

Francesco Scarton

PRODUTTIVITÀ PRIMARIA EPIGEA DI SETTE ALOFITE IN LAGUNA DI VENEZIA

Riassunto. Sono stati effettuati campionamenti mensili nel periodo Marzo-Ottobre 2003 per sette specie di alofite lagunari (*Halimione portulacoides* (L.) Aellen, *Salicornia veneta* Pign. et Lausi, *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J.Scott, *Limonium narbonense* Miller, *Juncus maritimus* Lam., *Puccinellia palustris* (Seen.) Hayek, *Spartina maritima* (Curtis) Fernald), stimandone la biomassa epigea e la produttività annuale. I risultati indicano come si possano riconoscere tre gruppi: 1) specie con biomassa massima e produttività comprese tra 300 e 500 g p.s./m²: si tratta di *L. narbonense*, *S. maritima* e *P. palustris*; 2) specie con entrambi i parametri compresi tra 500 e 900 g: *S. veneta* e *J. maritimus*; 3) specie che superano, anche sensibilmente, questa soglia: *S. fruticosa* e *H. portulacoides*. Differenze anche evidenti sono state rilevate tra siti diversi di prelievo per la stessa specie, sia per biomassa massima che per produttività annuale. I range osservati rientrano generalmente in quelli noti per altre coste europee; per *S. maritima* sono stati ottenuti valori ai limiti inferiori di quelli noti per la letteratura.

Summary. *Above ground primary production of seven halophytes in the lagoon of Venice (Italy).*

Between March and October 2003 above ground biomass production was studied at several intertidal sites in the lagoon of Venice (Italy). Three sites for each species were selected. The species considered were *Halimione portulacoides*, *Salicornia veneta*, *Sarcocornia fruticosa*, *Limonium narbonense*, *Juncus maritimus*, *Puccinellia palustris*, *Spartina maritima*. The results allow to classify the species in three groups: species with above ground live peak biomass and production ranging between 300 and 500 g d.w./m² (*L. narbonense*, *S. maritima* e *P. palustris*); species with both values ranging between 500 and 900 g (*S. veneta* and *J. maritimus*); 3) species with values well above, i.e. *S. fruticosa* e *H. portulacoides*. For some species, values very different (up to 250%) were observed among the three sampling sites. Overall, the observed ranges of peak biomass and production values fall well into those reported elsewhere for European coasts; only for *S. maritima* values were close or below the reference data.

Key words: production, biomass, halophytes, lagoon of Venice.

PREMESSA

Lo studio della dinamica di produzione di biomassa per la vegetazione delle zone umide costiere è stato intrapreso da tempo in molte aree, principalmente americane e solo secondariamente nord europee. Già negli anni '60 le prime ricerche permisero di evidenziare l'importanza delle zone umide costiere, e quindi della vegetazione che in esse si sviluppa, classificandole tra gli ambienti più produttivi al mondo (TURNER, 1976). Le numerose e dettagliate ricerche eseguite perlopiù lungo le coste orientali degli Stati Uniti hanno dimostrato come la vegetazione terrestre potesse produrre elevatissime quantità di biomassa (fino a 3700 g/m²; GALLAGHER et al., 1980). Tuttavia, simili ricerche condotte successivamente anche in Europa hanno dimostrato come i valori di biomassa massima e produttività annuale per le zone umide costiere europee, soggette a condizioni ambientali diverse, fossero inferiori (GROENENDIJK, 1984; BOORMAN ET AL., 1994; BOUCHARD E LEFEUVRE, 2000).

Di conseguenza, era ragionevole ipotizzare che in laguna di Venezia i valori, sia di biomassa puntuale ("standing crop") che di produttività primaria fossero inferiori rispetto a quelli osservati negli ambienti costieri americani. I primi lavori disponibili per la laguna di Venezia risalgono al termine degli anni settanta, quando CANIGLIA et al. (1978) presentarono dati di biomassa di alcune specie alofile raccolte in un sito barenale nei pressi di

Chioggia. Nessun'altra informazione è disponibile fino ai primi anni novanta, quando vennero intraprese indagini di campo nel 1994-1995 (Progetto UE "MEDDELTA": SCARTON et al., 2002), nel 1995 (SCARTON et al., 1999), nel 1996 (MAGISTRATO ALLE ACQUE, 1998); e nel 1997 (MAGISTRATO ALLE ACQUE, 1998; SCARTON et al., 2000).

I dati acquisiti in questi studi costituiscono una prima importante base per la stima della produzione di biomassa, ma riguardano sempre poche specie alofile, ciascuna studiata in un solo sito e per un arco temporale piuttosto limitato.

Nell'ambito di un più vasto programma di indagini, indicato con il termine di MELa2 ("Monitoraggio dell'ecosistema lagunare, 2^a fase") e finanziato dal Magistrato alle Acque di Venezia-Consortio Venezia Nuova è stata effettuata un'intensa campagna di campionamenti mensili, nel periodo marzo-ottobre 2003, per sette alofite di barena, in tre siti per ciascuna di esse.

Di seguito si illustrano i risultati delle campagne effettuate, allo scopo di:

1. descrivere il ciclo di sviluppo della biomassa epigea nell'arco di gran parte della stagione vegetativa annuale, per ognuna delle specie considerate;
2. stimare la produttività annuale per ciascuna alofita;
3. evidenziare le eventuali differenze tra siti diversi, per la stessa specie.

AREE DI STUDIO E METODI

I parametri considerati per la scelta dei siti di campionamento sono stati:

- copertura della specie prescelta superiore all'80% per almeno 25 m²;
- scarso o nullo disturbo antropico, che poteva compromettere l'integrità e la distribuzione della vegetazione in esame;
- accessibilità con tutte le fasi di marea;
- distribuzione geografica; sia in laguna nord che in laguna sud, sia su barene naturali che su barene artificiali.

Sulla base di queste considerazioni sono state scelte le aree indicate in fig. 1, tutte ubicate su barene lagunari regolarmente sommerse, con durate diverse, dalle normali alte maree. In ciascuna area sono state identificate e materializzate, con paletti in legno ai vertici, da una fino ad un massimo di tre "parcelle", di dimensioni pari a 30-40 mq. All'interno di queste parcelle sono stati compiuti tutti i campionamenti; ciascuna parcella è stata utilizzata per una sola specie. In tab. 1 sono indicate tutte le parcelle con la quota sul medio mare (su rete IGM-CNR). Le sette specie alofile considerate appartengono a quattro diverse famiglie: *Halimione portulacoides* (L.) Aellen, *Salicornia veneta* Pign. et Lausi, *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J.Scott, *Limonium narbonense* Miller, *Juncus maritimus* Lam., *Puccinellia palustris* (Seen.) Hayek, *Spartina maritima* (Curtis) Fernald.

