* **44**: 123-195.
- BELLAN-SANTINI D., LACAZE J.C., POIZAT C., 1994 - Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée. Synthèse, menaces et perspectives. *Collection Patrimoines naturels*, volume **19**. Secrétariat de la faune et de la flore / MNHN, Paris, 246 pp..
- BENACCHIO N., 1938 - Osservazioni sistematiche e biologiche sulle Zosterace dell'Alto Adriatico. *Thalassia*, **3** (3): 3-41.
- BENEDETTI-CECCHI L., BULLERI F., CINELLI F., 2000 - The interplay of physical and biological factors in maintaining mid-shore and low-shore assemblages on rocky coasts in the north-west Mediterranean. *Oecologia*, **123**: 406-417.
- BENEDETTI-CECCHI L., AIROLDI L., FRASCHETTI S., TERLIZZI A., 2003 - Metodi sperimentali per la valutazione di influenze antropiche su popolamenti ed ambienti marini costieri. *Biol. Mar. Medit.* **10**: (Suppl.): 485-508.
- BIANCHI C.N., 1983 - Ecologia e distribuzione dei Policheti Serpuloidei nella laguna veneta (Adriatico Settentrionale). *Atti Mus. civ. St. nat. Trieste* **35**: 159-172.
- BIANCHI C. N., 2001 - La biocostruzione negli ecosistemi marini e la biologia marina italiana. *Biol. Mar. Medit.* **8** (1): 112-130.
- BIDDITTU A., PANNOCCHI A., PENNA M., TRABUCCO B., AMATO E., LORENZI C., FRESI E., 2000 - Osservazioni preliminari sulla comunità macrozoobentonica dei fondi mobili del Molise e confronto con i dati del Vatova del 1949. *Biol. Mar. Medit.* **7** (1): 641-644.
- BOERO F., BALDUZZI A., BAVESTRELLO G., CAFFA B., CATTANEO VIETTI R., 1986 - Population dynamics of *Eudendrium glomeratum* (Cnidaria: Anthomedusae) on the Portofino Promontory (Ligurian Sea). *Mar. Biol.* **92**: 81-85.
- BOERO F., RINALDI A., 2008 - La biodiversità e i macrodescrittori della storia dell'Adriatico. *Biol. Mar. Mediterr.* **1**: 450-456.
- BOLDRIN A., 1979 - Aspetti ecologici delle formazioni rocciose dell'Alto Adriatico. *Atti Conv. Scien. Naz. Prog. Oceanog.*: 1197-1207.
- BOUDOURESQUE C.F., 1971 - Méthodes d'étude qualitative et quantitative du benthos (en particulier du phytobenthos). *Téthys*, **3** (1): 79-104.
- BRAGA G., STEFANON A., 1969 - Beachrock ed Alto Adriatico: aspetti paleogeografici, climatici, morfologici ed ecologici del problema. *Atti Ist. Ven. Scienze Lettere Arti* **127**: 351-366.
- BRAY R.J., CURTIS J.T., 1957 - An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monograph*. **27**: 325-349.
- BRESSAN G., BABBINI L., GHIRARDELLI L., BASSO D., 2001 - Bio-costruzione e biodistruzione di Corallinales nel Mar Mediterraneo. *Biol. Mar. Medit.* **8** (1): 131-174.

- CALCINAI B., BAVESTRELLO G., CATTANEO-VIETTI R., CERRANO C., SARÀ M., 2001 - Il ruolo dei poriferi nei processi bioerosivi dei substrati organogeni. *Biol. Mar. Medit.*, **8** (1): 181-190.
- CARESSA S., CESCIA C., OREL G., TRELEANI R., 1995 - Popolamenti attuali e pregressi nel Golfo di Trieste da Punta Salvatore a Punta Tagliamento (Alto Adriatico). In: Cinelli F., Fresi E., Lorenzi C., Mucedola A. (ed.), *La Posidonia oceanica*. Supplemento alla *Rivista Marittima*, **12**: 160-173.
