

# Stima e mappatura del declino degli habitat acquatici a vegetazione macrofitica nella Valle di Gorino nel periodo 1954-2005

MATTIAS GAGLIO

VASSILIS GEORGE ASCHONITIS

GIUSEPPE CASTALDELLI

ELISA ANNA FANO

Dipartimento di Scienze della Vita e Biotecnologie, Università degli Studi di Ferrara - Via L. Borsari 46 - 44121 Ferrara (Italy)

E-mail: gglmts@unife.it - schvls@unife.it - ctg@unife.it - fne@unife.it

MAURO PELLIZZARI

Via S. Caterina da Siena 31 - 44121 Ferrara (Italy) - E-mail: pcf@unife.it

ANDREA NOFERINI

Via Boccaccio 13 - 40026 Imola (Bo - Italy) - E-mail: nofero73@gmail.com

---

## RIASSUNTO

Il declino della vegetazione acquatica negli ambienti di transizione è un fenomeno documentato su ampia scala negli ultimi decenni. Fra questi gli ambienti del Delta del Po non fanno eccezione. La variazione spazio-temporale dei due principali habitat ad elofite (canneto) e macrofite acquee sommerse (ruppieto) è stata stimata e mappata per la Valle di Gorino, nome con la quale si identifica la parte più orientale della Sacca di Goro. L'analisi è stata effettuata sulla interpretazione di foto aeree storiche e rilievi di campo più recenti, per gli anni 1954, 1976, 1993 e 2005. I risultati hanno evidenziato il drammatico declino di questi habitat. In particolare, nel periodo più recente (1993-2005) l'area coperta da canneto ha subito una perdita stimata di circa l'82%, mentre il ruppieto di oltre il 98%. La mappatura evidenzia che la rimanente area a canneto si trova nelle zone a ridosso del Po di Goro dove può beneficiare dell'apporto di acque dolci, confermando il ruolo negativo dell'incremento di salinità nella Sacca. Il recupero di questi habitat e delle loro relative funzioni ecologiche richiede una adeguata gestione del territorio, che diminuisca allo stesso tempo sia il valore di salinità che il carico di nutrienti nella Valle di Gorino.

Parole chiave: Vegetazione acquatica, Sacca di Goro, *Phragmites australis*, *Ruppia cirrhosa*.

## ABSTRACT

*Assessing and mapping aquatic macrophyte decline in Gorino valley during 1954-2005.*

The decline of aquatic vegetation in the world transitional environments has been widely described in the last decades. This phenomenon occurred in the environments of river Po Delta as well. The spatio-temporal variation of emergent (common reed stands) and submerged (spiral ditchgrass meadows) vegetation was assessed and mapped in the eastern part of the Sacca di Goro Lagoon (called Valle di Gorino). The analysis was carried out by aerial photo interpretations and field surveys for the years 1954, 1976, 1993 and 2005. Results highlighted the dramatic decline of such habitats. The loss of emergent vegetation during the last period (1993-2005) was about 82%, while submerged vegetation decreased by more than 98%. The remaining areas of common reed stands are located close to Po di Goro river, where freshwater is supplied, confirming the negative role of the increase of salinity in the Sacca di Goro Lagoon. A proper environmental management, aiming to decrease salinity levels and nutrient loads, is needed in order to restore such habitats and related ecological functions.

Keywords: Aquatic vegetation, Goro lagoon, *Phragmites australis*, *Ruppia cirrhosa*.

## INTRODUZIONE

Le aree costiere sono sistemi dinamici soggetti a perturbazioni naturali, dovute all'interazione tra fattori terrestri e marini, che conferiscono caratteristiche peculiari ai loro ecosistemi e ne rideleggono continuamente il paesaggio.

Nelle ultime decadi però, lo sviluppo economico aggressivo che ha interessato queste aree ha portato al forte incremento delle pressioni di origine antropica, ed al conseguente degrado della loro qualità ambientale.

Le aree costiere del delta del Po sono quindi un esempio ideale di come le attività dell'uomo abbiano segnato direttamente ed indirettamente lo stato ecologico degli ambienti acquatici. Tipicamente le aree umide del Delta del Po, un tempo carattere dominante del suo paesaggio, erano ecosistemi straordinariamente produttivi e ricchi di vegetazione acquatica. Infatti, prima delle grandi opere di bonifica, le antiche valli erano largamente colonizzate da macrofite acquatiche sia emerse che sommerse.

Dopo le opere di bonifica, l'ultima datata 1969 (bonifica di

Valle Falce), poco è rimasto a testimonianza della grande ricchezza naturale di questi ambienti. Ciononostante, il degrado ecologico degli ecosistemi costieri non si è arrestato a causa degli impatti antropici derivanti in particolare dall'intensificazione delle pratiche agricole e di acquacoltura.

Tra gli ambienti più caratteristici del Delta del Po, le lagune aperte sul mare (“sacche”) e quelle più interne (“valli”), differiscono per geomorfologia, influsso delle maree e cicli di ricambio idrico, che determinano una salinità variabile, tanto da essere definite “acque di transizione” (McLUSKY & ELLIOTT, 2007). Si tratta di ambienti peculiari, tra i più produttivi del pianeta (ORFANIDIS, *et al.*, 2001), ricchi di biodiversità e di specie esclusive, ma anche fragili e da tempo tutelati in varie forme (Convenzione di Ramsar, 1971; Water Framework Directive, EC 2000). Il concetto stesso di “acque di transizione” sottintende che le lagune costiere sono ambienti intrinsecamente instabili, in quanto sono interessati da trasformazioni della geomorfologia lagunare e del substrato, dovute alla modifica delle linee di costa per trasporto sedimentario, alla subsidenza e ad altri fattori: non meraviglia che tali ambienti siano interessati da fluttuazioni nelle comunità di produttori.

