

R, Sconfiatti, A. Occhipinti Ambrogi, S. Pelaia

COMUNITÀ BENTONICHE PIONIERE  
DI SUBSTRATI SPERIMENTALI LUNGO UN GRADIENTE  
D'ESTUARIO NELLA LAGUNA DI VENEZIA:  
ECOLOGIA E DINAMICA

INTRODUZIONE

Nella laguna di Venezia diversi Autori (NUMANN e BETH, 1955; FRANCO, 1964; RELINI *et al.*, 1972; FRANCESCON e BARBARO, 1975-76; BARBARO e FRANCESCON, 1976b; CANDELA *et al.*, 1983 e 1985; MIZZAN & MORETTI, 1990) hanno condotto ricerche sul benthos sessile utilizzando substrati artificiali; mancano, tuttavia, studi relativi ai settori più interni della laguna, maggiormente interessati dagli apporti di acque continentali. Unica eccezione è il lavoro di BARBARO e FRANCESCON (1976a), proprio lungo il gradiente da noi considerato, di cui però è stato pubblicato solo un riassunto.

Il nostro lavoro si inserisce nell'ambito di una indagine articolata di ecologia estuariale (OCCHIPINTI AMBROGI, 1985; SCONFIETTI, 1987) che la Sezione di Ecologia dell'Università di Pavia ha condotto negli anni 1984, '85 e '86 nel settore Nord della laguna veneta, dove l'azione combinata del fiume Dese da un lato e della marea dall'altro, con un'ampiezza massima di circa un metro, determina la formazione di un marcato ed esteso gradiente di salinità all'interno del bacino lagunare (DAZZI *et al.*, 1976; SCONFIETTI e SOFFIANTINI, 1990). Nella porzione più strettamente estuariale di questo gradiente abbiamo indagato, utilizzando substrati sperimentali che permettono di descrivere le associazioni pioniere, la dinamica dell'insediamento di specie sessili. È stata esclusa, quindi, la parte influenzata in modo immediato dalle acque marine, per la quale sono ormai note dalla letteratura citata le diverse tappe di colonizzazione, almeno nelle loro linee generali.

Le informazioni così raccolte permettono di interpretare la struttura e la dinamica delle comunità insediate sulle «bricole» in legno, oggetto di paralleli studi nella stessa zona e nell'ambito del medesimo programma di ricerca (SCONFIETTI e MARINO, 1989).

Obiettivo della ricerca è quindi descrivere le variazioni della struttura e la dinamica dei popolamenti in senso longitudinale lungo il gra-

diente estuariare, verticale in rapporto alle escursioni di marea e stagionale durante due cicli annuali.

## L'AMBIENTE

Il fiume Dese, con una portata media di  $3,1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , sfocia nella porzione settentrionale della laguna di Venezia, dove è tuttora riconoscibile la fisionomia tipicamente estuariare, che all'origine interessava l'intera laguna. Dal loro ingresso all'interno di un vasto fragmiteto fino alla bocca del Porto di Lido, le acque continentali scorrono per circa 14 Km entro un alveo lagunare per lo più delimitato da barene. Nel tratto superiore, a monte di Torcello, il letto è stretto e poco profondo; a valle diventa largo e profondo, sempre più vivificato dal mare.

SCONFIETTI e MARINO (cit.) mettono in evidenza tre gruppi ecologici per il macrobenthos sessile delle bricole, in relazione alle variazioni di salinità (fig. 1): *specie estuariali in senso stretto* verso il polo dulcicolo

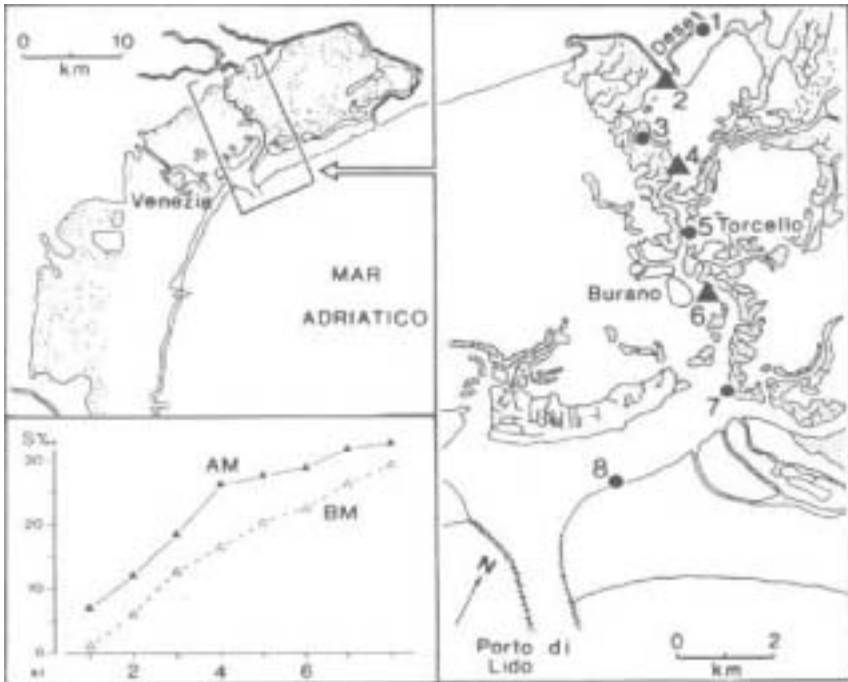


Fig. 1 - Localizzazione delle stazioni di campionamento, indicate dai triangoli (st. 2, 4, 6), e valori medi di salinità ad alta marea (a.M.) e bassa marea (B.M.) in sizigie.

(st. 1-2-3), dove la salinità è sempre inferiore al 20‰,,, anche a bassa marea; *specie «marine» o di laguna «viva»* verso il polo marino (st. 5-6-7-8), dove la salinità è superiore a 20‰,,, anche a bassa marea; *specie eurialine*, che a partire dai due poli estremi sono le colonizzatrici esclusive della st. 4, dove le fluttuazioni della salinità intorno a 20‰,,, raggiungono valori che a bassa marea sono troppo bassi per le specie marine e ad alta marea troppo elevati per quelle estuariali.

La caratterizzazione chimico-fisica è ampiamente discussa da SCONFIETTI e SOFFIANTINI (cit.), che riportano misurazioni di temperatura, salinità, ossigeno, pH, B.O.D., calcio e magnesio, trasparenza, rilevati mensilmente ad alta e bassa marea per tutta la durata della nostra ricerca.

## MATERIALI E METODI

### Scelta delle stazioni

Dal 27 marzo 1985 al 27 novembre 1986 sono stati collocati substrati artificiali in tre stazioni (fig. 1), rappresentative del settore ecologicamente più critico dell'estuario, escludendo quindi le stazioni più tipicamente marine; la scelta è avvenuta sulla base dei dati preliminari disponibili dalle ricerche parallele sui substrati permanenti (bricole) di cui è stata mantenuta, per uniformità e maggiore chiarezza, la numerazione. Le stazioni sono, quindi, denominate st. 2, st. 4 e st. 6.

### Strutture sperimentali

Su un telaio in anticorodal è stata montata una serie verticale di 5 pannelli in legno (cm 20x30x2); la struttura completa veniva inserita in apposite guide, precedentemente fissate in immersione ai pali in legno delle bricole nella fascia intermareale, e sostituita con periodicità bimestrale.

I cinque pannelli, indicati con le lettere da A ad E, coprivano una fascia verticale di 1,2 m; il pannello A veniva a trovarsi quasi permanente emerso, mentre quello E quasi costantemente immerso.