- CARESSA S., GARDINI E., MAROCCO R., TUNIS G., 2001 - Caratteri geomorfologici degli affioramenti rocciosi del Golfo di Trieste (Adriatico settentrionale). *Gortania Atti Mus. Friulano Dt. Nat. Udine*. **23**: 5-29.
- CASELLATO S., SICHIROLLO E., CRISTOFOLI A., MASIERO L., SORESI S., 2005 - Biodiversità delle "Tegnùe" di Chioggia, zona di tutela biologica nel Nord Adriatico. *Biol. Mar. Medit.* **12** (1): 69-77.
- CASELLATO S., MASIERO L., SICHIROLLO E., SORESI S., 2007 - Hidden secrets of the Northern Adriatic: "Tegnùe", peculiar reefs. *Central European Journal of Biology* **2** (1): 122-136.
- CASELLATO S., STEFANON A., 2008 - Coralligenous habitat in the northern Adriatic Sea: an overview. *Marine Ecology* **29**: 321-341.
- CAVAZZONI S., 1995 - La laguna: origine ed evoluzione. In: Caniato G., Turri E., Zanetti M. (ed.), *La laguna di Venezia*. UNESCO-Cierre Ed., Verona: 41-78.
- CHAPMAN A.R.O., CRAIGIE J.S., 1977 - Seasonal growth in *Laminaria longicruris*: relations with dissolved inorganic nutrients and internal reserves of nitrogen. *Mar. Biol.*, **40**: 107-205.
- CHEMELLO R., MILAZZO M., 2002 - Effect of algal architecture on associated fauna: some evidence from phytal mollusks. *Mar. Biol.*, **140**: 981-990.
- CLARKE K.R., 1990 - Comparison of dominance curves. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **138**:143-157.
- CLARKE K.R., 1993 - Non parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Aust. J. Ecol.*, **18**: 117-143.
- CLARKE K.R., GREEN R.H., 1988 - Statistical design and analysis for a "biological effects" study. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, **46**: 213-226.
- CLARKE K.R., WARWICK R.M., 1998 - Quantifying structural redundancy in ecological communities. *Ecologia*. **113**: 278-289.
- CLARKE K.R., WARWICK R.M., 2001 - Change in marine communities: an Approach to Statistical Analysis and Interpretation. *2nd edition PRIMER-E*, Plymouth, UK 172 pp..
- COCITO S., BEDULLI D., SGORBINI S., 2002 - Distribution patterns of the sublittoral epibenthic assemblages on a rocky shoal in the Ligurian Sea (NW Mediterranean). *Sci. Mar.* **66**: 175-181.
- CORMACI M., FURNARI G., 1991 - Phytobenthic communities as monitoring of the environmental conditions of the Brindisi coast-line. *Oebalia*, **17**, Suppl. 1: 177-198.
- CORMACK R.M., 1971 - A review of classification. *J. R. Statist. Soc. Ser. A* **134**: 321-367.
- CURIEL D., BELLEMO G., MARZOCCHI M., IURI M., SCATTOLIN M., 1999 - Benthic marine algae of the inlets of the lagoon of Venice (Northern Adriatic Sea - Italy) concerning environmental conditions. *Acta Adriatica*, **40** (1): 111-121.
- CURIEL D., OREL G., MARZOCCHI M., 2001 - Prime indagini sui popolamenti algali degli affioramenti rocciosi del Nord Adriatico. *Bollettino della Società Adriatica di Scienze* **LXXX**: 3-16.
- CURIEL D., MIOTTI C., MARZOCCHI M., 2008 - Distribuzione quali-quantitativa delle macroalghe dei moli foranei della Laguna di Venezia. *Biol. Mar. Medit.*, **15** (1): 97-100.
- DAVIS A.R., WRIGHT A.E., 1990 - Inhibition of larval settlement by natural products from the ascidian *Eudistoma olivaceum* (Van Name). *J. Chem. Ecol.* **16**: 1349-1357.
