

COLONIZZAZIONE DI MACROEPIFITI ALGALI SU *POSIDONIA OCEANICA* (L.) DELILE LUNGO IL LITORALE SLOVENO (GOLFO DI TRIESTE - NORD ADRIATICO)

Martina ORLANDO

TV Koper-Capodistria, SI-6000-Capodistria, Via O.F. 12

Guido BRESSAN

Dipartimento di Biologia dell'Università degli studi di Trieste, IT-34127 Trieste, Via Licio Giorgieri 10

SINOSI

Posidonia oceanica è la fanerogama endemica del Mediterraneo. Dagli anni '60 ad oggi, *P. oceanica* ha subito, nel Golfo di Trieste, un ampio degrado, tanto che l'unica prateria rimasta in vita si trova lungo la costa slovena, tra le città di Capodistria ed Isola. Le foglie di *P. oceanica*, oggetto del presente lavoro, sono state raccolte a partire dal maggio 1994, a intervalli di un mese per tutto un anno (fino all'aprile 1995), nell'ultima "macchia" presente in direzione della città di Isola.

Sono stati contati il numero di ciuffi per m² di superficie e il numero di foglie per ciuffo; è stata misurata la lunghezza delle foglie e per ogni specie macroepifita determinata sono stati contati gli individui e registrata la distribuzione lungo la foglia divisa in terzi. Da quanto è emerso dal presente studio si può affermare che il numero medio di foglie per ciuffo e la lunghezza media delle foglie più esterne risulta maggiore nei mesi estivi (in pieno accordo con la letteratura scientifica) per influenza soprattutto della temperatura; non è evidenziabile, altresì, un "effetto faccia" delle foglie isolaterali di *P. oceanica*, dovuto a un diverso ricoprimento di macroepifiti algali (esposti alla luce); lo strato incrostante è quello maggiormente sviluppato. I macroepifiti algali manifestano, durante il processo di colonizzazione dell'ospite, una "tendenza distributiva" in modo che il numero di specie e di individui diminuisce dall'apice verso la base della foglia. È stata messa in evidenza una relazione lineare tra la durata del fotoperiodo e il numero di specie di macroepifiti algali della base e tra il fotoperiodo e il numero di individui presenti sui diversi tratti fogliari considerati. I valori dell'indice di diversità di Shannon-Wiener, calcolati per i tratti basali, sembrerebbero indicare l'esistenza di una ciclicità della struttura del popolamento di macroepifiti algali su queste foglie.

Parole chiave: *Posidonia oceanica*, macroepifiti, indice di diversità, Golfo di Trieste, Slovenia

INTRODUZIONE

Le praterie di *Posidonia oceanica* (L.) Delile, rappresentano il sistema a fanerogame più esteso nel Mediterraneo ed uno dei più produttivi dell'ambiente litorale (Hartog, 1970, 1977). Numerose ricerche analizzano i vari aspetti di queste praterie, come ad esempio: la struttura; la comunità epifita di foglie e rizomi; la fauna associata a tale sistema (Ben Var Den, 1971; Giraud,

1977; Giraud *et al.*, 1979; Boudouresque *et al.*, 1981, 1989; Colantoni *et al.*, 1982; Mazzella *et al.*, 1981, 1984, 1986, 1989; Buia *et al.*, 1985, 1989; Cinelli *et al.*, 1984; Cinelli, 1995; Pergent & Pergent-Martini, 1995).

Nel Golfo di Trieste *P. oceanica* ha subito, dagli anni '60 a oggi (Simonetti, 1966, 1972; AA. VV. 1970; Rossi & Orel, 1968; Orel *et al.*, 1981/82; Caressa *et al.*, 1995), un ampio degrado:

- Nella parte occidentale, soprattutto in alcune aree

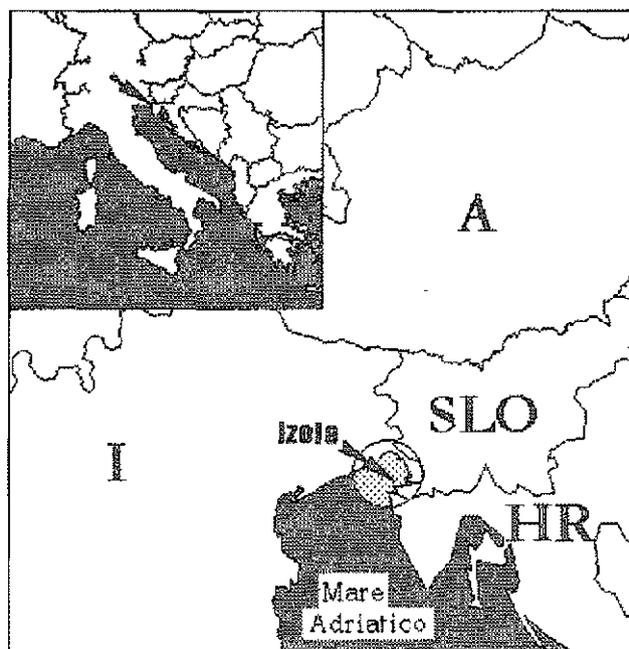


Fig. 1: Area di studio.

Sl. 1: Zemljevid obravnavane območja.

prospicienti il litorale gradese, questa specie si è ridotta a pochi ciuffi (Cainer, 1994). Si tratta di formazioni limitate che non raggiungono lo "status" di praterie, ma costituiscono piuttosto zolle isolate di piccole dimensioni che si trovano ad una profondità varia, tra 3 e 4,5 metri (Cainer, 1994);

- Nella parte orientale, lungo la costa slovena, tra le città di Capodistria e Isola, si trova ancora una "prateria" (s.l.) di questa specie (Vuković, 1982a-b; Vuković & Turk, 1995) (fig. 1). Probabilmente a causa di variazioni importanti del regime sedimentario (e dunque della trasparenza e penetrazione della luce), *P. oceanica* si trova in questo biotopo solo sottocosta. La pianta vive, su un substrato sabbioso, più o meno misto a fango, in raggruppamenti distinti fra loro, che nel complesso conferiscono alla "prateria" un tipico aspetto "a macchie" (Colantoni *et al.*, 1982). Va segnalato che, ai margini delle macchie di *P. oceanica* nella Baia di Capodistria, si riscontra con frequenza la presenza di un prato di *Cymodocea nodosa* Asch., che potrebbe essere interpretato come preparatorio (Pergent & Pergent-Martini, 1995) al *Posidonietum oceanicae* (Moliniér-Picard, 1960), associazione climax di fondi marini mediterranei.

In un quadro di generale regressione di fanerogame marine nel Golfo di Trieste (Bressan & Odorico, 1993; Odorico & Bressan, 1993a-b) lo studio di popolamenti relitti di *P. oceanica* nella Baia di Capodistria è sembrato improcrastinabile sia sotto il profilo di una caratterizzazione fenologica delle macroalghe epifite, che del processo di colonizzazione di queste alghe sulle foglie dell'ospite.

MATERIALI E METODI

I campioni di *P. oceanica* sono stati raccolti, a partire dal maggio 1994, a intervalli di un mese per tutto un anno (fino ad aprile 1995), nell'ultima "macchia" presente in direzione della città di Isola (Slovenia), in prossimità della strada costiera (Lat 45° 33' 00" N, long 13° 41' 40" e 13° 42' 20" E). Si tratta di una cintura larga approssimativamente cinquanta metri, che si espande per un tratto di circa un chilometro (Vuković & Turk, 1995); il limite batimetrico superiore di queste "macchie" punto in cui si incontrano le prime fanerogame partendo dalla linea di costa, varia tra 0,5 m e 1 m, a seconda delle condizioni di marea, il limite batimetrico inferiore, punto in cui le "macchie" terminano in profondità, non supera i 4 m. In una di queste "macchie" è stato marcato un punto di riferimento come centro di un'area di campionamento di un metro di diametro, da cui sono stati prelevati ogni mese tre ciuffi di *P. oceanica*, ad una profondità di due metri circa. La densità (δ) della macchia è stata misurata nel punto di riferimento con l'aiuto di un quadrato di 50 centimetri di lato. La superficie del quadrato (250 cm²), rappresentativa per la misurazione, è stata determinata sperimentalmente ($\delta \approx$ costante). È stato contato il numero di foglie per ciuffo ed è stata misurata la lunghezza delle foglie oggetto del rilevamento. Di ogni ciuffo è stata presa in esame la foglia più esterna, più vecchia e spesso la più epifitata, pertanto più utile per la caratterizzazione fenologica dei macroepifiti algali.