Queste nelle acque di transizione sono molto diversificate, includendo diversi comparti funzionali: fanerogame sommerse, macroalghe pleustofitiche e bentoniche, microalghe planctoniche, bentoniche e bentoepifite, batteri fotosintetici. Ciascun comparto mostra caratteristiche differenti di utilizzo della radiazione luminosa in termini spaziali e temporali, che determinano fenomeni di competizione e di conseguenza fluttuazioni nei popolamenti. In particolare, i tassi di incremento del fitoplancton sono molto rapidi, ma i popolamenti di fanerogame sono molto più stabili, e questo determina sostanziali differenze nei cicli dei nutrienti (PUGNETTI & ACRI, 2006). Analoghe disparità si osservano confrontando le fanerogame marine con le macroalghe pleustofitiche, i cui difformi cicli di sviluppo legati a discordanti esigenze ecofisiologiche determinano spesso fenomeni di esclusione reciproca (GIUSTI & MARSILI-LIBELLI, 2005; PERGENT, *et al.*, 2006).

Le sacche aperte e le valli interne “originarie”, non o poco disturbate, ospitano tipi di vegetazione acquatica macrofitica, composta spesso da angiosperme sommerse, che si approvvigionano di nutrienti dal sedimento: questi aspetti rientrano in uno dei quattro elementi di qualità biologica (EQB) che la Dir. 2000/60/EC designa per la valutazione dello stato ecologico di tali ambienti (SFRISO, *et al.*, 2011).

Le ampie superfici delle valli e delle sacche del Delta del Po sono tutte comprese entro i siti della Rete Natura 2000 delle Regioni Veneto ed Emilia-Romagna, e in gran parte vi è segnalato e cartografato l’habitat prioritario 1150\* “Lagune”, il quale però ecologicamente raggruppa molteplici aspetti e sfumature, sia in termini di presenza e copertura vegetale, sia di qualità ecosistemica: i due aspetti sono strettamente correlati (BIONDI, *et al.*, 2012). In particolare, i popolamenti di fanerogame di ambienti di transizione corrispondono in genere agli aspetti di miglior qualità e minor disturbo antropico.

Il cambiamento spazio-temporale dei popolamenti di fanerogame aquatische può quindi essere un ottimo indicatore della perdita di qualità e funzionalità ecologica delle aree costiere del delta del Po. Il presente studio intende presentare le trasfor-

mazioni di un biotopo di acque di transizione del Delta del Po emiliano-romagnolo, la parte più orientale della Sacca di Goro (la cosiddetta Valle di Gorino), rispetto alla componente macrofitica, analizzata in base ai dati cartografici storici e recenti come in analoghi studi diacronici (BIONDI, *et al.*, 2004) e rapportata allo stato di conservazione dell’habitat 1150\*. In particolare vengono analizzate le variazioni spazio-temporali di due comunità acquatiche che caratterizzano ed hanno caratterizzato nel tempo l’ecosistema: i ruppieti (a *Ruppia cirrhosa*) e i canneti (a *Phragmites australis*). Questi ultimi, nonostante l’incontestabile valore ecosistemico e il documentato declino su scala europea, non sono riconosciuti come specifico habitat Natura 2000.

## AREA DI STUDIO

Con il termine “Valle di Gorino” si fa riferimento all’area più orientale delle tre che si possono identificare nella Sacca di Goro, una laguna aperta posta al limite meridionale del Delta attuale, tra le bocche del Po di Volano e del Po di Goro. Di forma triangolare, la Sacca occupa una superficie di circa 26 km<sup>2</sup> ed ha una profondità media di 1,5 m. Essa si può appunto dividere in tre zone: la più occidentale è maggiormente influenzata dall’apporto di acque dolci del Po di Volano, la centrale dall’ingresso delle acque marine, quella orientale, pari circa a metà della superficie totale, è meno profonda e contribuisce solo per un quarto al volume totale delle acque (Fig. 1)

I sedimenti dei fondali sono fangosi con elevato contenuto di argilla e limo nella parte settentrionale, mentre il contenuto di sabbia aumenta nella parte meridionale, in prossimità degli scanni, grazie al trasporto litoraneo (VIAROLI, *et al.*, 2006a).

La comunità scientifica ha puntato l’attenzione sull’ecologia della Sacca dagli anni ’80 del secolo scorso: numerosi programmi di ricerca nazionali e internazionali si sono occupati di diversi temi, tra cui le dinamiche spazio-temporali e la modelistica in relazione all’idrochimica e alla geomorfologia, la biogeochimica dei sedimenti, l’ecofisiologia e la caratterizzazione delle comunità planctoniche e bentoniche, gli impatti dell’acquacoltura e dei carichi inquinanti (VIAROLI, *et al.*, 2006b).

Alcuni di questi temi sono oggetto del Progetto LIFE 13 NAT/IT/000115 AGREE Coastal Lagoon long term Management, sviluppato con la partecipazione di tutti gli stakeholders pubblici e privati dell’area, in osservanza dei concetti della Gestione Integrata Costiera (ICZM: CAMARSA, *et al.*, 2012; CORBAU, *et al.*, 2016). Nell’ambito del progetto si sono ottenuti i più recenti aggiornamenti sullo stato delle acque, sul macrobenthos e sull’avifauna (CASTALDELLI, *et al.*, 2015; CECERE, *et al.*, 2015; MISTRI & MUNARI, 2015).