- DAYTON P.K., 1971 - Competition, disturbance and community organization: the prevision and subsequent utilization of space in a rocky intertidal community. *Ecol. Monogr.* **54**: 253-289.
- DELLA CROCE N., CATTANEO VIETTI R., DANOVARO R., 1997 - Ecologia e protezione dell'Ambiente Marino Costiero. *UTET*: 426 pp..
- FAVERO V., 1979 - Aspetti dell'evoluzione recente dell'Alto Adriatico. *Atti convegno scient. naz. Oceanografia e fondi marini*, Roma: 1219-1231.
- FAVA F., PONTI M., ABBIATI M., 2009 - Coralligenous assemblages in the northern Adriatic continental shelf. *Proceedings of the 1st Mediterranean Symposium on the Coralligenous and other calcareous bio-concretiums of the Mediterranean Sea* (Tabarka, 15-16 January 2009).

- FEDRA K., ÖLSCHER E.M., SCHERÜBEL C., STACHOWITSCH M., WURZIAN R. S., 1976 - On the ecology of a North Adriatic benthic community: Distribution, standing crop and composition of the macrobenthos. *Marine Biology*, **38** (2): 129-145.
- FELDMANN J., 1937 - Recherches sur la végétation marine de la Méditerranée: la côte des Albères. *Wolf. Rouen.*: 339 pp.
- FERDEGHINI F., ACUNTO S., COCITO S., CINELLI F., 2000 - Variability at different spatial scales of a coralligenous assemblage at Giannutri Island (Tuscan Archipelago, NW Mediterranean). *Hydrobiologia* **440**: 27-36.
- FIELD J.G., CLARKE K.R., WARWICK R.M., 1982 - A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* **8**: 37-52.
- FOWLER J., CHOEN L., 2002 - Statistica per ornitologi. 2^a ed. *Franco Muzzio Editore* ISBN 88-7413-027-9, 240 pp..
- FURNARI G., GIACCONE G., CORMACI M., 2003 - Biodiversità marina delle coste italiane: Catalogo del Macrofitobenthos. *Biol. Mar. Medit.*, **10** (1): 1-483.
- GABRIELE M., BELLOT A., GALLOTTI D., BRUNETTI R., 1999 - Sublittoral hard substrate communities of the northern Adriatic Sea. *Cah. Biol. Mar.* **40**: 65-76.
- GAMULIN-BRIDA H., 1967 - The benthic fauna of the Adriatic Sea. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review* **5**: 535-568.
- GAMULIN-BRIDA H., 1974 - Biocenoses benthiques de la Mer Adriatique. *Acta Adriatica* **15** (9): 1-103.
- GASTON G.R.M, NASCI J.C., 1988 - Trophic structure of macrobenthic communities in the Calcasieu Estuary, Louisiana. *Estuaries*, **11**: 192-200.
- GIACCONE G., 2007 - Coralligenous assemblage as underwater seascape: distribution off Italian coasts. *Biol. Mar. Medit.*, **14** (2): 124-141.
- GIACCONE G., ALONGI G., PIZZUTO F., COSSU A., 1994 - La vegetazione marina bentonica sciafila del Mediterraneo: III. Infralitorale e circalitorale. Proposte di aggiornamento. *Boll. Accad. Gioenia Sci. Nat. Catania*, **27**: 201-227.
- GIACCONE G., PIGNATTI A., 1967 - Studi sulla produttività primaria del fitobenthos nel Golfo di Trieste - I: Flora sommersa del Golfo di Trieste. *Nova Thalassia*, **3**: 1-17.
- GIACCONE G., DI MARTINO V., 1997 - Syntaxonomic relationship of the mediterranean phytobenthos assemblages: paleoclimatic bases and evolutive tendencies. *LaGascaia*. **19** (1-2): 129-144.
- GIOVANARDI O., CRISTOFALO G., MANZUETO L., FRANCESCHINI G., 2003 - New data on biogenetic reefs (*Tegnet* of Chioggia) in Adriatic. *Proceed. 6th Intern. Conf. MEDCOAST03*, Ravenna : 1895-1904.