Per ciascuna specie sono stati eseguiti prelievi di biomassa in tre parcelle; le parcelle su cui sono stati eseguiti i prelievi di biomassa epigea risultano perciò essere in totale 21 (7 specie x 3 parcelle). Su ciascuna parcella sono stati eseguiti prelievi mensili da marzo a ottobre 2003. In ciascuno di questi mesi sono stati eseguiti sette prelievi all'interno di ciascun sito, per un totale di 147 prelievi al mese (7 specie x 3 parcelle x 7 campioni). Ogni campione è rappresentato da tutta la biomassa epigea presente, tagliata a livello del terreno, all'interno di un quadrato in legno, con dimensioni interne di 0,3 x 0,3 m (BOUCHARD E LEFEUVRE,

2000). È stato inoltre raccolto tutto il detrito (“litter”, composto da fusti o foglie secche) eventualmente presente alla superficie del terreno. Non sono stati invece considerati, seppur talvolta presenti, detriti o altro materiale di chiara origine esogena.



Figura 1 - Localizzazione delle aree di prelievo. In ogni area sono presenti da una a tre parcelle.

Una volta raccolti, i campioni sono stati conservati in sacchetti e trasportati in laboratorio, dove venivano sottoposti ad un accurato lavaggio, eliminando il sedimento presente sulle parti vegetali. Successivamente il materiale è stato suddiviso in aliquote: fusti vivi o morti,

foglie vive o morte, parte fiorale fresca o secca, qualora possibile in relazione alla morfologia della specie. Per *P. palustris* e *S. maritima* le foglie sono sempre state accorpate con i fusti. Anche il litter è stato lavato e messo in una vaschetta a parte. I campioni così preparati sono stati essiccati in stufa per 48 ore ad una temperatura di 80°C. Al termine delle operazioni i materiali vegetali sono stati pesati con una bilancia avente precisione di 0,1 g. I valori ponderali di biomassa di seguito espressi si intendono sempre in g peso secco/m², quelli di produttività in g peso secco/m²/anno.

Per la valutazione della produttività (intendendo con questo termine la velocità, riferita all'unità di area, con cui la biomassa viene prodotta dalle piante; BEGON et al., 1989), è stato utilizzato il metodo di Smalley (come descritto in CRONK & FENNESSY, 2001), che si basa sulle variazioni ponderali tra la prima (t) e la seconda (t+1) campagna, sia nella componente viva (A) che in quella morta (B), ossia: $\Delta A = A_{t+1} - A_t$ e $\Delta B = B_{t+1} - B_t$.

Parcella	Specie campionata	Quota s.m.m. (m)
Aleghero	<i>Halimione portulacoides</i>	0,52
Campalto*	<i>Halimione portulacoides</i>	0,53
Campalto *	<i>Salicornia veneta</i>	0,26
Chioggia B2 *	<i>Sarcocornia fruticosa</i>	0,48
C.le Treporti	<i>Limonium narbonense</i>	0,23
C.le Treporti	<i>Spartina maritima</i>	0,21
Foce Dese	<i>Juncus maritimus</i>	0,25
Laghi	<i>Puccinellia palustris</i>	0,22
Lago Teneri	<i>Juncus maritimus</i>	0,25
Lago Teneri	<i>Puccinellia palustris</i>	0,25
La Grisa	<i>Juncus maritimus</i>	0,35
La Grisa	<i>Spartina maritima</i>	0,32
La Grisa	<i>Puccinellia palustris</i>	0,30
S Ariano	<i>Salicornia veneta</i>	0,15
S Ariano	<i>Halimione portulacoides</i>	0,45
Scanello	<i>Salicornia veneta</i>	0,10
Scanello	<i>Limonium narbonense</i>	0,26
Scanello	<i>Sarcocornia fruticosa</i>	0,32
Tresso	<i>Limonium narbonense</i>	0,23
Tresso	<i>Sarcocornia fruticosa</i>	0,30
Tresso	<i>Spartina maritima</i>	0,15

Tabella 1 - Caratteristiche delle parcelle di campionamento (* = barena artificiale).

In particolare:

se $\Delta A > 0$ e $\Delta B > 0$, la produzione è uguale a $\Delta A + \Delta B$;

se $\Delta A < 0$ e $\Delta B < 0$, la produzione è uguale a 0;

se $\Delta A > 0$ e $\Delta B < 0$, la produzione è uguale a ΔA ;

se $\Delta A < 0$ e $\Delta B > 0$, la produzione è uguale a $\Delta A + \Delta B$; se la somma è negativa, la produzione è uguale a 0.

Il metodo di Smalley è generalmente riconosciuto come il più idoneo a stimare la produttività delle fanerogame terrestri in ambienti salmastri (LINTHURST & REIMOLD, 1978) ed è stato ampiamente utilizzato anche in aree costiere europee (BOUCHARD & LEFEUVRE, 2000; GROENENDIJK, 1984; BOORMAN et al., 1994). È utile ricordare che il metodo applicato comporta comunque una certa sottostima del valore reale di produttività (ad es. non considera il peso della biomassa consumata dagli organismi fitofagi tra un campionamento e l'altro).

Occorre infine evidenziare che:

1) la produttività annuale viene ottenuta sommando i valori di produttività mensile stimati nel periodo Marzo-Ottobre;

2) la componente viva (A) in un dato mese è costituita dalla somma delle frazioni (fusti, foglie ecc.) vive, ed analogamente si procede per la componente morta;

3) la biomassa massima viva è il valore più alto raggiunto dalla componente viva nell'arco delle otto campagne.

Nella descrizione dell'andamento dello sviluppo vegetativo per i mesi Marzo-Ottobre si considerano i valori della biomassa della pianta intera (frazione viva + morta) o della sola frazione viva, senza comprendere il litter presente sul terreno che viene invece ad essere incluso nei calcoli per la stima della produttività.

Nelle tabelle viene anche espresso il tasso di turnover (P/B), che evidenzia la quantità di materia organica prodotta per unità di biomassa viva, compreso nelle piante di aree umide tra 0.5 e 2 (CRONK & FENNESSY, 2001).

RISULTATI

I risultati di tutte le campagne di prelievo vengono presentati nelle tabelle 2-8. Di seguito si espongono alcune considerazioni articolate per specie, esaminando e confrontando i risultati ottenuti con quanto noto da ricerche recenti e dalla letteratura scientifica.

Halimione portulacoides

I dati relativi alle tre parcelle (Campalto, barena artificiale; Aleghero e Sant'Ariano, barene con evidenti tracce di riporti di origine antropica, non recenti) evidenziano comportamenti diversi tra loro.