Le foglie utilizzate per lo studio sui macroepifiti

algali, sono state suddivise in tre parti uguali in lunghezza: tratto apicale, tratto intermedio e tratto basale. Da un'accurata osservazione risulta che tali foglie non mostrano un "effetto faccia" (Chessa *et al.*, 1982). Ciò significa che non esiste praticamente differenza quantitativa tra il ricoprimento degli epifiti algali di una delle superfici fogliari rispetto all'altra.

Allo scopo di evidenziare eventuali periodicità/stagionalità dei macroepifiti algali nel periodo considerato (12 mesi), sono state registrate serie storiche di dati: a) qualitativi, sulla presenza-assenza di specie sui diversi tratti di foglia; b) quantitativi, relativamente alle variazioni del numero di specie e al numero di individui per specie. I dati quantitativi sono stati rilevati su 3 repliche (foglie) mensili dei 3 tratti in cui è stata suddivisa ogni foglia, per un totale di 108 rilievi.

L'elaborazione dei dati con metodi di analisi multivariata (cluster analysis) è stata impiegata in modo complementare per cercare di descrivere le variazioni qualitative del popolamento, di individuare le cause di queste variazioni e di predirne gli stati.

La rappresentazione grafica delle relazioni di somiglianza all'interno delle matrici è stata ottenuta mediante dendrogrammi relativi alle specie (variabili dipendenti) ed ai rilievi (variabili indipendenti) sulla base dell'applicazione dell'indice di Gower (1971) (fig. 2 a e 2 b).

L'Indice di Diversità (ID; fig. 8) è stato calcolato secondo la formula dell'entropia (H') di Shannon & Wiener (1949):

$$H' = -\sum p(i) * \ln(p_i) \quad i=1,5$$

RISULTATI E DISCUSSIONE

Durante il periodo di sperimentazione il numero medio di foglie per ciuffo dei campioni mensili è variato da un minimo di 5,33, riscontrato nei mesi di novembre e dicembre, ad un massimo di 7,33 in giugno e luglio.

La lunghezza media delle foglie più esterne dei ciuffi considerati, è variata durante l'anno di sperimentazione da un minimo di 37,3 cm in ottobre, ad un massimo di 52,4 cm in luglio.

In accordo con quanto riportato in letteratura, il numero medio di foglie per ciuffo e la lunghezza media delle foglie più esterne sembrano essere variati, anche qui, per influenza di fattori climatici quali ad es. la temperatura che condiziona i ritmi di accrescimento di *P. oceanica* (Buia & Mazzeffa, 1989).

Nel mese di settembre 1995 è stata rilevata la densità media della "macchia", che è risultata 388 ciuffi/m².

Le specie algali macroepifite ritrovate su *P. oceanica* (tutte già, più o meno frequentemente, segnalate nel Golfo di Trieste in ricerche precedenti (Tschet, 1906; Giaccone & Pignatti, 1967; Lausi, 1967; Pignatti &

Giaccone, 1967; Pignatti, 1973; Vuković, 1980; Franzosini *et al.*, 1984; Franzosini & Bressan, 1988; Munda, 1988, 1991; Bressan *et al.*, 1990) sono:

**Tab. 1: Macroepifiti algali su *P. oceanica*.
Tab. 1: Makroepifiti na pozejdonki.**

CHLOROPHYCOPHYTA	
ULOTRICHALES	
ULVELLACEAE	
<i>Ulveella setchellii</i> P.J.L. Dangeard	Ulv stc
ULVACEAE	
<i>Ulva laetevirens</i> L.	Ulv ltv
CLADOPHORALES	
CLADOPHORACEAE	
<i>Cladophora prolifera</i> (Roth) Kutzing	Cld prl
<i>Cladophora echinus</i> (Biaioletto) Kutzing	Cld ech
CHROMOPHYCOPHYTA	
DICTYOSIPHONALES	
GIRAUDIACEAE	
<i>Giraudia sphacelarioides</i> Derbès et Solier	Grd sph
CHORDARIALES	
CHORDARIACEAE	
<i>Cladosiphon cylindricus</i> (Sauv.) Kylin	Cld cln
MYRIONEMATAACEAE	
<i>Ascocyclus orbicularis</i> (J. Agardh) Kjellman	Asc orb
RHODOPHYCOPHYTA	
CORALLINALES	
CORALLINACEAE	
<i>Hydrolython cruciatum</i> (Bressan) Chamberlain	Hdr crc
<i>Hydrolython farinosum</i> (Lamouroux) Penrose et Chamberlain	Hdr frn
<i>Pneophyllum fragile</i> Kutzing	Pne frg
<i>Titanoderma corallinae</i> (Hauck) Woelkerling, Chamberlain et Silva	Ttn crl
<i>Titanoderma pustulatum</i> (Lamouroux) Naeg.	Ttn pst
CERAMIALES	
<i>Polysiphonia denudata</i> (Dillwyn) Greville	Pls dnd
<i>Polysiphonia furcellata</i> (C. Agardh) Harvey	Pls frc
<i>Polysiphonia nigrescens</i> (Hudson) Greville	Pls ngr
<i>Lophosiphonia scopulorum</i> (Harvey) Womersley	Lph scp
DASYACEAE	
<i>Heterosiphonia wurdemannii</i> (Bailey) Falkenberg	Htr wrd
CERAMIACEAE	
<i>Antithamnion tenuissimum</i> (C. Agardh) Nägeli	Ant tns
<i>Callithamnion corymbosum</i> (J.E. Smith) Lyngbye	Clf crm
<i>Ceramium cingulatum</i> Weber van Bosse	Crm cng
<i>Ceramium tenerrimum</i> (J. Martens) Okamura	Crm trn
BANGIALES	
ERYTHROPELTIDACEAE	
<i>Erythrotrichia carnea</i> (Dillwyn) J. Agardh	Ert crn
GONIOTRICHALES	
GONIOTRICHACEAE	
<i>Stylonema alsidii</i> (Zanardini) K. Drew.	Stl als
RHODYMENIALES	
CHAMPIACEAE	
<i>Chylocladia verticillata</i> (Lightfoot) Bliding	Chl vrt