## MATERIALI E METODI

Lo studio descrive e discute la variazione nel tempo dell’estensione spaziale dei popolamenti di *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud e *Ruppia cirrhosa* (Petagna) Grande nella Valle di Gorino.

Le date temporali prese in esame per l’estensione di *P. australis*



Fig. 1. La Valle di Gorino (evidenziata a destra), localizzata nella parte orientale della Sacca di Goro.

sono: 1954, 1976, 1993 e 2005, mentre per *R. cirrhosa* sono state considerate solamente le date 1993 e 2005, poiché sono le uniche derivanti da indagini di campo.

Le mappe relative agli anni 1954 e 1976 sono state ottenute mediante interpretazione di foto aeree B/N ottenute dal database dell'Istituto Geografico Militare (IGM). Per queste date è stato possibile mappare con certezza solo la vegetazione emersa.

La mappa relativa al 1993 è quella rilevata da indagini *in situ* da PICCOLI *et al.* (1999) nella finestra temporale 1992-1994, mentre la mappa relativa al 2005 è quella relativa all'indagine di NOFERINI *et al.* (2006).

Le mappe sono state elaborate con il software ArcGIS 10.3 (ESRI) per ottenere l'estensione e rappresentare la distribuzione spaziale dei due habitat.

La nomenclatura delle specie vegetali segue PICCOLI *et al.* (2014), la sintassonomia è conforme alla diagnosi degli habitat Natura 2000 secondo BIONDI *et al.* (2012).

## RISULTATI E DISCUSSIONE

L'analisi mostra la drammatica scomparsa di gran parte degli habitat di vegetazione acquatica nella Valle di Gorino (Fig. 2). In particolare, come evidenziato in Tab.1, gli habitat a vegetazione emersa (canneti), che nel 1954 erano stimati estendersi per circa 386 ha, si sono ridotti a poco più di 50 ha nel 2005, subendo una complessiva perdita del 87% circa, di cui 82% cir-

ca solo durante il periodo più recente (1993-2005). Dal punto di vista fitosociologico i canneti alofili della Sacca di Goro si possono attribuire ad una facies a *Phragmites* dell'ordine *Bolboschoenetalia maritimi* Hejny in Holub *et al.* (1967), con la stessa fisionomia e la stessa specie dominante del canneto d'acqua dolce (*Phragmitetum communis* (All. 1921) Pignatti, 1953), ma chiaramente distinta come ecologia (PICCOLI *et al.*, 1999).

Gli habitat a vegetazione sommersa (ruppieti) denunciano una perdita ancora più grave. I popolamenti possono essere quasi puri oppure misti alla macroalga *Chaetomorpha linum*, così da distinguere due comunità: *Ruppietum cirrhosae* Iversen 1941 e *Chaetomorpho* – *Ruppietum* Br.-Bl. 1952 (CORBETTA & PIRONE, 1999). Nel 1993, la copertura stimata dei ruppieti era di circa 270 ha, mentre nel 2005 sono risultati coprire solo 4 ha, per una riduzione di oltre il 98% in soli 12 anni.

Nel complesso, risultano essere stati persi circa 602 ha di habitat vegetati, di cui circa 336 ha di canneti e 266 ha di ruppieti, per larghissima parte concentrati nel periodo più recente (1993-2005).

Sebbene il declino della vegetazione acquatica nella Sacca di Goro sia stato già descritto in letteratura, questo studio fornisce una stima quantitativa di tale decremento nella Valle di Gorino su un lungo periodo, basata sull'elaborazione di immagini storiche.

Gli studi sulla vegetazione sommersa della Sacca di Goro hanno registrato dal 1987 il declino delle comunità di macrofite radicanti (PICCOLI *et al.*, 1991, 1996, 1999). Contempo-