Il picco di sviluppo per la biomassa epigea si osserva in Luglio per le parcelle di Aleghero e S. Ariano, mentre si attesta in Settembre per la barena artificiale di Campalto. Tra tutte le specie considerate, solo in questa il litter raggiunge valori molto consistenti, fino a quasi 500 g. La quota dei siti, più elevata rispetto alla media delle barene naturali, determina una minore sommersione dalle alte maree e quindi minore possibilità di trasporto all'esterno del materiale vegetale caduto al terreno. Anche la struttura ben ramificata e compatta della pianta, che può quindi facilmente trattenere il materiale stesso, può spiegare que-

sti elevatissimi valori. È provato peraltro l'arrivo nelle parcelle di materiale di origine esterna, come dimostra il ritrovamento alla base delle piante di foglie di fanerogame marine (Aleghero) o di detriti vari (S. Ariano). Benché, come scritto in precedenza, questa frazione non sia stata conteggiata nel litter, è indubbio che vi possa essere un certo errore nel ritenere tutto il materiale raccolto nelle parcelle come prodotto in loco da *H. portulacoides*. Ciò può aver influenzato la stima della produttività annua epigea (tab. 9). Con queste necessarie premesse, si osserva come i valori di biomassa viva siano compresi tra 1300 e 1800 g mentre la produttività sia ancor più variabile, risultando compresa tra 1000 e 1700 g.

Juncus maritimus

L'andamento dello sviluppo vegetativo (tab. 3) si presenta molto simile in tutte e tre le parcelle, con una leggera diminuzione della biomassa epigea totale in aprile ed un successivo costante incremento fino ad agosto. In seguito, si osserva un secondo picco in ottobre per le parcelle di Foce Dese e di Lago Teneri, ma non per La Grisa. I valori di biomassa viva sono risultati del tutto comparabili, venendo ad essere compresi tra 580 e 660 g; la produttività è invece risultata molto diversa, con minimi di 639 g a La Grisa e massimi di 1109 g a Lago Teneri (tab.9).

Limonium narbonense

I valori di biomassa epigea viva per questa specie sono risultati compresi tra 262 e 296 g, con un media di 276 g (tab. 4). Le variazioni tra i diversi siti sono quindi inferiori al 15%, evidenziando una notevole uniformità di sviluppo in parcelle poste peraltro tutte in laguna nord.

Anche la produttività epigea è risultata molto simile (276 g in media tra le tre parcelle; tab. 9), con un tasso di turnover pari a 1.1. La fenologia della specie evidenzia un picco di sviluppo vegetativo in luglio-agosto, a seconda delle parcelle, con progressiva riduzione nei mesi precedenti.

Puccinellia palustris

Per questa specie si osserva, come già rilevato in un'indagine precedente, che i valori massimi di biomassa si raggiungono già a giugno, talvolta luglio, per decrescere comunque da agosto in avanti. La biomassa viva massima ha registrato valori compresi tra 251 g (Laghi) e 543 g (La Grisa; tab. 5). La parcella di La Grisa è costituita da un'area barenale al margine della laguna, ed ha quota leggermente più elevata rispetto alle altre parcelle. I popolamenti vegetali di questa specie si presentano a La Grisa piuttosto fitti, con un evidente rigoglioso sviluppo vegetativo.

La produttività annua è risultata in media di 523 g, con minimi a Laghi e massimi a La Grisa (tab. 9); il tasso di turnover è però più elevato ai Teneri, mentre il valore minore si osserva proprio a La Grisa.

Salicornia veneta

Per questa specie sono state scelte tre parcelle, di cui una su barena artificiale (Campalto) e due su barene naturali (Scanello e S. Ariano). Del tutto simile l'andamento fenologico tra

Campalto e S. Ariano, con valori di biomassa viva leggermente maggiori sul sito artificiale (tab. 6). Comportamento simile, ma valori molto più bassi, presso la parcella di Scanello. La produttività epigea è compresa tra 472 g (Scanello) e 789 g (S. Ariano); il tasso di turnover è risultato del tutto identico nelle tre parcelle, essendo uguale a 1. Anche per questa specie, come per *S. fruticosa* e *H. portulacoides*, un parametro di funzionalità dell'habitat quale la produttività annua assume valori comparabili tra siti naturali e siti artificiali.

Sarcocornia fruticosa

I valori di biomassa viva si sono dimostrati piuttosto costanti, tra le diverse parcelle, con valori minimi di 1200 g e massimi di 1459 (tab. 7). Il valore massimo è stato raggiunto presso la parcella di Tresso, barena naturale in laguna nord; il valore minimo è invece proprio della parcella localizzata in una delle barene artificiali di Chioggia (Chioggia B 2). Questo dato evidenzia come la biomassa anche per questa specie denoti valori molto simili sia su barene naturali che in barene artificiali.

Per quanto concerne la produttività si osserva una sostanziale uniformità tra Scanello (barena naturale) e Chioggia B2, con valori prossimi a 700 g, mentre valori molto più elevati, quasi il doppio, sono stati osservati a Tresso (tab.9).

Lo sviluppo stagionale evidenzia in tutte e tre le parcelle un picco in agosto, per poi diminuire progressivamente; solo la parcella Tresso ha evidenziato una parziale ripresa vegetativa in ottobre.

Spartina maritima

S. maritima ha presentato valori di biomassa confrontabili tra le due parcelle della laguna nord (Treporti e Tresso, 420 e 472 g; tab. 8) mentre la parcella posta in laguna sud (La Grisa) ha evidenziato valori molto più bassi, 220 g. La produttività è invece risultata più elevata a Tresso (422 g), mentre per le rimanenti due si sono ottenuti ratei del tutto simili (ca. 280 g; tab. 9). Questo evidenzia un diverso comportamento nelle due parcelle della laguna nord; quella di Tresso risulta molto più dinamica e produttiva. Il sito di Treporti, invece, ha evidenziato in alcune campagne un certo grado di sofferenza vegetativa, sulle cui cause è per il momento possibile fare solo ipotesi (eccessivo ristagno d'acqua? cambiamenti nelle caratteristiche dei terreni? patologie specifiche?). Peraltro osservazioni successive a questa indagine, ed effettuate tra il 2004 ed il 2006, hanno evidenziato una progressiva scomparsa della specie da numerose stazioni barenali, dove è stata generalmente sostituita da *Salicornia veneta*.

L'andamento mensile della biomassa epigea evidenzia un andamento piuttosto particolare, con una diminuzione ponderale da marzo a maggio (in tutte tre le parcelle) ed un veloce incremento fino a luglio-agosto.