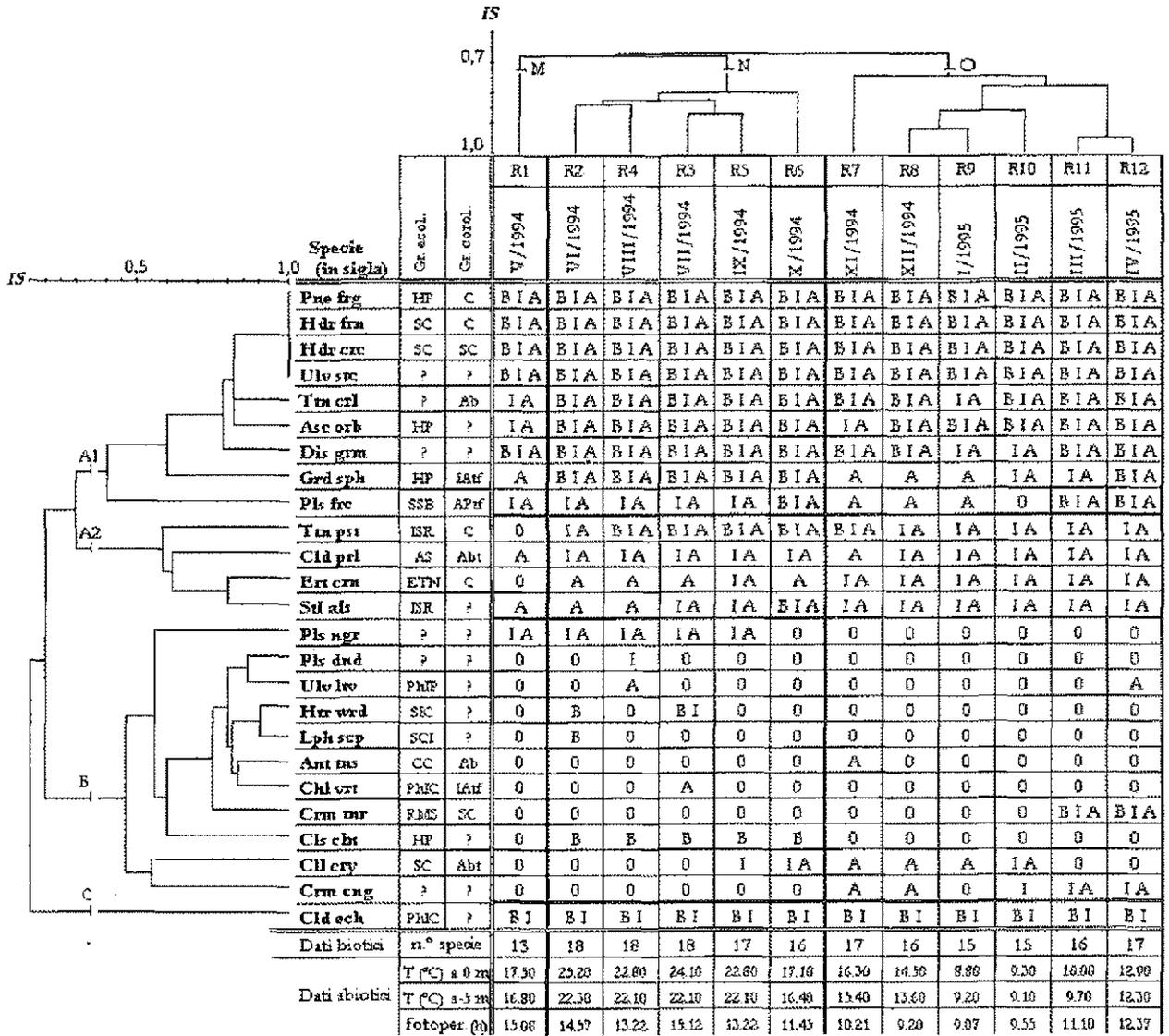


Fig. 2: Dati qualitativi di presenza - assenza di macroepifiti algali sui tratti Basale, Intermedio ed Apicale della foglia di *P. oceanica*, riordinati in base alle similitudini evidenziate dai dendrogrammi. A) Dendrogramma relativo alle specie. B) Dendrogramma relativo ai mesi di rilevamento.

Sl. 2: Kvalitatívni podatki o navzočnosti makroepifitskih alg na bazalnih, intermediarnih in apikalnih delih lista pozejdonce, prikazani v obliki dendrogramov. A) Dendrogram, izrisan na podlagi vrst. B) Dendrogram, izrisan na podlagi sezonske dinamike naseljevanja epifitov.

Per la nomenclatura delle specie citate sono stati seguiti fondamentalmente i seguenti testi: Gallardo et al., (1993); Giaccone et al., (1994); Bressan & Babbini, (1996); Silva et al., (1996).

La distribuzione delle specie di macroepifite algali (fig. 3) sulle foglie di *P. oceanica* raccolta nella baia di Capodistria non è risultata omogenea. L'applicazione dell'analisi multivariata ha permesso di mettere in evidenza (fig. 2 a e 2 b) una certa "tendenza distributiva", più o meno marcata, di alcune specie sia rispetto ai tratti di foglia presi in esame (1), sia rispetto ai mesi di

rilevamento (2).

Rispetto alla topografia fogliare si sono potute distinguere specie insediate:

a) su singoli tratti di foglia:

- tratto basale: *Cladosiphon cylindricus*, *Lophosiphonia scopulorum*, *Heterosiphonia wurdemannii*;
- tratto intermedio: *Polysiphonia denudata*;
- tratto apicale: *Ulva laetevirens*, *Anthithamnion tenuissimum*, *Chylocladia verticillata*.

su tratti di foglia diversi, ma contigui:

- basali e intermedi: *Cladophora echinus*;
- intermedi e apicali: *Polysiphonia nigrescens*, *Cladophora*

dophora prolifera, *Erythrotrichia carnea*, *Callithamnion corymbosum*, *Ceramium cingulatum*;

Altre specie non sembrano avere avuto alcuna "tendenza distributiva" nel corso di questa sperimentazione, dal momento che sono state rinvenute indistintamente su tutti i tratti di foglia. Tra queste specie: *Pneophyllum fragile*, *Hydrolithon farinosum*, *Hydrolithon cruciatum*, *Ulvella setchellii* sono più frequenti (12/12 mesi); altre specie: *Titanoderma corallinae*, *Ascocyclus orbicularis* e dischi germinativi di Ulvales sono un meno frequenti (10/12 mesi).

Lo strato incrostante è quello maggiormente sviluppato, rappresentato da specie appartenenti a diversi gruppi ecologici, che Boudouresque (1984) ha definito per il settore settentrionale del Mediterraneo occidentale, ma soprattutto a: HP (Herbier des Posidonies) come *Pneophyllum fragile* e *Ascocyclus orbicularis*, e SC (Sciaphile de mode relativement calme) come *Hydrolithon farinosum* e *H. cruciatum*. Tali specie presentano una copertura molto estesa sulla foglia di *Posidonia*, con un numero di individui relativamente elevato (Orlando, 1995). Le specie erette (ad es. *Giraudia sphacelarioides* e *Polysiphonia furcellata*) si insediano o sul tallo delle specie incrostanti (epifiti di 2° ordine) o direttamente sulla foglia, negli spazi liberi lasciati dalle Corallinaceae.

Il rapporto fitosociologico tra alcuni dei macroepifiti algali rilevati porta al riconoscimento di un'associazione caratteristica tra le angiosperme marine, descritta in letteratura come: *Myrionemo - Giraudietum sphacelarioidis* Van der Ben (1971); tale associazione non sarebbe però esclusiva delle foglie di *P. oceanica* (Giaccone et al., 1984), poiché si può riscontrare, anche se impoverita, su altre angiosperme marine (Buia et al., 1996) e su alcune fronde di Cistoseire dell'Infralitorale (Giaccone et al., 1984).

La durata relativamente circoscritta di questa sperimentazione non consente di distinguere tra "tendenza distributiva" dei singoli macroepifiti algali sulle foglie di *P. oceanica* e vera e propria "elettività specifica topografica" derivante da una particolare reattività dei macroepifiti al sinergismo dei fattori ambientali. Sulla base di queste osservazioni preliminari e per estensione al Nord Adriatico dei gruppi ecologici statistici di appartenenza delle singole specie (Boudouresque, 1984), è pensabile che una distribuzione elettiva sia probabile solo se verificata sul medio lungo periodo.