### Rilevamento dei dati

I pannelli, immediatamente fissati con formalina neutra al 4%, venivano successivamente fotografati e mappati sovrapponendo, separatamente per il lato frontale e per il retro, un reticolo a maglie quadrate da 1 cm, considerate ciascuna come area unitaria di riferimento, all'in-

terno della quale è stata valutata la sola presenza-assenza dei taxa individuati, per lo più a livello specifico. La somma dei quadrati, in cui ciascuna specie è presente, rappresenta il ricoprimento percentuale. Questo metodo è stato utilizzato nel tentativo di trovare un criterio uniforme, che rendesse in qualche nodo quantitativamente confrontabili anche gruppi tassonomici morfologicamente e funzionalmente molto eterogenei. Accanto ad indiscutibili vantaggi operativi, è doveroso però ricordare che questo procedimento conduce in ogni caso ad una sovrastima dei ricoprimenti assoluti, peraltro difficilmente quantificabile (SCONFIETTI, 1989; SCONFIETTI, 1993), anche se le dimensioni limitate dell'area unitaria scelta riducono notevolmente l'errore di valutazione rispetto ad aree più estese, utilizzate da altri Autori (PISANO e BOYER, 1985).

I Crostacei Peracaridi tubicoli, essenzialmente Anfipodi, sono stati esclusi dall'elenco specie, in quanto non possono essere considerati propriamente sessili; è stato, comunque, valutato il ricoprimento dei tubi fango-sericei dell'intera comunità di tubicoli, che sottraggono potenzialmente spazio ad altri colonizzatori primari.

#### Analisi dei dati

Le percentuali di ricoprimento dei vari taxa sono suddivise graficamente per classi di grandezza.

Sono stati valutati la ricchezza specifica e, sulla base dei ricoprimenti specifici, gli indici di diversità (SHANNON e WEAVER, 1949), di equitabilità (DAGET, 1976) e di similarità (KULCZYNSKY, 1927 in BOUDORESQUE, 1971) sono state organizzate in dendrogrammi di *cluster analysis* seguendo il metodo *WPGMA* (in SNEATH e SOKAL, 1973).

## RISULTATI

Sono stati identificati complessivamente 36 taxa animali e 7 algali (tab. I). Viene riportata in grafico la dinamica degli insediamenti dei taxa quantitativamente più rilevanti (figg. 2, 3, 4).

Il livello A, permanentemente emerso se non in casi di alte maree eccezionali, non ha mai mostrato tracce di colonizzazione ed è stato eliminato nelle rappresentazioni grafiche.

#### Alghe

Il popolamento algale è costituito per la maggior parte da Ulvacee

Tab. I - Elenco sistematico dei taxa rinvenuti.

## ALGHE

*Bryopsis* Sp.  
*Ceramium* cfr. *rubrum* (Hudson C.A. Agardh)  
*Enteromorpha* sp. pl.  
*Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss  
*Polysiphonia* sp. p1.  
*Porphyra umbilicalis* (L.) J.G. Agardh  
*Ulva* sp. pl.

## PORIFERI

*Adocia* sp.  
*Halicondria bowerbanki* (Burton)  
*Halicondria panicea* (Pallas)  
*Hymeniacion* .*sanguinea* (Grant)  
 Suberitidae sp. p1.

## CELEENTERATI

*Actiniaria* sp. pl.  
*Cordylophora caspia* (Pallas)  
*Garveia .franciscana* (Torrey)  
*Gonothyrea loveni* (Almann)  
*Obelia bidentata* Clarke  
*Ventromma halecioides* (Alder)

## BIVALVI

*Crassostrea gigas* (Th umberg)  
*Mytilus galloprovincialis* (Lamarck)  
*Ostrea edulls* L.

## ANELLIDI

*ricopomatus enigmaticus* (Fauvel)  
*Hydroides dianthus* (Verrill)  
*Hydroides elegans* (Haswell)  
*Janua pagenstecheri* (Quatrefages)  
*Janua pseudocOrugata* (Bush)

## CROSTACEI CIRRIPEDI

*Balanus amphitrite* Darwin  
*Balanus eburneus* Gould  
*Balanus improvisus* Darwin

## BRIOZOI

*Bowerbankia gracilis* (Leidy)  
*Bugula neritina* (L.)  
*Bugula stolonifera* Ryland  
*Conopeum seurati* (Canu)  
*Cryptosula pallasiana* (Moll)  
*Scrupocellaria bertholletii* (Savigny e Audouin)  
*Tricellaria inopinata* d'Hondt e Occhipinti Ambrogi  
 Victorellidae s.l.

## ASCIDIACEI

*Asciidiella aspersa* (Muller)  
*Botrylloides leachi* (Savigny)  
*Botryllus schlosseri* (Pallas)  
*Diplosoma listerianum* (Milne-Edwards H.)  
*Molgula* sp.  
*Styela plicata* (Lesueur)

lungo tutto il percorso. *Ulva* ed *Enteromorpha* (fig. 2) si insediano anche al livello B, dimostrando di ben tollerare prolungate esposizioni all'aria.

Fra le altre alghe, la Rodoficea *Porphyra umbilicalis* è frequente nella st. 6. Le alghe sono quasi del tutto assenti dal retro dei pannelli che, a ridosso della bricola, si trova costantemente in condizioni di scarsa luminosità.

L'unica eccezione è rappresentata dalle Diatomee, che costituiscono la componente principale della patina algale, abbondante soprattutto in inverno e presente su entrambi i lati del pannello.

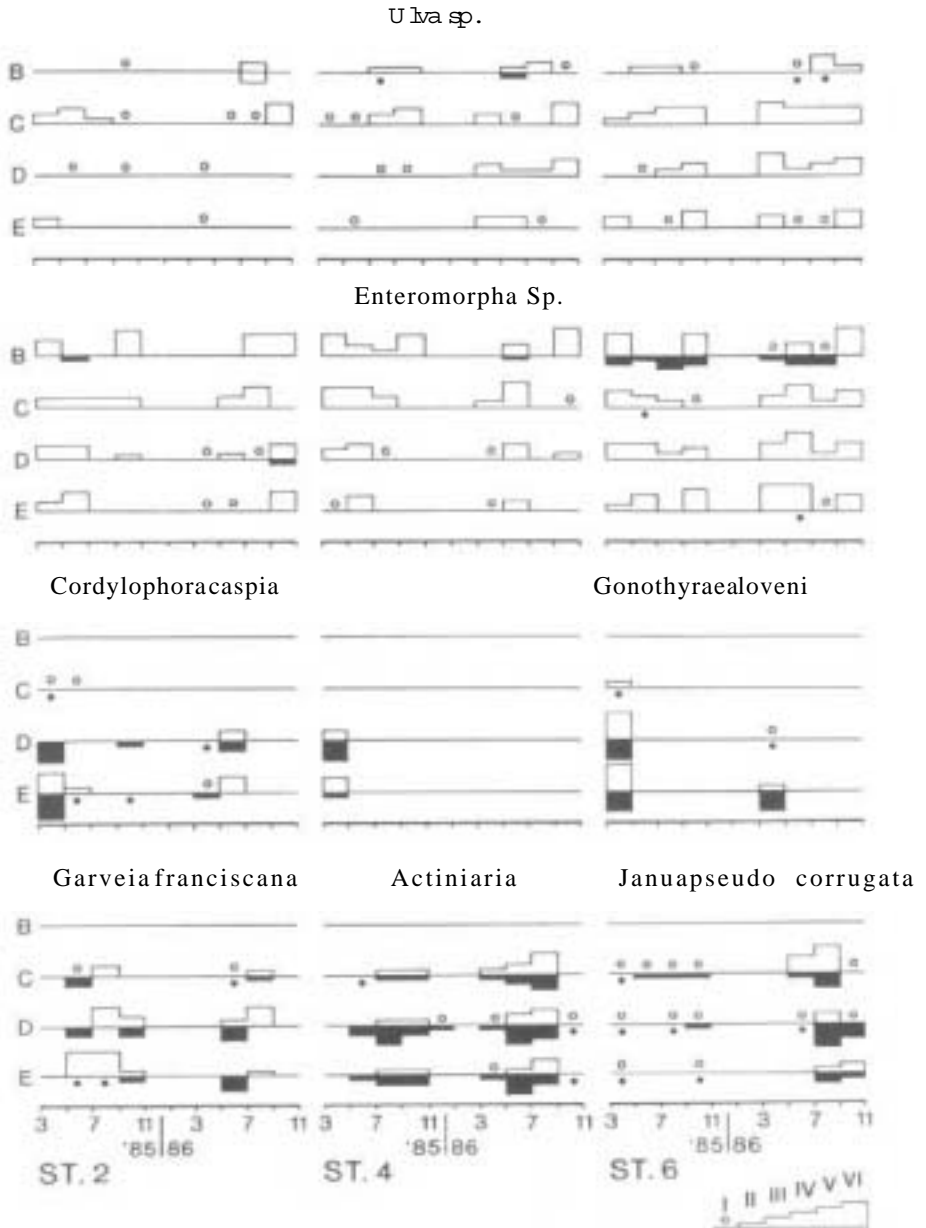


Fig. 2 - Dinamica dei principali insediamenti sui substrati sperimentali: area bianca=fronte; area nera = retro.  
 I = 1-5%; li = 6-15%; III = 16-30%; IV = 31-50%; V = 51-75%; VI = 76-100%.