- GOODBODY I., GIBSON J., 1974 - The biology of *Ascidia nigra* (Savigny). V. Survival in populations settled at different time of the year. *Biol. Bull.* **146**: 217-237.
- GORDINI E., MAROCCO R., VIO E., 2002 - Stratigrafia del sottosuolo della « trezza grande » (Golfo di Trieste, Adriatico Settentrionale). *Gortania. Atti del Museo Friulano di Storia Naturale*. **24** : 31-63.
- GORDINI E., RAMELLA R., ROMEO R., DEPONTE M., MAROCCO R., 2004 - Indagini acustiche sugli affioramenti rocciosi del Golfo di Trieste (Adriatico Settentrionale). *Gortania*. **26**: 5-24.
- GUARNIERI G., TERLIZZI A., FRASCHETTI S., 2005 - Effetti della natura e complessità del substrato sull'insediamento di popolamenti sessili. *Atti XV Congresso della Società Italiana di Ecologia - Torino 2005*.
- GUIDETTI P., BIANCHI C.N., CHIANTORE M., SCHIAPPARELLI S., MORRI C., CATTANEO-VIETTI R., 2004 - Living on the rocks: substrate mineralogy and the structure of subtidal rocky substrate communities in the Mediterranean Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **274**: 57-68.
- HICKS G.R.F., 1980 - Structure of phytal harpacticoid copepod assemblages and the influence of habitat complexity and turbidity. *J. Exp. Mar. Biol.Ecol.*, **44**: 157-192.
- HISCOCK K., HOARE R., 1975 - The ecology of sublittoral communities at Abereiddy Quarry, Pembrokeshire. *J. Mar. Biol. Assoc. UK* **55**: 833-864.
- IRVING A.D., CONNELL S.D., 2002a - Interactive effects of sedimentation and microtopography on the abundance of subtidal turf-forming algae. *Phycologia*, **41**: 517-522.
- IRVING A.D., CONNELL S.D., 2002b - Sedimentation and light penetration interact to maintain heterogeneity of subtidal habitat: algal versus invertebrate dominated assemblages. *Marine Ecology Progress Series*, **245**: 83-91.
- JACCARD P., 1901 - Étude comparative de la distribution florale dans une portion des Alpes et des Jura. *Bulletin del la Société Vaudoise des Sciences Naturelles* **37**: 547-579.
- JARDAS I., SANTIC M., PALLAORO A., 2004 - Diet composition of the eagle ray, *Myliobatis aquila* (Chondrichthyes: Myliobatidae), in the Eastern Adriatic Sea. *Revue Internationale d'Ichtyologie* Vol. **28**, n° 4, 2004.
- JONES D.J., 1973 - Variation in trophic structure and species composition of some invertebrate communities in polluted kelp forests in the North Sea. *Mar. Biol.*, **20**: 351-365.
- JOSSelyn M.N., WEST J.A., 1985 - The distribution and temporal dynamics of the estuarine macroalgal community of San Francisco Bay. *Hydrobiologia*, **129**: 139-152.

- LABOREL J., 1961 - Le concretonnement algal "coralligène" et son importance géomorphologique en Méditerranée. *Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume*. **23** (37): 37-60.
- LAMBHEAD P.J.D., PLATT H.M., SHAW K.M., 1983 - The detection of differences among assemblages of marine benthic species based on assessment of dominance and diversity. *J. nat. Hist.* **17**: 859-874.
- LOYA Y., 1978 - Plotless and transect methods. In: Stoddart D.R., Johannes R.E. (eds), Coral reefs: research methods. *UNESCO, Paris, Monographs on oceanographic methodology*, **5**: 197-217.
- LÜNING K., 1993 - Environmental and internal control of seasonal growth in seaweeds. *Hydrobiologia*, **260/261**: 1-14.