Rispetto alla presenza temporale le specie riordinate secondo il dendrogramma (fig. 2 a) sembrano divise, ad una soglia di affinità di 0,31, in tre grandi raggruppamenti (A1 e A2; B; C):

a) un primo gruppo (fig. 2 a - clusters A1 e A2) è costituito da specie presenti per tutto il tempo di sperimentazione (12/12 mesi) su tutta la foglia (BIA - tranne qualche eccezione):

* senza variazione di distribuzione lungo la foglia

(specie che non portano alcuna informazione): *Pneophyllum fragile*, *Hydrolithon farinosum*, *H. cruciatum* e *Ulvella setchellii*.

con variazioni temporali di distribuzione lungo la foglia:

- variazioni minime (1/12 mesi - 2/12 mesi) tra tratti contigui di foglia: *Titanoderma corallinae*, *Ascocyclus orbicularis* e dischi germinativi di Ulvales (variazioni circoscritte soprattutto ai mesi relativamente più freddi);

- variazioni anche rilevanti (ma sempre tra tratti contigui) (fig. 2 a): *Giraudia sphacelarioides* (cluster A1) e *Titanoderma pustulatum* (cluster A2) (soprattutto nei mesi relativamente più caldi), *Polysiphonia furcellata*, *Cladophora prolifera*, *Erythrotrichia carnea*, *Stylonema alsidii*. In particolare nel corso dell'anno di sperimentazione *Stylonema alsidii* è stata rilevata su tratti di foglia progressivamente diversi.

b) un secondo gruppo (fig. 2 a - cluster C): è costituito da una singola specie (*Cladophora echinus*), presente per tutto il tempo di sperimentazione (12/12 mesi) ma solo sui tratti intermedio e basale (BI).

c) un terzo gruppo (fig. 2 a - cluster B) è costituito da specie con presenza discontinua perché limitata a determinati periodi dell'anno, anche molto circoscritti (presenza talvolta effimera o comunque occasionale):

periodi relativamente caldi con specie più frequenti: *Polysiphonia nigrescens* e *Cladosiphon cylindricus* (5/12 mesi) e meno frequenti: *Heterosiphonia wurdemannii* (2/12 mesi); *Polysiphonia denudata*, *Lophosiphonia scopulorum* e *Chylocladia verticillata* (1/12 mesi) effimere od occasionali;

periodi relativamente freddi con specie più frequenti: *Callithamnion corymbosum* (6/12 mesi) e *Ceramium cingulatum* (5/12 mesi) e meno frequenti: *Ceramium tenerimum* (2/12 mesi) e *Antithamnion tenuissimum* (1/12 mesi) effimere od occasionali.

Sulla base dei dati biologici relativi alle variazioni temporali di distribuzione delle diverse specie lungo le foglie, la cluster analysis delle variabili indipendenti (rilievi) evidenzia, ad una soglia di affinità dello 0,72 due grandi gruppi (fig. 2 b): cluster O, quello dei mesi compresi tra novembre 1994 e aprile 1995 con temperatura dell'acqua, a 5 m di profondità, relativamente bassa (da 9,1°C a 15,4°C; minimo 8,8°C in superficie a gennaio 1995), e cluster N, quello dei mesi compresi tra giugno e ottobre 1994 con temperatura relativamente più elevata (da 16,4° a 22,3°C; massimo 26,8°C in superficie ad agosto). Il cluster M inoltre permette di evidenziare come il mese di maggio 1994 presenti sensibili differenze (fig. 2 b) rispetto agli altri mesi del periodo caldo: sia nella composizione dello spettro floristico dei macroepifiti, sia nella distribuzione delle specie lungo le foglie.

Sulla base di queste osservazioni sembra che la distribuzione dei macroepifiti algali di *P. oceanica* non sia casuale, ma regolata dal ciclo annuo stagionale di

fattori climatici: abiotici (fotoperiodo, temperatura, trasparenza, ecc.) e biotici (ciclo vitale) che regolano del resto la vita della stessa pianta ospite (Cinelli *et al.*, 1955; Drew, 1978; Cinelli, 1995).

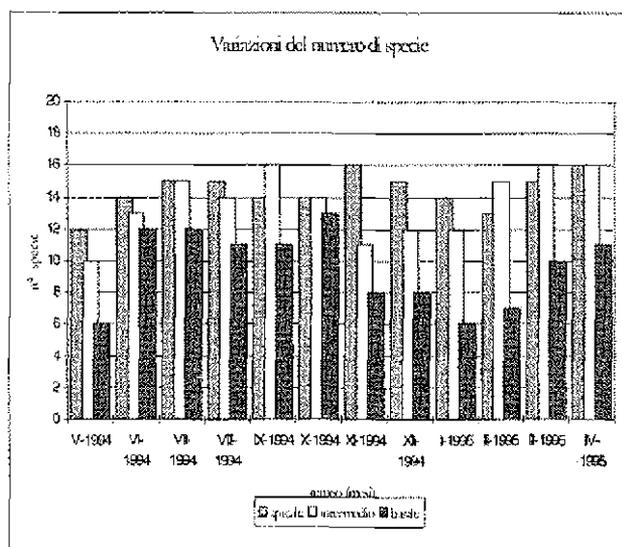


Fig. 3: Variazione del numero di specie epifite algali sui tratti della foglia di *P. oceanica* durante l'anno di campionamento.

Sl. 3: Sezonska dinamika števila vrst epifitov na listih pozejdonke v obravnavanem obdobju.

Anche le variazioni del numero di specie di macroepifiti algali su foglie di *P. oceanica* raccolta nella baia di Capodistria sono state diverse sia rispetto ai tratti di foglia presi in esame, sia rispetto ai mesi di rilevamento compresi nell'arco di tempo considerato. La differenza più marcata tra il tratto fogliare basale e quello apicale è stata registrata tra novembre 1994 e febbraio 1995, la differenza meno evidente è stata osservata tra giugno e ottobre 1994 (fig. 3). Infatti:

i - Il tratto apicale della foglia è epifitato da un numero di specie maggiore (rispetto ai tratti sottostanti) e quasi costante, con piccoli decrementi nei mesi più freddi; sotto questo profilo il tratto apicale risulta essere l'intervallo più stabile della foglia (fig. 3). Qualche flessione può essere anche dovuta alla presenza di specie occasionali. Il tratto apicale, il più vecchio della foglia, si trova in condizioni di luce costante e diretta, e sottoposto al massimo sforzo, rispetto ai tratti intermedio e basale, per contrastare l'idrodinamismo dell'energia di fondo (Arber, 1920; Den Hartog, 1970).

ii - Il tratto intermedio della foglia, presenta nei mesi invernali un decremento più marcato del numero di specie rispetto al tratto apicale (fig. 3); tale decremento sembra essere in relazione soprattutto con la durata del fotoperiodo che regola, con la penetrazione della luce in profondità, lo stesso periodismo stagionale. Anche la

proiezione dell'ombra causata dagli apici della foglia su questo tratto potrebbe avere una sua influenza (in relazione quindi con le variazioni di lunghezza fogliare).

iii - Il tratto basale della foglia presenta un minore numero di specie (rispetto ai tratti soprastanti), e al contempo, ne presenta la massima variazione annuale (fig. 3). Tale variazione può essere indotta dalla sinergia di molti fattori, quali: fotoperiodo ridotto nei mesi invernali (fig. 4), oscurità ancora maggiore del tratto interessato (rispetto al tratto intermedio) per le ragioni suddette (vedi: ii), idrodinamismo ridotto (a causa dei tratti fogliari sovrastanti) con conseguenti: scarso ricambio e temperature mitigate rispetto all'apice fogliare. Anche l'accrescimento basale della foglia può avere il suo ruolo (Wittmann, 1984).

Per inciso, nel mese di maggio 1994 è stata registrata la presenza di un numero di specie molto ridotto (13), rispetto agli altri mesi di rilevamento (15-18). Varie ipotesi possono essere formulate, per giustificare questa minor presenza di specie macroepifite, partendo: dal periodo di maggior accrescimento delle foglie di *P. oceanica* quindi dall'età di questo tratto fogliare; da un'improvvisa proliferazione di planctonti e conseguente diminuzione di trasparenza dell'acqua; da un improvviso, seppur episodico, apporto di acque reflue e di dilavamento meteorico, da un vicino (< 80 m) sbocco effluente con conseguenti variazioni di salinità e, ancor più, di trasparenza dell'acqua. Queste ipotesi possono essere considerate almeno in parte coincidenti (anche sotto il profilo temporale). In particolare l'ipotesi dell'influenza della trasparenza sulla distribuzione dei macroepifiti algali e sulla relativa ricchezza floristica trova un suo fondamento su serie storiche decennali di dati fisici dell'intero Golfo di Trieste (Stravisi, 1983); dall'analisi di questi dati si nota una tendenza a valori massimi di trasparenza dell'acqua di mare nei mesi di luglio - agosto - settembre (10 m) e gennaio (9 m), e minimi tra aprile e maggio (6 m) e tra ottobre e dicembre (7 m).