Tabella 2 - *Halimione portulacoides*: valori medi mensili (N=7), in g p.s./m²

ALEGHERO								
Mese	FUSTI VIVI	FUSTI MORTI	FOGLIE VIVE	FOGLIE MORTE	FIORI SECCHI	FIORI FRESCHI	TOTALE	LITTER
Marzo	741,9	245,7	167,6	6,8	0	0	1.162,00	730,5
Aprile	765,2	0	0	0	0	0	765,2	380,5
Maggio	945,5	0	144,6	72,4	0	0	1.162,50	422,4
Giugno	1.018,60	351	272,4	170,3	0	2,3	1.814,70	737,3
Luglio	1.100,30	390,4	350,4	180,4	5	12,4	2.038,90	350
Agosto	820,3	543,4	320,4	120,4	12,5	28,4	1.845,40	430,3
Settembre	794,6	591,6	240,3	30,9	0,8	35,7	1.693,90	700
Ottobre	700,3	624,9	266,5	76,3	0	53,5	1.721,50	287
MEDIA	860,8	343,4	220,3	82,2	2,3	16,5	1.525,50	504,8

CAMPALTO								
Mese	FUSTI VIVI	FUSTI MORTI	FOGLIE VIVE	FOGLIE MORTE	FIORI SECCHI	FIORI FRESCHI	TOTALE	LITTER
Marzo	794,7	296,3	129,2	39,2	0	0	1.259,50	94,5
Aprile	879,7	326	168,1	48,4	0	0	1.422,20	50
Maggio	1.064,60	406,6	224,4	42,7	0	0	1.738,20	70
Giugno	1.070,40	398,6	318,4	33,2	0	12,2	1.832,70	231,6
Luglio	1.187,30	420,3	318,3	98,4	5,8	12,4	2.042,50	310,3
Agosto	747	478,2	311	66,5	10,5	20,4	1.633,50	357,2
Settembre	1.371,70	615,8	442,6	70,3	11	60,4	2.571,70	247,8
Ottobre	852,3	576,1	348,1	12,6	0	10,3	1.799,50	20,5
MEDIA	995,9	439,7	282,5	51,4	3,4	14,5	1.787,50	172,7

S. ARIANO								
Mese	FUSTI VIVI	FUSTI MORTI	FOGLIE VIVE	FOGLIE MORTE	FIORI SECCHI	FIORI FRESCHI	TOTALE	LITTER
Marzo	923	286,2	243,8	14,6	0	0	1.467,60	219
Aprile	636,4	230,4	149,5	76,5	0	0	1.092,70	200
Maggio	732,9	391,2	190,5	47,5	0	0	1.362,00	70
Giugno	978,8	125,3	269,6	92,3	0,3	4,3	1.470,70	208,8
Luglio	1.005,30	257,4	320,4	100,3	3,4	6,7	1.693,50	220
Agosto	796	510,9	392	65,1	10,9	70,2	1.845,10	469
Settembre	713,7	314	379,9	60,9	0	62	1.530,30	384,4
Ottobre	684,3	399,8	384,6	35,2	0	46,3	1.550,20	335
MEDIA	808,8	314,4	291,3	61,5	1,8	23,7	1.501,50	263,3

Tabella 3 - *Juncus maritimus*: valori medi mensili (N=7), in g p.s./m²

FOCE DESE								
Mese	FUSTI VIVI	FUSTI MORTI	FOGLIE VIVE	FOGLIE MORTE	FIORI SECCHI	FIORI FRESCHI	TOTALE	LITTER
Marzo	366	540,7	0	0	0	0	906,7	0
Aprile	354,7	492,6	0	0	0	0	847,3	17,5
Maggio	301,3	519,5	0	0	0	8,7	820,8	0
Giugno	369,1	840,6	0	0	0	24,5	1.234,20	34,6
Luglio	475,3	780,3	0	0	0	12,7	1.268,30	39,4
Agosto	562,2	719,6	0	0	0	1,6	1.283,50	156,5
Settembre	540,6	562,5	0	0	7,4	0	1.110,50	0
Ottobre	491,7	960,2	0	0	17,8	0	1.469,70	0
MEDIA	432,6	677	0	0	3,2	5,9	1117,6	31

LAGO TENERI								
Mese	FUSTI VIVI	FUSTI MORTI	FOGLIE VIVE	FOGLIE MORTE	FIORI SECCHI	FIORI FRESCHI	TOTALE	LITTER
Marzo	252,3	334,1	0	0	0	0	586,4	0
Aprile	220,6	309,8	0	0	0	0	530,4	0
Maggio	175,7	320	0	0	0	0	495,6	0
Giugno	295,3	352,2	0	0	0	4,3	651,9	0
Luglio	376,3	497,2	0	0	0	8,3	881,8	0
Agosto	480	568,6	0	0	0	10,2	1.058,80	6,3
Settembre	384,9	379,8	0	0	5,9	0	770,5	2,1
Ottobre	579,9	715,7	0	0	16,8	0	1.312,40	0
MEDIA	345,6	434,7	0	0	2,8	2,9	786	1,1

LA GRISA								
Mese	FUSTI VIVI	FUSTI MORTI	FOGLIE VIVE	FOGLIE MORTE	FIORI SECCHI	FIORI FRESCHI	TOTALE	LITTER
Marzo	326,7	810,1	0	0	0	0	1.136,80	0
Aprile	286	717,1	0	0	0	0	1.003,00	41,7
Maggio	270,7	606,7	0	0	0	0	877,4	249,7
Giugno	175,6	848,5	0	0	0	4,6	1.028,70	88,8
Luglio	459,3	900,2	0	0	0	15,8	1.375,30	100,2
Agosto	633,3	899,1	0	0	0	28,1	1.560,50	114,1
Settembre	429,6	955,1	0	0	0,3	0	1.385,00	117,3
Ottobre	132,4	272,7	0	0	0	0	405,1	52
MEDIA	339,2	751,2	0	0	0	6,1	1096,5	95,5

Tabella 4 - *Limonium narbonense*: valori medi mensili (N=7), in g p.s./m²

C. LE TREPORTI								
Mese	FUSTI VIVI	FUSTI MORTI	FOGLIE VIVE	FOGLIE MORTE	FIORI SECCHI	FIORI FRESCHI	TOTALE	LITTER
Marzo	0	7,2	0	114,7	11,4	0	133,3	0,1
Aprile	0	11	95,8	62,6	4,8	0	174,1	0
Maggio	0	4,9	122,3	62,6	4,8	0	194,5	14,5
Giugno	6,3	11,8	189	44,9	9,7	1,5	263,1	17,2
Luglio	7	3,4	210	37	5	0,3	262,7	14
Agosto	9	0,2	240	40	4,8	13	307	15
Settembre	11	8,2	127,4	41,6	23,3	10,2	221,7	11,2
Ottobre	0,2	12,7	26,1	77,8	14,8	0	131,7	0
MEDIA	4,2	7,4	126,3	60,2	9,8	3,1	211	9

SCANELLO								
Mese	FUSTI VIVI	FUSTI MORTI	FOGLIE VIVE	FOGLIE MORTE	FIORI SECCHI	FIORI FRESCHI	TOTALE	LITTER
Marzo	0	8,7	13,5	110,7	6,3	0	139,2	1,6
Aprile	0	2,4	113,6	16,6	0	0	132,6	7,5
Maggio	0	1,4	148,7	29,4	1,7	0	181,2	37,8
Giugno	14,4	1,1	240,7	18,6	3,9	2,5	281,1	25
Luglio	18,5	2,3	260	24	4	18	326,8	19
Agosto	16,4	0,6	181	28,5	1,6	28,6	256,7	31,5
Settembre	36,9	7,2	125,5	31,2	11,9	33,2	245,9	0
Ottobre	4,7	12,7	84,8	93,1	19,1	2,8	217,2	0
MEDIA	11,4	4,5	146	44	6,1	10,6	222,6	15,3

