

La trasparenza a salvaguardia di Venezia

Quadermi *della* Laguna



Consorzio Venezia Nuova
Anno 2 / n. 1 / 2019

In copertina
Dune sul litorale
di Cavallino Treporti
(foto G. Marcoaldi)



**La trasparenza
a salvaguardia di Venezia**

QUADERNI DELLA LAGUNA

Semestrale - Anno 2 - Numero 1
Dicembre 2019
Registrazione presso il Tribunale di Venezia
n. 2 del 4 febbraio 2016

Direttore responsabile
Giuseppe Fiengo

Coordinamento
Monica Ambrosini

Progettazione e realizzazione grafica
Matteo Utimpergher

Cura e redazione
Ufficio Stampa Consorzio Venezia Nuova
Castello 2737/f - 30122 Venezia
tel. 041 5293594
ufficio.stampa@consorziovenezianuova.com
www.mosevenezia.eu

Stampa
Grafiche Emme Elle srl
Via dell'industria, 5/7 - 30039 San Pietro di Stra (VE)

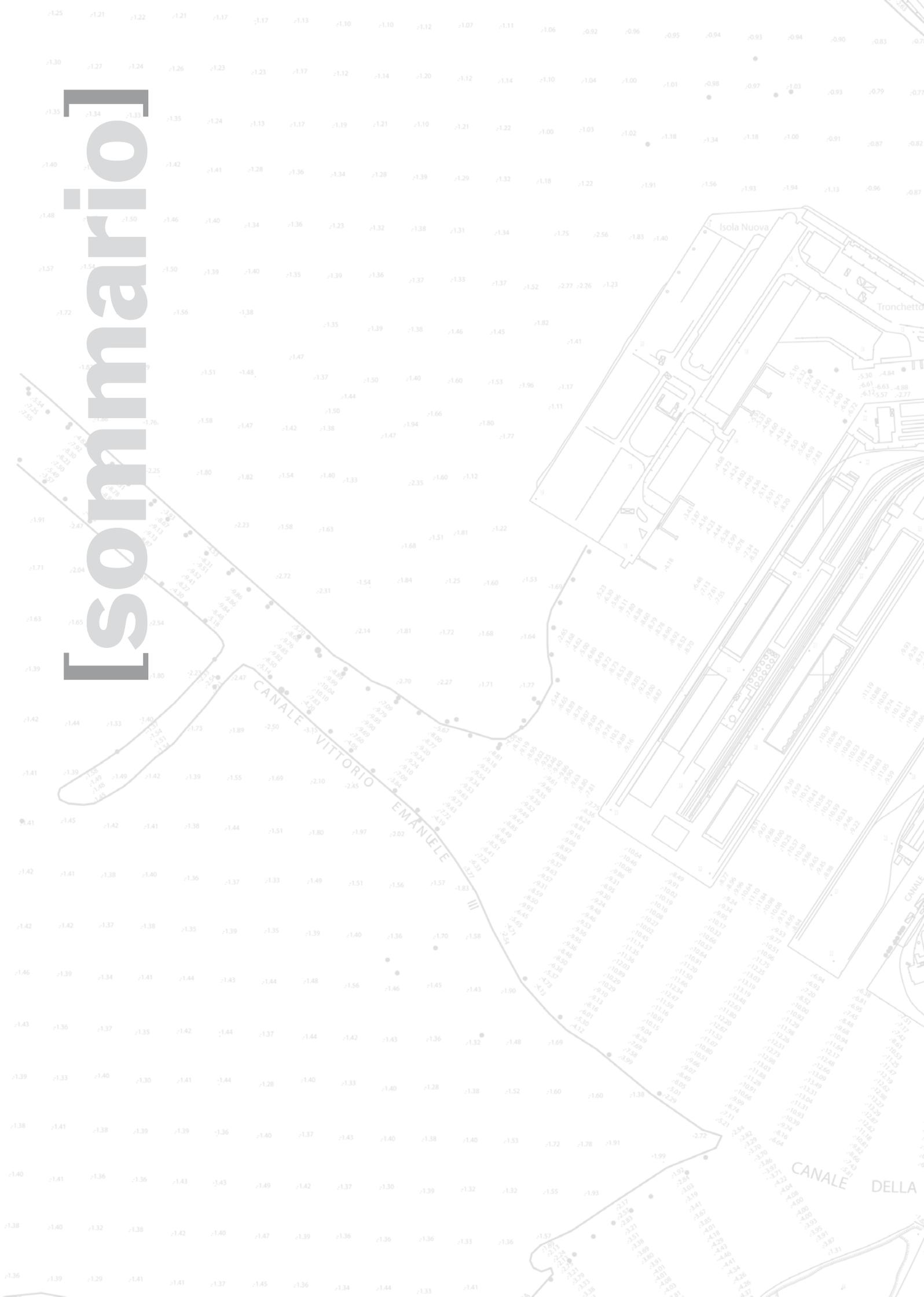
Hanno scritto sul Numero 1/2019
Daniela Berto, Patrizia Bidinotto, Andrea Bonometto,
Rossella Boscolo Brusà, Alessandro Buosi, Claudia
Cerasuolo, Emiliano Checchin, Daniele Curiel, Marta
De Marchi, Chiara Facca, Giuseppe Fiengo, Piero
Franzoi, Claudia Gion, Abdul-Salam Juhmani, Chiara
Miotti, Federica Oselladore, Michela Pace, Francesca
Pavanello, Andrea Pierini, Emanuele Ponis, Federico
Rampazzo, Andrea Rismondo, Roberta Rocco, Gianluca
Salogni, Luca Scapin, Francesco Scarton, Adriano Sfriso,
Andrea Augusto Sfriso, Yari Tomio, Maria Chiara Tosi,
Alessandro Vendramini, Valerio Volpe, Luca Zaggia

Il Consorzio Venezia Nuova è in Amministrazione straordinaria e temporanea disposta dal Prefetto di Roma su proposta dell'Autorità Nazionale Anticorruzione (Decreto legge 24 giugno 2014 n. 90, art. 32, comma I, convertito con modificazioni dalla Legge 11 agosto 2014, n. 114). Il Consorzio Venezia Nuova realizza gli interventi per la salvaguardia di Venezia e della laguna, di competenza dello Stato, per conto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Provveditorato Interregionale per le Opere Pubbliche del Triveneto

Le Imprese del Consorzio Venezia Nuova:

- Consorzio Cooperative Costruzioni - C.C.C. Società Cooperativa
- Consorzio G.R.V. - Grandi Restauri Veneziani
- Consorzio Italveneziana
- Consorzio Venezia Lavori - CO.VE.LA. s.c.a.r.l.
- Grandi Lavori Fincosit s.p.a.
- High Tide s.c.r.l.
- Impresa di Costruzioni Ing. E. Mantovani s.p.a.
- Kostruttiva s.c.p.a.
- San Marco, Consorzio Costruttori Veneti
- Società Italiana per Condotte d'Acqua s.p.a.

[Sommar]io





5 *Monitoraggi e ricerca: presupposti essenziali per i progetti*
Giuseppe Fiengo



I monitoraggi ambientali in laguna di Venezia

9 *Il sistema di monitoraggio integrato nella laguna di Venezia*
Patrizia Bidinotto

13 *Sintesi dei monitoraggi pluriennali condotti nella laguna aperta*
Francesco Scarton,
Daniele Curiel,
Andrea Rismondo
Chiara Miotti,
Emiliano Checchin,
Andrea Pierini

44 *Un nuovo approccio alla riattivazione della dinamica dunale per la ricostruzione degli habitat di interesse comunitario*
Valerio Volpe,
Claudia Cerasuolo,
Roberta Rocco,
Francesca Pavanello,
Alessandro Vendramini,
Gianluca Salogni



63 *Gli effetti della navigazione maggiore in laguna di Venezia*
Luca Zaggia

80 *Verso un contratto per la laguna nord di Venezia*
Maria Chiara Tosi,
Marta De Marchi,
Michela Pace

89 *LIFE SeResto, un progetto europeo per il ripristino delle condizioni ecologiche in laguna superiore tramite il trapianto di fanerogame acquatiche*
Adriano Sfriso,
Alessandro Buosi,
Yari Tomio, Abdul-Salam Juhmani,
Andrea Augusto Sfriso, Piero Franzoi,
Luca Scapin,
Andrea Bonometto,
Emanuele Ponis,
Federico Rampazzo,
Daniela Berto,
Claudia Gion,
Federica Oselladore,
Rossella Boscolo Brusà,
Chiara Facca

[editoriale]



Monitoraggi e ricerca: presupposti essenziali per i progetti

*Forse è utile fare, dopo un triennio, il punto sulla pubblicazione dei Quaderni della Laguna che, in qualità di amministratore straordinario, casualmente iscritto all'Albo speciale dei direttori di riviste, mi sono assunto il compito di dirigere: la ragione sta tutta nell'assicurare, dopo la tempesta, la sopravvivenza di una testata (trovata un po' in disuso e più simile a una brochure aziendale), che poteva costituire, nella gestione della Laguna e del Sistema Mose, uno strumento di informazione e di dibattito scientifico. Di qui la pubblicazione di un numero all'anno, l'ultimo dei quali in ritardo a causa dell'inondazione del 12 novembre 2019 e poi dell'epidemia da Coronavirus. I temi trattati in questo numero riguardano gli studi e i monitoraggi della Laguna, le prospettive di un'attività propedeutica necessaria agli interventi che consentano di salvaguardare un patrimonio ambientale e paesaggistico, unico nel suo genere. È infatti compito degli studi porre i problemi; tocca poi alle istituzioni trovare il modo di risolverli; ma il dato che sembra emergere, tuttavia, è una sorta di scollamento tra quello che si studia e si elabora con le ricerche teoriche e sul campo e quello che poi si riesce, sul piano pratico, a realizzare. Le scelte operative si incanalano per rivoli nei quali i progetti perdono di vista gli obiettivi per i quali gli studi vengono proposti e condotti a termine. È abbastanza evidente come anche il Piano Europa nasca più come mediazione tra varie, comprensibili, istanze locali che dagli studi e i monitoraggi che, secondo la Commissione Europea, dovevano accompagnare gli interventi del Mose alle bocche di porto. Nondimeno, le produzioni che derivano dai monitoraggi, dagli studi e dalle ricerche rendono ragione di uno **stato di fatto**, che le pubbliche amministrazioni devono tener presente nel momento*

in cui prendono decisioni sulla cura e salvaguardia della Laguna. Lo strumento decisionale passa quindi attraverso la fase delle progettazioni, istituzionalmente attribuite alla responsabilità delle amministrazioni pubbliche, ma quasi sempre di fatto affidate all'esterno, se non alle imprese che devono realizzare gli interventi. Si crea così una discontinuità che complica non poco le cose: chi ha studiato il fenomeno si sente insoddisfatto, chi progetta perde di vista l'obiettivo primario della ricerca e chi realizza gli interventi fa i conti con le disponibilità finanziarie e con il mercato. Anche per gli studi e per le ricerche che la Rivista va pubblicando sarebbe quindi utile avere, nella sintesi finale, uno schema semplice e diretto sulle cose che bisognerebbe fare, proprio sulla base di quanto si pubblica e dello stato di fatto che si documenta.

Resta comunque essenziale che chi ha effettuato lo studio o la ricerca, quasi sempre un soggetto pubblico o comunque votato alla cura di interessi generali o collettivi, sia messo in grado di partecipare attivamente alla progettazione, anche eventualmente in contraddittorio con altri. In parole semplici, se lo studio del CNR mostra che il passaggio di traghetti presso la stazione di sosta crea buche profonde nei sedimenti lagunari, non si comprende perché il soggetto che ha studiato il fenomeno debba essere poi escluso dal partecipare al progetto che tende a mitigare quegli effetti.

La cura degli interessi pubblici non può essere fatta per compartimenti stagni, attraverso monopoli, cui paradossalmente aspira talvolta anche chi fa ricerca; occorre al contrario lavorare insieme, con procedure trasparenti e, se occorre, con un contraddittorio anche vivace. Spetta alla politica valutare definitivamente gli impatti e scegliere con motivazioni, possibilmente chiare, il da farsi.

Questo schema decisionale corrisponde alla logica europea della Valutazione d'Impatto Ambientale, adottata dalla Comunità Europea, prima ancora che tra le sue competenze istituzionali fosse aggiunta la tutela dell'ambiente e l'obiettivo primario consisteva nell'evitare distorsioni della concorrenza nella realizzazione di progetti, attraverso lo scarico nascosto di costi sulle risorse e sulle collettività circostanti, direttamente o indirettamente coinvolte nell'iniziativa. Il sistema quindi si limitava a imporre esclusivamente trasparenza e partecipazione nel percorso.

Per la laguna (cosiddette “zone umide”) e per le aree protette, questo schema, basato esclusivamente su aspetti formali e partecipativi, si complica in quanto la procedura da adottare per i progetti in queste aree assume una valenza sostanziale, eminentemente conservativa, ed assume il nome di Valutazione di Incidenza Ambientale (VIncA): si possono fare interventi, ma il bene nel suo complesso deve essere conservato comunque e ogni intervento che lo modifichi deve trovare “compensazione” nel miglioramento e/o ampliamento del bene stesso. Ed è proprio da questa disciplina che deriva, inevitabilmente, il carattere decisivo degli studi e delle ricerche che su beni di tale natura tendono a fissare, con parametri certi, lo stato di fatto, che deve comunque essere nel suo insieme conservato per le generazioni future e curato per la sua naturale evoluzione.

Il direttore

[focus]

I MONITORAGGI AMBIENTALI
IN LAGUNA DI VENEZIA



Il sistema di monitoraggio integrato nella laguna di Venezia

di PATRIZIA BIDINOTTO*

Il Magistrato alle Acque di Venezia (ora Provveditorato Interregionale per le Opere Pubbliche del Veneto, Trentino Alto Adige e Friuli Venezia Giulia), sia come tutore della laguna veneziana in generale, che come responsabile dell'attuazione degli interventi atti a garantirne la sua salvaguardia, è l'organo di riferimento per le Istituzioni cui è demandato l'indirizzo, il coordinamento e il controllo delle attività di difesa ambientale (comitato misto ex art. 4 L. 708/1984, Ministeri ad esso partecipanti, ecc.).

Gli obblighi di tutela, controllo, sorveglianza e monitoraggio del sistema lagunare sono stati specificatamente confermati anche dal Decreto del Ministero dell'Ambiente del 23 aprile 1998 e dai successivi decreti attuativi (i cosiddetti Decreti Ronchi-Costa), in particolare dall'art. 3, comma 4 del DM, 30.07.1999.

In ottemperanza agli obblighi anzidetti, il Magistrato alle Acque ha avviato a partire dal 2000, tramite il suo concessionario Consorzio Venezia Nuova, un sistema di monitoraggio integrato, il cosiddetto sistema "MELa" (Monitoraggio Ecosistema Lagunare).

Le conoscenze che sono state acquisite nei vari programmi MELa (da MELa1 a MELa5) e dallo studio "ICSEL" (Integrazione delle Conoscenze sull'Ecosistema Lagunare) sullo stato dell'ecosistema lagunare e sulla

sua evoluzione si affiancano a quelle ottenute dalle attività di controllo e di monitoraggio che il Magistrato alle Acque svolge attraverso la sua Sezione Antinquinamento (SAMA, ora UTA - Ufficio per l'Antinquinamento). Questi dati costituiscono il quadro conoscitivo necessario per le Istituzioni deputate al recepimento e all'applicazione di quanto richiesto dalla Direttiva Quadro europea sulle acque (2000/60/CE), e alle Direttive Comunitarie per la salvaguardia della biodiversità mediante la conservazione degli habitat comunitari (Direttiva Habitat CEE 92/43 e Direttiva Uccelli CEE 73/409), oltre che naturalmente dalla normativa italiana (parte quarta del D.Lgs. 152/06).