Per poter individuare poi, più agevolmente, possibili relazioni tra fattori biotici e abiotici nel processo di colonizzazione della foglia, è stato scelto il tratto basale, dal momento che qui la variazione di presenza annuale di specie macroepifite sembra essere più modulata. Si può notare così (fig. 4) che la variazione annuale ha un andamento simile e corrispondente sia alla durata del fotoperiodo che alla temperatura del mare a 5 m di profondità, dove sono stati raccolti i campioni di *P. oceanica*. L'andamento annuale del numero di specie (fattori biotici) e di durata del fotoperiodo (fattori abiotici) sembra legato da una relazione lineare (fig. 5): $y = 0,8811x - 0,9662$ ($R^2=0,85$ con R^2 che rappresenta il coefficiente di determinazione). Tale relazione lineare è individuata grazie all'esclusione dal calcolo dei dati relativi al mese di maggio, caratterizzato da quelle

peculiarità già riportate sia a proposito della distribuzione dei macroepifiti lungo la foglia che a proposito delle variazioni del numero d'individui.

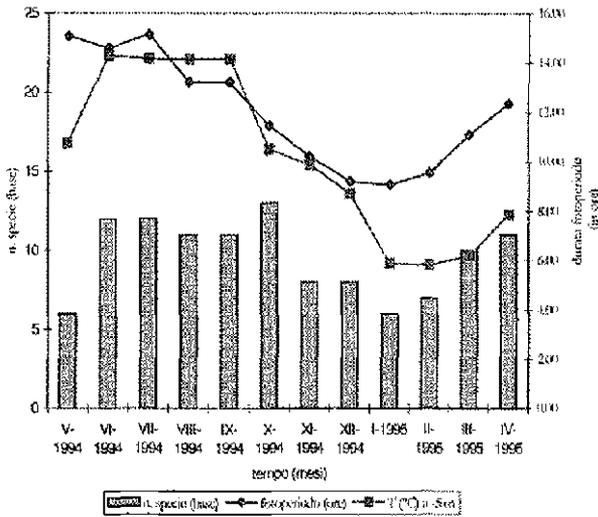


Fig. 4: La variazione annuale del numero di specie sul tratto basale ha un andamento simile e corrispondente sia alla durata del fotoperiodo che alla temperatura del mare a 5 metri di profondità.

Sl. 4: Letna dinamika števila vrst na bazalnem delu sovпада z dolžino fotoperioda in temperaturo morja na 5 metrih globine.

Delle 24 specie determinate in tutti i rilievi eseguiti sono stati contati complessivamente 29341 individui, suddivisi in: 3113 (10,60%) sul tratto basale, 11309 (38,54%) sul tratto intermedio; 14919 (50,84%) sul tratto apicale. Nonostante il numero relativamente elevato, questi dati quantitativi non sono stati ritenuti rappresentativi (Orlando, 1995) nel 13,3% dei casi dove, in certi periodi dell'anno, o il campione di alcune specie (*Polysiphonia furcellata*, *P. nigrescens*, *Cladophora echinus*, *C. prolifera*, *Stylonema alsidii*) era particolarmente ridotto e variabile sulla base delle 3 repliche rilevate (0-4 individui/specie), o il campione era sovrabbondante e variabile (107-142 individui/specie) a causa di una colonizzazione importante e improvvisa come ad es. nel caso di dischi germinativi di *Ulva*les (luglio 1994) o nel caso di *Ascocyclus orbicularis* (marzo 1995 - tratto intermedio) (Orlando, 1995). Per questa ragione i dati quantitativi, non sono stati ulteriormente elaborati, ma sono stati ritenuti soltanto indicativi per alcune osservazioni proposte qui di seguito.

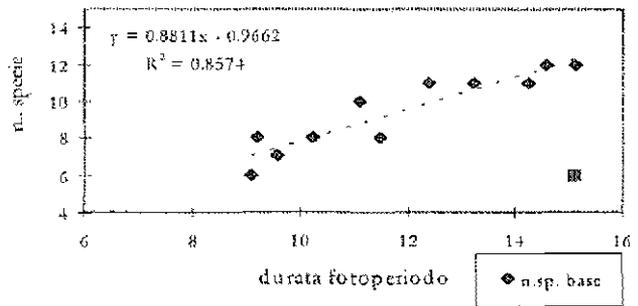


Fig. 5: L'andamento annuale del numero di specie e di durata del fotoperiodo sembra legato da una relazione lineare: $y = 0,8811x - 0,9662$.

Sl. 5: Linearna regresija med letno dinamiko števila vrst in fotoperiodo: $y = 0,8811x - 0,9662$.

Anche le variazioni del numero di individui totale (1) e per specie (2) di macroepifiti algali su foglie di *P. oceanica* è stato diverso rispetto ai tratti di foglia presi in esame e rispetto ai mesi di rilevamento:

Il numero di individui totali (fig. 6) presenta un gradiente di distribuzione orientato dai tratti apicali, più ricchi di individui (14919), agli intermedi (11309), ai tratti basali, più poveri, (3113), quasi per tutto l'arco di osservazione. Soltanto nei mesi di luglio 1994 (2089 vs 1984) e di marzo 1995 (958 vs 942) (fig. 6) il numero d'individui dei tratti intermedi è risultato un po' più ricco dei tratti apicali.

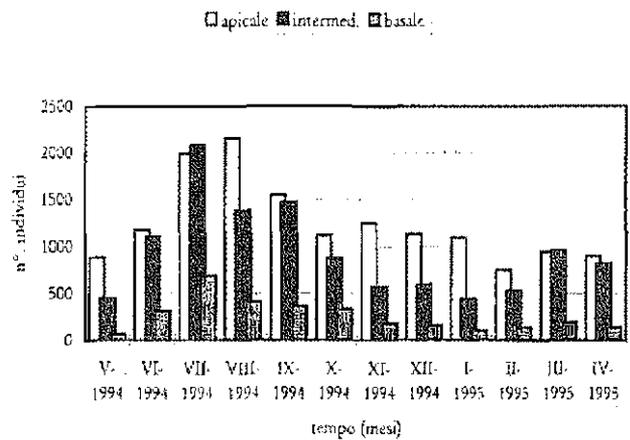


Fig. 6: Variazione del numero di individui per specie sui tratti della foglia di *P. oceanica* durante l'anno di campionamento.

Sl. 6: Sezonska dinamika števila osebkov posamezne vrste na listih pozejdonke v obravnavanem obdobju.

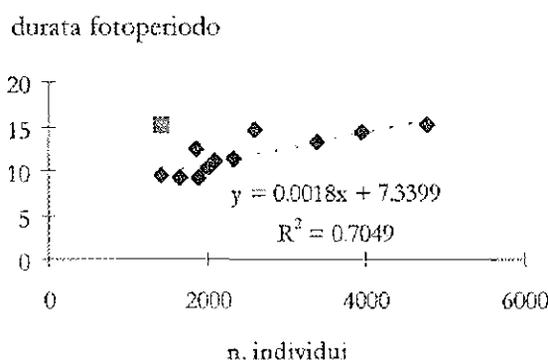
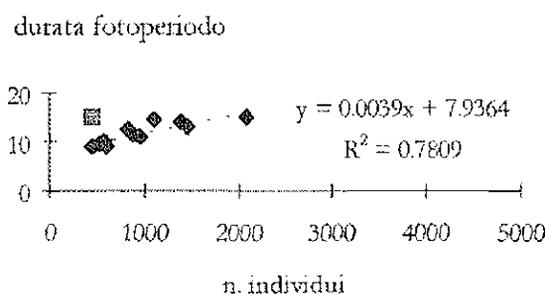
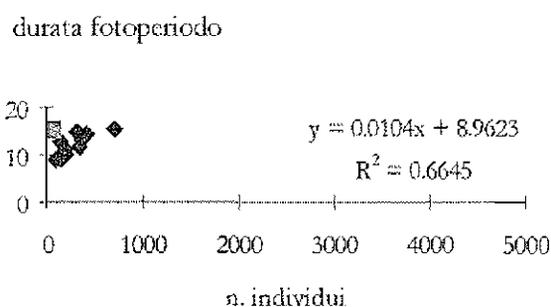


Fig. 7a-c: Relazione lineare tra il numero di individui di macroepifiti algali e la durata del fotoperiodo per i tratti Basale ed Intermedio e per l'intera foglia.