- MAGISTRATO ALLE ACQUE - SELC, 2005 - Rilievo della distribuzione delle comunità bentoniche di substrato molle (macro e meiozoobenthos e macrofitobenthos) in Laguna di Venezia (2002-2003-2004). Rapporto finale. *Prodotto dal concessionario Consorzio Venezia Nuova*.
- MAGISTRATO Alle ACQUE - MIZZAN 2006 - Studio B.6.78/I. Attività di monitoraggio alle bocche di porto. Controllo delle comunità biologiche lagunari e marine. Relazione finale. *Prodotto dal concessionario Consorzio Venezia Nuova*.
- MAIO G., MARCONATO E., BURATTO T., SALVIATI S., DE GIROLAMO M., GIACOMELLO E., MIZZAN L., 2004 - I popolamenti ittici delle Tegnùe. *Provincia di Venezia*, 60 pp..
- MANCA B.B, FRANCO P., PASCHINI E., 2001 - Seasonal variability of the hydrography in the Adriatic Sea: Water mass properties and Circulation Mediterranean Ecosystems Structures and processes. Edited by: *Springer-Verlag Italia*, Milano.
- MARGALEF R., 1958 - Information theory in ecology. *Gen. Syst.*, **3**: 36-71.
- Mc QUAID C., BRANCH G.M., 1984 - Influence of sea temperature, substratum and wave exposure on rocky intertidal communities: an analysis of faunal and floral biomass. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, **19**: 145-151.
- MINELLI A., RUFFO S., LA POSTA S., 1993-1995 - Checklist delle specie della fauna italiana. *Calderini*, Bologna. Vol 2-31, 107-110.
- MIZZAN L., 1992 - Malacocenosi e faune associate in due stazioni altoadriatiche a substrati solidi. *Boll. Mus. civ. St. Nat. Venezia*. **41** (1990): 7-54.
- MIZZAN L., 1994 - Malacocenosi in due stazioni altoadriatiche a substrati solidi (2): analisi comparativa fra popolamenti di substrati naturali ed artificiali. *Lavori Soc. Ven. Scien. Nat. Venezia* **18**: 83-88.
- MIZZAN L., 1995 - Le "Tegnùe". Substrati solidi naturali del litorale veneziano: Potenzialità e prospettive. *ASAP Venezia*: 46 pp..
- MIZZAN L., 2000 - Localizzazione e caratterizzazione di affioramenti rocciosi delle coste veneziane: primi risultati di un progetto di indagine. *Boll. Mus. civ. St. Nat. Venezia*, **50** (1999): 195-212.
- MIZZAN L., FUSCO M., TRABUCCO M., 2006 - Caratteristiche generali e tipologie. In: ARPAV e MSN Venezia (ed.), *Le tegnùe, ambiente, organismi, curiosità*. ARPAV Ed, Venezia: 6-7.
- MOLIN E., GABRIELE M., BRUNETTI R., 2003 - Further news on hard substrate communities of the Northern Adriatic Sea with data on growth and reproduction in *Polycitor adriaticus* (von Drasche, 1883). *Boll. Mus. civ. St. Nat. Venezia*, **54**: 19-28.
- MOLIN E., GOMIERO M., ZANELLA M., 2006 - Monitoraggio fotografico della comunità bentonica nel campo sperimentale. Il campo sperimentale in mare: prime esperienze nel veneto relative a elevazioni del fondale con materiale inerte. *Quaderno ARPA-Veneto*, ISBN 88-7504-104-0: 123-133
- MOLIN E., BOCCI M., PICONE M., PENNA G., ZANOVELLO G., 2008 - Analisi fotografica del megabenthos in tre affioramenti rocciosi (tegnùe) del Golfo di Venezia (Nord Adriatico). *Biol. Mar. Mediterr.* **15** (1): 276-277.
- MOLIN E., FIORIN R., RICCATO F., ARTICO G., CAMPACI P., 2009a - Comunità macrobentonica di tre substrati rocciosi del Golfo di Venezia (Nord Adriatico). *Biologia Marina Mediterranea* **16** (1): 278-279.