Queste attività utilizzano nelle elaborazioni anche i dati raccolti nell'ambito di indagini, studi e monitoraggi legati alla progettazione e realizzazione delle opere di salvaguardia.

Come per ogni altro ecosistema, lo stato qualitativo della laguna è regolato dalle condizioni di ciascuna delle matrici che la compongono, acqua - sedimento - biota, il cui equilibrio è influenzato da molteplici fattori che devono essere noti e controllati nel tempo.

Grazie alla gamma delle tematiche trattate nelle attività di monitoraggio, dalla qualità delle acque alla contaminazione chimica delle matrici sia biotiche (animali e vegetali)

* Consorzio Venezia Nuova. Unità Opere Ambientali

che abiotiche (sedimenti, acqua e aria) e alle valutazioni di rischio condotte, il sistema MELa, insieme ai progetti ICSEL “*Integrazione delle Conoscenze sull’Ecosistema Lagunare veneziano*”, concluso nel 2007, DPSIR 2005 che ha aggiornato al 2005 il quadro delle conoscenze sullo stato degli ecosistemi lagunari prodotto nel 2000 col Progetto “Orizzonte 2023”, SIOSED “*Determinazione sperimentale degli effetti del riutilizzo dei sedimenti della Laguna*”, ed HICSED “*Sviluppo dei progetti ICSEL e SIOSED con la partecipazione di ICRAM, APAT, ISS, ARPAV*”, ha contribuito a incrementare in maniera ragionata le conoscenze sui processi che avvengono in laguna e sulla variabilità spazio temporale dei fenomeni fortemente influenzati dalle forzanti meteo climatiche con cui variano ciclicamente. In particolare, è emersa l’importanza di disporre di lunghe serie di dati omogenei e distribuiti sulla laguna, estesi su un arco di tempo di almeno 10-15 anni, sicuramente più lungo dei cicli meteo climatici poliennali (NAO - North Atlantic Oscillation ed ENSO - El Niño Southern Oscillation) che rappresentano una forzante determinante dell’ecosistema lagunare.

L’ecosistema lagunare, anzi, l’insieme degli ecosistemi lagunari, non è infatti stabile ma resiliente e adattativo, per cui i suoi parametri descrittivi variano al variare delle forzanti. Solo disponendo di numerose informazioni distribuite nel tempo si può cogliere la tendenza dell’evoluzione del sistema, filtrando i segnali del comportamento puntuale che mutano secondo cicli di ampiezza e periodo variabile, e differenziare le variazioni dei parametri caratteristici indotte da eventuali impatti sugli ecosistemi lagunari da parte delle pressioni antropiche, dalle variazioni naturalmente occorrenti per effetto dei cambiamenti direttamente o indirettamente indotti dai cicli meteo climatici.

Le diverse Amministrazioni che si occupano della salvaguardia della laguna, ciascuna secondo le proprie competenze ed esigenze informative, hanno chiesto e ampiamente utilizzato i risultati e le principali elaborazioni che sono state prodotte dai monitoraggi del sistema MELa e dagli altri progetti, per la predisposizione di Piani o iniziative di loro pertinenza, quali il Piano Direttore (2000) per il disinquinamento del Bacino Scolante in laguna e il Master Plan (2004) per la bonifica dei siti inquinati di Porto Marghera della Regione del Veneto, o l’Atlante della Laguna predisposto dal Comune di Venezia.

I monitoraggi ai sensi della direttiva 2000/60/CE

La Direttiva 2000/60/CE, più nota come Direttiva Quadro sulle Acque, ha lo scopo di istituire un quadro per la protezione delle acque superficiali interne, delle acque di transizione, delle acque costiere e sotterranee, che in primo luogo impedisca un ulteriore deterioramento, protegga e migliori lo stato degli ecosistemi acquatici e terrestri e delle aree umide direttamente da questi dipendenti. Gli altri obiettivi riguardano la promozione di un utilizzo idrico sostenibile, la protezione e miglioramento dell’ambiente acquatico anche attraverso misure per la riduzione di scarichi, emissioni e perdite di sostanze prioritarie e l’arresto o graduale eliminazione di scarichi, emissioni e perdite di sostanze pericolose prioritarie, la graduale riduzione dell’inquinamento delle acque sotterranee e la mitigazione degli effetti delle inondazioni e della siccità.

La Direttiva 2000/60/CE assegna come primo compito agli Stati membri l’onere di identificare, nell’ambito del proprio territorio, i distretti idrografici e di designare corrispondentemente le autorità competenti per l’applicazione delle norme della Direttiva

stessa all'interno di ciascun distretto. Il distretto idrografico costituisce dunque l'unità territoriale di riferimento per la gestione integrata del sistema delle acque superficiali e sotterranee. Rispetto ad esso è predisposto ed attuato il Piano di Gestione (art. 13 Direttiva 2000/60/CE) per il conseguimento degli obiettivi posti dalla direttiva medesima. Il 24 febbraio 2010 è stato adottato il Piano di Gestione del Distretto idrografico delle Alpi Orientali in cui è ricompreso il Piano relativo alla "Sub-unità idrografica bacino scolante, laguna di Venezia e mare antistante".

Fra le misure di salvaguardia formulate dal Piano di Gestione per il raggiungimento del buono stato dei corpi idrici lagunari, il Provveditorato Interregionale per le Opere Pubbliche del Triveneto ha assunto l'impegno di eseguire le attività di monitoraggio chimico secondo quanto richiesto dalla Direttiva europea 2000/60 e dalla normativa nazionale di recepimento (rif. D.M. 56/2009 e successivi D.M. 260/2010 e D.Lgs 172/2015) e ha avviato, attraverso il concessionario Consorzio Venezia Nuova, i vari stralci del progetto MODUS che costituisce il principale monitoraggio oggi attivo in laguna di Venezia riguardante la qualità delle acque.

Il monitoraggio viene svolto in ottemperanza alla normativa nazionale di recepimento della Direttiva Quadro sulle Acque e coinvolge più amministrazioni (Provveditorato, ISPRA, Regione del Veneto, ARPAV). Si tratta del cosiddetto monitoraggio "operativo", previsto per quei corpi idrici considerati a rischio di non soddisfare gli obiettivi di qualità ambientale. Poiché i corpi idrici della laguna di Venezia sono stati classificati tutti "a rischio" di

non raggiungere gli obiettivi previsti dalla Direttiva 2000/60/CE, il monitoraggio operativo si estende all'intera laguna.

Il monitoraggio è finalizzato alla classificazione di **stato chimico ed ecologico** dei corpi idrici lagunari. La classificazione di **stato chimico** dei corpi idrici lagunari è basata sulla matrice acqua e in particolare sulla concentrazione delle sostanze appartenenti all'elenco di priorità, di cui alla Tab. 1/A del D.M. 260/2010 e s.m.i.. Viene comunque eseguito, in ottemperanza a quanto stabilito dalla normativa, anche il monitoraggio della qualità dei sedimenti, che include l'applica-

zione di una batteria di saggi per le analisi ecotossicologiche, e il monitoraggio del bioaccumulo nel biota lagunare.

La classificazione di stato ecologico dei corpi idrici di transizione è basata sull'integrazione della valutazione di più elementi qualitativi: gli elementi di qualità biologica, gli elementi di qualità fisico-chimica a sostegno degli elementi di qualità biologica e gli inquinanti specifici, selezionati tra quelli elencati in tabella 1/B del D.M. 260/2010 e s.m.i.,

non facenti parte dell'elenco di priorità.

Il quadro conoscitivo aggiornato, acquisito grazie ai programmi di monitoraggio attuati e tuttora in corso, rappresenta un elemento di conoscenza imprescindibile per l'intero contesto degli interventi di gestione del "sistema laguna", inteso come insieme di bacino scolante, laguna, area marina costiera. Ciò vale sia per gli interventi che riguardano direttamente la qualità delle acque, che per quelli che la influenzano in maniera indiretta, ancorché potenzialmente in maniera importante.

« il quadro conoscitivo aggiornato, acquisito grazie ai programmi di monitoraggio attuati e tuttora in corso, rappresenta un elemento di conoscenza imprescindibile per l'intero contesto degli interventi di gestione del "sistema laguna" »



Sintesi dei monitoraggi pluriennali condotti nella laguna aperta

di FRANCESCO SCARTON, DANIELE CURIEL,
ANDREA RISMONDO, CHIARA MIOTTI,
EMILIANO CHECCHIN, ANDREA PIERINI*

Introduzione

Da oltre vent'anni il Consorzio Venezia Nuova ha condotto estesi monitoraggi ambientali, finalizzati sia alla conoscenza dello stato ambientale che alla valutazione degli eventuali effetti che i numerosi interventi di salvaguardia avevano indotto sull'ecosistema. In particolare, per ciò che riguarda la fauna terrestre, quella acquatica e la vegetazione sono disponibili sia dati puntuali che serie pluriennali di ampia estensione.

Non è evidentemente possibile riassumere in poche pagine tutta la mole di dati acquisiti e le valutazioni che sono state fatte nel corso degli anni; tuttavia per alcune componenti si possono esprimere, con la necessaria sintesi, diverse considerazioni sulle caratteristiche dei popolamenti animali e vegetali e sulle loro variazioni osservate nell'arco di un esteso periodo temporale. Protraendosi per oltre due decenni, i monitoraggi di seguito presentati rientrano a buon diritto tra i pochi monitoraggi "a lungo termine" che siano tuttora operanti in Italia.

Tra le diverse componenti ambientali finora indagate ne sono state qui selezionate tre, vale a dire le fanerogame marine, il macro-

zoobenthos e l'avifauna delle barene naturali e artificiali. Per tutte queste è stato possibile acquisire dati fondamentali sulla struttura dei popolamenti, sulla loro diffusione nella laguna aperta e sui trend, sia spaziali (aumento o contrazione degli areali occupati in laguna) che dimensionali (incremento o riduzione del numero o della densità di individui). È stato quindi possibile, ad esempio, osservare le pulsazioni degli areali occupati dalle fanerogame marine, il discreto aumento di un mollusco di grandi dimensioni tutelato dalla Direttiva 92/43/CEE Habitat come la *Pinna nobilis*, l'arrivo in laguna di specie di uccelli acquatici che mai prima vi avevano nidificato.

Ne emerge un quadro ambientale certamente complesso, diversificato, che in nessun caso si presta a semplicistiche valutazioni, dato l'elevato numero di variabili causali in gioco e la necessità di integrare i risultati con i numerosi studi condotti da altri Enti pubblici. Resta tuttavia il valore oggettivo dei dati acquisiti, che permettono ai decisori di sapere con sufficiente precisione "dove stanno andando" alcune delle più importanti componenti biologiche dell'ecosistema lagunare.

* SELC
soc. coop. Marghera
(Venezia)

Le fanerogame marine

Negli ultimi 20-30 anni, è stata rivolta particolare attenzione alle fanerogame marine da parte del Provveditorato Interregionale per le Opere Pubbliche per il Veneto, Trentino Alto Adige e Friuli Venezia Giulia (ex Magistrato alle Acque di Venezia), tramite il suo concessionario Consorzio Venezia Nuova, sia a scala lagunare, sia a scala locale, nell'ambito dei numerosi interventi che potevano avere un effetto negativo sullo stato di questa componente biologica.

La vegetazione acquatica sommersa, che comprende sia le piante superiori acquatiche (le fanerogame marine) sia le macroalghe, da diversi anni, a livello nazionale ed europeo, oramai viene utilizzata come parametro per descrivere lo stato ambientale dei corpi idrici.

La Direttiva 2000/60/CE (WFD, 2000/06/EC; EC, 2000), recepita dallo Stato italiano con il D.Lgs. 152/2006, assegna alle macrofite acquatiche (macroalghe e fanerogame marine) la massima importanza come indicatore di livello integrato e riassuntivo delle condizioni dell'intero corpo lagunare. La regressione o l'estensione delle praterie vengono interpretate come un segnale negativo o positivo delle tendenze presenti nel corpo idrico.

Le fanerogame marine, ancor più delle macroalghe, svolgono una fondamentale funzione ecologica per la stretta interazione che hanno con il mezzo idrico e con i fondali, considerando come le radici e i rizomi possano penetrare nel sedimento per 20-30 centimetri. Le variazioni delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque e dei sedimenti interessano quindi direttamente queste piante che, nell'arco di alcuni anni, in virtù della loro sensibilità agli stress e alla loro strategia di propagazione sia vegetativa, sia di diffusione con semi, possono variare l'estensione

delle praterie, in senso positivo o negativo, al variare delle condizioni ecologiche. La loro diffusione è fortemente correlata alle condizioni di trasparenza della colonna d'acqua, con l'apparato fogliare che ha la capacità di promuoverne la sedimentazione e l'apparato rizomiale-radiale quella di compattare il fondale (Orfanidis *et al.*, 2003; Viaroli *et al.*, 2008; Hemminga e Duarte, 2000).

Oltre al ruolo di indicatore ambientale, queste praterie sommerse costituiscono un fondamentale elemento della catena trofica. Al loro interno trova riparo e alimento una ricca fauna zoobentonica e ittica, sia legata all'interfaccia sedimento-acqua che all'apparato fogliare (Hemminga e Duarte, 2000; Duffy, 2006).

Per il loro ruolo ecologico e di sentinella, le fanerogame sono state incluse tra le specie marine e salmastre protette a livello nazionale e internazionale, come riportato nel "Protocollo sulle Aree Specialmente Protette e la Biodiversità in Mediterraneo" (ASPIM - Convenzione di Barcellona, 1995) e nella "Convenzione relativa alla conservazione della vita selvatica e dell'ambiente naturale in Europa" (Convenzione di Berna, 23/06/1979). Sono inoltre inserite tra le specie di maggiore attenzione nei Piani di Azione per la Conservazione della Vegetazione Marina in Mediterraneo (RAC/SPA - Regional Activity Centre for Specially Protected Areas).

Nella Tabella 1 sono elencati fattori di pressione / disturbo che possono incidere sulle fanerogame marine, individuati e codificati nell'ambito dei lavori della DG Ambiente e dell'Agenzia europea dell'Ambiente (AEA) legati all'attuazione delle Direttive Europee 92/43/CEE e 2009/147/CE (Direttiva 92/43/CEE, 1992 e successivi aggiornamenti).