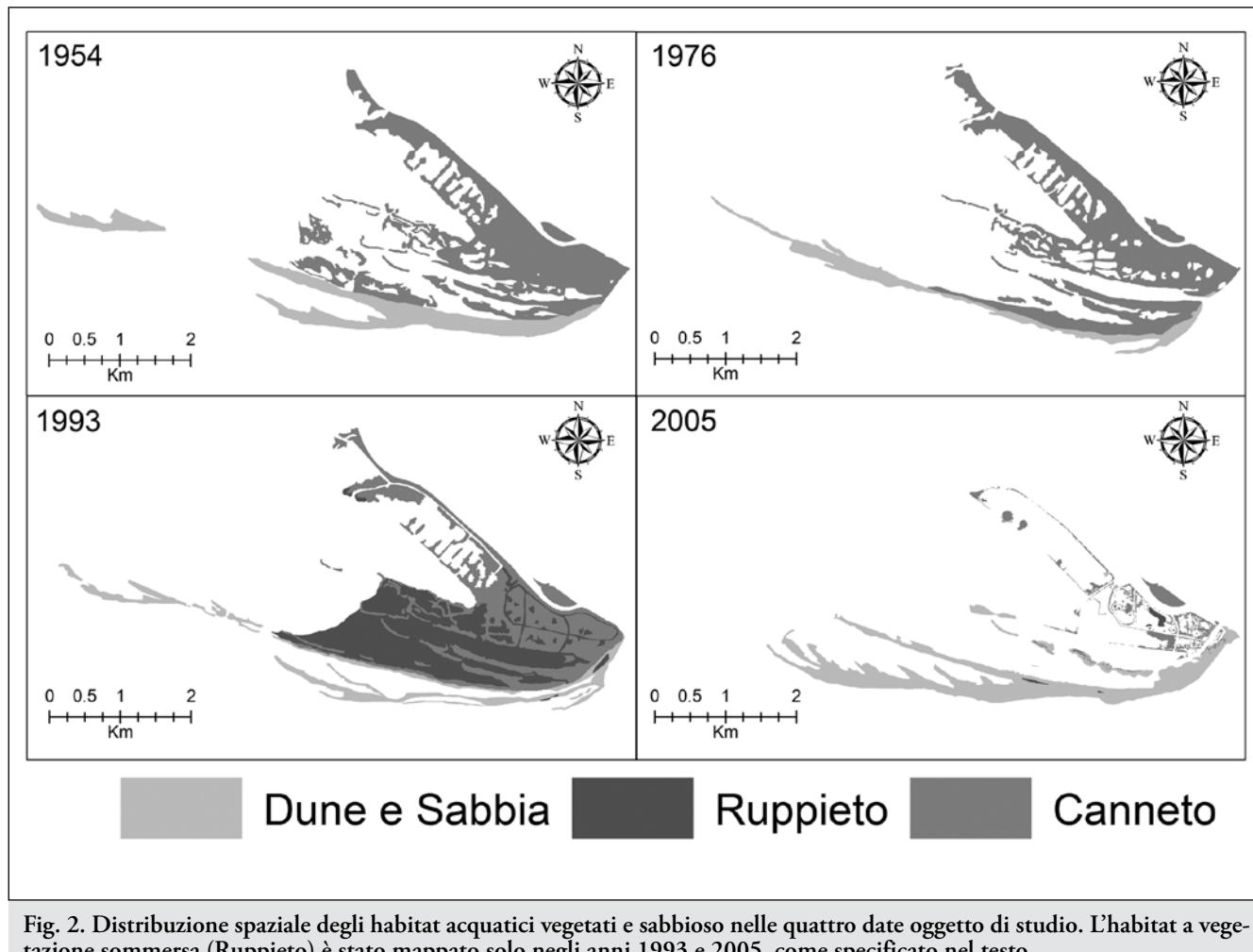


Fig. 2. Distribuzione spaziale degli habitat acquatici vegetati e sabbioso nelle quattro date oggetto di studio. L'habitat a vegetazione sommersa (Ruppieto) è stato mappato solo negli anni 1993 e 2005, come specificato nel testo.

	Estensione (ha)				Area persa (ha)			
	1954	1976	1993	2005	1976-1954	1993-1976	2005-1993	2005-1954
Canneto	385.84	367.49	283.56	50.24	-18.35	-83.93	-233.32	-335.60
Ruppieto	-	-	270.17	4.02	-	-	-266.16	-
Area persa (%)								
	1976-1954	1993-1976	2005-1993	2005-1954	1976-1954	1993-1976	2005-1993	2005-1954
Canneto	-4.76%	-22.84%	-82.28%	-86.98%	-0.22%	-1.34%	-6.86%	-1.71%
Ruppieto	-	-	-98.51%	-	-	-	-8.21%	-

Tab. 1. Estensione (ha) degli habitat di Canneto e Ruppieto stimate nel 1954, 1976, 1993 e 2008, variazione nei periodi di studio espressi come area persa assoluta (ha), percentuale totale e percentuale annuale.

raneamente si sono verificate grandi fioriture stagionali delle macroalghe pleustofitiche soprattutto *Ulva rigida* (*Ulvaceae*) e *Gracilaria verrucosa* (*Gracilariaeae*), con conseguenze sul contenuto di ossigeno, che può variare da una sovrassaturazione al 300% in primavera fino al crollo con eventi di ipossia e anossia in estate, in coincidenza con la decomposizione della biomassa algale. La dominanza di *U. rigida* caratterizza la parte orientale della Sacca, mentre i popolamenti di *G. verrucosa* e *G. gracilis* nelle aree centro-settentrionali e orientali sono stati di recen-

te quasi sostituiti dall'alloctona e invasiva *G. vermiculophylla* (SFRISO *et al.*, 2012a; VIAROLI *et al.*, 2013). Fioriture minori di *Cladophora sp.* sono state osservate in estate-autunno (PICCOLI & GODINI, 1994; VIAROLI *et al.*, 2006b). Non si hanno segnalazioni della Characea *Lampranthum papulosum* (Wallroth) J. Groves, presente anche se molto circoscritta nella parte nord della Laguna di Venezia (SFRISO *et al.*, 2012b), nonché nelle Valli di Comacchio (PELLIZZARI *et al.*, 2009). L'unica fanerogama sommersa di ambienti di transizione della

Sacca di Goro è *Ruppia cirrhosa*. A seconda della diversa compresenza di macroalghe, alla fine degli anni '80 sono state distinte quattro comunità dominate da *Ruppia* (PICCOLI *et al.*, 1991). Indagini recenti effettuate nella parte orientale della Sacca hanno evidenziato solo pochi punti di presenza di *R. cirrhosa*, localizzati in stagni di marea tra la Sacca e lo scanno a N del Lido di Volano (NOFERINI & PELLIZZARI, 2005). La principale causa accertata del declino delle macrofite sommerse negli ambienti costieri europei è la ridotta intensità luminosa efficace per la fotosintesi (DENNISON, 1987; TERRADOS *et al.*, 1999), e in questo senso le lagune e valli del Delta del Po non fanno eccezione. Come in altre lagune, la riduzione si può inoltre attribuire a condizioni di disturbo crescente, agli elevati carichi di nutrienti (VALIELA *et al.*, 1997), e alle condizioni riducenti del sedimento, che compromettono l'apparato radicale (TERRADOS *et al.*, 1999; HOLMER *et al.*, 2003).