Sl. 7 a-c: Linearna odvisnost med številom osebkov makroepifitskih alg in fotoperiodo za bazalni in intermediarni del lista in za celoten del.

Il numero di individui per specie decresce sempre dall'apice verso la base. Per esempio, nel mese di giugno si è registrato un massimo di 186 individui sul tratto apicale e 48 individui sul tratto basale (Orlando, 1995).

Esclusi i dati del mese di maggio, per le considerazioni sopra riportate, anche in questo caso (fig. 5) è possibile mettere in evidenza una relazione lineare tra il numero di individui di macroepifiti algali e la durata

del fotoperiodo sia per i tratti: basale (fig. 7a), intermedio (fig. 7b) e per tutta la foglia (fig. 7c). La relazione lineare risulta diversa, perché determinata da un diverso numero di individui sui tratti fogliari considerati; infatti sul tratto basale la relazione è $y = 0,0104x + 8,9623$ ($R^2=0,66$); sul tratto intermedio la relazione è $y = 0,0039x + 7,9364$ ($R^2=0,78$) e su tutta la foglia la relazione è $y = 0,0018x + 7,3399$ ($R^2=0,70$).

Le interpretazioni addotte a proposito delle variazioni del numero di specie (vedi: i - ii - iii) sembrano valere anche rispetto alle variazioni del numero di individui.

Il doppio gradiente apice - base fogliare individuato, sia rispetto al numero di specie, che rispetto al numero di individui, sembra giustificare il calcolo dell'Indice di Diversità per il tratto basale. I valori di ID sembrano essere in relazione con le variazioni del fotoperiodo (fig. 4-8) e quindi della temperatura, con due massimi relativi, del maggio 1994 (0,276) e dell'aprile 1995 (0,263), e due minimi relativi, del luglio 1994 (0,086) e del febbraio - marzo 1995 (0,196), con una media di ID= 0,180.

Nei mesi di maggio 1994 e di aprile 1995 i valori di ID, relativamente prossimi tra loro, sembrano sottolineare la ciclicità della struttura del popolamento di macroepifiti algali su queste foglie di *P. oceanica*. Questa presunta ciclicità dovrà però essere confermata con ricerche condotte nel medio - lungo periodo.

Il valore minimo di ID nel tratto basale delle foglie nel mese di luglio 1994 è probabilmente dovuto a una struttura del popolamento relativamente più complessa. Tale complessità sembra in relazione con l'apporto energetico del flusso radiante (fig. 8), infatti sembrano coincidere: il massimo accrescimento delle foglie dell'ospite; il massimo di colonizzazione in termini di specie e di individui; una presenza massiva di dischi germinativi di Ulvales (Orlando, 1995).

CONCLUSIONI

Da un'accurata osservazione biologica delle foglie di *P. oceanica* raccolte nella Baia di Capodistria, sulla base della relativa discussione, si possono trarre le seguenti conclusioni:

- 1) il numero medio di foglie per ciuffo e la lunghezza media delle foglie più esterne risulta maggiore nei mesi estivi (in pieno accordo con la letteratura scientifica) per influenza soprattutto della temperatura;
- 2) ammesso che in presenza di foglie isolaterali si possa parlare di "faccia esterna" e "faccia interna", risulta che nello studio della colonizzazione di macroepifiti algali non è evidenziabile un "effetto faccia";
- 3) lo strato incrostante è quello maggiormente sviluppato, rappresentato da specie appartenenti a diversi gruppi ecologici che Boudouresque (1984) ha definito per il settore settentrionale del Mediterraneo occiden-

tale, così come: HP (Herbier des Posidonies) ed SC (Sciaphile de mode relativement calme);

4) sulla foglia di *P. oceanica* sono state rilevate diverse forme biologiche di alghe: a) specie perenni (come *Pneophyllum fragile*, *Hydrolithon farinosum*, *H. cruciatum*); b) specie stagionali (tra le quali *Callithamnion corymbosum stenoterma* psicofila e *Poly-siphonia nigrescens stenoterma* termofila (Orlando, 1995); c) specie occasionali (ad es. *Ulva laetevirens*, *Antithamnion tenuissimum* e *Chylocladia verticillata*);

5) sembra imprudente distinguere nel breve periodo di un anno di sperimentazione l'"elettività" potenziale di alcune specie rispetto ai tratti di foglia di *P. oceanica*, anche se, durante il processo di colonizzazione, si è manifestata una "tendenza distributiva" di macroepifiti algali lungo la foglia dell'ospite;

6a) il numero di specie di macroalghe epifite diminuisce dall'apice verso la base (fig. 3). Sotto questo profilo: - il tratto apicale risulta essere il tratto più stabile della foglia (fig. 3) forse anche perché si tratta della porzione fogliare più vecchia; - il tratto intermedio presenta nei mesi invernali un decremento più marcato (fig. 3) di quello apicale; - il tratto basale, presenta la massima variabilità annuale (fig. 3) con un numero comunque ridotto di specie; tale variabilità sembra indotta dalla sinergia di molti fattori, quali: accrescimento basale della foglia, oscurità maggiore causa la proiezione dell'ombra delle parti fogliari soprastanti (in relazione quindi con le variazioni di lunghezza fogliare), fotoperiodo ridotto nei mesi invernali (fig. 4), idrodinamismo ridotto (a causa dei tratti fogliari soprastanti) con conseguenti: scarso ricambio e temperature mitigate rispetto all'apice fogliare;

6b) anche il numero di individui di macroepifiti algali diminuisce dall'apice verso la base (fig. 6), con un minor numero che nel tratto basale, probabilmente in relazione con la durata del fotoperiodo (fig. 7a, 7b, 7c) è possibile mettere in evidenza una relazione lineare tra la durata del fotoperiodo e il numero di specie del tratto basale (fig. 5) e tra la durata del fotoperiodo e il numero di individui di macroepifiti algali (fig. 7) sia per i tratti: basale (fig. 7a), che intermedio (fig. 7b) e per tutta la foglia (fig. 7c). Le interpretazioni addotte a proposito delle variazioni del numero di specie (vedi: i - ii -iii)

sembrano valere anche rispetto alle variazioni del numero di individui;

7) i valori di ID (fig. 8), pur con i limiti temporali insiti nella presente ricerca, sembrano sottolineare l'esistenza di una ciclicità della struttura del popolamento di macroepifiti algali su queste foglie di *P. oceanica*, in rapporto con le specie stagionali, più o meno effimere, influenzata dall'entità del flusso radiante.

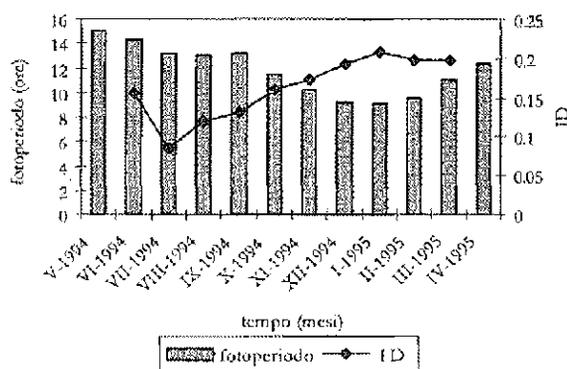


Fig. 8: Indice di Diversità per il tratto basale calcolato secondo la formula dell'entropia (H') di Shannon & Wiener.