- MOLIN E., RICCATO F., FIORIN R., ARTICO G., CAMPACI P., 2009b - Analisi della comunità bentonica di substrato molle in un'area del Golfo di Venezia. *Boll. Mus. civ. St. Nat. Venezia*, **60**: 3-16.
- MORGANTI C., COCITO S., SGORBINI S., 2001 - Contribution of bioconstructors to coralligenous assemblages exposed to sediment deposition. *Biol. Mar. Medit.*, **8** (1): 283-286.
- NARAJO S.A., CARBALLO J.L., GARCÍA GÓMEZ J.C., 1996 - Effects of environmental stress on ascidian populations in Algeciras Bay (Southern Spain). Possible marine bioindicators? *Mar. Ecol. Progr. Ser.* **144**: 119-131.
- NEWTON S.R., STEFANON A., 1975 - The "Tegnùe de Ciosa" area: patch reefs in the northern Adriatic Sea. *Marine Geology* **46**: 279-306.
- NEWTON S.R., STEFANON A., 1976 - Primi risultati dell'uso simultaneo in Alto Adriatico di side scan sonar, sub bottom profiler ed ecografo. *Mem. Biogeogr. Adriat.* **9**: 33-66.
- NEWTON S.R., STEFANON A., 1982 - Side-scan sonar and subbottom profiling in the northern Adriatic Sea. *Marine Geology* **46**: 279-306.
- OCCHIPINTI AMBROGI A., 1995 - La Laguna di Venezia: ambiente di conservazione e di invasioni. *S.IT.E. Atti*, **16**: 115-117.

- OLIVI G., 1792 - Zoologia adriatica. *Reale Accademia Sc. Lettere Arti*: 344 pp..
- OREL G., MAROCCO R., VIO E., DEL PIERO D., DELLA SETA G., 1987 - Sedimenti e biocenosi bentoniche tra la foce del Po ed il golfo di Trieste. *Bull. Eco./.*, t. **18**, 2: 229-241.
- OREL G., FONDA UMANI S., ALEFFI F., 1993 - Iposie e anossie di fondali marini. L'Alto Adriatico e il Golfo di Trieste. Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Direzione Regionale Ambiente, Trieste. Osservazioni preliminari sulla comunità macrozoobentonica del Molise e confronto con i dati del Vatova. 104 pp.
- OTT J.A., 1991 - The Adriatic benthos: problems and perspectives. In G. Colombo, I. Ferrari, V.D. Ceccherelli & R. Rossi (eds): Marine eutrophication and population dynamics. 25th Europ. mar. Bio/. Symp. Ferrara: 367-378. Olsen & Olsen, Fredensborg.
- PERES J.M., 1967 - The Mediterranean benthos. *Oceanogr. mar. Bio/. Ann. Rev.* **5**: 449-533.
- PÉRÈS J.M., PICARD J., 1964 - Nouveau Manuel de Bionomie Benthique de la mer Méditerranée. *Ree. Trav. Sta. Mar.Endoume* **31** (47): 5-137.
- PIAZZI L., BALATA D., PERTUSATI M., CINELLI F., 2004 - Spatial and temporal variability of Mediterranean macroalgal coralligenous assemblages in relation to habitat and substratum inclination. *Botanica Marina*, **47**: 105-115.
- PIELOU E.C., 1966 - The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theor. Biol.* **13**: 131-144.
- PONTI M., 2001 - Aspetti biologici ed ecologici delle "tegnùe": biocostruzione, biodiversità e salvaguardia. *Chioggia, rivista semestrale di studi e ricerche del Comune*, **18**: 179-194.
- PONTI M., FRANCESCHINI G., GIOVANARDI O., MAZZOLDI C., MESCALCHIN P., RASOTTO M.B., TAGLIAPIETRA D., ZANON V., ABBIATI M., 2005 - Tegnùe di Chioggia: un progetto per la valorizzazione e gestione della zona di tutela biologica. In: Riassunti del 36° Congresso nazionale della Società Italiana di Biologia Marina. Trieste. *SIBM* 324 pp..