L'afflusso di acque ricche di nutrienti genera un aumento della disponibilità di questi per i produttori dell'ecosistema, ma anche la possibilità che in parte vengano intrappolati nel sedimento ("nutrient sink"). Questo fattore genera modificazioni ecologiche sostanziali, tra cui l'aumento del fitoplancton (già notevole in caso di arricchimento di N totale, e da 4 a 10 volte più intenso in caso di arricchimento di N + P combinati: TAYLOR *et al.*, 1995). E come è logico, le eccessive fioriture di fitoplancton intorbidano l'acqua e generano competizione per la luce disponibile, compromettendo la componente macrofitica (PHILLIPS *et al.*, 1978; VERHOEVEN, 1980; CADÉE, 1986; GIESSEN *et al.*, 1990). Tale fenomeno si verifica anche nelle vicine Valli di Comacchio (SOROKIN *et al.*, 1996).

Alta produttività e rapido turnover delle macrofite sommerse contribuiscono ad alleggerire il carico di nutrienti nei sedimenti (BARKO *et al.*, 1991). In caso contrario, l'effetto a medio-lungo termine del declino dei ruppieti è un ulteriore ricarico di nutrienti, che innesca il peggioramento delle condizioni dell'intero ecosistema (PHILLIPS *et al.*, 1978).

Il declino del canneto negli habitat acquatici dell'Europa Centrale è ampiamente documentato e si manifesta con una serie di sintomi denominati "reed die-back syndrome" (VAN DER PUTTEN, 1997), che sono stati rilevati anche negli ultimi anni nella Regione Mediterranea, ed in particolare lungo le coste adriatiche settentrionali (FOGLI *et al.*, 2002).

I meccanismi ecologici e fisiologici alla base di tale fenomeno ed in particolare la loro mutua interazione rendono arduo definire le cause di tale declino. Ad ogni modo, i casi osservati nella Valle di Gorino mostrano tutti i sintomi fisiologici descritti in letteratura: minore produttività di biomassa, minore densità di fusti, ritardo o assenza di fioriture, ridotta percentuale di rizomi vivi a contatto con il substrato; compaiono inoltre fenomeni di anomala significazione con formazione di calli che ostacolano il trasporto dei gas.

Anche alcune delle condizioni ecologiche che sembrano maggiormente responsabili di tale declino sono periodicamente riscontrate in Valle Gorino (FOGLI *et al.*, 2002). In particolare, l'aumento della salinità nell'acqua del suolo dove crescono i rizomi innesca reazioni di "die-back" a partire da livelli di 15 %, nonostante in condizioni sperimentali sia stata riscontrata una tolleranza fino al 30 % (LISSNER & SCHIERUP, 1997; LISSNER *et al.*, 1999). La combinazione dell'aumentata salini-

tà con l'anossia causa la produzione di solfuri nel suolo, che assieme all'acido acetico agiscono come fitotossine riducendo l'assorbimento di nutrienti da parte di *Phragmites* (CHAMBERS *et al.*, 1998).

Il canneto risulta più florido nella parte lungo il Po di Goro (vedi Fig. 2), più influenzato dalle acque dolci, mentre nella parte interna della Valle di Gorino le superfici vegetate sono praticamente scomparse per essere perlopiù sostituite da superfici non vegetate, coperte da fanghi anossici, che emergono durante la stagione estiva.

Il canneto risulta presente dove il microrilievo si innalza leggermente, permettendo alle superfici fangose di rimanere emerse per un tempo più lungo, mentre nelle piane meno rilevate e dunque maggiormente inondate, la fase vegetativa di *Phragmites australis* inizia più tardi e raggiunge un minor sviluppo, a testimonianza del ruolo giocato dall'incremento della salinità nel tempo. Anche a livello spaziale, il deperimento del canneto segue il gradiente di aumento della salinità (MARCHESINI & GERDOL, 1999).

## CONCLUSIONI

L'analisi presentata stima l'entità della perdita di vegetazione che ha interessato negli ultimi sessant'anni la Valle di Gorino, in passato largamente coperta da macrofite sommerse e canneti. Questi habitat, oltre ad avere un elevato interesse conservazionistico, giocano un ruolo fondamentale nella fornitura di servizi di rilevante valore economico potenziale in quest'area (GAGLIO *et al.*, 2016).

Il recupero di questi habitat richiede un'accorta gestione del territorio e delle attività antropiche che lo interessano. L'entrata di acque dolci dal Po di Goro dovrebbe essere favorita al fine di contenere il livello di salinità della valle. È altresì vero che queste acque sono ricche di nutrienti, e se non interessate da un adeguato ricambio in valle scaricano i nutrienti in loco. Questo afflusso dovrebbe essere perciò accompagnato da regolari deflussi in grado di allontanare un'aliquota dei nutrienti. Allo stesso tempo, interventi per limitare il carico di nutrienti portati dal Po di Goro dovrebbero essere incentivati lungo tutto il suo bacino.