Sl. 8: Shannon-Wienerjev (H') diverzitetni indeks za epifite na bazalnem delu.

RINGRAZIAMENTI

Ci è gradito esprimere tutta la nostra gratitudine al dr. A. Vuković per il suo sostegno durante tutta questa ricerca così come pure alla dott.ssa Carla Fradà Orstano e alla dott.ssa Lucia Mazzeffa per la lettura critica del manoscritto. Un grazie particolare vada alla dott.ssa Lorenza Babbini e a tutti coloro che, presso il Laboratorio di Biologia del Mare di Pirano (SLO), hanno voluto aiutarci.

NASELJEVANJE MAKROEPIFITSKIH ALG NA POZEJDONKI (*POSIDONIA OCEANICA* (L.) DELILE) VZDOLŽ SLOVENSKE OBALE (TRŽAŠKI ZALIV - SEVERNI JADRAN)

Martina ORLANDO

TV Koper/Capodistria, SI-6000 Koper, Ul. OF 12

Guido BRESSAN

Dipartimento di Biologia dell'Università degli studi di Trieste, IT-34127 Trst, Via Licio Giorgieri 10

POVZETEK

Travniki pozejdonke (*Posidonia oceanica*) so najbolj razširjen sistem morskih trav v Sredozemskem morju in eden najproduktivnejših sistemov obalnega okolja. Od leta 1960 je bila pozejdonka v Tržaškem zalivu deležna obsežne degradacije. Edini preživeli travnik se razprostira v slovenskem obalnem pasu med Koperom in Izolo. Po temeljitnem opazovanju listov pozejdonke ugotovimo, da se povprečno število listov v šopu in povprečna dolžina zunanjih listov večata v poletnih mesecih, predvsem zaradi vpliva temperature; zgornja in spodnja stran posameznega lista se ne razlikujeta glede na populacijo alg; skorjasta plast je najbolj razvita. Med kolonizacijo se makroepifitske vrste alg razdelijo, tako da število vrst kot tudi posameznikov znotraj vrste upada iz apikalnega proti bazalnemu delu. V članku je tudi predstavljeno linearno razmerje med dolžino fotoperiode in številom makroepifitskih vrst alg na bazalnem delu in med fotoperiodo in številom posameznikov znotraj vrste na različnih delih lista. Vrednosti Shannon-Wienerjevega indeksa, izračunane za bazalni del, najverjetneje kažejo na ciklus strukture populacije makroepifitskih alg na teh listih.

Ključne besede: *Posidonia oceanica*, makroepifiti, diverzitetni indeks, Tržaški zaliv, Slovenija

BIBLIOGRAFIA

- Arber, A. 1920.** Water plants, a study of aquatic Angiosperms. Cambridge Univ. Press. London (in Cinelli, 1995).
- Autori Vari, 1970.** Il fondo del mare nell'Adriatico Settentrionale, da Punta Tagliamento a Pola, con annessa carta da pesca. C.N.R. Programma di Ricerca sulle risorse marine e del fondo marino.
- Ben Van Der, D. 1971.** Les épiphytes des feuilles de *Posidonia oceanica* Delile sur les côtes de la Méditerranée. Mem. Inst. Roy. Sci. Nat. Belgique, 168: 1-101.
- Boudouresque, C. F. 1984.** Groupes écologiques d'algues marines et phytocénoses benthiques en Méditerranée Nord-occidentale: une revue. Giorn. Bot. Ital. 118 (1-2) Suppl. 2: 7-42.
- Boudouresque, C. F., Meinesz, A., Fresi, E. & Gravez, V. 1989.** Il International workshop on *Posidonia oceanica* Beds. GIS Posidonie Publ. Fr.: 1-321.
- Boudouresque, C. F., Cinelli, F., Fresi, E., Mazzella, L. & Richard, M. 1981.** Algal undergrowth of *Posidonia oceanica* beds in the Gulf of Naples: floristic study. Rapp. Comm. int. Mer Médit., 27 (2): 195-196.
- Bressan, G., Sergi, L. & Welker, C. 1990.** Variazioni della distribuzione batimetrica di macroalghe dell'infralitorale fotofilo nel Golfo di Trieste (Mare Adriatico). Boll. Soc. Adr. Scienze. LXXII: 107-126.
- Bressan, G. & Odorico, R. 1993.** Physiological polar variations of marine phanerogames areas in the Marine Reserve of Miramare. Report to United Nations Environment Program. Technical Reports n. 97: 107-125.
- Bressan, G. & Babbini, L. 1996.** Phytoceanographical observations on coralline algae (*Corallinales*) in the Mediterranean Sea. Rend. Fis. Acc. Lincei. IX, (7). 3: 179-207.
- Buia, M. C. & Mazzella, L. 1989.** Variazioni a lungo termine in alcuni parametri strutturali di una prateria a *Posidonia oceanica*. Nova Thalassia. 10 (Suppl. 1): 533-542.
- Buia, M. C., Di Leva, G. & Mazzella, L. 1996.** Biodiversità della comunità epifita delle foglie di *Cymodocea nodosa* di un prato antistante l'isola di Ischia (Golfo di Napoli). Biol. Mar. Medit. 3 (1): 136-142.
- Buia, M. C., Cormaci, M., Furnari, G. & Mazzella, L. 1985.** Osservazioni sulla struttura delle praterie di *Posidonia oceanica* (L.) Delile di Capo Passero (Siracusa) e studio della macroflora epifita delle foglie. Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat., Vol. 18, N. 326: 463-484.
- Buia, M. C., Cormaci, M., Furnari, G. & Mazzella, L. 1989.** *Posidonia oceanica* off Capo Passero (Sicily, Italy): leaf phenology and leaf algal epiphytic commu-