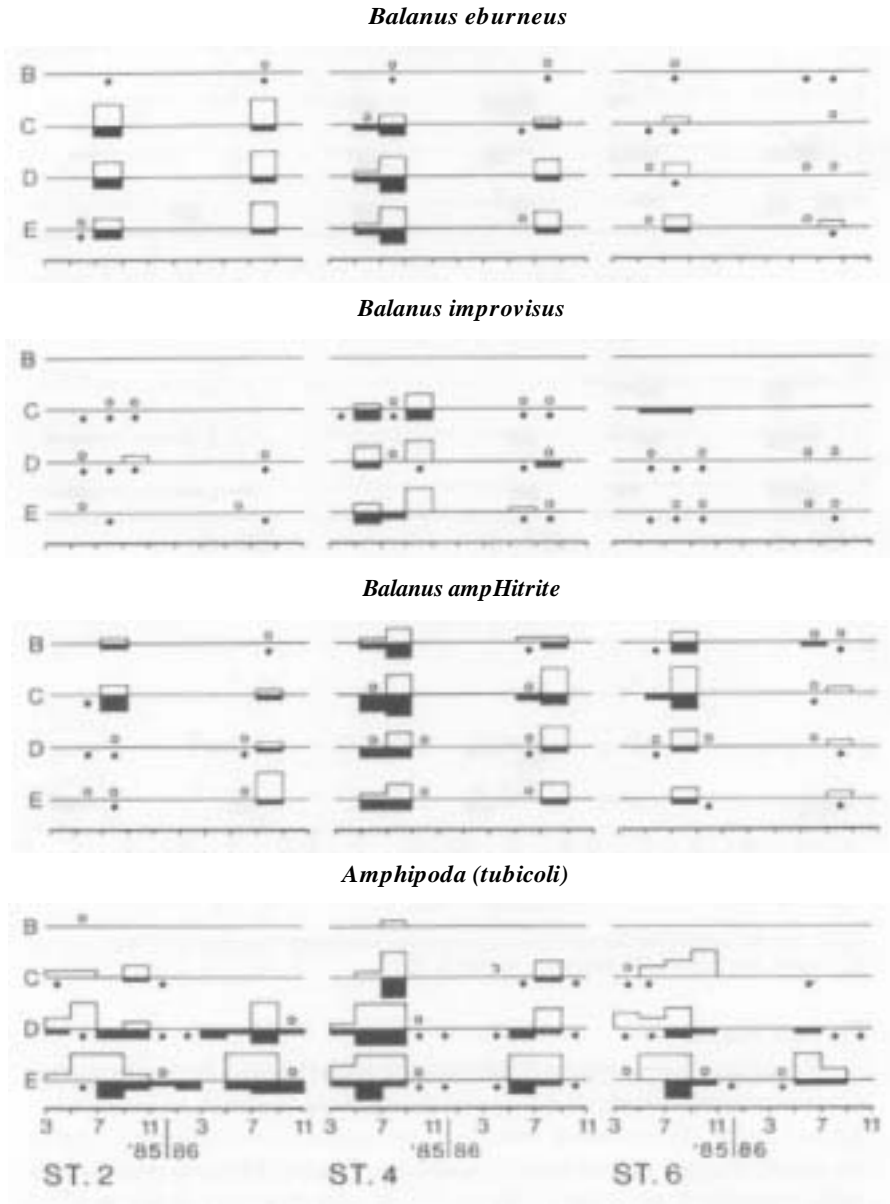


Fig. 3 - Dinamica dei principali insediamenti sui substrati sperimentali: area bianca=fronte; area nera = retro. Per la scala di riferimento, si veda in Fig. 2.

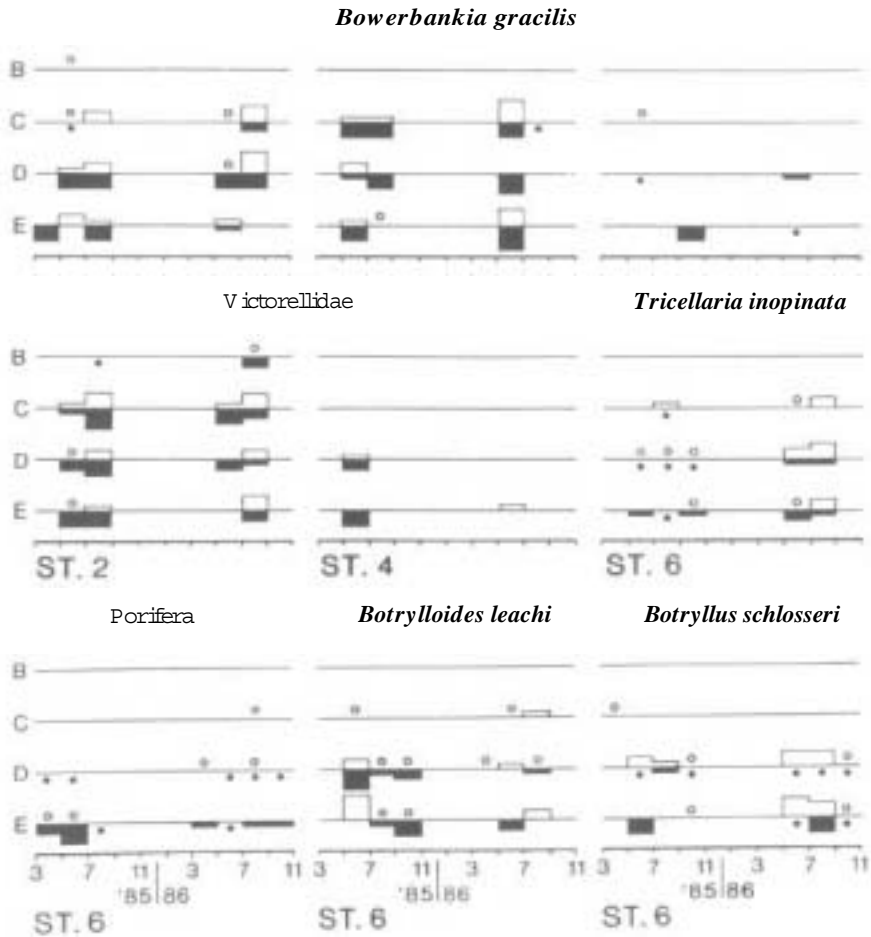


Fig. 4- Dinamica dei principali insediamenti sui substrati sperimentali: area bianca=fronte; area nera = retro. Per la scala di rifiorimento, si veda in Fig. 2.

#### Poriferi (fig. 4)

Fra le specie rinvenute, *Halichondria bowerbanki* è la più frequente ed abbondante, anche se nel complesso gli insediamenti di Poriferi sono condizionati dal breve periodo di immersione dei substrati, essendo notoriamente colonizzatori secondari. Questo Phylum occupa prevalentemente il retro del livello inferiore, che rimane sempre immerso, nella stazione meglio vivificata dal mare.