Il primo monitoraggio su scala lagunare relativo alla distribuzione della fanerogame ma-

Tabella 1. Fattori di pressione/disturbo a carico delle fanerogame marine

Codice	Descrizione
F02.02	Pesca professionale con attrezzi da pesca attivi
F02.02.05	Pesca con draga - rastrello
I01	Specie alloctone invasive (vegetali e animali)
F01.03	Acquacoltura - allevamento sul fondo
G05.02	Abrasioni e danni meccanici sulla superficie dei fondali marini
H03	Inquinamento marino e delle acque di transizione
J02.02.02	Rimozione e dragaggio costiero e degli estuari
J02.05.01	Modifica dei flussi d'acqua mareali e delle correnti marine
J02.05.06	Modifica dell'esposizione al moto ondoso
J02.12.01	Opere di difesa dal mare, opere di protezione della costa, sbarramenti per la difesa e per la produzione di energia dalle maree
J02.11	Variazione dei sedimenti in sospensione, modifica del tasso di deposito delle sabbie, accumulo di sedimenti, scarico, deposito di materiali dragati

rine è stato realizzato nel 1990 dall'ex Magistrato alle Acque attraverso il suo concessionario Consorzio Venezia Nuova (MAG.ACQUE - CVN - SGS, 1991) permettendo di definire, per la prima volta, uno "stato zero" della loro distribuzione. I rilievi sono stati condotti su un potenziale ambito lagunare di circa 31.000 ettari, su fondali a libera navigazione sino a una batimetria di 3 - 4 metri, con esclusione delle aree vallive arginate e dei canali navigabili.

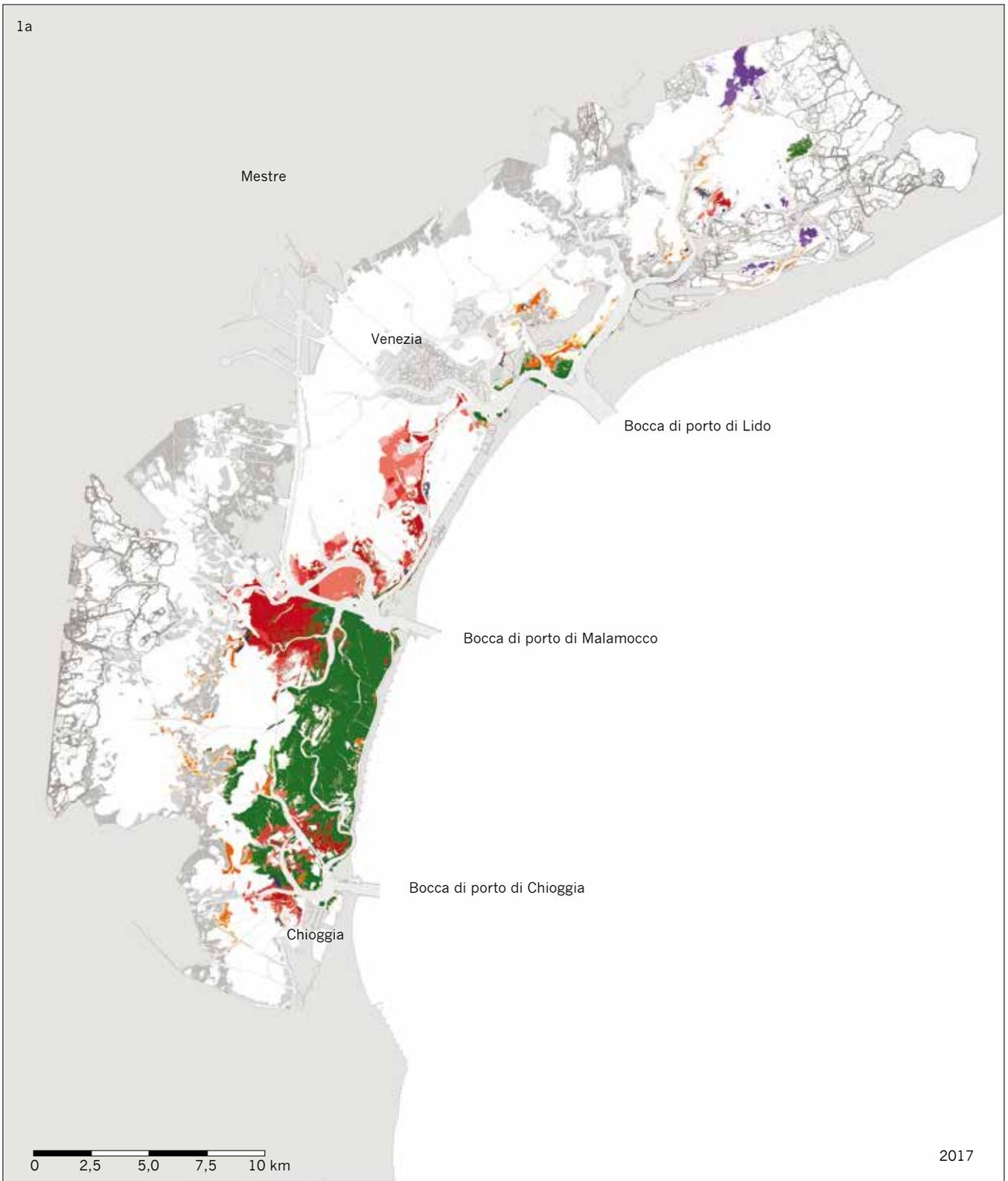
Tre successive cartografie delle fanerogame marine a scala lagunare sono state realizzate nell'ambito dei monitoraggi MELa (Monitoraggio Ecosistema Lagunare): quelle del 2002 e del 2004 (MELa2) hanno permesso di cogliere anche gli effetti di anomali andamenti meteorologici, mentre quella del 2010 (MELa5), ha permesso di definire un quadro della loro distribuzione quando gran parte delle opere fisse alle bocche di porto erano a uno stadio oramai avanzato (MAG. ACQUE - SELC, 2005a; MAG. ACQUE - SELC, 2011). Il più recente monitoraggio a scala lagunare di queste piante è relativo al 2017,

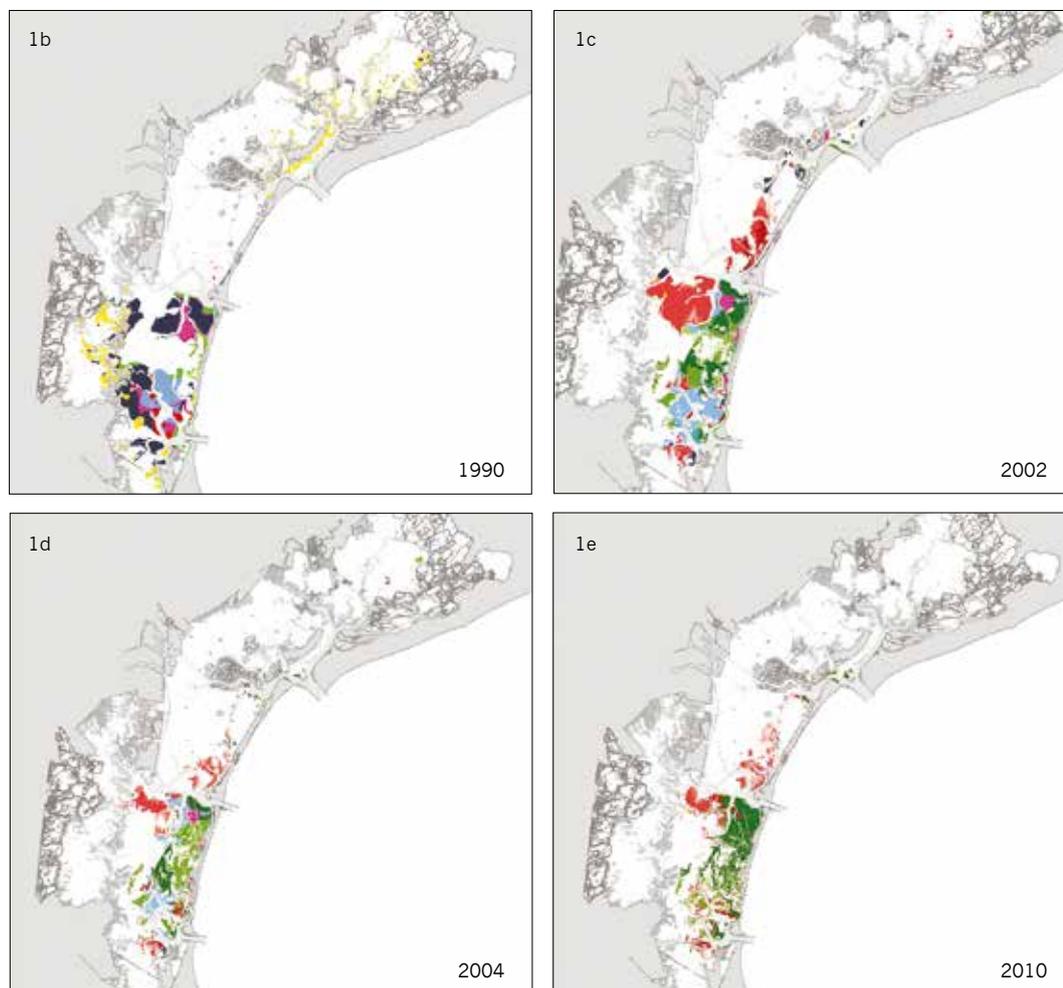
quando le opere fisse alle bocche di porto erano pressoché ultimate (MAG. ACQUE - KOSTRUTTIVA - SELC, 2018).

L'analisi cartografica e delle estensioni delle praterie (Figure 1a - 1e e Tabella 2 nelle pagine seguenti) rileva come, dal 1990 al 2017, siano avvenute significative variazioni nella distribuzione, meno visibili nel bacino sud, ma ben evidenti nei bacini nord e centrale e così sintetizzate:

- relativa stabilità a livello lagunare tra il 1990 e il 2002;
- marcata regressione tra il 2002 e il 2004 per tutti i bacini;
- complessiva stabilità con segnali di ricolonizzazione tra il 2004 e il 2010;
- ricolonizzazione nel 2017 di siti già colonizzati nel 1990 e di nuovi mai segnalati.

La cartografia del 2017, se confrontata con quelle del 1990 e del 2002, segna un incremento delle praterie pari a +1.303 ettari rispetto alla prima e di +1.365 ettari rispetto alla seconda. Molto più marcato e significativo, per il valore ecologico che comporta, è invece l'incremento di praterie nei confronti dei





Nella pagina precedente, Figura 1a. Carta delle fanerogame marine 2017

A sinistra Figure 1b, 1c, 1d e 1e. Carte delle fanerogame marine nel 1990, 2002, 2004 e 2010

Specie - Copertura

- *Ruppia* sp., classe IV
- *Ruppia* sp., classe III
- *Ruppia* sp., classe II
- *Ruppia* sp., classe I
- *Cymodocea nodosa*, classe IV
- *Cymodocea nodosa*, classe III
- *Cymodocea nodosa*, classe II
- *Cymodocea nodosa*, classe I
- *Zostera marina*, classe IV
- *Zostera marina*, classe III
- *Zostera marina*, classe II
- *Zostera marina*, classe I
- *Zostera noltei*, classe IV
- *Zostera noltei*, classe III
- *Zostera noltei*, classe II
- *Zostera noltei*, classe I
- *Zostera noltei* - *Zostera marina*
- *Zostera marina* - *Cymodocea nodosa*
- *Zostera noltei* - *Zostera marina* - *Cymodocea nodosa*
- *Zostera noltei* - *Cymodocea nodosa*

Laguna di Venezia (estensioni in ha)	1990	2002	2004	2010	2017
Popolamenti puri a <i>Cymodocea nodosa</i>	392	1.777	1.718	2.276	3.421
Popolamenti puri a <i>Zostera marina</i>	265	2.195	1.130	1.404	2.464
Popolamenti puri a <i>Zostera noltei</i>	1.436	70	20	58	485
Popolamenti puri <i>Ruppia</i> spp.	0	0	0	0	281
Popolamenti misti a <i>Z. noltei</i> - <i>C. nodosa</i>	23	142	68	19	17
Popolamenti misti a <i>Z. noltei</i> - <i>Z. marina</i>	2.157	220	75	27	107
Popolamenti misti a <i>Z. marina</i> - <i>C. nodosa</i>	692	825	527	12	15
Popolamenti misti a <i>Z. noltei</i> - <i>Z. marina</i> - <i>C. nodosa</i>	528	202	136	12	6
Totale	5.493	5.431	3.674	3.808	6.796

Tabella 2. Fanerogame marine - Confronti tra le coperture dei taxa tra gli anni 1990 e 2017

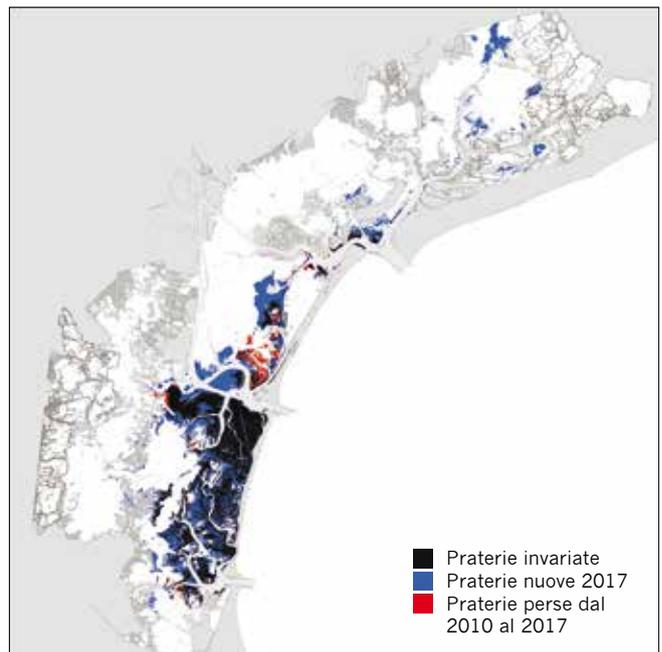
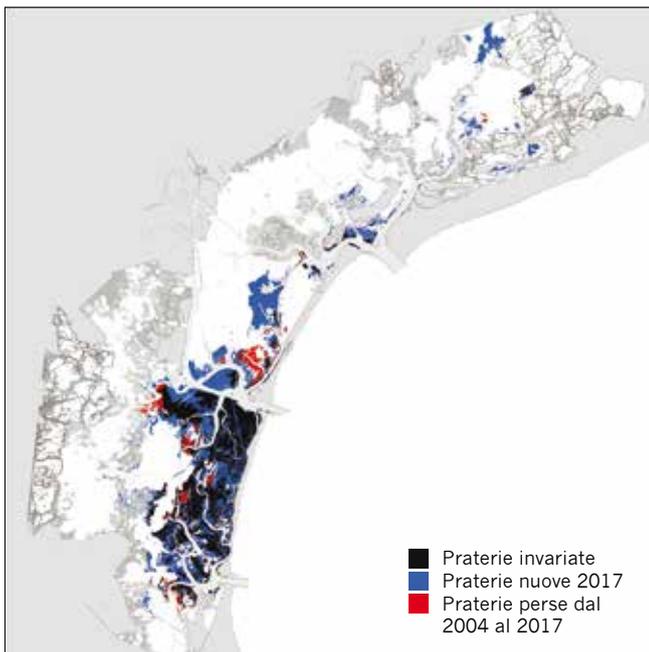
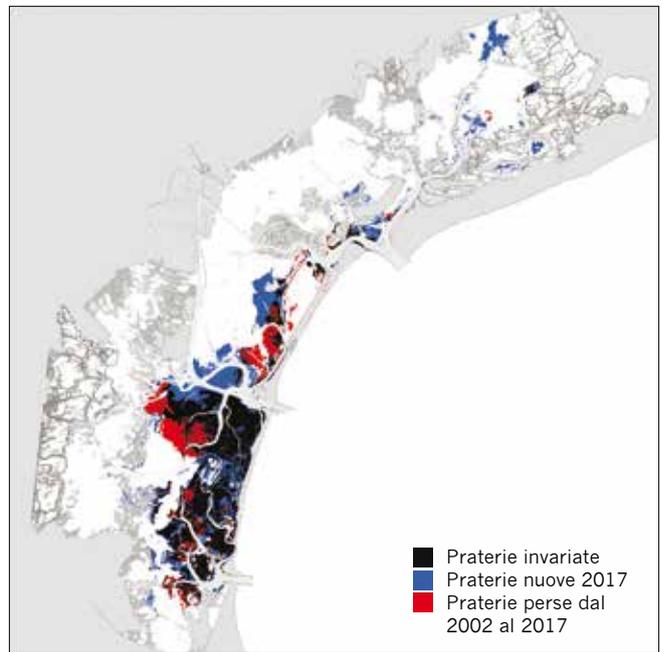
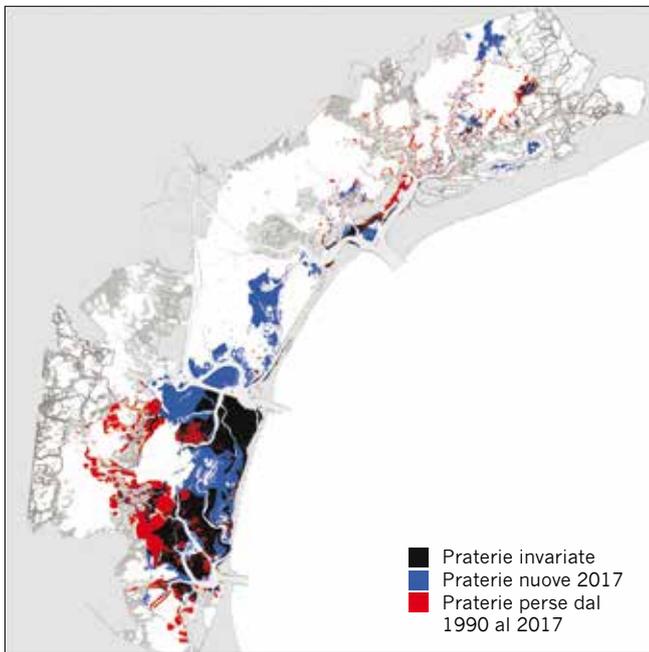