TRESSO								
Mese	FUSTI VIVI	FUSTI MORTI	FOGLIE VIVE	FOGLIE MORTE	FIORI SECCHI	FIORI FRESCHI	TOTALE	LITTER
Marzo	0	2,4	0	143,8	3,2	0	145,4	17,7
Aprile	0	0,2	100,9	54,6	0	0	155,8	0
Maggio	0	0,2	132,7	37,9	0,8	0	171,7	26,3
Giugno	0	0	214,5	28	3,3	2,7	248,4	12,6
Luglio	12	5	220	40	0,1	22	299,1	15
Agosto	20,6	1,2	215,9	50,8	0,9	35,3	324,7	13
Settembre	32,9	9,9	134,6	45,7	14,3	31,9	269,4	10
Ottobre	1,4	14,4	128,6	85,3	17,2	0	246,8	0
MEDIA	8,4	4,2	143,4	60,8	5	11,5	232,7	11,8

Tabella 5 - *Puccinellia palustris*: valori medi mensili (N=7), in g p.s./m²

LAGHI								
Mese	FUSTI VIVI	FUSTI MORTI	FOGLIE VIVE	FOGLIE MORTE	FIORI SECCHI	FIORI FRESCHI	TOTALE	LITTER
Marzo	76,1	289,7	0	0	0	0	365,8	0
Aprile	121,2	224,9	0	0	0	0	346,1	0
Maggio	226,2	311,5	0	0	0	17,6	537,7	0
Giugno	247	202,7	0	0	4,6	4,8	459,1	5,9
Luglio	180,7	350,2	0	0	0	5,7	536,6	13,8
Agosto	210,2	321,3	0	0	0	11,7	543,2	0
Settembre	161,3	373,2	0	0	8,5	0	543	0
Ottobre	233,1	357,1	0	0	4,6	0	594,8	28,4
MEDIA	182	303,8	0	0	2,2	5	490,8	6

LAGO TENERI								
Mese	FUSTI VIVI	FUSTI MORTI	FOGLIE VIVE	FOGLIE MORTE	FIORI SECCHI	FIORI FRESCHI	TOTALE	LITTER
Marzo	78,2	325,7	0	0	0	0	403,9	0
Aprile	91,9	257,3	0	0	0	0	349,3	0
Maggio	291,5	211,9	0	0	0	23,1	503,4	181,5
Giugno	314,8	140,8	0	0	0	13,9	469,5	4,1
Luglio	190,7	280,6	0	0	0	9,5	480,8	23,7
Agosto	168,1	429,9	0	0	0	7,3	605,3	59,9
Settembre	145,6	336,8	0	0	7,6	0	490	49,9
Ottobre	101,8	313,5	0	0	3,3	0	418,6	20
MEDIA	172,8	287,1	0	0	1,4	6,7	465,1	42,4

LA GRISA								
Mese	FUSTI VIVI	FUSTI MORTI	FOGLIE VIVE	FOGLIE MORTE	FIORI SECCHI	FIORI FRESCHI	TOTALE	LITTER
Marzo	107,3	275,4	0	0	0	0	382,7	0
Aprile	145,2	146,4	0	0	0	0	291,7	0
Maggio	339,4	136,8	0	0	0	35	476,2	37,9
Giugno	520,6	247,8	0	0	0	23,1	791,4	0
Luglio	470,6	380,2	0	0	3,6	12,7	867,1	18
Agosto	377,1	496	0	0	5,7	2,2	880,9	56,6
Settembre	242,2	421,7	0	0	14,8	0	678,8	57,1
Ottobre	174	471,4	0	0	4,7	0	650,1	19,8
MEDIA	297,1	322	0	0	3,6	9,1	627,4	23,7

Tabella 6 - *Salicornia veneta*: valori medi mensili (N=7), in g p.s./m²

CAMPALTO								
Mese	FUSTI VIVI	FUSTI MORTI	FOGLIE VIVE	FOGLIE MORTE	FIORI SECCHI	FIORI FRESCHI	TOTALE	LITTER
Marzo	0	480,6	0	0	0	0	480,6	0
Aprile	11,7	431,4	0	0	0	0	443,1	0
Maggio	51,9	399,3	0	0	0	0	451,3	0
Giugno	380,7	181,6	0	0	0	0	562,2	0
Luglio	508,4	298,6	0	0	0	0	807	42,4
Agosto	650	310	0	0	0	0	983,6	0
Settembre	778,5	205,1	0	0	0	0	983,6	0
Ottobre	0	586,2	0	0	0	0	586,2	0
MEDIA	297,6	361,6	0	0	0	0	662,2	5,3

S. ARIANO								
Mese	FUSTI VIVI	FUSTI MORTI	FOGLIE VIVE	FOGLIE MORTE	FIORI SECCHI	FIORI FRESCHI	TOTALE	LITTER
Marzo	4,4	243,3	0	0	0	0	243,9	0
Aprile	35,3	167,5	0	0	0	0	202,8	0
Maggio	49,7	228,3	0	0	0	0	278	0
Giugno	273,5	173,5	0	0	0	0	447	8,5
Luglio	475	120	0	0	0	0	595	12
Agosto	631,2	89,4	0	0	0	0	720,5	11,9
Settembre	734,6	67,1	0	0	0	0	801,7	12
Ottobre	50,3	563,9	0	0	0	0	614,2	0
MEDIA	281,7	206,6	0	0	0	0	487,9	5,6

SCANELLO								
Mese	FUSTI VIVI	FUSTI MORTI	FOGLIE VIVE	FOGLIE MORTE	FIORI SECCHI	FIORI FRESCHI	TOTALE	LITTER
Marzo	0	157,9	0	0	0	0	157,9	21,5
Aprile	2,4	143,6	0	0	0	0	146	0
Maggio	9,6	122,4	0	0	0	0	132	0
Giugno	218,2	79,8	0	0	0	0	298	2,4
Luglio	320	80	0	0	0	0	400	12
Agosto	431,5	23,6	0	0	0	0	455,1	22,5
Settembre	461,4	19,2	0	0	0	0	480,6	20
Ottobre	323,3	9	0	0	0	0	332,3	15
MEDIA	220,8	79,4	0	0	0	0	300,2	11,7