#### Idrozoi (fig. 2)

Le tre specie più abbondanti sono *Cordylophora caspia* e *Garveia franciscana*, pressoché esclusive della stazione 2 verso il polo dulcico-



lo, e *Gonothyraea loveni*, più frequente verso mare. In generale, le specie raccolte mostrano una ridotta resistenza all'emersione, trovandosi talvolta con colonie vive fino al livello C.

#### Antozoi (fig. 2)

Le tecniche di anestetizzazione necessarie per il riconoscimento specifico non erano compatibili con il lavoro sull'intera comunità; pertanto non si dispone del dettaglio sistematico.

Questo gruppo è caratteristico della stazione centrale, nella quale occupa anche il livello C, grazie alla capacità delle Attinie di retrarre i tentacoli durante l'esposizione subaerea.

#### Bivalvi

*Mytilus galloprovincialis* e gli Ostreidi, non identificabili per le loro minuscole dimensioni, sono nel complesso rari, anche se relativamente più frequenti nella st. 6 a tutti i livelli, perché appartengono, come i Poriferi, al fouling secondario. Gli Ostreidi sono più abbondanti sul retro dei pannelli.

#### Serpuloidei

L'unico elemento di spicco è lo Spirorbide *Janua pseudocorrugata* (Gg. 2), abbondante nella st. 6 specialmente durante il secondo anno di indagini. *Ficopomatus enigmaticus*, meglio noto come *Mercierella*, mentre è elemento caratterizzante la biocenosi dei pali - alla st. 2 (SCONFIETTI e MARINO, cit.) forma vistosi manicotti - sui pannelli è una componente poco rilevante. Si insedia da maggio a novembre in tutte e tre le stazioni, confermando la sua eurialità; tuttavia nelle stazioni 2 e 4 è più abbondante anche ai livelli superiori D e C.

#### Cirripedi (fig. 3)

Le tre specie rinvenute (*Balanus amphitrite*, *B. eburneus* e *B. improvisus*) mostrano, nel complesso, un'elevata eurialità, essendo presenti in tutte le stazioni. Gli insediamenti avvengono prevalentemente ai livelli C, D ed E su entrambe le facce dei pannelli - fatta eccezione per *B. amphitrite*, che colonizza anche la fascia alta dell'intermareale - e sono particolarmente intensi nella stazione centrale.

Accanto agli individui riconosciuti a livello specifico, sono stati osservati un certo numero di balanidi di dimensioni ridotte, tali da non consentirne l'identificazione specifica.

#### Briozoi (fig. 4)

Le specie più abbondanti hanno una distribuzione ben diversificata lungo il gradiente. I Victorellidi sono quasi esclusivi della stazione maggiormente dissalata, mentre, in contrapposizione, *Tricellaria inopinata*, le due specie di *Bugula*, *Cryptosula pallasiana* e *Scrupocellaria bertholletii* colonizzano il polo più marino. *Bowerbankia gracilis* è abbondante nella st. 2, mentre *Conopeum seurati*, ancorché con ricoprimenti non elevati, mostra una certa preferenza per la stazione centrale.

#### Asciadiacei

Fatta eccezione per *Molgula* sp., che si trova con qualche individuo anche nella st. 4, la presenza delle ascidie, taxon in genere poco eurialino, è limitata alla st. 6. Le specie più abbondanti sono *Botrylloides leachi* e *Botryllus schlosseri* che si insediano ai livelli D ed E.

#### Peracaridi tubicoli (fig. 3)

I Peracaridi colonizzano in modo massiccio le stazioni 2 e 4. Sono quasi assenti al livello B.

### I PERIODI DI INSEDIAMENTO

Nel bimestre marzo-maggio gli insediamenti sono, in genere, scarsi, anche se alcune specie mostrano proprio in questa fase la loro maggiore attività riproduttiva. E' il caso degli Idrozoi *Cordylophora caspia*, che continua la colonizzazione fino a luglio, e *Gonothyraea loveni*, che addirittura si trova solo in questo bimestre in entrambi gli anni di osservazioni.

In maggio-luglio, invece, compaiono diversi taxa, che in molti casi si ritroveranno per tutta l'estate e l'autunno, fino a novembre.

Per talune specie, tuttavia, la colonizzazione è limitata ad un periodo abbastanza breve, e si conclude a settembre: è il caso di *Balanus eburneus* e *B. amphitrite*, per i Briozoi, di *Tricellaria inopinata*, *Bowerbankia gracilis*, e dei Victorellidi. Per questi ultimi due taxa, gli ibernacoli sono, però, ritrovati fino all'autunno inoltrato.

Nel periodo luglio-settembre i pannelli vengono massicciamente colonizzati dalla maggior parte dei taxa rinvenuti, fatta eccezione per le poche specie con insediamenti primaverili.

I substrati recuperati a novembre sono ancora relativamente ric-

chi, e accolgono le ultime fasi della colonizzazione di alcune entità, quali le Ulvacee, i Peracaridi tubicoli, i Serpulidi con *Janua pseudocorrugata*, le attinie, l'Idroide *Garveia franciscana*, i Botrillidi e *Balanus improvisus*.

Da novembre a marzo non si registrano insediamenti, fatta eccezione per le Diatomee e per qualche tubo di Peracaride.

## ANALISI DEI PARAMETRI STRUTTURALI DELLA COMUNITÀ

### Ricoprimento

La dinamica del ricoprimento totale, calcolato sommando per ogni pannello i ricoprimenti relativi alle singole specie conferma la stagionalità negli insediamenti, evidente anche al liv. B, nonostante la scarsità della colonizzazione. Nella st. 2, a monte, la stagione invernale produce effetti più drastici che altrove, mentre gli insediamenti estivi sono, in genere, più cospicui (fig. 5).

Il ricoprimento spesso più elevato, fino ad un massimo di oltre 400% del settembre 1986 nella st. 2 al livello C, nella porzione anteriore dei pannelli, è essenzialmente dovuto alla massiccia presenza di alghe nella zona meglio illuminata.

### Ricchezza specifica

Il numero di specie è legato in modo evidente al succedersi delle stagioni, mostrando i massimi valori nei prelievi di piena estate (fig. 6).

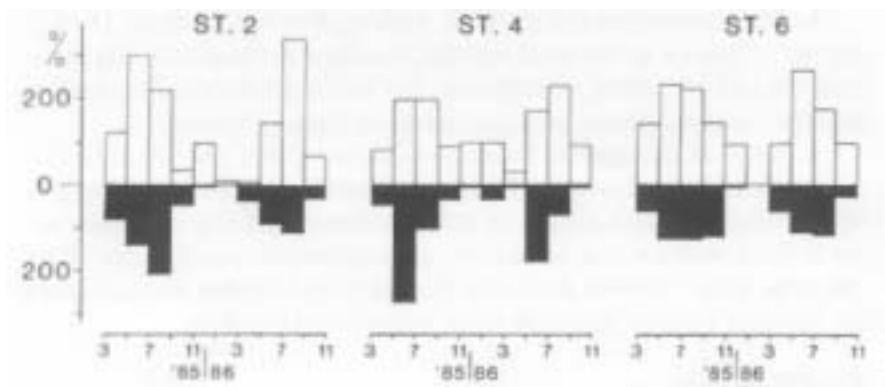


Fig. 5 - Ricoprimenti totali dei pannelli collocati al livello E: area bianca = fronte; area nera = retro.