Figura 2.
Variazioni delle praterie
a fanerogame marine
tra il 1990 e il 2017



rilievi più recenti, con +3.122 ettari rispetto al 2004 e +2.988 ettari rispetto al 2010. L'analisi degli incrementi degli areali a scala lagunare denota come l'inversione di tendenza dei trend delle praterie a fanerogame si sia verificata principalmente tra la mappatura del 2010 e quella del 2017, con segnali positivi proprio nelle aree prossime al centro storico di Venezia e nel bacino centrale, in virtù del miglioramento ambientale e della qualità delle acque in atto. Nella Figura 2 sono evidenziate graficamente le variazioni delle praterie a fanerogame tra il 1990 e il 2017, mentre nelle Figure 3, 4 e 5 sono riportate immagini relative a tipici organismi associati.

Dopo il forte arretramento delle praterie avvenuto tra il 2002 e il 2004 (-1.757 ettari), prevalentemente per cause meteo-climatiche piuttosto che antropiche (elevate temperature estive nel 2014 che hanno inciso sulla specie più sensibile, *Zostera marina*), dal 2010 si è avuto un primo segnale di inversione del trend negativo, da un lato con la ricolonizzazione delle praterie perdute e, dall'altro, con la colonizzazione anche di fondali mai caratterizzati dal 1990 dalla presenza di fanerogame, in particolare per il bacino centrale e quello nord. I rilievi del 2017 indicano un netto trend positivo per le tre specie lagunari storicamente più diffuse, *Cymodocea nodosa*, *Zostera marina* e *Zostera noltei*, che complessivamente, nella sola tipologia pura, incrementano di +2.632 ettari rispetto al 2010. *Cymodocea nodosa* denota un incremento delle praterie nella tipologia pura di +1.145 ettari, evidenti soprattutto nella laguna sud e nelle tre bocche di porto. *Zostera marina*, rispetto al 2010, in tutti i bacini fa registrare incrementi nella tipologia pura per +1.060 ettari, in particolare in quello centrale e in quello nord. *Zostera noltei*, che denota incrementi delle praterie inferiori a quelli delle altre due specie (+427 ettari rispetto al 2010),

A sinistra, dall'alto al basso
Figura 3. Esempiani del mollusco bivalve *Pinna nobilis* tra le praterie della fanerogama marina *Zostera noltei*, fotografati durante una fase di bassa marea

Figura 4. Ciuffi della fanerogama *Cymodocea nodosa*, dove sono visibili coppie di semi all'apice dei rizomi ortotropi

Figura 5. Esempio di comunità bentonica associata a una prateria di *Cymodocea nodosa*: esemplare di cavalluccio di mare (*Hippocampus* ssp.)

Tabella 3. Confronto tra i valori di copertura normalizzati delle praterie a fanerogame marine per le tre bocche di porto tra il rilievo ante operam del 2003 e l'ultimo monitoraggio del 2017

ha ricolonizzato molti fondali da cui era scomparsa dopo il 1990, in particolare quelli dei canali e dei ghebi delle barene della laguna sud da Porto di San Leonardo sino alla gronda lagunare di Chioggia e della laguna nord (Palude Maggiore), con nuove colonizzazioni nei settori di Lio Piccolo e Sant'Erasmo. Il monitoraggio del 2017 ha permesso di segnalare un'estesa presenza (281 ettari) di una quarta rizofita, *Ruppia* spp., nota da tempo nelle aree di gronda lagunare in prossimità delle valli arginate o al loro interno, ma mai in estensioni cartografabili. Le praterie di questa pianta, presente in laguna con due specie relativamente simili (*Ruppia cirrhosa* e *Ruppia maritima*), sono state rinvenute nella laguna nord nella Palude Maggiore e nelle valli aperte alla navigazione del settore lagunare a est di Treporti-Lio Piccolo. Recenti rilievi del 2019, realizzati nell'ambito degli interventi di Ripristino Morfologico e Ambientale da parte del Provveditorato Interregionale OO.PP., hanno messo in evidenza diffuse praterie di *Ruppia* spp. anche all'interno di barene artificiali recentemente realizzate nella laguna sud.

Sempre per il ruolo ecologico e morfologico che le fanerogame marine svolgono in lagu-

na e per la loro importanza riconosciuta dai protocolli internazionali sulla conservazione, queste sono state scelte anche per monitorare gli effetti dei cantieri per la realizzazione del Mose alle bocche di porto (MAG.ACQUE - CORILA, 2006 - 2013; PROV. OO.PP. - CORILA, 2014 - 2018; Curiel *et al.*, 2017). Il principale obiettivo di questo specifico monitoraggio condotto dal 2005 al 2018 nelle tre bocche di porto, consisteva nel valutare eventuali scostamenti dalle condizioni di riferimento osservate in fase *ante operam* nel 2003/04, indotti dalle attività di cantiere o delle opere fisse del Mose (Tabella 3).

Tale obiettivo è stato raggiunto attraverso la mappatura della vegetazione radicata nelle tre bocche e il monitoraggio stagionale delle caratteristiche fenologiche e di crescita delle piante su una rete di 18 stazioni di misura equamente distribuite fra le tre bocche.

La mappatura delle praterie di fanerogame marine ha riguardato i fondali in prossimità e all'interno delle bocche di porto e quelli più profondi, vicini alle opere in realizzazione, sino alle profondità di 3-4 metri corrispondenti ai limiti della presenza di fanerogame marine nelle acque lagunari. Il rilievo della distribuzione delle fanerogame marine è sempre

Estensione delle praterie a fanerogame marine (ha)	Bocca di porto di Lido		Bocca di porto di Malamocco		Bocca di porto di Chioggia	
	2003	2017	2003	2017	2003	2017
Popolamenti puri a <i>Cymodocea nodosa</i>	32,2	95,6	302,7	582,7	75,5	210,0
Popolamenti puri a <i>Zostera marina</i>	0,0	3,9	49,0	179,1	73,5	144,7
Popolamenti puri a <i>Zostera noltei</i>	7,2	96,8	0,5	2,0	0,5	10,1
Popolamenti misti a <i>Z. noltei</i> - <i>C. nodosa</i>	10,6	10,6	11,2	2,8	40,7	1,1
Popolamenti misti a <i>Z. noltei</i> - <i>Z. marina</i>	6,2	5,8	12,0	5,1	22,1	10,8
Popolamenti misti a <i>Z. marina</i> - <i>C. nodosa</i>	0,0	0,2	61,7	2,7	97,8	1,1
Popolamenti misti a <i>Z. noltei</i> - <i>Z. marina</i> - <i>C. nodosa</i>	18,5	1,2	84,6	0,0	4,5	2,7
Totali	74,7	214,1	521,7	774,4	314,6	380,5

stato eseguito da giugno a settembre, per poter apprezzare al meglio le coperture delle tre specie, considerata la loro differente stagionalità. Lo stato delle praterie alle 18 stazioni di controllo è stato valutato utilizzando indicatori strutturali e funzionali sufficientemente sensibili e stabili nel tempo, per permettere di cogliere le possibili variazioni in atto:

- il grado di copertura e la densità della prateria (n. ciuffi/m²);
- le dimensioni dei ciuffi, la quantificazione dei ciuffi germinativi o degli eventi gamici;
- la quantificazione dei fenomeni di necrosi fogliare;
- la determinazione degli organismi epifiti, algali e animali.

Trattandosi inoltre di un monitoraggio di sorveglianza, è stata fissata anche una “soglia di attenzione”, individuata sulla base della letteratura, e pari a una riduzione del 10-20% dei principali parametri rispetto ai valori dello stato *ante operam*. Considerando la sensibilità che le fanerogame marine hanno alle variazioni ambientali, nel monitoraggio si è tenuto conto dell’andamento dei parametri meteorologici più incidenti sulle loro dinamiche stagionali, come la temperatura dell’aria, dell’acqua e la radiazione solare. La stagionalità di queste piante ha suggerito un monitoraggio ripartito in quattro periodi dell’anno (febbraio, maggio, luglio, novembre) e il confronto dei valori è avvenuto solo tra periodi omologhi (Figure 6, 7 e 8).

Gli esiti del monitoraggio analizzati su una scala temporale di oltre quindici anni, pur con delle variazioni nel corso dei vari anni, hanno evidenziano come, nella **bocca di porto di Lido**, le praterie a fanerogame siano variate da 74,7 ettari nel 2005 a 214,1 ettari nel 2017, pari a un incremento di +139,4 ettari, avvenuto soprattutto negli ultimi 5-6 anni, con l’espansione delle praterie di *Cymodocea nodosa* e di *Zostera noltei* sui fondali a est



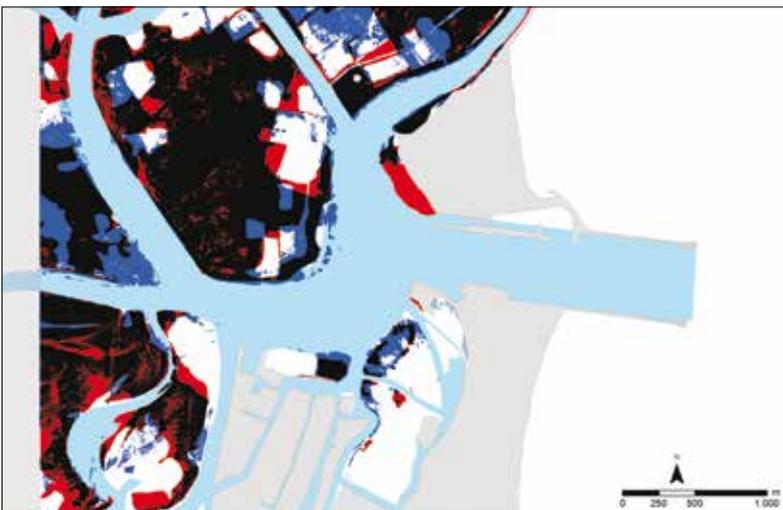
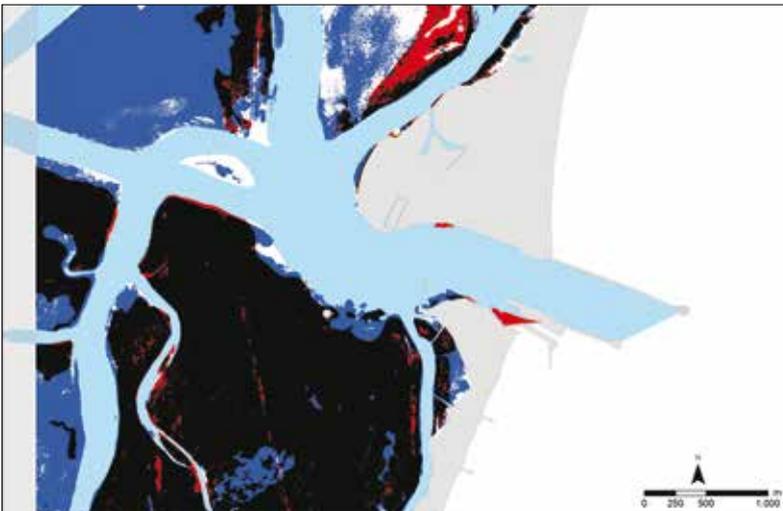
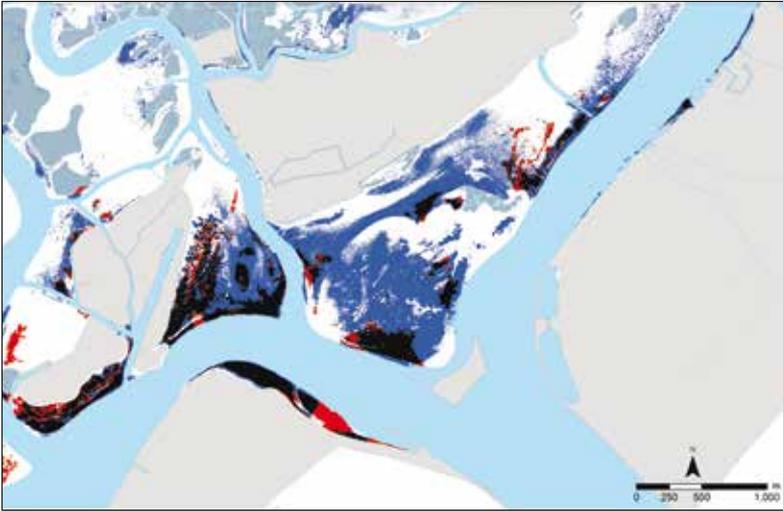
A lato
 Figura 6. Fasi di monitoraggio, in immersione, dei parametri descrittivi della prateria (come grado di copertura, densità dei ciuffi, altezza dei ciuffi e crescita dei rizomi)



Al centro
 Figura 7. Fase di campionamento di zolle di fanerogame marine mediante un carotatore manuale. Successivamente la zolla sarà setacciata per allontanare la frazione del sedimento



In basso
 Figura 8. Esempio di ciuffi fogliari di *Cymodocea nodosa* campionati al termine dell’estate ed epifitati in prevalenza da alghe rosse (*Rhodophyta*).



e a nord-est della nuova isola artificiale posta al centro della bocca di porto (Figura 9).