Tabella 7. *Sarcocornia fruticosa*: valori medi mensili (N=7), in g p.s./m²

CHIOGGIA B2								
Mese	FUSTI VIVI	FUSTI MORTI	FOGLIE VIVE	FOGLIE MORTE	FIORI SECCHI	FIORI FRESCHI	TOTALE	LITTER
Marzo	963,4	0	0	0	0	0	963,4	0
Aprile	632	0	0	0	0	0	632	0
Maggio	679,1	0	0	0	0	0	679,1	46,5
Giugno	750	0	0	0	0	0	750	0
Luglio	990,6	0	0	0	0	0	990,6	59,7
Agosto	1.200,00	100	0	0	0	0	1.300,00	75
Settembre	796,3	202,1	0	0	0	0	998,4	57
Ottobre	781,9	187	0	0	0	0	968,9	0
MEDIA	849,2	61,1	0	0	0	0	910,3	29,8

SCANELLO								
Mese	FUSTI VIVI	FUSTI MORTI	FOGLIE VIVE	FOGLIE MORTE	FIORI SECCHI	FIORI FRESCHI	TOTALE	LITTER
Marzo	685,5	0	0	0	0	0	685,5	59,5
Aprile	630,9	0	0	0	0	0	630,9	4,9
Maggio	648,6	0	0	0	0	0	648,6	64,2
Giugno	924	0	0	0	0	0	924	64,3
Luglio	1.080,00	0	0	0	0	0	1.080,00	52
Agosto	1.231,40	0	0	0	0	0	1.231,40	62,9
Settembre	623,2	254,8	0	0	0	0	878	54
Ottobre	859,9	67,5	0	0	0	0	927,3	0
MEDIA	835,4	40,3	0	0	0	0	875,7	45,2

TRESSO								
Mese	FUSTI VIVI	FUSTI MORTI	FOGLIE VIVE	FOGLIE MORTE	FIORI SECCHI	FIORI FRESCHI	TOTALE	LITTER
Marzo	752,6	0	0	0	0	0	752,6	75,9
Aprile	642,4	0	0	0	0	0	642,4	0
Maggio	509,4	0	0	0	0	0	509,4	0,9
Giugno	720,8	0	0	0	0	0	720,8	0
Luglio	900	0	0	0	0	0	900	25
Agosto	1.437,70	0	0	0	0	0	1.459,40	123,9
Settembre	477,4	222,8	0	0	0	0	700,2	70
Ottobre	1.012,90	308	0	0	0	0	1.320,90	57,2
MEDIA	806,7	66,4	0	0	0	0	875,7	44,1

Tabella 8 - *Spartina maritima*: valori medi mensili (N=7), in g p.s./m²

C. LE TREPORTI								
Mese	FUSTI VIVI	FUSTI MORTI	FOGLIE VIVE	FOGLIE MORTE	FIORI SECCHI	FIORI FRESCHI	TOTALE	LITTER
Marzo	296,4	557,4	0	0	0	0	853,8	0
Aprile	216,7	451,8	0	0	0	0	668,5	0
Maggio	290	193	0	0	0	0	483	19,1
Giugno	415,8	114,4	0	0	0	0	530,2	28,4
Luglio	420	190	0	0	0	0	610	45
Agosto	280	374	0	0	0	0	654	17,2
Settembre	65,6	219,8	0	0	0	0	285,4	30,5
Ottobre	13,5	146	0	0	0	0	159,5	0
MEDIA	249,8	280,8	0	0	0	0	530,5	17,5

LA GRISA								
Mese	FUSTI VIVI	FUSTI MORTI	FOGLIE VIVE	FOGLIE MORTE	FIORI SECCHI	FIORI FRESCHI	TOTALE	LITTER
Marzo	42,7	484,9	0	0	0	0	527,6	19,6
Aprile	57,9	437,9	0	0	0	0	495,8	11,7
Maggio	87,1	309,3	0	0	0	0	396,4	54
Giugno	205,7	344,4	0	0	0	0	550,1	25,1
Luglio	220	300	0	0	0	0	520	15
Agosto	131,8	321,2	0	0	0	0	453	51,5
Settembre	140,4	376,4	0	0	0	0	516,9	66
Ottobre	132,4	272,7	0	0	0	0	405,1	52
MEDIA	127,2	355,9	0	0	0	0	483,1	36,9

TRESSO								
Mese	FUSTI VIVI	FUSTI MORTI	FOGLIE VIVE	FOGLIE MORTE	FIORI SECCHI	FIORI FRESCHI	TOTALE	LITTER
Marzo	219,3	351,7	0	0	0	0	571	34,2
Aprile	243,5	210,1	0	0	0	0	453,6	0
Maggio	282,8	146	0	0	0	0	428,8	25
Giugno	429,7	188	0	0	0	0	617,8	0
Luglio	450	220	0	0	0	0	670	15
Agosto	469,5	280,6	0	0	0	2,8	752,9	59,7
Settembre	350,8	390,8	0	0	0	0	741,7	60
Ottobre	194,7	272,7	0	0	0	0	467,4	85
MEDIA	330	257,5	0	0	0	0,4	587,9	34,9

Tabella 9 - Produttività annua (P) e biomassa massima viva (B max) stimate in questa indagine.

Specie	Parcella	P (g p.s./mq/a)	B max (g p.s./mq)	Turn over (P/B max)
<i>H. portulacoides</i>	S. Ariano	1.021,0	1.332,0	0,8
	Aleghero	1.694,2	1.463,0	1,2
	Campalto	1.874,0	1.827,0	1,0
	Media	1.529,7	1.540,7	1,0
	± s.d	449,7	256,5	
<i>J. maritimus</i>	Dese	969,5	563,0	1,7
	La Grisa	639,0	661,0	1,0
	Lago Teneri	1.109,3	579,9	1,9
	Media	905,9	601,3	1,5
	± s.d	241,5	52,4	
<i>L. narbonense</i>	C. le Treporti	269,0	262,0	1,0
	Tresso	344,0	271,0	1,3
	Scanello	327,0	296,0	1,1
	Media	313,3	276,3	1,1
	± s.d	39,3	17,6	
<i>P. palustris</i>	Lago Teneri	550,0	324,0	1,7
	La Grisa	645,0	543,0	1,2
	Laghi	374,0	251,0	1,5
	Media	523,0	372,7	1,5
	± s.d	137,5	152,0	
<i>S. veneta</i>	S Ariano	789,0	734,0	1,1
	Campalto	775,0	778,0	1,0
	Scanello	472,0	461,0	1,0
	Media	678,7	657,7	0,7
	± s.d	179,1	171,7	
<i>S. fruticosa</i>	Tresso	1.658,0	1.459,0	1,1
	Chioggia B2	789,0	1.200,0	0,7
	Scanello	670,0	1.231,0	0,5
	Media	1.039,0	1.296,7	0,8
	± s.d	539,4	141,4	
<i>S. maritima</i>	C. le Treporti	294,0	420,0	0,7
	Tresso	422,0	472,0	0,9
	La Grisa	261,0	220,0	1,2
	Media	325,7	370,7	0,9
	± s.d	85,0	133,0	

Tabella 10 - Valori di produttività epigea per altre aree costiere europee.