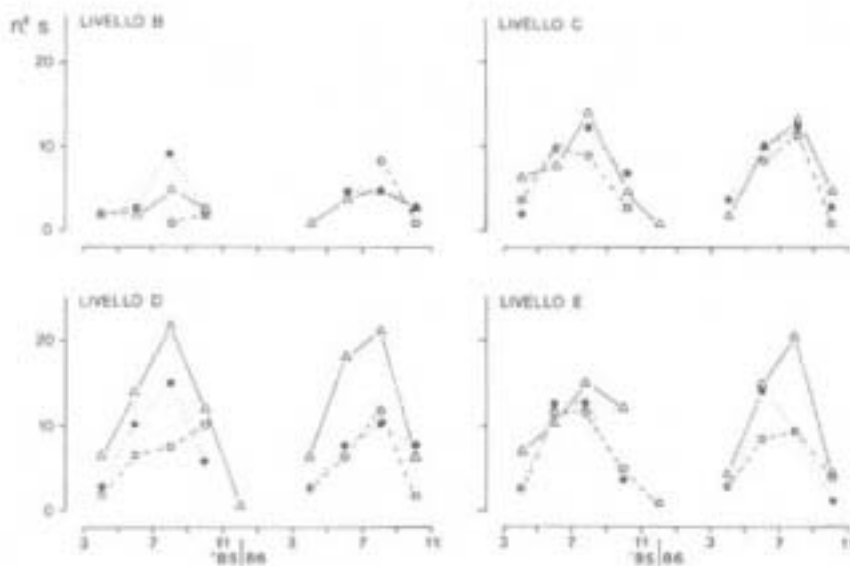


Fig. 6- Numero di specie sul lato anteriore dei pannelli (per motivi grafici il valore 0 non viene riportato). St. 2 = cerchio bianco; st. 4 = cerchio nero; st. 6 = triangolo.

La ricchezza specifica tende ad aumentare dal livello B fino ai livelli inferiori, e spesso è più elevata sul lato anteriore. La st. 6 mostra, almeno ai livelli D ed E, valori maggiori, specialmente in estate.

#### Diversità biotica

Parallelamente alla ricchezza specifica, l'indice di diversità di Shannon ha un netto andamento stagionale, con picchi nei prelievi estivi (fig. 7). I valori più bassi sono sempre al livello B.

In corrispondenza dei picchi di luglio-settembre, ai livelli D ed E ancora la st. 6 ha un diversità elevata rispetto alle rimanenti, che risultano fra loro abbastanza omogenee. Sul lato posteriore dei pannelli si registra una situazione analoga, sebbene meno marcata.

L'indice di equitabilità ha un andamento simile alla diversità. Alcuni valori particolarmente elevati, quali quelli osservati durante i primi insediamenti primaverili, in corrispondenza di basse diversità, sono indizio non tanto di situazioni ecologicamente equilibrate, come nei mesi estivi, quanto piuttosto di situazioni estreme, caratterizzate da spiccata povertà specifica e da ricoprimenti minimi.

#### Cluster analysis

I dendrogrammi costruiti sulla base delle matrici di similarità di

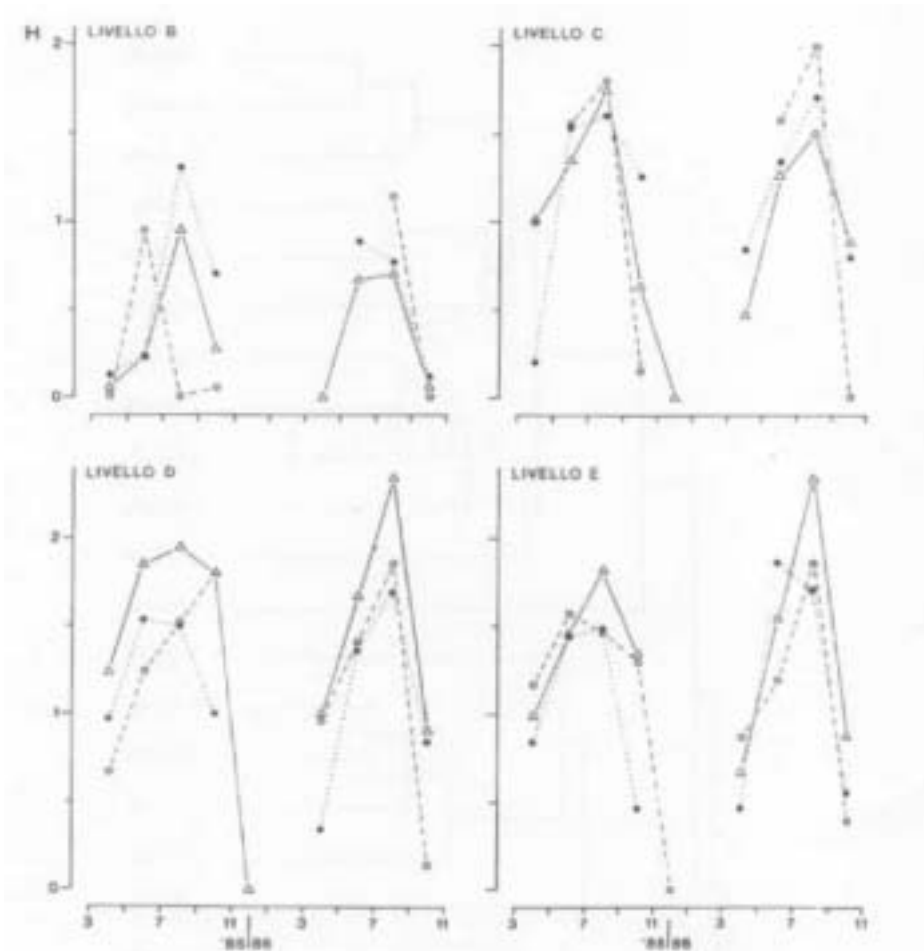


Fig. 7 - Indice di diversità di Shannon calcolato per le comunità pioniere sul lato anteriore dei pannelli. St. 2 = cerchio bianco; st. 4 = cerchio nero; st. 6 = triangolo.

Kulczynski, mostrano una marcata tendenza a dividere i prelievi estivi da quelli primaverili ed autunnali, inclusi in un unico, grande cluster.

Si nota inoltre un'elevata affinità tra prelievi eseguiti nello stesso periodo di anni diversi, indicando una certa replicabilità nella dinamica degli insediamenti, particolarmente evidente ai livelli inferiori (fig. 8).

È stato considerato infine il confronto fra le comunità delle tre stazioni al livello E nei periodi più significativi per la colonizzazione: primavera, estate e autunno del primo anno di indagine (fig. 9). Anche in questo caso è evidente l'influenza della componente stagionale: in pri-