Azioni dirette significative potrebbero essere il trapianto di zolle con *Ruppia cirrhosa* in siti limitati della laguna di Gorino interna, e la loro protezione dagli eventi meteomarini, il tutto finalizzato ad innescare processi di ricolonizzazione naturale, seguendo il protocollo del progetto SeResto della Laguna di Venezia (SFRISO *et al.*, 2014; BONOMETTO *et al.*, 2014; FACCA *et al.*, 2014) e come proposto anche per gli analoghi ambienti delle Valli di Comacchio (PELLIZZARI, 2015). Anche *Phragmites australis* potrebbe beneficiare del trapianto diretto, ma ancor più della limitazione del transito di piccoli natanti a motore, al fine di ridurre il battente d'onda sulle superfici anfibie d'insegnamento.

## BIBLIOGRAFIA

BARKO J.W., GUNNISON D. & CARPENTER S.R., 1991 - Sediment in-

- teraction with submersed macrophyte growth and community dynamics. *Aquatic Botany*, 41: 41-65.
- BIONDI E., FILIGHEDDU R. & FARRIS E., 2004 - Cartography and diachronic analysis of the vegetation of S'Ena Arrubia Lagoon (Centre-Western Sardinia). *Fitosociologia*, 41 (1), suppl. 1: 109-116.
- BIONDI E., BURRASCANO S., CASAVECCHIA S., COPIZ R., DEL VICO E., GALDENZI D., GIGANTE D., LASEN C., SPAMPINATO G., VENANZONI R., ZIVKOVIC L. & BLASI C., 2012 - Diagnosis and syntaxonomic interpretation of Annex I Habitats (Dir. 92/43/EEC) in Italy at the alliance level. *Plant sociology*, 41 (1): 5-37.
- BONOMETTO A., BOSCOLO R., BUOSI A., FACCA C., PARRAVICINI M. & SFRISO A., 2014 - Coastal lagoon recovery by seagrass restoration in Venice Lagoon. Concrete actions for seagrass transplants and monitoring activities for the assessment of ecological status. *9th European Conference on Ecological Restoration, 3-8 August 2014, Oulu, Finnish Forest Research Institute (Metla)*. Abstracts: 164.
- CADÉE G.C., 1986 - Increased phytoplankton primary production in the Marsdiep area (western Dutch Wadden Sea). *Neth. J. Sea Res.*, 20: 285-290.
- CAMARSA G., SILVA J.P., TOLAND J., ELDRIDGE J., HUDSON T., JONES W., O'HARA E., THORPE E. & THÉVIGNOT C., 2012 - *LIFE and coastal management*. EU LIFE Environment. <http://ec.europa.eu/environment/life/publications/lifepublications/lifefocus/documents/coastal.pdf>
- CASTALDELLI G., VINCENZI F., LANZONI M. & FANO E.A., 2015 - *Action A.6: Monitoraggio ex-ante delle acque*. [http://www.provincia.fe.it/download/A6\\_2\\_Monitoraggio\\_acque%20ex-ante.pdf?server=sd2.provincia.fe.it&db=/intranet/internet.nsf&uid=465AC561A5EA5014C1257D710039448C](http://www.provincia.fe.it/download/A6_2_Monitoraggio_acque%20ex-ante.pdf?server=sd2.provincia.fe.it&db=/intranet/internet.nsf&uid=465AC561A5EA5014C1257D710039448C)
- CECERE J.G., NARDELLI R. & SERRA L., 2015 - *Action A.5: Relazione del monitoraggio ex-ante delle specie target in periodo riproduttivo*. [http://www.provincia.fe.it/download/A5\\_2\\_Monitoraggio%20avifauna%20ex-ante.pdf?server=sd2.provincia.fe.it&db=/intranet/internet.nsf&uid=465AC561A5EA5014C1257D710039448C](http://www.provincia.fe.it/download/A5_2_Monitoraggio%20avifauna%20ex-ante.pdf?server=sd2.provincia.fe.it&db=/intranet/internet.nsf&uid=465AC561A5EA5014C1257D710039448C)
- CHAMBERS R.M., MOZDZER T.J. & AMBROSE J.C., 1998 - Effects of salinity and sulfide on the distribution of *Phragmites australis* and *Spartina alterniflora* in a tidal saltmarsh. *Aquatic Botany*, 62: 161-169.
- CORBAU C., MUNARI C., MISTRI M. & SIMEONI U., 2016 - Application of the principles of ICZM for restoring the Goro Lagoon. *Coastal Management*, 44 (3). DOI: 10.1080/08920753.2016.1155040
- CORBETTA F., PIRONE G., 1999 - Analisi comparativa della vegetazione delle lagune della costa adriatica e dell'arco jonico pugliese-lucano. Attuale situazione conservazionistica. In "Aspetti ecologici e naturalistici dei sistemi lagunari e costieri". 135-146. Arsenale Editrice.
- DENNISON W.C., 1987 - Effects of light on seagrass photosynthesis, growth and depth distribution. *Aquatic Botany*, 27: 15-26.
- FACCA C., BONOMETTO A., BOSCOLO R., BUOSI A., PARRAVICINI M., PEDRALI C., SIEGA A., VOLPE V. & SFRISO A., 2014 - Coastal lagoon recovery by seagrass restoration. A new strategic approach to meet HD & WFD objectives. *Proceedings 9th European Conference on Ecological Restoration, 3-8 August 2014, Oulu, Finnish Forest Research Institute (Metla)*.
- FOGLI S., MARCHESINI R. & GERDOL R., 2002 - Reed (*Phragmites australis*) decline in a brackish wetland in Italy. *Marine Environmental Research*, 53: 465-479.