- PONTI M., MASTROTOTARO F., 2006 - Distribuzione dei popolamenti ad ascidie sui fondali rocciosi (Tegnùe) al largo di Chioggia (Venezia). *Biologia Marina Mediterranea* **13** (1): 621-624.
- PONTI M., TUMEDEI M., COLOSIO F., ABBIATI M., 2006 - Distribuzione dei popolamenti epibentonici sui fondali rocciosi (Tegnùe) al largo di Chioggia (Venezia). *Biologia Marina Mediterranea* **13** (1): 625-628.
- RAC/SPA, 2003 - The coralligenous in the Mediterranean Sea - Definition of the coralligenous assemblage in the Mediterranean, its main builders, its richness and key role in benthic ecology as well as its threats. www.rac-spa.org.tn
- RELINI G., 2000 - Nuovi contributi per la conservazione della biodiversità marina in Mediterraneo. *Biol. Mar. Medit.*, **7** (3): 173-211.
- RISMONDO A., CURIEL D., CECCONI G., CERASUOLO C., RICCATO F., TORRICELLI P., 2008 - The Malamocco breakwater: summing up the coast - offshore interactions. In: Campostrini P. (ed.) A changing coast: challenge for the environmental policies. *Proceedings of the IX International Conference LITTORAL 2008*, Venice, Italy, 25-28 November 2008. Arzanà, Venice. (electronic publication).
- SACCHI C.F., 1977 - La "lacune nord-adriatique" et son influence sur l'écologie des Gastéropodes d'unicoles. *Prémisses méthodologiques. Atti Soc. It. Sc. Nat.* **118**: 213-225.
- SACCHI C.F., 1979 - The coastal lagoons of Italy. In: Jefferies & Davy Eds. Ecological Processes in coastal environments. *Blackwell Scientific Publications. Oxford*: 593-601.
- SACCHI C.F., MORRI C., OCCHIPINTI AMBROGI A., SCONFIETTI R., 1983 - Nouveaux éléments pour la zoogéographie lagunaire de la Haute Adriatique. *Rapp. Comm. Int. Mer. Médit.* **28** (6): 225-228.
- SACCHI C.F., BIANCHI C.N., MORRI C., OCCHIPINTI AMBROGI A., SCONFIETTI R., 1985 - Biogéographie des lagunes côtières nord-adriatiques. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* **29** (4): 163-166.
- SACCHI F., OCCHIPINTI AMBROGI A., SCONFIETTI R., 1989 - Les lagunes nord-adriatiques: un environnement conservateur ouvert aux nouveautes. *Bull. Soc. Zool. De France* **114** (3): 47-60.
- SARÀ M., 1968 - Un Coralligèno di piattaforma (coralligène de plateau) lungo il litorale pugliese. *Arch. Oceanogr. Limnol.*, **15** (Suppl.): 139-150.
- SARÀ M., 1971 - Le peuplement du coralligène des Pouilles. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, **20** (3): 235-237.
- SARTORETTO S., 1996 - Vitesse de croissance et bioérosion des concrétionnements «coralligènes» de Méditerranée nord-occidentale. Rapport avec les variations Holocènes du niveau marin. *Thèse Doctorat d'Écologie*, Université d'Aix -Marseille, II. 194 pp..
- SHANNON C.E., WEAVER W., 1949 - The mathematical theory of communication. Urbana, Univ. Illinois Press.
- SEAPY R.R., LITTLER M.M., 1982 - Population and species diversity fluctuations in a rocky intertidal community relative to severe aerial exposure and sediment burial. *Mar. Biol.*, **71**: 87-96.
- SIMONETTI G., 1968 - Variazione dei popolamenti di Zosteracee nel golfo di Trieste durante gli ultimi decenni. *Arc. Oceanogr. Limnol.*, Suppl. **15**: 107-114.