Nella **bocca di porto di Malamocco**, pur con gli andamenti oscillanti delle praterie a *Zostera marina*, specie più sensibile delle altre alle sempre più frequenti elevate temperature estive, si è registrato comunque un bilancio positivo delle praterie rispetto alla fase *ante operam* (+252,7 ettari) essendo variate da 521,7 ettari nel 2003 a 774,4 ettari nel 2017. Le praterie pure a *Cymodocea nodosa* e a *Zostera marina*, che rappresentano oltre il 95% delle coperture della bocca e che sono quindi le più significative per comprendere le dinamiche avvenute negli anni, sono risultate in forte incremento rispetto al 2003, con +280,0 ettari la prima e +130,1 ettari la seconda. Il monitoraggio pluriennale delle diverse specie ha permesso di rilevare come l'incremento di *Cymodocea nodosa* sia in gran parte dovuto alla trasformazione delle praterie miste in praterie pure, mentre per *Zostera marina*, sia riconducibile alla colonizzazione di nuovi fondali (Figura 10).

Nella **bocca di porto di Chioggia** si è evidenziato un incremento di praterie rispetto alla fase *ante operam* pari a +65,9 ettari, essendo variate da 314,6 ettari nel 2003 a 380,5 ettari nel 2017. Sin dall'inizio del monitoraggio, le dinamiche delle praterie di questa bocca sono apparse per la maggior parte correlate alle attività di allevamento delle vongole (*Ruditapes* spp.) nelle concessioni che, in relazione al loro stato di attivazione negli anni, hanno determinato, nelle loro vicinanze, fasi regressive e di ricolonizzazione da parte delle fanerogame (Figura 11).

I monitoraggi alle 18 stazioni di controllo, distribuite nel numero di sei per ogni bocca di porto, hanno evidenziato per la maggior parte degli indicatori strutturali e funzionali utilizzati (copertura, densità, dimensioni delle foglie, necrosi, ecc.) valori all'interno degli

intervalli del controllo avvenuto in fase *ante operam* nel 2003 - 2004, confermando sempre un ottimale stato delle praterie. I limitati valori sotto soglia talvolta rilevati, sono spesso rientrati nei limiti nel successivo controllo stagionale e comunque non hanno mai raggiunto livelli di criticità tali da incidere sulla capacità di resilienza e non hanno mai reso necessario l'avvio di una procedura di attenzione con ulteriori approfondimenti.

Il solo indicatore che ha sempre mostrato scostamenti inferiori rispetto alla fase *ante operam* è stato l'epifitismo (presenza sulle foglie di organismi animali e algali), marcati nella bocca di Chioggia e più limitati in quella di Lido. L'epifitismo, se pur complesso nelle sue dinamiche, è un indicatore utile per valutare la biodiversità che una prateria può esprimere.

Negli ultimi anni e soprattutto nell'ultimo monitoraggio del 2018, questo scostamento si è attenuato per tutte e tre le bocche di porto, segnando un minor numero di casi non in linea con quelli di riferimento del 2003. I valori anomali di questo parametro ricorrenti dall'inizio del monitoraggio sono stati investigati anche con specifici approfondimenti che hanno visto il contributo dell'Università di Padova (ICEA - UNIPD) per esaminare aspetti relativi all'idrodinamica e alla torbidità quali possibili cause.

I monitoraggi eseguiti negli ultimi 15-20 anni, sia su scala lagunare che su scala locale, sulla distribuzione delle fanerogame marine e sulle variazioni fenologiche stagionali e annuali delle singole specie, hanno permesso di differenziare, per quanto possibile, gli effetti dei lavori alle bocche di porto dalle variazioni naturali che avvengono nel tempo nelle comunità bentoniche o da localizzati eventi antropici (per esempio attività alieutiche, scavi) o meteorologici (per esempio anomale temperature estive o invernali).

Il macrozoobenthos

Con il termine *benthos* si intende la comunità di organismi acquatici che hanno un rapporto diretto con il fondale e vivono prevalentemente entro i primi 20-30 centimetri del sedimento o al di sopra di questo. Le comunità bentoniche di substrato molle o mobile di ambienti lagunari, estuari o costieri hanno la capacità di registrare le alterazioni che interessano l'ambiente in cui vivono (sedimenti e colonna d'acqua) sia direttamente che indirettamente (Figura 12). Valutare l'entità delle perturbazioni attraverso la risposta di questi organismi rappresenta, pertanto, un corretto approccio metodologico per monitorare l'ambiente, perché la comunità bentonica riflette non solo e non tanto la situazione al momento del campionamento, ma soprattutto quella di un periodo prolungato precedente, che è possibile stimare, per la laguna di Venezia, nell'ordine di circa sei mesi (MAG.ACQUE - SELC, 2005b).

La comunità macrozoobentonica è divenuta, quindi, uno dei principali "elementi biologici di qualità" di classificazione per la valutazione dello stato di salute degli ambienti costieri utilizzati dalla Water Framework Directive (Direttiva 2000/60/CE).



Nella pagina di sinistra, dall'alto al basso
Figura 9. Bocca di porto di Lido: variazioni delle coperture a fanerogame marine tra il 2003 e il 2017

Figura 10. Bocca di porto di Malamocco: variazioni delle coperture a fanerogame marine tra il 2003 e il 2017

Al centro
Figura 11. Bocca di porto di Chioggia: variazioni delle coperture a fanerogame marine tra il 2003 e il 2017

■ Praterie stabili
 ■ Praterie perse
 ■ Praterie nuove

Sotto
Figura 12. Esempio di comunità bentonica associata a praterie a fanerogame e, in particolare, il mollusco bivalve *Pinna nobilis*



Sopra
Figura 13. Particolare di uno degli strumenti (sorbona) solitamente utilizzati per il prelievo di campioni di macrozoobenthos



A lato
Figura 14. Prelievo di un campione di macrozoobenthos mediante sorbona dove sono presenti praterie a fanerogame

Sotto
Figura 15. Dettaglio di campionamento di macrozoobenthos tramite sorbona: il posizionamento di una retina intorno alla corona per limitare l'aspirazione di individui bentonici non facenti parte del campione



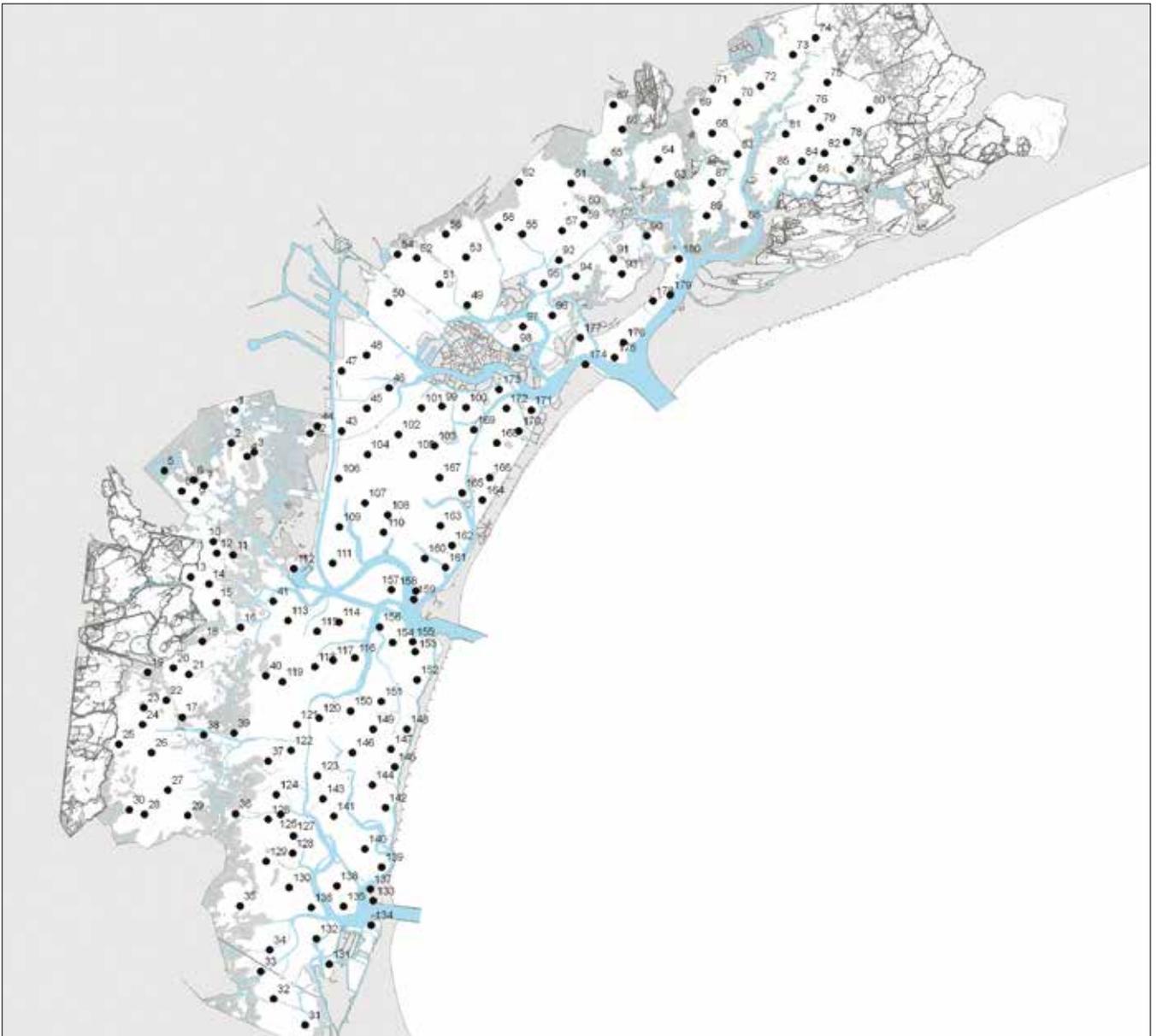
A destra
Figura 16. Campionamento di macrozoobenthos: fase di lavaggio del campione dai residui di sedimento

Negli ultimi 15-20 anni, il Magistrato alle Acque di Venezia (ora Provveditorato Interregionale per le Opere Pubbliche per il Veneto, Trentino Alto Adige e Friuli Venezia Giulia) ha permesso la conduzione di studi sulle comunità bentoniche sull'intera superficie lagunare, in particolare negli anni 2002-2003 e nel 2007 (MAG.ACQUE - SELC, 2005b; MAG.ACQUE - CNR/ISMAR, 2009) nell'ambito dei monitoraggi MELa (Monitoraggio Ecosistema Lagunare), e le aree in prossimità delle tre bocche di porto. In questo caso, i monitoraggi hanno avuto lo scopo di rilevare eventuali scostamenti significativi dalle condizioni di riferimento rilevate nello studio della fase *ante operam* (2003/2004) e verificare se fossero conseguenza di impatti o forzanti provenienti dalle attività di cantiere per la costruzione delle opere del Mose (MAG.ACQUE - SELC, 2004; MAG.ACQUE - CORILA, 2010 - 2013; PROV.VO.OO.PP. - CORILA, 2014 - 2019). Nelle Figure 13, 14, 15 e 16 sono illustrate alcune fasi delle operazioni di campionamento del macrozoobenthos.

Le attività del monitoraggio **MELa2** (2001-2005) (MAG.ACQUE - SELC, 2005b) erano volte a ottenere un quadro aggiornato e ap-

profondito delle principali comunità bentoniche presenti in laguna, articolandosi in una fase iniziale di pianificazione e preparazione, in una fase di esecuzione delle campagne di prelievi con metodologie diverse per le tre componenti esaminate (macrozoobenthos ma anche macrofitobenthos e meiozoobenthos) e una fase conclusiva di elaborazione dei risultati. In quest'ultima fase, le informazioni strutturali sulle comunità studiate sono servite per indicare lo "stato di salute" dell'ecosistema lagunare e, in particolare, delle diverse aree del bacino, verificando se tali ambienti fossero caratterizzati, o meno, dalla presenza di comunità bentoniche tipiche di condizioni indisturbate. I campionamenti del macrozoobenthos sono stati eseguiti in due campagne (nel 2002 e nel 2003), rispettivamente su una rete di 180 stazioni il primo anno (Figura 17) e di 60 stazioni il secondo. I risultati di tali monitoraggi hanno permesso di evidenziare come, per le comunità bentoniche della laguna di Venezia, esistessero due chiari gradienti: il primo tradizionale gradiente corrispondente a un crescente confinamento lungo la direttrice mare-terra con popolamenti via via più poveri e meno diver-





sificati procedendo dalle bocche di porto verso la gronda; il secondo gradiente che rifletteva l'aumento della ricchezza e della diversità procedendo da nord verso sud nelle aree di laguna aperta. In particolare, nelle fasce prossime ai lidi, le alte abbondanze coincidevano con un'alta diversità, mentre, nelle zone più interne, le alte abbondanze erano relazionabili con la dominanza di poche specie. I popolamenti zoobentonici sono notoriamente influenzati dalla presenza di macroalghe e fanerogame e, confrontando le spazializzazioni cartografiche degli indici di diversità specifica con la carta della distribuzione 2002 delle fanerogame marine lagunari, si

era osservata una discreta corrispondenza dei popolamenti zoobentonici a maggior diversità specifica con la distribuzione di *Zostera marina* e *Cymodocea nodosa* (in particolare le aree della laguna sud).