Specie	Produttività (g p.s./m²/a)	Paese	Fonte
<i>Halimione portulacoides</i>	790-1434	NL	Groenendijk, 1984
<i>Halimione portulacoides</i>	1270	E	Benito e Onaindia, 1997
<i>Halimione portulacoides</i>	616	NL	Boorman et al., 1994
<i>Halimione portulacoides</i>	790-1434	NL	Groenendijk, 1984
<i>Halimione portulacoides</i>	561	E	Boorman et al., 1994
<i>Halimione portulacoides</i>	1800	F	Bouchard e Lefeuvre, 2000
<i>Halimione-Puccinellia</i>	975	E	Boorman et al., 1994
<i>Juncus-Carex</i>	344	NL	Ketner, 1972 in Boorman et al., 1994
<i>Juncus-Schoenus</i>	396	NL	Boorman et al., 1994
<i>Puccinellia maritima</i>	807	E	Long and Mason, 1983
<i>Puccinellia maritima</i>	727	E	Boorman et al., 1994
<i>Puccinellia maritima</i>	480	F	Bouchard e Lefeuvre, 2000
<i>Puccinellia maritima</i>	250	GB	Hussey & Long, 1982
<i>Puccinellia-Limonium</i>	837	NL	Wolff et al., 1979
<i>Salicornia europaea</i>	761	E	Boorman et al., 1994
<i>Salicornia europaea</i>	262	F	Boorman et al., 1994
<i>Salicornia</i> sp.	249	NL	Boorman et al., 1994
<i>Sarcocornia. fruticosa</i>	1200	E	Curcò et al., 2002
<i>Sarcocornia fruticosa</i>	581	F	Ibanez et al., 1999
<i>Spartina maritima</i>	882-1303	P	Boorman et al., 1994
<i>Spartina maritima</i>	350-750	E	Sanchez et al, 1997
<i>Spartina maritima</i>	630	E	Benito e Onaindia, 1997
<i>Spartina-Puccinellia</i>	1030	NL	Wolff et al., 1979

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Con le indagini di campo effettuate nel 2003 si sono raccolti dati che consentono ora di stimare, con ragionevole precisione, l'entità e la variabilità di importanti caratteristiche strutturali e funzionali dell'ecosistema lagunare quali biomassa e produttività delle principali specie alofile. La frequenza di campionamento mensile, l'elevato numero di repliche e la scelta di tre parcelle per ogni specie consentono di fornire un quadro che risulta sufficientemente chiaro ed in grado di fissare un riferimento per nuove indagini.

È utile ricordare che i dati precedenti disponibili per la laguna (SCARTON et al., 2000; SCARTON et al., 2002) se pur consideravano la gran parte delle specie qui studiate (ossia sei su sette, la sola *Salicornia veneta* esclusa) avevano un grado di dettaglio molto minore, sia per quanto riguarda la frequenza di campionamento (due o tre campagne annuali) che il numero di siti (uno solo per ciascuna specie).

Nella tab. 9 vengono confrontati i valori medi (tre parcelle) sia di produttività che di biomassa, rilevati in questa indagine. Se si ordinano le sette specie alofile in base ai risultati, si evidenziano tre possibili gruppi:

1. specie con biomassa e produttività comprese tra 300 e 500 g: si tratta di *L. narbonense*, *S. maritima* e *P. palustris*;
2. specie con entrambi i parametri compresi tra 500 e 900 g: *S. veneta* e *J. maritimus*;
3. specie che superano, anche sensibilmente, questa soglia: *S. fruticosa* e *H. portulacoides*.

Si può osservare come i valori ponderali più bassi siano propri di specie che crescono a quote inferiori a 0.3 m s.m.m. Fa eccezione una specie propria di livelli altimetrici bassi (*Salicornia veneta*) che presenta invece buoni valori sia di produttività che di biomassa. Si tratta però dell'unica specie annuale tra quelle qui considerate, quindi con una strategia di sviluppo sensibilmente diversa. Specie, quali *S. fruticosa* e *H. portulacoides*, che vivono alle quote più alte tra quelle qui osservate (ossia > 0.30 m s.m.m.) fanno registrare i valori maggiori di biomassa e produttività, specialmente nella seconda specie. Che *H. portulacoides* fosse la specie a maggior biomassa e produttività fra le alofite europee è stato rilevato anche da BOORMAN et al. (1994) e LEFEUVRE et al. (1994). È stato invece più volte ipotizzato (DAVY, 2000; WEINSTEIN & KREEGER, 2000) che livelli altimetrici bassi, che comportano una frequente sommersione dei terreni, determinino una diminuzione della biomassa e della produttività epigea, a causa dell'elevato stress cui sono sottoposte le piante che crescono in quei terreni.

Considerando le 21 parcelle, si ottiene un valore mediano di produttività annua pari a 645 g/m²; poiché l'estensione delle barene (canneti esclusi) è stimabile a circa 3300 ha, ed il coefficiente di turnover è prossimo a 1 per gran parte delle specie (tab. 9), si può stimare che la biomassa prodotta annualmente dalla vegetazione lagunare sia dell'ordine di alcune decine di migliaia di tonnellate. Il destino di questa imponente biomassa non è mai stato studiato; per analogia con quanto osservato in altri ambienti costieri europei (BOUCHARD E LEFEUVRE, 2000; LEFEUVRE et al., 2000), si può ipotizzare che ai livelli altimetrici più bassi il detrito vegetale venga rapidamente fatto entrare in circolo nel bacino lagunare soprattutto grazie alle maree, mentre alle quote più elevate buona parte della biomassa prodotta verrebbe ad essere confinata *in situ*.

Le evidenti differenze osservate tra parcelle diverse della stessa specie, in almeno quattro casi su sette, fanno ritenere che risultati derivati da un solo sito di prelievo debbano sempre essere valutati con molta cautela

Il confronto con i pochi dati già noti per la laguna evidenzia per due specie (*S. maritima* e *P. palustris*) buone somiglianze nei valori di biomassa e produttività qui rilevati o, per le rimanenti specie, valori maggiori propri di questa indagine. Grazie alla maggior frequenza di campionamento ed al maggior numero di siti indagati è da ritenersi che le stime qui presentate siano più realistiche delle precedenti finora disponibili.