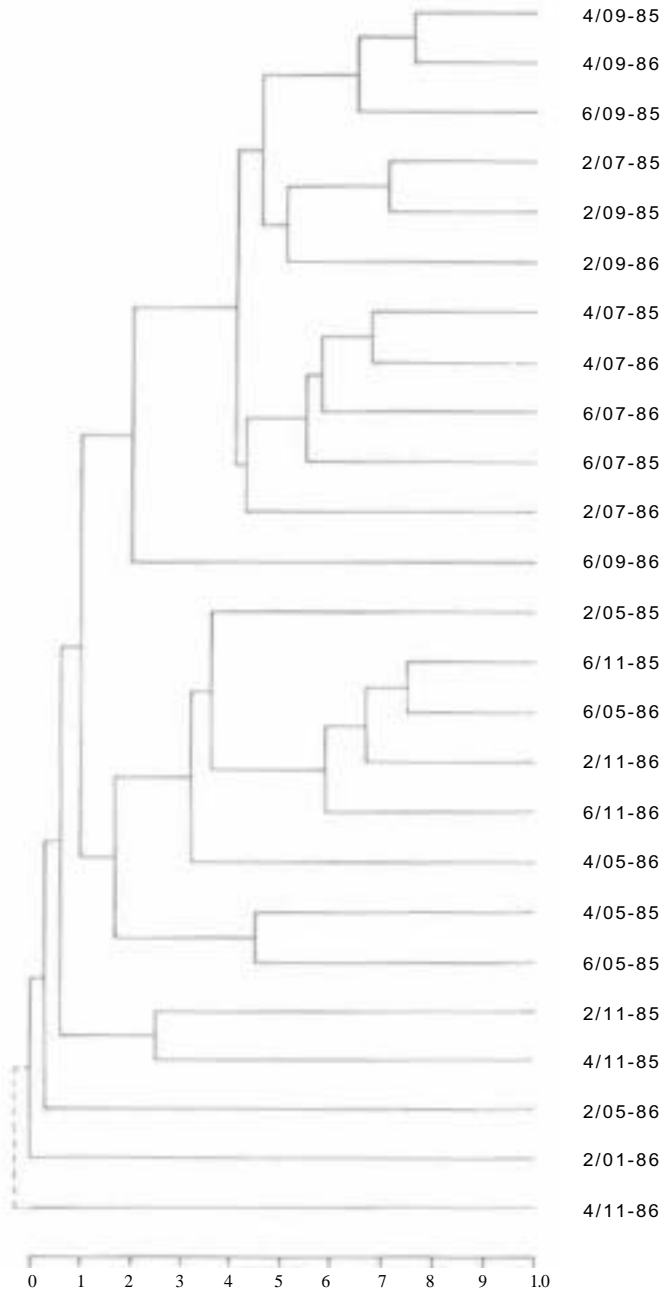


Fig. 8 - Dendrogramma di similarità secondo l'indice di Kulczynski. Il numero a sinistra delle barre di divisione indica la stazione, quello a destra la data del prelievo dei pannelli.

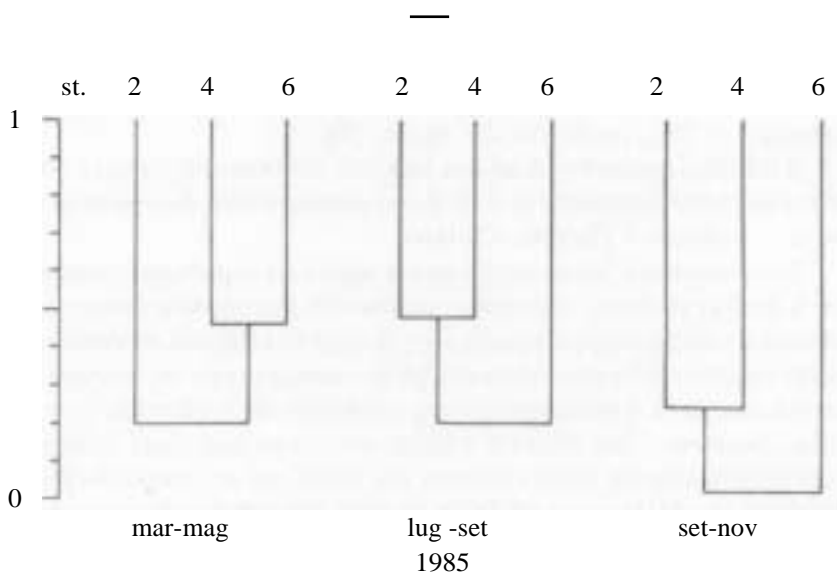


Fig. 9 - Dendrogramma di similarità secondo l'indice di Kulczynski fra le comunità insediate sul lato frontale al livello E in momenti stagionali significativi.

mavera la stazione quasi fluviale è isolata dalle rimanenti, che beneficiano dell'apporto vivificante del mare; in estate e, in modo più accentuato, in autunno si separa invece la st. 6, che ospita un elevato numero di specie con impianti anche tardivi.

## DISCUSSIONE

Fenomeno generale, ben noto in letteratura, la presenza di alghe appare limitata al lato anteriore dei pannelli, decisamente meglio illuminato rispetto a quello rivolto verso le bricole.

Fatta eccezione per questa vistosa differenza, sulle due facce la colonizzazione avviene in modo analogo, sebbene la dinamica sul lato posteriore sia maggiormente confusa (PELAIA *et al.*, 1988).

Per uniformità e per maggiore chiarezza le nostre considerazioni valgono, quindi, per la superficie anteriore, anche per agevolare il confronto con il popolamento dei pali, che è stato campionato proprio sulla porzione rivolta verso l'esterno delle bricole.

Un'ampia valenza ecologica caratterizza la maggior parte delle specie rinvenute. Un gruppo ristretto si ritrova per lo più nella st. 2: *Cordylophora caspia*, *Garveia franciscana*, *Bowerbankia gracilis* ed i Victorellidi. Questo gruppo ecologico coincide con quello segnalato da FIETTI e MARINO (cit.) per la biocenosi dei pali, e costituisce l'elemento

caratterizzante del settore propriamente estuario, dove la salinità è inferiore al 20‰, anche ad alta marea (fig. 1).

Altri taxa, legati invece ad una migliore vivificazione marina, colonizzano prevalentemente la st. 6: *Janua pagenstecheri*, *Tricellaria inopinata*, i Tunicati, i Poriferi, i Bivalvi.

Nonostante un rilevante numero di specie sia distribuito lungo tutto il profilo studiato, differenze qualitative, dovute alla presenza di elementi caratteristici, e quantitative, dovute alla diversa abbondanza, conferiscono fisionomie bionomiche ben separate alle tre stazioni. In particolare, la st. 6 è ecologicamente «distante» dalle altre due, che fra loro conservano una discreta affinità; solo in primavera la maggiore «continentalità» del settore interno, che comporta un ritardo dei primi impianti, modifica i rapporti fra le stazioni, avvicinando maggiormente la st. 4 alla st. 6 per l'influenza del bacino lagunare e dell'azione mitigatrice della marea.

Anche la struttura della comunità si modifica lungo il gradiente: diversità ed equitabilità aumentano bruscamente passando dalle prime due stazioni alla st. 6, dove le specie sono più numerose e meglio equiripartite.

L'esistenza di un gradiente ecologico longitudinale, messa in evidenza da SCONFIETTI e MARINO (cit.) per le comunità delle bricole, trova conferma anche in numerosi studi relativi a singoli taxa nella stessa zona lagunare, quali Idrozoi (MORRI, 1980), Briozoi (OCCHIPINTI AMBROGI, 1980), Serpuloidei (BIANCHI, 1983) e Crostacei Peracaridi (SCONFIETTI, 1989) ed è descritta anche da MATRICARDI *et al.* (1980) per una sacca del Delta del Po.

La dinamica stagionale degli insediamenti risulta ben evidente: da novembre a marzo i pannelli sono praticamente spogli, mentre nel periodo estivo si osservano i valori massimi del numero di specie e della diversità biologica.

Un'analogia sequenza temporale dei periodi di insediamento è descritta in due sacche del Delta del Po da RELINI *et al.* (1985) per un periodo pluriennale.

È interessante notare la ciclicità degli insediamenti: non solo le comunità pioniere primaverili ed autunnali hanno diversi tratti comuni, ma nella cluster analysis vengono spesso associati anche gli stessi periodi in anni consecutivi.

La stagionalità è molto meno evidente per le comunità «mature» delle bricole, ad eccezione delle specie caratteristiche del settore più dissalato (SCONFIETTI e MARINO, cit.).



Un ulteriore obiettivo del lavoro era quello di mettere in evidenza differenze nella zonazione verticale. Ai livelli inferiori, dove l'emersione è limitata (liv. D) oppure eccezionale (liv. E), il gradiente longitudinale risulta netto. Ai livelli più elevati di marea, invece, l'esposizione subaerea diventa l'elemento decisivo, che tende ad annullare l'effetto estuario vero e proprio ed a banalizzare il popolamento. I parametri strutturali della comunità, quindi, perdono il loro schematismo longitudinale e si uniformano intorno a valori bassi.

In particolare, è stata osservata una marcata discontinuità ecologica tra il liv. B, che ospita uno sparuto gruppetto di colonizzatori dell'alto intermareale (*Ulvee*, *Porphyra*, *Victorellidi*, *Balanus amphitrite* e qualche piccola ostrica), e i livelli inferiori. Il fenomeno è evidente anche in relazione al fattore stagionale: sempre al liv. B la colonizzazione avviene in ritardo e si conclude precocemente rispetto agli altri livelli della stessa stazione, evidentemente limitata da escursioni di temperatura più ampie a causa della prolungata emersione. Un brusco cambiamento della comunità al livello del mediolitorale inferiore era già stato notato sulle bricole in una stazione ad elevato idrodinamismo nella laguna centrale (OCCHIPINTI AMBROGI *et al.*, 1988).