- GAGLIO M., ASCHONITIS V. G., GISSI E., CASTALDELLI G. & FANO E.A., 2016 - Land use change effects on ecosystem services of river deltas and coastal wetlands: case study in Volano-Mesola-Goro in Po river delta (Italy). *Wetlands Ecology and Management*, DOI: 10.1007/s11273-016-9503-1.
- GIESEN W.B.J.T., VAN KATWIJK M.M. & DEN HARTOG C., 1990 - Eelgrass conditions and turbidity in the Dutch Wadden Sea. *Aquatic Botany*, 37: 71-85.
- GIUSTI E. & MARSILI-LIBELLI S., 2005 - Modelling the interactions between nutrients and the submersed vegetation in the Orbetello Lagoon. *Ecol. Model.* 184: 141-161.
- HOLMER M., DUARTE C.M. & MARBÀ N., 2003 - Sulphur cycling and seagrass (*Posidonia oceanica*) status in carbonate sediments. *Biogeochemistry*, 66: 223-239,
- LISSNER J., SCHIERUP H., 1997 - Effects of salinity on the growth of *Phragmites australis*. *Aquatic Botany*, 55: 247-260.
- LISSNER J., SCHIERUP H.H., COMIN F.A. & ASTORGA V., 1999 - Effect of climate on the salt tolerance of two *Phragmites australis* populations; growth, inorganic solutes, nitrogen relation and osmoregulation. *Aquatic Botany*, 64: 317-333.
- MARCHESEINI R. & GERDOL R., 1999 (ined.) - *Analisi del ruolo svolto dalle zone umide marginali al fine di ottimizzare gli interventi gestionali nell'ecosistema lagunare della Sacca di Goro (Delta del Po)*. Relazione sullo stato fisiologico delle popolazioni di Canna di palude (*Phragmites australis*) nella Sacca di Goro.
- McLUSKY D.S. & ELLIOTT M., 2007 - Transitional waters: A new approach, semantics or just muddying the waters? *Estuarine, coastal and shelf science*, 71 (3-4): 359-363.
- MISTRI M. & MUNARI C., 2015 - *Action A.6: Monitoraggio ex-ante acque e benthos*. [http://www.provincia.fe.it/download/A6\\_1\\_Monitoraggio\\_benthos%20ex-ante.pdf?server=sd2.provincia.fe.it&db=/intranet/internet.nsf&uid=465AC561A5EA5014C1257D10039448C](http://www.provincia.fe.it/download/A6_1_Monitoraggio_benthos%20ex-ante.pdf?server=sd2.provincia.fe.it&db=/intranet/internet.nsf&uid=465AC561A5EA5014C1257D10039448C)
- NOFERINI A. & PELLIZZARI M., 2005 (ined.) - *Flora e vegetazione*. Relazione inedita. Ente Parco Regionale del Delta del Po, Emilia-Romagna.
- NOFERINI A., PASSERELLA M. & PELLIZZARI M., 2006 - La Sacca di Goro: Quadro conoscitivo e proposte preliminari di gestione della laguna compresa nel SIC "Sacca di Goro, Po di Goro, Valle Dindona, Foce del Po di Volano." In: *Linee guida e casi di studio per la gestione dei siti della rete Natura 2000 in ambiente di transizione: atti del workshop tenutosi a Grado, Palazzo dei congressi, 7-8 giugno 2006*. EUT Edizioni Università di Trieste, pp. 309-318.
- ORFANIDIS S., PANAYOTIDIS P. & STAMATIS N., 2001 - Ecological evaluation of transitional and coastal waters: A marine benthic macrophytes-based model. *Mediterranean Marine Science*, 2 (2): 45-65.
- PELLIZZARI M., 2015 - *Le macrofite sommerse delle Valli di Comacchio come indicatori dei cambiamenti ecologici*. 1° Seminario di Ecologia costiera, Chioggia (VE), 10 giugno 2015 (Abstract).
- PELLIZZARI M., NALDI M., CASTALDELLI G., GHION F., MANFREDINI E., PICCOLI F. & VIAROLI P., 2009 - Salt and brackish lagoons of the southern Po Delta. In: CECERE E., PETROCELLI A., IZZO G., SFRISO A. (Eds.) Flora and vegetation of the Italian transitional water systems. *CoRiLa, Venezia*: 81-102.
- PERGENT G., PASQUALINI V., PERGENT-MARTINI C., FERRAT L. & FERNANDEZ C., 2006 - Variability of *Ruppia cirrhosa* in two coastal lagoons with different anthropogenic stresses. *Botanica Marina*, 49: 103-110.
- PHILLIPS G.L., EMINSON D. & MOSS B., 1978 - A mechanism to account for macrophyte decline in progressively eutrophicated freshwaters. *Aquatic Botany*, 4: 103-126.
- PICCOLI F. & GODINI E., 1994 - Ricerche qualitative e quantitative sulla vegetazione della Sacca di Goro anni 1989-90. In: Bencivelli S., Castaldi N., Finessi D. (Eds.) *Sacca di Goro: studio integrato sull'ecologia*, F. Angeli, Milano, pp. 227-243.
- PICCOLI F., MERLONI N. & GODINI E., 1991 - Carta della vegetazione della Sacca di Goro. In Bencivelli S., Castaldi N. (Eds.) *Studio integrato sull'ecologia della Sacca di Goro*. FrancoAngeli, Milano: pp. 173-204.
- PICCOLI F., CORTICELLI S., DELL'AQUILA L., MERLONI N. & PELLIZZARI M., 1996 - Vegetation map of the Regional Park of the Po