Nella valutazione dell'abbondanza, composizione e struttura delle comunità bentoniche non erano emerse criticità diffuse, ovvero particolari condizioni di svantaggio e di stress degli organismi campionati (ad esempio, condizioni fortemente anossiche in seguito alla degradazione di materiale macroalgale). Situazioni di alterate condizioni della comunità bentonica (numero estremamente ridotto di *taxa* e presenza di specie tolleranti

Figura 17. Progetto MELa2, localizzazione dell'intera serie di 180 stazioni di campionamento del benthos nel primo anno di attività (modificato da MAG. ACQUE-CNR/ISMAR, 2009)

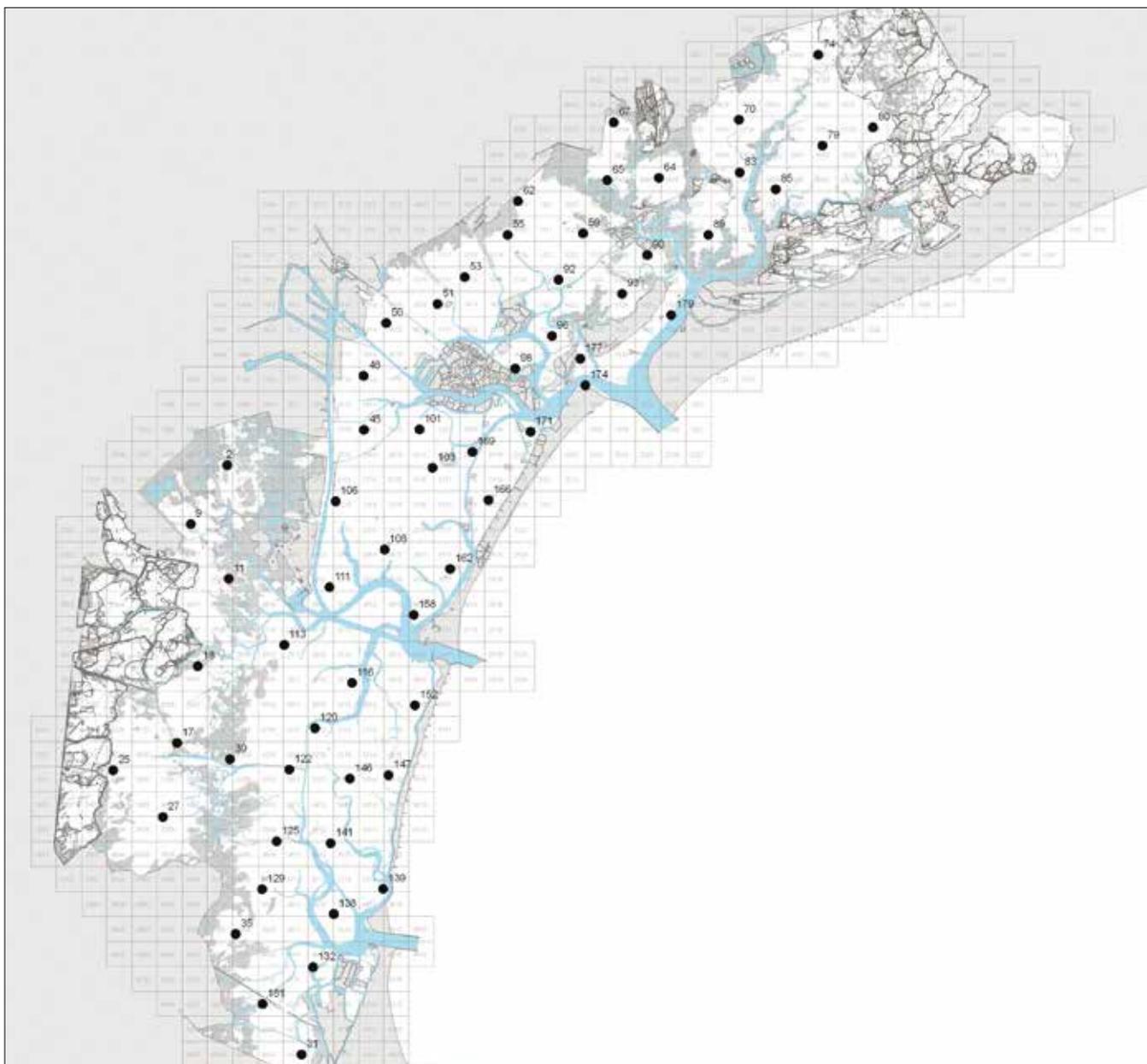
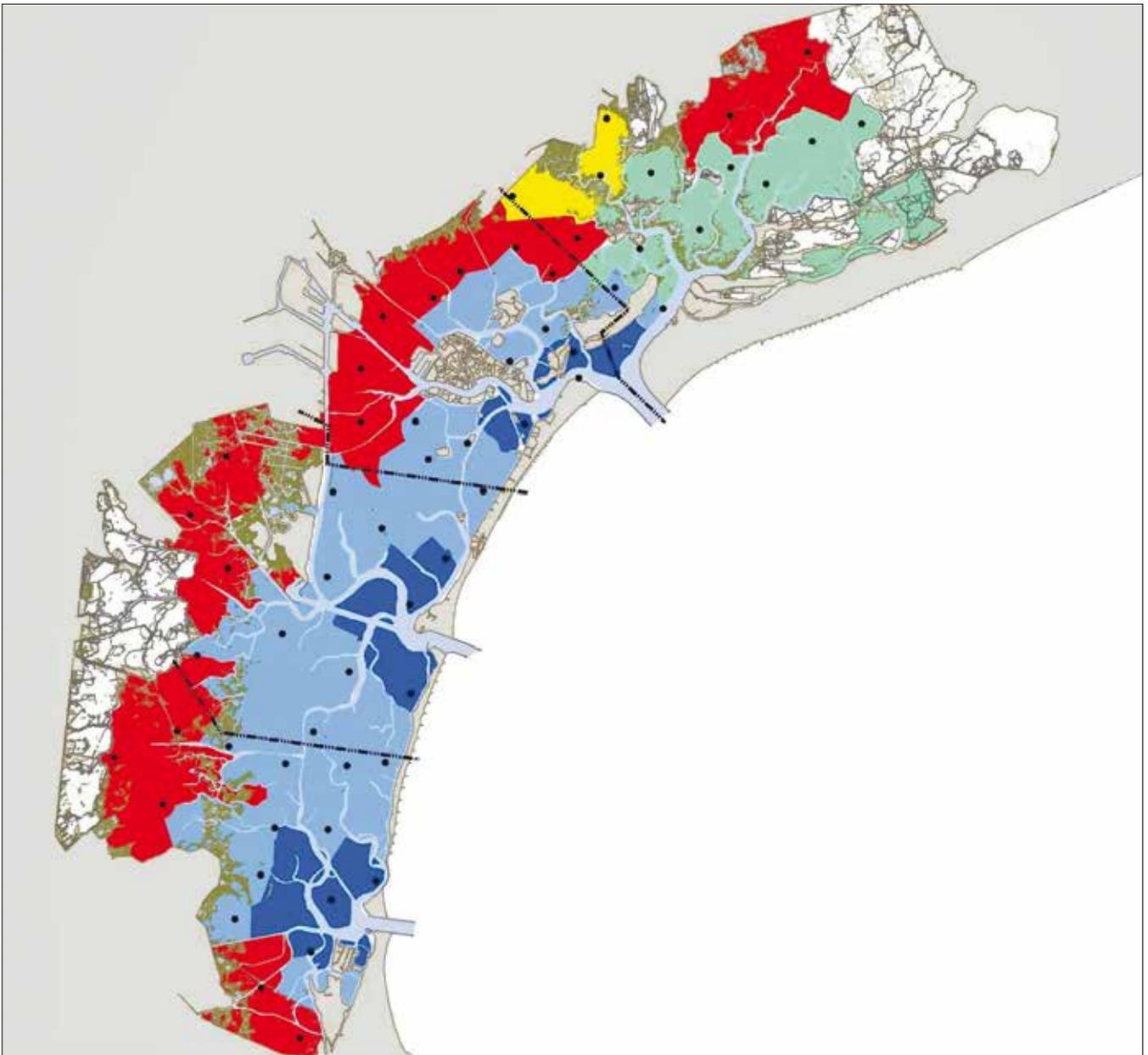


Figura 18. Progetto MELa4, localizzazione dell'intera serie di 60 stazioni di campionamento del benthos (modificato da MAG.ACQUE-CNR/ISMAR, 2009)

ti) erano state osservate solamente in modo puntuale in alcune stazioni, soprattutto quelle in aree ad elevato confinamento.

Tra il 2002 e il 2003, era stata registrata una diminuzione nella biomassa media degli individui ascrivibile alla scomparsa degli individui più vecchi, in particolare per i molluschi bivalvi, come probabile conseguenza delle condizioni climatiche che avevano caratterizzato il 2002, anno estremamente piovoso e dall'andamento termico nettamente differente rispetto agli anni precedenti, segnato dalle temperature più basse negli anni di indagine. Nel 2003, però, era stata segna-

lata, per rilevanza e diffusione, la presenza di giovanili nella gran parte delle stazioni e, in generale, il grande aumento del numero di individui per le specie pluriennali non era apparso legato a una variazione naturale della dinamica di popolazione, bensì a un aumento degli spazi ecologici lasciati liberi dagli individui adulti persi nel periodo trascorso tra un campionamento e l'altro (2002 - 2003). Lo scopo delle attività relative al monitoraggio **MELa4** (2007 - 2009) (MAG.ACQUE - CNR/ISMAR, 2009) era quello di condurre un'analisi sulle comunità bentoniche di substrato mobile rilevate in laguna di Venezia,



producendo una specifica cartografia sulla loro distribuzione e confrontando i risultati con quelli del progetto MELa2. In questo modo, si sarebbe così mantenuta nel tempo una base conoscitiva dello stato di tali comunità e delle loro variabilità spazio-temporale, utile alla ricerca dei trend evolutivi e allo studio ecologico a lungo termine e nel promuovere l'applicazione della Direttiva Quadro Comunitaria sulle Acque (2000/60/CE, Water Framework Directive, WFD; European Community, 2000) alla laguna di Venezia.

Le attività di campo e di laboratorio sono state condotte a partire da novembre 2006

in 60 stazioni di campionamento (Figura 18) e la loro localizzazione precisa è stata individuata rimanendo, per quanto possibile, in corrispondenza con la rete di 60 stazioni MELa2. La variabilità ambientale propria della laguna è stata investigata tramite l'utilizzo di "Tipologie ambientali lagunari" (Delta Mareale, Laguna Marinizzata, Laguna protetta, Laguna confinata ed Estuario - Figura 19) (Tagliapietra *et al.*, 2006).

In generale, il trend temporale, dedotto comparando gli studi MELa2 e MELa4, mostra un complessivo aumento dei valori di tutti i descrittori della comunità zoobentonica.

Figura 19. Tipologie lagunari (da MAG. ACQUE-CNR/ISMAR, 2009)

Zone

- Delta marino
- Estuario
- Laguna aperta marinizzata
- Laguna aperta protetta
- Laguna confinata
- Stazioni

¹ Il numero doppio delle stazioni al Lido è giustificato dal fatto che essa convoglia le acque di due sottobacini lagunari, quello del Lido e quello di Treporti

Negli anni tra i due studi, si era verificato un diffuso incremento del numero di specie lungo tutto il gradiente di transizione dal Delta Mareale alle zone di Estuario, sia riguardo al numero totale di specie che al numero medio di specie per ogni stazione. Il numero totale di individui ha evidenziato una generale crescita in tutte le tipologie nel 2003 rispetto al 2002, e in particolar modo nelle aree di Laguna Protetta. Questo aumento è continuato nel 2007 solo per il Delta Mareale e la Laguna Confinata, mentre per le altre tipologie vi è stata una leggera flessione. Le abbondanze sono generalmente risultate dominate da policheti sedentari e crostacei anfipodi. In particolare, la relativa abbondanza di policheti erranti nel 2002 e di gasteropodi nel 2007 deve probabilmente essere messa in relazione alla presenza della componente fanerogame marine. Il 2002 è stato infatti connotato dalla presenza di specie tipiche di situazioni più “confinata” o “saprobiche” (caratterizzate dalla presenza di organismi che si alimentano mediante materia organica non vivente o in decomposizione) mentre il 2007 è risultato caratterizzato da specie più marine.

Le biomasse sono risultate dominate dai molluschi bivalvi seguiti dai crostacei decapodi, con i primi che hanno mostrato una flessione percentuale nel 2003 a favore dei policheti sedentari. Rispetto al 2002, nel 2003 vi è stato un aumento della biomassa e delle abbondanze presso le zone più vicine alle bocche di porto, mentre le zone di Laguna Protetta, Confinata ed Estuario hanno registrato una perdita per entrambi i parametri.

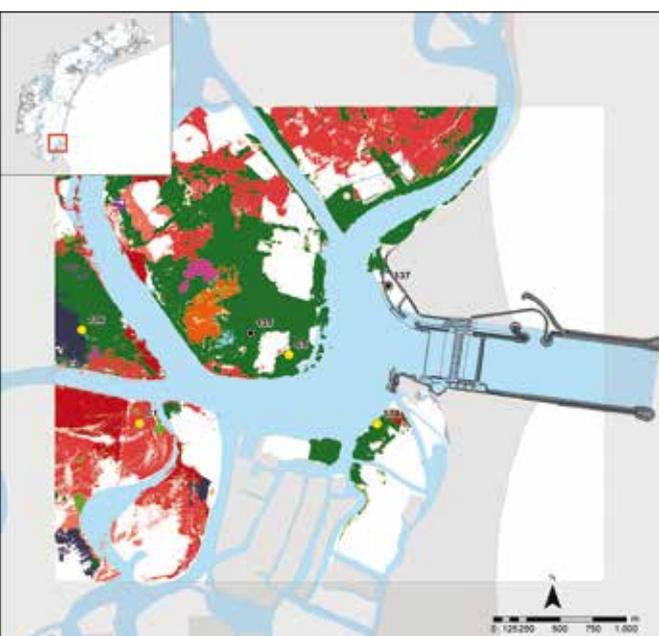
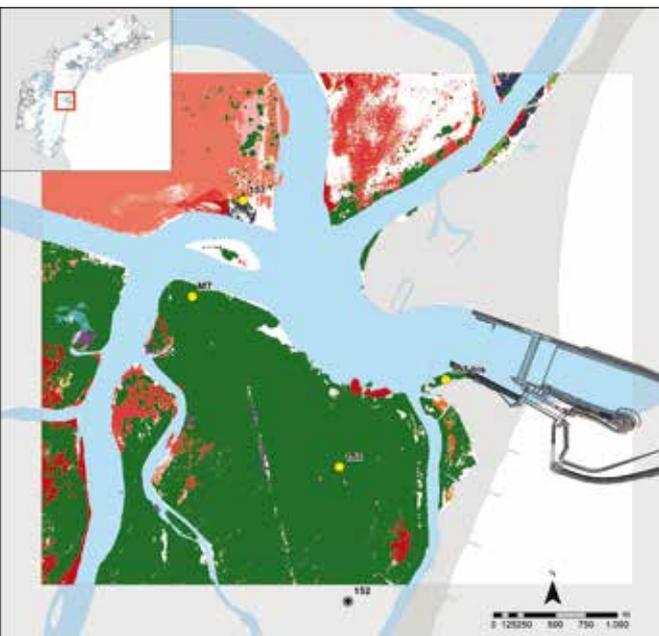
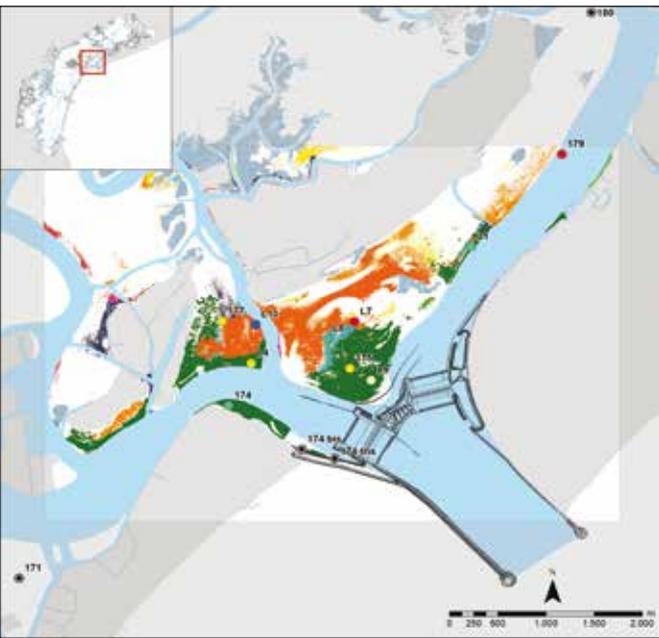
Nel 2007, il panorama generale indicava un aumento di diversità in tutta la laguna al quale però non si è accompagnato un aumento di abbondanza e biomassa in tutti i settori: nella Laguna Protetta sono state mantenute entrambe mentre, nella Laguna Marinizzata, si è registrata una riduzione sensibile sia del-

la abbondanze che delle biomasse, pur rimanendo su valori maggiori del 2002.

Come ricordato precedentemente, la comunità macrozoobentonica può essere ritenuta uno dei principali indicatori dello stato di salute complessivo di un sistema acquatico e questo, unitamente, all'importanza in seno alla Water Framework Directive ne hanno fatto una componente chiave anche nel monitoraggio ambientale dei cantieri per la costruzione delle dighe mobili del Mose.