Un fenomeno interessante emerge dalla distribuzione verticale nella st. 6, dove la struttura della comunità bentonica sessile è determinata più da fattori biologici che da fattori fisico-chimici. Accanto ad una tendenza generale all'incremento del numero di specie dai livelli superiori a quelli inferiori, comune a tutte le stazioni, qui si riscontrano i valori massimi al liv. D; nel liv. E, sempre immerso tranne rare occasioni, si ha un calo specifico.

Una breve emersione ciclica, quindi, sembrerebbe stimolare una maggiore varietà biologica, almeno in questi popolamenti pionieri: al liv. D troverebbero spazio, negli stadi iniziali della colonizzazione, sia organismi dell'intermareale sia altri, più esigenti, dei livelli inferiori, che tollerano, però, una parziale esposizione subaerea.

Questo aspetto potrebbe, d'altra parte, essere transitorio, legato cioè al breve periodo di permanenza in acqua dei substrati. Infatti, all'interno di comunità più mature, come sulle bricole, l'equilibrio non è più legato solo alla dinamica a breve termine degli insediamenti, ma a quella più complessa e duratura dell'intero ciclo biologico delle specie. Si può ipotizzare, quindi, che l'evoluzione a medio e lungo termine della colonizzazione porti ad escludere l'uno o l'altro gruppo di colonizzatori in relazione al livello occupato.

## CONCLUSIONI

La serie di osservazioni, che ha coperto due cicli completi di colonizzazione, ha consentito di definire una complessa dinamica ecologica risultante dalla interazione di tre componenti macroscopiche: a) la distribuzione longitudinale, in relazione al marcato gradiente estuariale, b) la ciclicità degli insediamenti, sincronizzata dal ritmo stagionale; c) la distribuzione verticale, resa evidente da una fascia di marea relativamente estesa.

I quattro livelli colonizzati coprivano una fascia verticale di m 1,2; in relazione, quindi, all'escursione di marea dell'Alto Adriatico, il pannello inferiore E si trovava praticamente sempre immerso. Qui si è mostrata particolarmente marcata la zonazione longitudinale, espressa soprattutto dalle variazioni di salinità, che determina un incremento netto di ricchezza specifica e di diversità verso il polo marino, particolarmente evidente nella fase di massima colonizzazione estiva.

Al contrario, ai livelli superiori B e, in parte, C il ruolo ecologico determinante viene svolto dall'esposizione subaerea, che limita la colonizzazione a pochi elementi specializzati.

L'influenza stagionale interviene sia sulla zonazione longitudinale che su quella verticale: l'inverno è prolungato nella st. 2, più continentale, ed al liv. B di tutte le stazioni, esposto in modo più diretto all'ambiente subaereo.

La valutazione comparativa dei dati di insediamento delle comunità pioniere, in rapporto alle comunità insediate sui substrati permanenti della laguna, come le bricole, non può prescindere dal considerare ipotesi diverse sui meccanismi di successione (cfr. OSMANN, 1977). BREITBURG (1985) e HIRATA (1987 e 1991), ad esempio, sottolineano l'importanza degli eventi di intenso reclutamento larvale su substrati nudi nel determinare la successiva struttura del popolamento e considerano la competizione per lo spazio il principale meccanismo di successione. HARMIS e ANGER (1983) evidenziano la possibilità di successioni che portano in anni diversi a diverse comunità finali, in dipendenza da variazioni interannuali del reclutamento e dell'incidenza di fenomeni stocastici di disturbo. KEEN e NEILL (1980) e WAHL (1989) osservano una notevole eterogeneità in substrati sperimentali fra loro vicini e considerano con attenzione i fenomeni di epibiosi che condurrebbero ad associazioni preferenziali fra specie.

I dati in nostro possesso suggeriscono una forte influenza della competizione per lo spazio sin dagli inizi della colonizzazione (oltre il

200% di ricoprimento sui pannelli immersi nei mesi estivi, in tutte le stazioni) ed un'evidente influenza dei fattori ambientali nel «pilotare» la successione, con esiti abbastanza prevedibili ai livelli superficiali, sottoposti a stress fisico-chimici, e più articolati nei livelli più profondi. Il presente lavoro conferma l'utilità dello studio delle comunità fouling per la caratterizzazione dei sistemi estuari, nel percorso compreso tra le acque interne ed il mare (MATRICARDI *et al.*, 1980; MOOK, 1980; HARDWICK-WITMAN e MATHIESON, 1983). I risultati ottenuti ci sembrano, quindi, sufficientemente stimolanti per giustificare il proseguimento delle ricerche, allo scopo di verificare anche sperimentalmente i complessi di fattori ambientali che caratterizzano i sistemi estuari.

#### RIASSUNTO

Si prendono in considerazione le comunità intermareali di substrato coerente insediate su pannelli in legno immersi e prelevati con cadenza bimestrale in tre stazioni lungo il gradiente ecologico della foce del Dese verso la Bocca di porto di Lido, nella Laguna di Venezia.

Durante i cicli di colonizzazione sono state censite 36 specie animali e 7 alghe, valutandone il ricoprimento percentuale ed esaminando alcuni parametri strutturali della comunità (ricchezza specifica, diversità biotica, similarità fra prelievi e fra stazioni).

La dinamica ecologica è la risultante di tre componenti: a) la distribuzione longitudinale in relazione al marcato gradiente estuario (esistono specie esclusive della stazione più interna ed altre tipicamente legate alla vivificazione marina, inoltre le comunità pioniere aumentano la loro complessità spostandosi verso il mare); b) la ciclicità degli insediamenti, particolarmente evidente nella stazione più interna, sincronizzata dal ritmo stagionale (la maggior parte delle specie si insedia tra luglio e settembre); c) la distribuzione verticale (le comunità dei livelli superiori sono drasticamente semplificate, con una netta discontinuità rispetto a quelle prevalentemente immerse).

#### ABSTRACT

*Ecology and dynamics of benthic communities on experimental plates along an estuarine gradient in the lagoon of Venice.*

The intertidal biological assemblages on bi-monthly wood panels in three stations along an ecological gradient from the river Dese estuary in the lagoon of Venice have been studied.

During two cycles of colonization 36 animal and 7 algal taxa have been found and the percent cover of each has been recorded at 4 tidal levels along with the evaluation of some structural parameters of the community such as species richness, biotic diversity and similarity.

The ecological dynamics is governed by the interaction of three main factors:

- a) the longitudinal distribution corresponding to the strong estuarine gradient (a few species are restricted to the innermost station while some other are more linked to marine influx); besides the community progressively increases its structural complexity moving towards the sea;
- b) the seasonal cycle of settlement periods (most species are settling from July to September);
- e) the vertical distribution (a drastic reduction in the uppermost two panels and a marked increase in species richness, diversity and total covering in the deeper ones).