Considerando infine alcuni studi condotti in altri Paesi europei (tab. 10) si può rilevare come, per tutte le specie per le quali è stato possibile ritrovare valori confrontabili, i risultati propri della laguna di Venezia rientrano nel range di valori noto. Notevole eccezione è rappresentata da *S. maritima*, che denota in laguna valori di produttività inferiori, seppur di poco, a quelli noti. Alla luce delle successive osservazioni, è possibile che tali bassi valori fossero indicatori di una situazione di stress della specie, che sta tuttora manifestandosi con la sua scomparsa da ampie estensioni delle barene lagunari. È possibile che sia in atto un fenomeno di “die-back” di questa specie dalla laguna di Venezia, come è stato ciclicamente osservato per altre specie congeneri (*S. anglica*, *S. alterniflora*) sia in Europa che nel Nord America (VINTHER et al. 2000; GRAY et al. 1992, GRAY & RAYBOULD 1997).

RINGRAZIAMENTI

I dati presentati sono stati raccolti per conto del Ministero delle Infrastrutture - Magistrato alle Acque, tramite il suo concessionario Consorzio Venezia Nuova, che qui ringraziamo per l'autorizzazione al loro utilizzo.

Un particolare ringraziamento alla dott.ssa S. Bardino, all'Arch. A. Bernstein e all'Ing. L. Montobbio del Consorzio Venezia Nuova per aver stimolato e sostenuto lo svolgimento dei monitoraggi MELa2 in ambito lagunare. Le operazioni di campo, in condizioni spesso impegnative, sono state effettuate in gran parte dai colleghi P. Bertoldo, I. Cavalli e M. Cazzin. L. Ghirelli ha fornito utili indicazioni.

Bibliografia

- BEGON M., HARPER J., TOWNSEND C., 1989. Ecologia. Individui, popolazioni, comunità. Zanichelli, 852 pp.
- BENITO I., ONAINDIA M., 1991. Biomass and aboveground production of four angiosperms in Cantabrian (N. Spain) salt marshes. *Vegetatio*, 96: 165-175.
- BOORMAN L. A., HAZELDEN J., LOVELAND P. J., WELLS J., LEVASSEUR J. E., 1994. Comparative relationships between primary productivity and organic and nutrient fluxes in four European salt marshes. *Global wetlands: old world and new*, pp: 181-198. *Elsevier*, Amsterdam.
- BOUCHARD V., LEFEUVRE J.C., 2000. Primary production and macro-detritus dynamics in a European salt marsh: carbon and nitrogen budgets. *Aquatic Botany* 67: 23-42.
- CANIGLIA G., CHIESURA LORENZONI F., CURTI L., LORENZONI G.G., MARCHIORI S., RAZZARA S., TORNADORE MARCHIORI N., 1978. Variazioni di biomassa e ritmo antesico nel *Limnietum venetum* Pign.1953 delle barene di Chioggia. *Giorn. Bot. Ital.*, 112: 303-304.
- CRONK J., FENNESSY M., 2001. Wetland plants. Biology and Ecology. *CRC Press*, Boca Raton, 462 pp.
- CURCO A., IBANEZ C., DAY J., PRATT N., 2002. Net primary production and decomposition of salt marshes of Ebro delta (Catalonia, Spain). *Estuaries* 25: 309-324.

- DAVY A.J., 2000. Development and structure of salt marshes community patterns in time and space. In M. Weinstein, & D.Kreeger (Eds.), Concepts and controversies in tidal marsh ecology (pp. 137–156). *Kluwer*, Dordrecht.
- GRAY A., RAYBOULD A., 1997. The history and evolution of *Spartina anglica* in the British Isles. In: *Second International Spartina Conference Proceedings*, Olympia, WA, March 20-21, 1997: 12-15.
- GRAY A.J., 1992. Saltmarsh plant ecology: zonation and succession revisited. In: Saltmarshes. Morphodynamics, conservation and engineering significance. (ed. J. R. L. Allen and K. Pye), pp. 63-80. *Cambridge University Press*, Cambridge.
- GROENENDIJK A.M., 1984. Primary production of four dominant salt-marsh angiosperms in the SW Netherlands. *Vegetatio*, 57: 143-152.
- HUSSEY A., LONG S.P., 1982. Seasonal changes in weight of above- and below-ground vegetation and dead plant material in a salt marsh at Colne Point, Essex. *Journal of Ecology* 70: 757-771.
- IBANEZ C., DAY J.W., PONT D., 1999. Primary production and decomposition of wetlands of the Rhone Delta, France: Interactive impacts of human modifications and relative sea level rise. *Journal of Coastal Research* 15:717–731
- LEFEUVRE J., BOUCHARD V., FEUNTEUN E., GRARE S., LAFFAILLE P., RADUREAU A., 1994. European salt marshes diversity and functioning: The case study of the Mont Saint-Michel bay, France. *Wetlands Ecology and Management* 8: 147-161.
- LINTHURST R.A., REIMOLD R.J., 1978. Estimated net aerial primary productivity for selected estuarine angiosperms in Maine, Delaware and Georgia. *Ecology* 59: 945-955.
- LONG S.P., MASON C.F., 1983. Saltmarsh Ecology. *Blakie*, London.
- MAGISTRATO ALLE ACQUE, 1998. Monitoraggio Millecampi. Integrated wetland elevation modeling. Consorzio Venezia Nuova. Esecutore: Biotecnica, Mestre.
- SANCHEZ J., OTERO X., IZCO J., MACIAS F., 1997. Growth form and population density of *Spartina maritima* in northwestern Spain. *Wetlands* 17: 368-374.
- SCARTON F., DAY J.W., RISMONDO A., 2002. Primary Production and decomposition of *Sarcocornia fruticosa* (L.) Scott and *Phragmites australis* Trin. Ex Steudel in the Po Delta, Italy. *Estuaries* 25: 325-336.
- SCARTON F., RISMONDO A., MANZONI A., 1999. Accrescimento e produzione di *Phragmites australis* in laguna di Venezia. *Lav. Soc.Ven. Sc. Nat.* 24: 85-91.
- SCARTON F., RISMONDO A., NASCIBENI P., 2000. Primi dati su biomassa e produzione di *Spartina maritima*, *Limonium serotinum* e *Juncus maritimus* in laguna di Venezia. 2000. *Lavori Soc. Ven. Sc. Nat.* 25: 29-35.
- TURNER R.E., 1976. Geographic variations in salt marsh macrophyte production: a review. *Contrib. Mar. Sci.*, 20: 47-68.
- VINTHER N., CHRISTIANSEN C. , BARTHOLDY J., 2001. Colonisation of *Spartina* on a tidal water divide, Danish Wadden Sea. *Danish Journal of Geography* 101: 11-20.
- WEINSTEIN M.P., KREEGER D.A., 2000. Concepts and controversies in tidal marsh ecology. *Kluwer Academic Publishers*. Dordrecht, 875 pp.
- WOLFF W.J., VAN EEDEN M.N., LAMMENS E., 1979. Primary production and import of particulate organic matter on a salt marsh in the Netherlands. *Neth. J. Sea. Res.* 13, 242–255.

Indirizzo dell'autore:

SELCO soc. coop., Via dell'Elettricità 3/d, 30175 Marghera (VE). E-mail: scarton@selco.it