Nel 2003, in vista dell'avvio dei cantieri, era stata eseguita una caratterizzazione delle comunità bentoniche *ante operam*, utilizzata come condizione di riferimento (MAG.ACQUE - SELC, 2004). I monitoraggi delle comunità macrozoobentoniche sono iniziati nel 2008 e proseguiti fino al 2018 con il principale obiettivo di individuare possibili modificazioni qualitative e quantitative nella composizione delle comunità bentoniche, confrontandole con il 2003 (MAG.ACQUE - CORILA, 2010-2013; PROV.VO.PP. - CORILA, 2014-2019; Tagliapietra *et al.*, 2017).

La serie temporale di dati così ottenuta ha fornito un quadro pluriennale e costantemente aggiornato dell'evoluzione di tali comunità in prossimità delle bocche di porto. Le indagini sono state condotte in 16 stazioni (8 alla Bocca di Lido¹, 4 a Malamocco e 4 a Chioggia) tra il 2008 e il 2016 e in 12 stazioni (4 in ciascuna bocca di porto) tra il 2017 e il 2018; questi siti erano in parte sovrapponibili con quelli dello studio *ante operam* e in parte ricollocati a causa di modificazioni dei siti intervenute nel frattempo (stazioni originali occupate dalle opere del Mose, distanze troppo elevate dalle possibili sorgenti di impatto, localizzazione ai margini o all'interno di concessioni per la coltivazione delle vongole). Tutti i siti di campionamento erano rappresentativi di aree di velma, aree emergenti durante le basse maree, o di bas-



so fondale, aree sempre sommerse benché con bassa profondità, in prossimità delle tre bocche di porto o soggette comunque alla loro influenza diretta (Figure 20, 21 e 22).

Una delle principali evidenze emerse anche nel corso dei monitoraggi è l'importante ruolo delle fanerogame marine, ecosistemi complessi e molto produttivi, nel modificare l'ambiente in cui si inseriscono e la struttura delle comunità bentoniche. Come già accennato, la loro presenza o assenza, come anche variazioni di densità o composizione, possono infatti influenzare la presenza e l'abbondanza di talune specie. Proprio in corrispondenza delle stazioni all'interno di praterie, sono stati solitamente trovati i più alti valori del numero di specie e di individui bentonici e valori buoni degli indici di ricchezza specifica e di diversità. Per comprendere al meglio le dinamiche nelle differenti stazioni, quindi, i dati sono stati analizzati dividendo i siti di campionamento in 5 gruppi in base all'habitat (vegetato o meno) e alla bocca di porto di appartenenza: stazioni a fanerogame marine di Lido, di Malamocco e di Chioggia e stazioni avegetate di Lido e di Malamocco.

I dati raccolti evidenziano la presenza di una comunità tipica di ambienti lagunari, soggetti a notevole influenza marina, caratterizzata da ingente ricchezza specifica e abbondanza, che si riflette in un buon livello di diversità e limitata saprobicità. L'elevato idrodinamismo delle aree prospicienti le bocche di porto, infatti, riduce il tasso di sedimentazione di sostanza organica al fondo e consente la coesistenza di specie tipicamente marine con altre proprie invece di ambienti di transizione. L'analisi dei dati ha mostrato, comunque, chiare differenze spaziali determinate, da un lato, dalla presenza di due habitat diversi (fanerogame e avegetato), seppur ascrivibili al medesimo macrohabitat, e, dall'altro, dalle diverse condizioni idrodina-

Dall'alto al basso
Figure 20, 21 e 22.
Localizzazione
delle stazioni di
campionamento dei
monitoraggi B.6.85/II,
B.6.72 B/5-B/13
(PROVV.OO.PP. -
CORILA, 2019)
Dall'alto verso il basso,
le immagini si
riferiscono alle bocche
di porto di Lido,
Malamocco e Chioggia

- Stazioni macrozoobenthos (B.6.72 B/10-B/12)
- Stazioni macrozoobenthos (B.6.72 B/10-B/13)
- Stazioni macrozoobenthos (B.6.85/II - B.6.72 B/5-B/9)
- Stazioni macrozoobenthos (B.6.72 B/5-B/12)
- Stazioni macrozoobenthos (B.6.85/II - B.6.72 B/5-B/13)
- Stazioni macrozoobenthos sostituite (MELa2 - B.6.78/I)

miche e dalla diversa morfologia del fondale alle tre bocche di porto. È poi interessante notare come questi elementi agiscano in modo sinergico nel modellare la comunità; basti pensare, ad esempio, alle differenze rilevate tra l'habitat a prateria di Lido in confronto a quello di Malamocco e Chioggia.

Nel corso dei monitoraggi, il numero medio di specie ha presentato i valori più alti per le stazioni a fanerogame marine di Chioggia e Malamocco; i valori più bassi, invece, sono stati quasi sempre registrati nelle stazioni avegetate di Lido e/o in quella avegetata di Malamocco. Anche per l'abbondanza (intesa come numero medio di individui) e la biomassa, i valori maggiori sono stati calcolati per le stazioni a fanerogame marine, quelli inferiori per le stazioni avegetate di Malamocco e di Lido.

Nei siti a fanerogame marine, mentre il numero medio di specie è risultato più stabile nel tempo, alcuni tra i principali gruppi tassonomici hanno registrato trend altalenanti di abbondanza e biomassa, con valori spesso molto diversi negli anni.

In generale, i gruppi tassonomici più rappresentati sono risultati nel tempo, seppur con percentuali diverse nei cinque gruppi di stazioni, i policheti, i crostacei anfipodi, i molluschi bivalvi e i molluschi gasteropodi. Queste specie sono principalmente sospensivori, filtratori e detritivori, legati quindi alla presenza di particolato organico in sospensione o depositato sul sedimento.

I cambiamenti che si registrano nel tempo nella composizione e nella struttura di tali comunità non sono quindi sempre direttamente collegabili ad attività antropiche; le variazioni sono una caratteristica della loro naturale evoluzione che si riflette sulla presenza o l'assenza delle specie e anche sul loro numero, come riportato in letteratura.

In generale, le maggiori variazioni intercor-

se tra il 2003 e i monitoraggi successivi (in particolare per l'abbondanza e la biomassa) sono associate ai siti a fanerogame marine; è quindi probabile che parte di tale variabilità sia correlata anche a parametri descrittivi di queste rizofite (grado di copertura, densità e lunghezza dei ciuffi fogliari) che manifestano naturali variazioni negli anni (ad esempio con ritardi o anticipi nella ripresa del ciclo vegetativo), influenzando di conseguenza struttura e composizione degli organismi che vivono sulla superficie e/o in stretto contatto con le lamine fogliari delle fanerogame.

Nel complesso, la biodiversità delle campagne del 2008-2018 è paragonabile a quella del 2003 anche se sono state registrate variazioni, talvolta significative, e più o meno marcate, di alcuni parametri (soprattutto abbondanza e biomassa); queste variazioni hanno ancora una volta interessato principalmente specie appartenenti ai crostacei anfipodi, ai molluschi bivalvi e gasteropodi e ai policheti. Non va dimenticato, però, come tali variazioni di densità possano essere influenzate da fattori contingenti ed esterni; ad esempio, esplosioni demografiche di erbivori possono essere la conseguenza dello sviluppo massivo e repentino di macroalghe, a sua volta legato a un aumento di disponibilità di nutrienti. La diversità biologica è risultata ancora strettamente associata alla differenza di habitat, poiché quella associata alle stazioni a fanerogame marine è risultata mediamente maggiore rispetto a quella relativa ai siti localizzati su suolo avegetato. La presenza di rizofite è la principale forzante, talora in concerto con la variabilità temporale, nel differenziare le comunità zoobentoniche. Il confronto con la "condizione di riferimento" ha evidenziato quindi differenze, come un generale aumento della ricchezza specifica, dell'abbondanza e della biomassa totali e gli indici di diversità, che, tuttavia, vanno in di-

reazione opposta a quella che ci si potrebbe attendere in caso di impatto dei cantieri. In generale, si tratta di modificazioni che si potrebbero ricondurre a un miglioramento delle condizioni della comunità macrozoobentonica in tutte le bocche. Questo fenomeno, tuttavia, potrebbe essere interpretato come una tendenza verso la marinizzazione, con attenuazione delle condizioni tipicamente lagunari, quali ad esempio elevate condizioni saprobiche. Va comunque sottolineato come il 2003 rappresenti un anno caratterizzato da condizioni meteorologiche particolari come primavera secca ed estate calda, che si sono sicuramente ripercosse sull'ecologia lagunare, come ha evidenziato la forte contrazione di *Zostera marina* nel biennio 2003-2004. In conclusione, quindi, si può affermare che la comunità macrozoobentonica ha mostrato una sostanziale stabilità nella scala temporale analizzata (2008-2018), pur con l'evidenza di leggeri trend; tuttavia, a parità di habitat, le variazioni osservate all'interno di una stessa bocca si sono spesso rivelate inferiori alle differenze rilevate tra bocche. In termini temporali, si evidenziano delle variazioni che sono difficilmente associabili al disturbo provocato dai lavori dei cantieri per la costruzione del Mose, ragione del monitoraggio.

Vengono infine confrontati i trend osservati per le comunità macrozoobentoniche delle bocche di porto nel decennio di monitoraggio con l'evoluzione delle comunità bentoniche a livello dell'intera laguna di Venezia.

A scala lagunare, i popolamenti bentonici, rispetto a quanto accade presso le bocche di porto, nel complesso circoscritte per estensione, si susseguono con modalità più accentuate lungo un gradiente spaziale mare-gronda, caratterizzato da condizioni sempre più selettive. Come per le tre bocche di porto, i cambiamenti naturali che le comunità manifestano negli anni si confondono con quelli

indotti dalle pressioni esterne di natura antropica, rendendone più complessa l'interpretazione e l'espressione sotto forma di un giudizio di qualità finale che valuti in senso positivo o negativo l'evoluzione in atto. Per gli ambienti di transizione, rispetto a quello marino, il concetto di qualità è quindi di più difficile interpretazione, per il sovrapporsi simultaneamente e con più accentuata variabilità spaziale, di un maggior numero di disturbi antropici e naturali, originati da vari processi a diversa scala.

L'analisi storica dell'evoluzione dei popolamenti lagunari, eseguita a partire dai dati di riferimento dei primi anni 2000 (MAG.ACQUE - CNR/ISMAR, 2009) e approfonditi anche da altri autori (Tagliapietra *et al.*, 2010; Sigovini, 2011), ha evidenziato una progressiva sostituzione dei popolamenti lagunari con una tipologia decisamente più marina, sia in termini di numero di specie che di composizione tassonomica della comunità.

I primi anni 2000, infatti, erano caratterizzati dalla presenza di specie rappresentative di situazioni più "confinata" o "saprobiche", mentre il 2007, pur con differenziazioni tra le diverse aree lagunari (Delta Marino, Laguna Marinizzata, Laguna Protetta, Laguna Confinata, Estuario), è caratterizzato da specie più marine, segnando anche un aumento generale degli indicatori di base specie, abbondanza e biomassa. Questa trasformazione, in atto oramai da anni a scala lagunare, è stata da più autori messa in relazione con l'insieme delle modificazioni di carattere batimetrico, morfologico e idrodinamico che hanno interessato la laguna più intensamente a partire almeno dagli anni Settanta del secolo scorso (Sigovini, 2011; Molinaroli *et al.*, 2009).

L'avifauna delle barene naturali e artificiali

L'importanza della laguna di Venezia per l'avifauna, in particolare per quella acquatica, è

A lato
Figura 23.
Esemplare di avocetta
Recurvirostra avosetta

² Il CORILA (CONSORZIO per il coordinamento delle Ricerche inerenti al sistema Lagunare di Venezia) è un'associazione tra Università Ca' Foscari di Venezia, Università IUAV di Venezia, Università di Padova, Consiglio Nazionale delle Ricerche e Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale, vigilata dal Ministero dell'Istruzione Università e Ricerca.

ormai così nota che non sembra il caso di entrare in dettagli, più volte riportati anche in opere di sintesi (Bon e Scarton, 2009; Scarton, 2017a). Basti qui ricordare che si tratta della maggior area di svernamento del Mediterraneo, con circa 480.000 uccelli acquatici censiti in media negli ultimi cinque anni (Basso e Bon, 2019); oppure che vi nidificano numerose specie tutelate dalla Direttiva 2009/147/CE Uccelli, con popolazioni di dimensioni tali da poter essere definite di importanza nazionale o internazionale (Scarton, 2017b).

Di seguito ci si vuole soffermare sui risultati dei monitoraggi condotti su un particolare gruppo di specie acquatiche, le cosiddette coloniali, e sull'avifauna di ambienti artificiali realizzati fino dalla fine degli anni Ottanta del secolo scorso, vale a dire quelle strutture che qui per semplicità si indicheranno con il termine di "barene artificiali".

Le colonie sono insiemi di coppie, che possono variare da poche unità fino a migliaia, che ogni anno si insediano in alcune barene naturali ed artificiali della laguna di Venezia, oltre che nelle valli da pesca. La nidificazione in colonie presenta il vantaggio di aumentare la difesa contro i possibili predatori, uccelli o mammiferi che siano, e di sincronizzare la nidificazione nel periodo più opportuno per quanto riguarda la disponibilità alimentare. Tuttavia vi è anche un evidente svantaggio, rispetto alla nidificazione non coloniale: infatti eventi meteorologici avversi, come alte maree molto sostenute o tempeste estive, possono portare alla totale perdita di tutte le covate, azzerando quindi il successo riproduttivo di quell'anno.

Le specie coloniali presenti in laguna sono piuttosto numerose: vi sono diverse specie di gabbiani e di sterne, oltre all'avocetta *Recurvirostra avosetta* (Figura 23), al cavaliere d'Italia *Himantopus himantopus* (Figura 24),



alla pettegola *Tringa totanus* (Figura 25). Alcune di queste sono censite fin dal 1989, quando alcuni giovani ornitologi veneziani iniziarono a raccogliere i primi dati; successivamente e fino al 2018 il censimento si è ripetuto ogni anno, spesso per conto del Consorzio Venezia Nuova o del CORILA², focalizzando l'attenzione su alcune specie di elevato interesse conservazionistico appartenenti alle famiglie degli Sternidi (si tratta di sterna comune *Sterna hirundo* - Figura 26, fraticello *Sternula albifrons*, beccapesci *Sterna sandvicensis*) e dei Laridi (gabbiano comune *Chroicocephalus ridibundus* e gabbiano corallino *Larus melanocephalus*).

Con la sola eccezione del gabbiano comune, sono tutte specie che si nutrono esclusivamente di pesce, talvolta anche di piccoli Invertebrati, che catturano tuffandosi nelle acque lagunari e marine; si trovano quindi al vertice della catena alimentare, e possono essere utilizzate come "indicatori ambientali" della salute di un particolare ecosistema.

È anche per questo motivo che monitoraggi a lungo termine di questi uccelli acquatici so-



no in corso in numerosi Paesi europei ed extraeuropei (Scarton *et al.*, 2018).