#### BIBLIOGRAFIA

- BARBARO A. e FRANCESCON A., 1976a - Gradienti ecologici riflessi nella composizione del fouling nella Laguna Veneta settentrionale. *Archo. Oceanogr. Limnol.*, **18(3)**: 227-229.
- BARBARO A. e FRANCESCON A., 1976b - I periodi di insediamento dei principali organismi del fouling nelle acque di Venezia. *Archo. Oceanogr. Limnol.*, **18(3)**: 195-216.
- BIANCHI C.N., 1983 - Ecologia e distribuzione dei Policheti Serpuloidei nella laguna di Venezia (Adriatico Settentrionale). *Arti Mus. civ. St. nat. Trieste* **35**: 159-172.
- BOUDOURESQUE J.F., 1971 - Méthodes d'étude qualitative et quantitative du benthos (en particulier du phytobenthos); *Tethys*, **3**: 79-104.
- BREITBURG D.L., 1985 - Development of a subtidal epibenthic community: factors affecting species composition and the mechanism of succession. *Oecologia* (Berlin), **65**: 173-184.
- CANDELA A., SCONFETTI R. e TORELLI A., 1983 - Ricerche sperimentali sulla dinamica stagionale delle zoocenosi intermareali della Laguna di Venezia. *Boll. Mus. civ. St. nat. Venezia*, **33**: 23-72.
- CANDELA A., SCONFETTI R. e TORELLI A., 1985 - Ricerche sperimentali sulla dinamica stagionale delle zoocenosi intermareali della Laguna di Venezia (seconda parte). *Boll. Mus. civ. St. nat. Venezia*, **34**: 7-27.
- DAGET J., 1976 - Les modèles mathématiques en écologie, *Masson Ed. Paris*, 172 pp.
- DAZZI R., H IREL B. e NYFFELER F., 1976 - Considerazioni ecologiche e circolazione idraulica nella parte di Laguna Nord soggetta ad apporti di acqua dolce (la foce del Dese). *Archo. Oceanogr. Limnol.*, **18(3)**: 451-465.
- FRANCESCON A. e BARBARO A., 1975/76 - Distribuzione del fouling lungo i canali Marghera-Mare. *Atti Ist. ven. Sci. Lett. Arti*, **134**: 33-45.
- FRANCO P., 1964 - Osservazioni sulle comunità fouling nel porto-canale di Malamocco (Laguna Veneta). *Ricerca Scientifica*, **4(1)**: 35-44.
- HARDWICK-WITMAN M.N. e MATHIESON A.C., 1983 - Intertidal macroalgae and macroinvertebrates: seasonal and spatial abundance patterns along an estuarine gradient. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **16**: 113-129.
- HARMS J. e ANGER K., 1983 - Seasonal, annual and spatial variation in the development of hard bottom communities. *Helgolander Meeresunters.*, **36**: 137-150.
- HIRATA T., 1987 - Succession of sessile organisms on experimental plates immersed in

- Nabeta Bay, Izu Peninsula, Japan. IL Succession of invertebrates. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **38**: 25-35.
- HIRATA T., 1991 - Succession of sessile organisms on experimental plates immersed in Nabeta Bay, Izu Peninsula, Japan. 111. Temporal changes in community structure. *Ecol. Res.*, **6**: 101 -111.
- KEEN S.L. e NEILL W.E., 1980-Spatial relationships and some structuring processes in benthic intertidal animal communities. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, **45**: 139-155.
- MATRICARDI G., RELINI G. e DIVIACCO G., 1980 - Macrofouling of a lagoon in the Po river delta. In: 5th Congress on marine corrosion and fouling. Marine Biology, *Garsi Ed.*, Madrid: 45-60.
- MIZZAN L. & MORETTI G., 1990 - Dati sull'insediamento e sull'accrescimento del macrofouling su pannelli metallici nel Porto-Canale di San Nicolò (Laguna di Venezia) . *Boll. Mus. civ. St. nat. Venezia*, **41**: 55-89.
- MOOK D., 1980 - Seasonal variation in species composition of recently settled fouling communities along an environmental gradient in the Indian River Lagoon, Florida. *Estuar. Coast. mar. Sci.*, **2**: 573-581.
- MORRI C., 1980 - Contributo alla conoscenza degli Idrozoi lagunari italiani: Idropolipi della Laguna veneta settentrionale. *Bull. Mus. civ. St. nat. Venezia*, **31**: 85-93.
- NUMANN W. e BETH K., 1955 - Die Ansiedlungszeiten der wichtigsten Bewuchsorten in der nordlichen Adria. *Hydrobiologia*, **3**: (1-B7): 1-33.
- OCCHIPINTI AMBROGI A., 1980 - Contributo alla conoscenza dei Briozoi della Laguna veneta settentrionale. *Boll. Mus. civ. St. nat. Venezia*, **31**: 95-109.
- OCCHI PINTI AMBROGI A., 1985 - The zonation of Bryozoans along salinity gradients in the Venice Lagoon (Northern Adriatic). In: C. Nielsen & G.P. Larwood (Eds.) Bryozoa: Ordovician to Recent. *Olsen & Olsen*, Fredensborg: 221-231.
- OCCHIPINTI AMBROGI A., BIANCHI C.N., MORRI C. & SCONFIETTI R., 1988 - Recherches sur la zonation verticale du macrobenthos sessile dans la lagune de Venise. *Cali. Biol. mar.* **29** (3): 297-311.
- OSMANN R.W., 1977 - The establishment and development of a marine epifaunal community. *Ecol. Monogr.*, **47**: 37-63.
- PELAIA S., OCCHIPINTI AMBROGI A. e SCONFIETTI R., 1988 - Recherches expérimentales sur les communautés benthiques le long d'un gradient d'estuaire dans la lagune de Venise. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, **31**(2): 58.
- PISANO E. e BOYER M., 1985 - Development pattern of an infralittoral Bryozoan community in the Western Mediterranean Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **27**: 195-202.
- RELINI G.,FRANCESCON A. e BARBARO A., 1972 - Osservazioni sistematico ecologiche sulla distribuzione dei cirripedi toracici nella Laguna di Venezia. *Atti Ist. ven. Sci. Lett. Arti*, **130**: 433-448.
- RELINI G., MATRICARDI G., DIVIACCO G., BIANCHI C.N., MORRI C, e PISANO E., 1985 - Il macrobenthos di substrato duro nell'area deltizia padana. *Nova Thalassia*, **7** ( suppl. 2): 253-280.
- SCONFIETTI R., 1987 - Ecologia dinamica di popolamenti estuariali a Crostacei Peracaridi nel tratto lagunare del fiume Dese (Mare Adriatico, Laguna di Venezia). Tesi di Dottorato 189 pp.
- SCONFIETTI R., 1989 - Ecological zonation and dynamics of hard-bottom communi-

- ties along the lagoon estuary of the river Dese (Lagoon of Venice, Northern Adriatic Sea).  
*Riv. Idrobiol.*, 28(1-2): 3-31.
- SCONFIETTI R., 1993 - Gradienti ecologici nella laguna di Venezia: metodi a confronto nello studio e nella scelta delle tassocenosi. Atti X Convegno Gruppo Ecologia di Base « G. Gadio», Padova: 201-222.
- SCONFIETTI R. e MARINO E., 1989 - Patterns of zonation of sessile macrobenthos in a lagoon estuary (Northern Adriatic Sea). In: Topics in marine Biology, *Ros J.D. (Ed.) Scient. mar.*, 53: (2-3): 655-661.
- SCONFIETTI R. e SOFFIANTINI R., 1990-Variazioni di alcuni parametri idrologici in relazione a cicli mareali in un estuario lagunare veneto e loro implicazioni ecologiche. Atti 8° Convegno A.I.O.L.: 573-584.
- SHANNON C.E. e WEAVER W., 1949 - The mathematical theory of communication. *University of Illinois Press*, Urbana, 117 pp.
- SNEATH P.H.A. e SOKAL R.R., 1973 - Numerical Taxonomy. *W.H. Freeman*, San Francisco, 573 pp.
- WAHL M., 1989 - Marine Epibiosis. I. Fouling and antifouling: some basic aspects. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 58: 175-189.

Indirizzo degli Autori:

Sconfietti R.: Dip. Genetica e Microbiologia  
Università di Pavia, Sez. Ecologia Piazza Botta,  
10  
I-27100 Pavia

Pelaia S.: Dip. Genetica e Microbiologia  
Università di Pavia, Sez. Ecologia Piazza  
Botta, 10  
I-27100 Pavia

Occhipinti Ambrogi A.: Dip. di Scienze dell'Ambiente e del Territorio  
Università di Milano  
Via Emanuelli, 15  
I-20126 Milano