- SMITH I.P., JENSEN A.C., COLLINS K.J., MATTEY

- E.L., 2001 - Movement of wild European lobsters *Homarus gammarus* in natural habitat. *Marine Ecology Progress Series*. Vol. **222**: 177-186.
- SOLOMON D.L., 1979 - A comparative approach to species diversity. In Ecological diversity in theory and practice. *Grassle & al. Eds. Fairland U.S.A.*: 29-36.
- SORENSEN T., 1948 - A method of establishing groups of equal amplitude in plant society based on similarity of species content. *K. Danske Vidensk. Selk.* **5**: 1-34.
- SORESÌ S., CRISTOFOLI A., MASIERO L., CASELLATO S., 2004 - Benthic communities of rocky outcrops in the Northern Adriatic sea: a qualitative survey. *Rapp. 37° Congrès Comm. Int. Expl. Sc. Mer Médit.*
- STEFANON A., 1966 - First notes on the discovery of outcrops of beach rock in the Gulf of Venice (Italy). *XX Congrès-Assemblée Plénière de la C.I.E.S.M.M. in Rapp. Comm. int. Mer. Médit.* **19** (4): 648-649.
- STEFANON A., 1967 - Formazioni rocciose del bacino dell'Alto Adriatico. *Atti Ist. Veneto Sc. Lettere ed Arti* **125**: 79-89.
- STEFANON A., 1970 - The role of beachrock in the study of the evolution of the North Adriatic Sea. *Mem. Biogeogr. Adriat.* **8**: 79-99.
- STEFANON A., 2001 - Cenni sulla geologia e sugli organismi costruttori delle "Tegnùe". *Chioggia - Rivista di Studi e ricerche; Quaderni.* **XVIII**: 171-177.
- STEFANON A., MOZZI C., 1972 - Esistenza di rocce organogene nell'Alto Adriatico al largo di Chioggia. *Atti Ist. Veneto Sc. Lettere ed Arti* **130**: 405-499.
- STENECK R.S., DETHIER M.N., 1994 - A functional group approach to the structure of algal-dominated communities. *Oikos*, **69**: 476-498.
- TEO S.L., RYLAND J.S., 1994 - Toxicity and palatability of some British ascidians. *Mar. Biol.*, **120**: 297-303.
- TURON X., BECERRO M. A., 1992 - Growth and survival of several ascidian species from the northwestern Mediterranean. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, **82**: 235-247.
- VATOVA A., 1936 - Ricerche quantitative sulla fauna bentonica dell'Alto Adriatico e loro importanza per la biologia marina. *Atti XXIV Riunione S.I.P.S. Palermo.*
- VATOVA A., 1946 - Le zoocenosi bentoniche dell'Adriatico. *Boll. Pesca, Pisc., Idrobiol.* **1** (2): 131-135.
- VATOVA A., 1949 - La fauna bentonica dell'Alto e Medio Adriatico. *Nuova Thalassia* **1** (3): 1-110.
- VATOVA A., 1966 - Ricerche sulla produttività delle acque nei mari tarantini. *Atti Acc. Naz. Lincei. Serie VIII*, **41** (6): 562-564.
- VIRGILIO M., AIROLDI L., ABBIATI M., 2006 - Spatial and temporal variations of assemblages in a Mediterranean coralligenous reef and relationships with surface orientation. *Coral Reefs*, **25**: 265-272.
- WARWICK R.M., 1986 - A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Mar. Biol.*, **92**: 557-562.
- WARWICK R.M., PEARSON T.H., RUSWAHYUNI E., 1987 - Detection of pollution effects on marine macrobenthos: further evaluation of the species Abundance/Biomass method. *Mar. Biol.*, **95**: 193-200.
- ZANETTO M., ANDREOLI E., OMBRELLI M., MOLIN E., VAZZOLER M., RIZZARDI S., BOSCOLO F., 2006 - Studio degli affioramenti rocciosi dell'alto Adriatico tramite analisi 3D di elaborazioni GIS. *Atti X Conferenza Nazionale ASITA 14 - 17 novembre 2006, Bolzano.*