- nity. In: Boudouresque, C. F., A. Meinesz, E. Fresi & V. Gravez (ed.). Il International workshop on *Posidonia oceanica* Beds. GIS Posidonie Publ. Fr., 2: 127-143.
- Cainer, S. 1994.** Indagini sulle praterie di *Posidonia oceanica* nel Golfo di Trieste. Tesi di laurea. Facoltà di Scienze MM. FF. NN. Università degli Studi di Trieste. pp. 1-77.
- Caressa, S., Ceschia, C., Orel, G. & Treleani, R. 1995.** Popolamenti attuali e progressi di *Posidonia oceanica* nel Golfo di Trieste da Punta Salvore a Punta Tagliamento. In: Cinelli F., Fresi E., Lorenzi C. e Mucedola A., "La *Posidonia oceanica*". Rivista Marittima n.12
- Chessa, L. A., Fresi, E., Wittman, K. & Fresi-Angioni, P. 1982.** La comunità epifitica delle foglie di *Posidonia oceanica* (L.) Delile: analisi del ricoprimento lungo un gradiente batimetrico (*Monocotyledoneae*, *Potamogetonaceae*). Naturalista sicil., S. IV, VI (Suppl.): 523-530.
- Cinelli, F. 1995.** La *Posidonia oceanica*: problemi di ecologia, di funzionamento e di biologia. Giornale Botanico Italiano; Vol. 129, n. 1: 297-301.
- Cinelli, F., Cormaci, M., Furnari, G. & Mazzella, L. 1984.** Epiphytic macroflora of *Posidonia oceanica* (L.) Delile leaves around the Island of Ischia (Gulf of Naples). In: Boudouresque, C. F., A. Jeudy de Grissac & A. Oliver (ed.). I International workshop on *Posidonia oceanica* Beds. GIS Posidonie Publ. Fr., 1: 91-99.
- Colantoni, P., Gallignani, P., Fresi, E. & Cinelli, F. 1982.** Patterns of *Posidonia oceanica* (L.) Delile beds around the island of Ischia (Gulf of Naples) and in adjacent waters. P.S.Z.N.I.: Marine Ecology, 3 (1): 53-74.
- Drew, E. A. & Jupp, B. P. 1976.** Some aspects of the growth of *Posidonia oceanica* in Malta. Academic Press. London. (in Cinelli, 1995).
- Franzosini, C. & Bressan, G. 1988.** Calibrazioni metodologiche nello studio del macrophytobenthos della Riserva Parco Marino di Miramare (Trieste - Italy): Rilevi senza prelievo., Atti Mus. civ. Stor. nat. Trieste. 41 (1): 143-158.
- Franzosini, C., Verardo, V., Ghirardelli, L. A. & Bressan, G. 1984.** La flora algale presso il Laboratorio di Biologia Marina di Aurisina - Filtri (Trieste - North Adriatic Sea): Macrobenthos., Nova Thalassia. 6: 83-95.
- Gallardo, T., Gomez-Garreta, A., Ribera, M. A., Cormaci, M., Furnari, G., Giaccone, G. & Boudouresque, C. F. 1993.** Check-list of Mediterranean seaweeds. II. Chlorophyceae Wille s.l. Bot. Mar., 35: 399-421.
- Giaccone, G. & Pignatti, S. 1967.** Studi sulla produttività primaria del fitobentos nel Golfo di Trieste.- II., Nova Thalassia., III, 2, 1-28.
- Giaccone, G., Alongi, G., Pizzuto F. & Cossu, A. 1994.** La vegetazione marina bentonica fotofila del Mediterraneo: II. Infralitorale e Circalitorale. Proposte di aggiornamento. Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat. Catania. 27: 111-157.
- Giraud, G. 1977.** Essai de classement des herbiers de *Posidonia oceanica* (Linné) Delile. Bot. Mar., Germ., 20 (8): 487-491.
- Giraud, G., Boudouresque, C. F., Cinelli, F., Fresi E. & Mazzella, L. 1979.** Observations sur l'herbier de *Posidonia oceanica* (L.) Delile autour de l'île d'Ischia (Italia). Giornale botanico italiano, vol. 113, N. 4: 261-274.
- Gower, J. C. 1971.** A general coefficient of similarity and some of its properties. Biometrics. 27: 857-871.
- Hartog, D. C. 1970.** The seagrasses of the world. North-Holland Publishing Company. London: pp. 1-275.
- Hartog, D. C. 1977.** Structure, function, and classification in seagrass communities. In: McRoy, C. P. & C. Helfferich (ed.). Seagrass ecosystems. A scientific perspective. Marcel Dekker, New York. pp. 89-121.
- Lausi, D. 1967.** Studi sulla produttività primaria del fitobentos nel Golfo di Trieste. - III. Quantita' di clorofilla negli ecosistemi bentonici del Golfo di Trieste., Nova Thalassia., 3, (3): 3-29.
- Mazzella, L., Cinelli, F., Ott, J. A. & Klepal, W. 1981.** Studi sperimentali "in situ" sull'epifitismo della *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Quad. Lab. Tecnol. Pesca, 3 (suppl.): 481-492.
- Mazzella, L., Scipione, M. B. & Buia, M. C. 1989.** Spatio-temporal distribution of algal and animal communities in a *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadow. P.S.Z.N.I.: Marine Ecology 10: 107-131.
- Mazzella, L., Scipione, M. B., Gambi, M. C., Fresi, E., Buia, M. C., Russo, G. F., De Maio, R., Lorenti M. & Rando, A. 1986.** Le praterie sommerse del Mediterraneo. A cura del laboratorio di ecologia del bentos della stazione zoologica "Anton Dohrn" di Napoli. pp. 1-59.
- Mazzella, L., Gambi, M. C., Russo G. F. & Buia, M. C. 1984.** Deep flowering and fruiting of *Posidonia oceanica* beds around the island of Ischia (Gulf of Naples, Italy). International Workshop on *Posidonia oceanica* Beds: 203-209.
- Moliniér, R. & Picard, J. 1960.** Délimitation et cartographie des peuplements de la Mer Méditerranée. Extr. Serv. Carte Phytogéographique B.4: 73-84.
- Munda, I. 1988.** Seasonal Variations in Biomass and Floristic Diversity of Benthic Algal Associations from the Northern Adriatic (Piran). Rapp. Comm. int. Mer Médit. 31 (2): 8-16.
- Munda, I. 1991.** Algal Resources in Polluted Sites of the Northern Adriatic (Vicinity of Piran). Acta Adriat. 32 (2): 683-704.
- Odorico, R. & Bressan, G. 1993a.** Variazioni della fisionomia di aree a fanerogame marine. Boll. Soc. Adriatica di Scienze. 73: 67-77.
- Odorico, R. & Bressan, G. 1993b.** Prime osservazioni d'impatto ambientale su fanerogame marine della Riserva Marina di Miramare (Golfo di Trieste). Atti XXIV Congr. S.I.B.M.: 65.

- Orel, G., Vio, E. & Zanitti, B. 1981/82.** I popolamenti bentonici dei fondi antistanti le Lagune di Grado e di Marano (Alto Adriatico). *Nova Thalassia*, 5; pp. 31-56.
- Orlando, M. 1995.** Caratterizzazione fenologica di macroepifiti algali su foglie di *Posidonia oceanica* (L.) Delile (*Phanerogamae, Potamogetonaceae*) lungo il litorale capodistriano (Golfo di Trieste). Tesi di laurea. Facoltà di Scienze MM. FF. NN. Università degli Studi di Trieste. pp. 1-98.
- Pergent, G. & Pergent-Martini, C. 1995.** Dynamique et évolution de l'herbier à *Posidonia oceanica* en Méditerranée. *Giornale Botanico Italiano*; Vol. 129, n. 1: 303-317.
- Pignatti, S. & Giaccone, G. 1967.** Studi sulla produttività primaria del fitobentos nel Golfo di Trieste. *Nova Thalassia*, 3, (1), 1-17.
- Pignatti, S. 1973.** Pro Memoria sulla prospezione eseguita dal prof. S. Pignatti nelle acque del Parco Marino di Miramare (Trieste) il giorno 16 agosto 1973.
- Rossi, S. & Orel, G. 1968.** Nota preliminare sulle "Sabbie ad Anfiosso" da Punta Sdobba a Chioggia. *Boll. Soc. Adriatica Sc.*, 56 (2); pp. 234-242.
- Shannon, C. E. & Wiener, W. 1949.** The mathematical theory of communication. Urbana. IL. Univ. Illinois Press. 117 pp.
- Silva, P. C., Basson, P. W. & Moe, R. L. 1996.** Catalogue of the Benthic Marine Algae of the Indian Ocean. Univ. of California Press. 1-1259.
- Simonetti, W. 1966.** Variazioni dei popolamenti di *Zosteraceae* nel Golfo di Trieste durante gli ultimi decenni. *Arch. Oceanogr. Limnol. Suppl.* 15: 107-114.
- Simonetti, W. 1972.** I consorzi a fanerogame marine nel golfo di Trieste. *Atti Ist. Veneto Lett. Scien. ed Arti.* CXXXI: 460-502.
- Stravisi, F. 1983.** Misure di trasparenza (disco Secchi) nel Golfo di Trieste. C.N.R. Istituto Talassografico di Trieste; pubbl. No. 570: 1-13.
- Techet, K. 1906.** Über die marine Vegetationen des Triester Golfes., *Abhandl. der konigl. zool. bot. Ges. Wien.*, 3:1-52.
- Vuković, A. 1980.** Asociacije morskih bentoških alg v Piranskem zalivu. *Biološki vestnik (Ljubljana)*, 28, (2): 103-124.
- Vuković, A. 1982.** Pozidonija v Koprskem zalivu. *Proteus*, 44 (9-10), pp. 345-346.
- Vuković, A. 1982.** Bentoška vegetacija Koprskega zaliva. *Acta Adriat.*, 23 (1/2), pp. 227-235.
- Vuković, A. & Turk, R. 1995.** The distribution of the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Del. in the Gulf of Capodistria. Preliminary report. *Rapport du XXXIVe congrès de la Ciesm*; Vol. 34, p. 49.
- Wittmann, K. J. 1984.** Temporal and morphological variations of growth in a natural stand of *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *P. S. Z. N. I: Marine Ecology*. 5 (4): 301-316.