- Delta (Emilia-Romagna Region). *Allionia*, 34: 325-331.
- PICCOLI F., DELL'AQUILA L. & PELLIZZARI M., 1999 - *Carta della vegetazione del Parco Regionale del Delta del Po, scala 1:35.000. 11.1. Stazione Volano - Mesola - Goro*. Regione Emilia-Romagna, Servizio Cartografico e Geologico.
- PICCOLI F., PELLIZZARI M. & ALESSANDRINI A., 2014 - *Flora del Ferrarese*. I.B.C. Emilia-Romagna. Longo Editore, Ravenna. p. 314.
- PUGNETTI A. & ACRI F., 2006 - *CORILA Secondo programma di ricerca 2004-2006. Linea 3.12: struttura, dinamica e caratteristiche funzionali delle comunità biologiche dominate da macrofite e da alghe planctoniche*. Relazione finale. p. 98.
- SFRISO A., BONOMETTO A. & BOSCOLO R., 2011 - Macrofite, indici a confronto. *Ecoscienza*, 5/6: 74-75.
- SFRISO A., WOLF M.A., MAISTRO S., SCIUTO K. & MORO I., 2012a - Spreading and autoecology of the invasive species *Gracilaria vermiculophylla* (Gracilariales, Rhodophyta) in the lagoons of the north-western Adriatic Sea (Mediterranean Sea, Italy). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 114: 192-198.
- SFRISO A., CAMPOLIN M., SFRISO A.A., BUOSI A. & FACCA C., 2012b - Cambio della flora e della vegetazione acquatica in gradienti ecologici dalle bocche di porto ad alcune valli da pesca della Laguna Veneta. *Biol. Mar. Medit.*, 19 (1): 53-56.
- SFRISO A., BOSCOLO R., FACCA C., BUOSI A., BONOMETTO A. & PARAVICINI M., 2014 - *Guida pratica per il riconoscimento delle fanerogame e per le azioni di trapianto*. LIFE12 NAT/IT/000331 SeResto - "Habitat 1150\* (Coastal lagoon) recovery by SEagrass RESTOration. A new strategic approach to meet HD & WFD objectives". [http://www.lifesteresto.eu/lifesteresto/wp-content/uploads/2014/09/Vademecum\\_5\\_6\\_14.pdf](http://www.lifesteresto.eu/lifesteresto/wp-content/uploads/2014/09/Vademecum_5_6_14.pdf)
- SOROKIN Y.I., SOROKIN P.Y. & GNES A., 1996. - ed Comacchio lagunal ecosystem (Ferrara, Italy). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 133: 57-71.
- TAYLOR D.I., NIXON S.W., GRANGER S.L., BUCKLEY B.A., McMAHON J.P., LIN H.-J. 1995. Responses of coastal lagoon plant communities to different forms of nutrient enrichment – a mesocosm experiment. *Aquatic Botany*, 52: 19-34.
- TERRADOS J., DUARTE C.M., KAMP-NIELSEN L., AGAWIN N.S.R., GACIA E., LACAP D., FORTES M.D., BORUM J., LUBANSKI M. & GREVE T., 1999 - Are seagrass growth and survival constrained by the reducing conditions of the sediment? *Aquatic Botany*, 65: 175-197.
- VALIELA I., MCCLELLAND J., HAUXWELL J., BEHR P.J., HERSH D. & FOREMAN K., 1997 - Macroalgal blooms in shallow estuaries: Controls and ecophysiological and ecosystem consequences. *Limnology and Oceanography*, 42: 1105-1118
- VAN DER PUTTEN W.H., 1997 - Die-back of *Phragmites australis* in European wetlands: an overview of the European Research Programme on reed die-back and progression (1993-1994). *Aquatic Botany*, 59: 263-275.
- VERHOEVEN J.T.A., 1980 - The ecology of *Ruppia*-dominated communities in western Europe. III. Aspects of production, consumption and decomposition. *Aquatic Botany*, 8: 209-253.
- VIAROLI P., GIORDANI G., CATTANEO E., ZALDIVAR J.M., MURRAY C.N., FANO E.A., CASTALDELLI G. & BENCIVELLI S., 2006a - *Sacca di Goro Lagoon. LaguNet, International Lagoon Observational Network*. <http://www.dsa.unipr.it/lagunet/infosheet/02-goro.pdf>
- VIAROLI P., GIORDANI G., BARTOLI M., NALDI M., AZZONI R., NIZZOLI D., FERRARI I., ZALDIVAR COMENGES J., BENCIVELLI S., CASTALDELLI G. & FANO E.A., 2006b - The Sacca di Goro lagoon and an arm of the Po River. In (P.J. WANGERSKY Ed.) *The handbook of environmental chemistry Volume 5, Part H Estuaries*. Springer, Berlin Heidelberg, pp. 197-232.
- VIAROLI P., NALDI M.C. & NIZZOLI D., 2013 - *Digestione anaerobica di macroalghe marine per la produzione di biogas: potenzialità e problemi*. SEA-R WP3 Report. [http://www.provincia.fe.it/download/WP3.2\\_Report\\_Web\\_IT.pdf?server=sd2.provincia.fe.it&db=/intranet/internet.nsf&uid=2F7CC06280D8E472C1257B3500511CDA](http://www.provincia.fe.it/download/WP3.2_Report_Web_IT.pdf?server=sd2.provincia.fe.it&db=/intranet/internet.nsf&uid=2F7CC06280D8E472C1257B3500511CDA)