Le colonie dei Laridi e degli Sternidi si insediano sulle barene naturali quasi esclusivamente su cumuli di vegetazione spiaggiata, di legname e più raramente di conchiglie, che si rinvergono ai margini delle barene o sporadicamente al loro interno. Ciò permette agli animali di deporre le uova, il nido è in pratica poco più che una semplice fossetta, ad altezza maggiore rispetto al terreno barenale; in tal modo si riduce il rischio che le uova o i pulcini vengano sommersi dalle alte maree.

La presenza degli ammassi di materiale spiaggiato è pertanto di fondamentale importanza e condiziona pesantemente l'insediamento delle colonie; barene sprovviste di tali cumuli raramente vengono scelte dagli uccelli per nidificarvi. Nelle barene artificiali la deposizione delle uova avviene invece direttamente sul suolo nudo, o su cumuli di conchiglie, sempre però in posizione più rilevata rispetto alle aree circostanti.

I censimenti delle colonie sono stati effettuati secondo i metodi comunemente utilizzati in questo campo di indagine faunistica. Tutta la laguna aperta è stata quindi percorsa



mediante piccole imbarcazioni, da due rilevatori esperti, alla ricerca delle colonie. La presenza di colonie di Laridi e Sternidi è indicata dall'andirivieni di adulti da e verso il sito di nidificazione, o dal volo continuo di adulti al disopra del sito stesso. Questo peculiare comportamento facilita l'individuazione a distanza delle colonie medio-grandi; le colonie più piccole, indicativamente con meno di dieci coppie, possono invece facilmente sfuggire all'osservazione a distanza e pertanto servono visite ripetute, anche nelle aree lagunari più interne. Negli ultimi anni sono stati effettuati anche voli aerei, per verificare la presenza di colonie eventualmente non rilevate in precedenza. Una volta accertata la presenza di una colonia, i rilevatori sbarcavano sul sito e procedevano ad effettuare un veloce conteggio dei nidi contenenti uova e/o pulcini. Le visite si protraevano sempre per non più di 30 minuti, per ridurre il disturbo alle coppie nidificanti; ogni colonia è stata visitata almeno due volte nel periodo maggio-luglio.

I risultati dei censimenti condotti nel periodo 1989-2018 nella laguna aperta e nei litora-

In alto
Figura 24. Il cavaliere d'Italia in prossimità della colonia vola ripetutamente sopra gli intrusi, lanciando caratteristici richiami di allarme

Sopra
Figura 25. La pettegola nidifica quasi esclusivamente sulle barene naturali e artificiali della laguna aperta. Per questa specie la laguna di Venezia costituisce il più importante sito di nidificazione nell'intero Mediterraneo

A sinistra
Figura 26. Colonia di sterne comuni, in primo piano, con un'avocetta su una barena artificiale; le due specie spesso si associano nei siti di nidificazione



Figura 27.
Le cinque specie di Laridi e Sternidi di maggior interesse conservazionistico nidificanti in laguna aperta e lungo i litorali: coppie censite nel periodo 1989-2018

■ Gabbiano comune
■ Sterna comune
■ Fraticello
■ Beccapesci
■ Gabbiano corallino

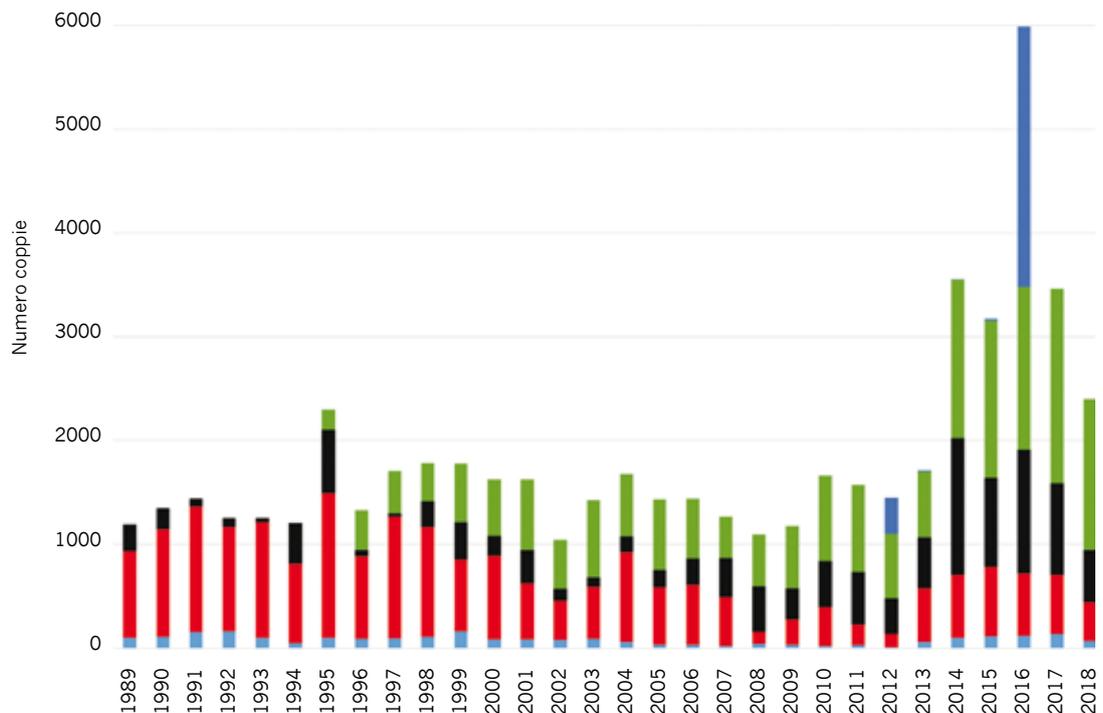
li, escluse quindi le sole valli da pesca, sono presentati nel grafico della Figura 27. Si può osservare che le cinque specie più comuni presentano evidenti fluttuazioni interannuali, con una periodicità di 6-7 anni fino al 2013; a partire dal 2014 si evidenzia un netto incremento, dovuto principalmente al beccapesci e al fraticello.

Il beccapesci ha iniziato a nidificare in laguna solo dal 1996, divenendo in breve una delle specie più abbondanti; benché le sue colonie si trovino all'interno della laguna aperta, preferisce catturare i pesci di cui si nutre nelle acque marine, fino a 10-15 chilometri dalla costa. Gli adulti arrivati in laguna negli ultimi anni probabilmente provenivano dal Delta del Danubio, dove la specie sembra in diminuzione nello stesso periodo (Figure 28 e 29).

Il fraticello è invece la più piccola delle specie monitorate; si nutre di pesci e piccoli Invertebrati, che ricerca a brevi distanze dalle colonie. Il monitoraggio pluriennale ha permes-

so di identificare tre fasi nella distribuzione delle colonie di questa specie: nei primi anni venivano di gran lunga preferiti i litorali di Pellestrina e del Lido, mentre in seguito e fino alla metà degli anni Duemila le colonie si trovavano quasi soltanto sulle barene naturali. In seguito le colonie si sono di nuovo spostate, occupando esclusivamente alcune barene artificiali, come avviene tuttora. È molto probabile che ciò sia dovuto al tentativo di scegliere siti più elevati, per sfuggire alla sommersione dei nidi dovuta alle sempre più frequenti alte maree, che si osservano da alcuni anni anche nei mesi di giugno e luglio (Figura 30).

Dal grafico di Figura 27 si può osservare anche il calo della sterna comune fino al 2012, quando stava per scomparire dalla laguna aperta; in seguito si osserva fortunatamente un recupero, tuttora in atto. I due gabbiani evidenziano andamenti molto diversi: il gabbiano comune ha utilizzato sempre barene naturali, con una popolazione modesta. Inve-





Da sinistra a destra e dall'alto al basso
Figura 28. Per due anni il beccapesci, la più grande delle sterne presenti in laguna, ha nidificato su di una barena naturale posta in prossimità dell'isola di Murano

Figura 29. I nidi di beccapesci si trovano spesso su cumuli di materiale spiaggiato, a brevissima distanza uno dall'altro



Figura 30. Pulcini di fraticello da poco schiusi, su una barena artificiale



Figura 31. Più di duemila coppie di gabbiano corallino hanno nidificato nel 2016 in una barena naturale della laguna sud

ce il gabbiano corallino si è insediato da pochi anni, arrivando a formare nel 2016 un'eccezionale colonia di oltre duemila coppie in una barena della laguna sud, purtroppo distrutta in seguito a una violenta mareggiata estiva. Successivamente la specie ha abbandonato la laguna aperta, per andare a nidificare all'interno di alcune valli da pesca della laguna settentrionale (Figura 31).

Grazie ai dati acquisiti si può confermare l'importanza della laguna aperta come sito di nidificazione per le specie monitorate: in base ai dati disponibili per l'Italia, non sempre aggiornati, dal 10% (gabbiano comune) al 90% (beccapesci) della popolazione nazionale si riproduce nella laguna aperta (Tabella 4, nella pagina seguente).

Inoltre, è possibile esprimere valutazioni sugli andamenti temporali delle specie monito-

rate. Sul lungo periodo (1989-2018) la popolazione di Laridi e Sternidi nel suo complesso presenta un trend che possiamo definire, con l'utilizzo di software dedicati all'analisi degli andamenti di popolazione, di moderato incremento, con un tasso annuo prossimo al 3%. Tuttavia le varie specie presentano andamenti divergenti: moderato decremento sia per il gabbiano comune che per la sterne comune, forte incremento per fraticello e beccapesci.

Molto diverso il quadro che si ottiene esaminando solo gli ultimi dieci anni (2009-2018) della serie disponibile: tutte le quattro specie risultano infatti in forte incremento, con tassi di crescita annui compresi tra l'11% e il 24%. Nel complesso la popolazione di Laridi e Sternidi nidificanti in laguna aperta denota un'interessante tendenza all'aumento, che

Tabella 4.
Valore minimo di coppie censite nel 2018 su barene artificiali, naturali (valori stimati in corsivo) e confronto con le stime più recenti disponibili per l'Italia. I valori percentuali sono da ritenersi indicativi, per la diversa scansione temporale dei dati

	Barene artificiali	Barene naturali	Totale barene	Italia	Barene naturali + artificiali / Italia %
Volpoca	30	20	50	440	11
Cavaliere d'Italia	164	80	244	3400	7
Avocetta	248	20	268	1420	20
Fratino	57	0	57	579	10
Gabbiano comune	0	69	69	600	12
Beccapesci	522	934	1456	1600	90
Fratichello	502	0	502	2000	25
Sterna comune	316	58	374	4000	9

conferma l'elevata idoneità di questo ampio settore lagunare per le specie ittiofaghe. Le cause dell'aumento possono essere ricercate nell'arrivo da altre zone umide, italiane e più probabilmente extra nazionali, di consistenti gruppi di individui adulti, che hanno trovato soprattutto nelle barene artificiali siti idonei per la nidificazione. Nonostante questo positivo risultato, occorre sottolineare che gli effetti negativi delle sempre più frequenti mareggiate estive potrebbero portare nel medio-lungo periodo all'abbandono degli attuali siti di nidificazione (Scarton *et al.*, 2018).

Un'altra linea di monitoraggio ha consentito di caratterizzare in dettaglio l'avifauna che nidifica nelle barene artificiali e di seguirne l'evoluzione nel tempo. Realizzate a partire dalla fine degli anni Ottanta del secolo scorso (Scarton *et al.*, 2013a), attualmente sono presenti in laguna di Venezia circa 130 barene artificiali, per un'estensione di oltre 1300 ettari. Si è quindi venuta a creare una ragguardevole estensione di aree intertidali che, lasciate alla spontanea evoluzione, ha originato un'articolata serie di ambienti alofili, velocemente utilizzati dall'avifauna (Scarton *et al.*, 2011).

Il monitoraggio nelle barene artificiali, dopo qualche parziale censimento effettuato già all'inizio degli anni Novanta del secolo scorso,

si è svolto in modo sistematico ed esaustivo dal 2006 ed è proseguito, con poche eccezioni, fino al 2018. Sono state selezionate le specie di particolare interesse conservazionistico, quindi oltre a quelle viste in precedenza anche alcune altre come volpoca *Tadorna tadorna* (Figura 32), cavaliere d'Italia, avocetta, fratino *Charadrius alexandrinus* (Figura 33). Tutte le barene artificiali sono state visitate almeno due volte nel corso del periodo maggio-luglio, con metodologia di indagine del tutto analoga a quella impiegata per il censimento delle colonie su barene naturali. Nella Figura 34 si riportano i risultati ottenuti nel 2006-2018; si può osservare come numerose specie nidificano regolarmente in questi ambienti di neoformazione, con un trend di incremento fino al 2014, anno in cui si sono sfiorate le 3000 coppie nidificanti. L'aumento dei nidificanti segue piuttosto bene il contemporaneo aumento dell'estensione delle barene artificiali. A partire dal 2014 la popolazione nidificante si stabilizza attorno alle 2000 coppie, con fluttuazioni interannuali anche piuttosto marcate. Le specie che maggiormente utilizzano le barene artificiali sono risultate il fratichello, il beccapesci e l'avocetta.

L'importanza delle barene artificiali per la nidificazione appare chiaramente dalla Tabel-



A sinistra
Figura 32. Volpocche e beccacce di mare si alimentano regolarmente sulle superfici prive di vegetazione delle barene artificiali

A lato
Figura 33. Un esemplare di fraticello

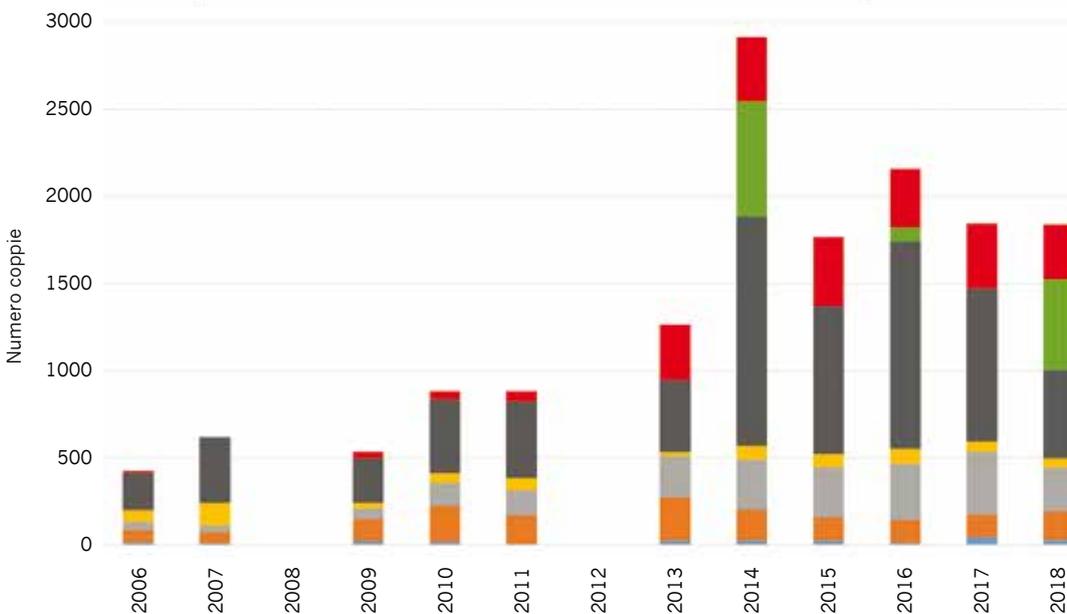
In basso
Figura 34. Specie di interesse conservazionistico: numero minimo di coppie nidificanti sulle barene artificiali

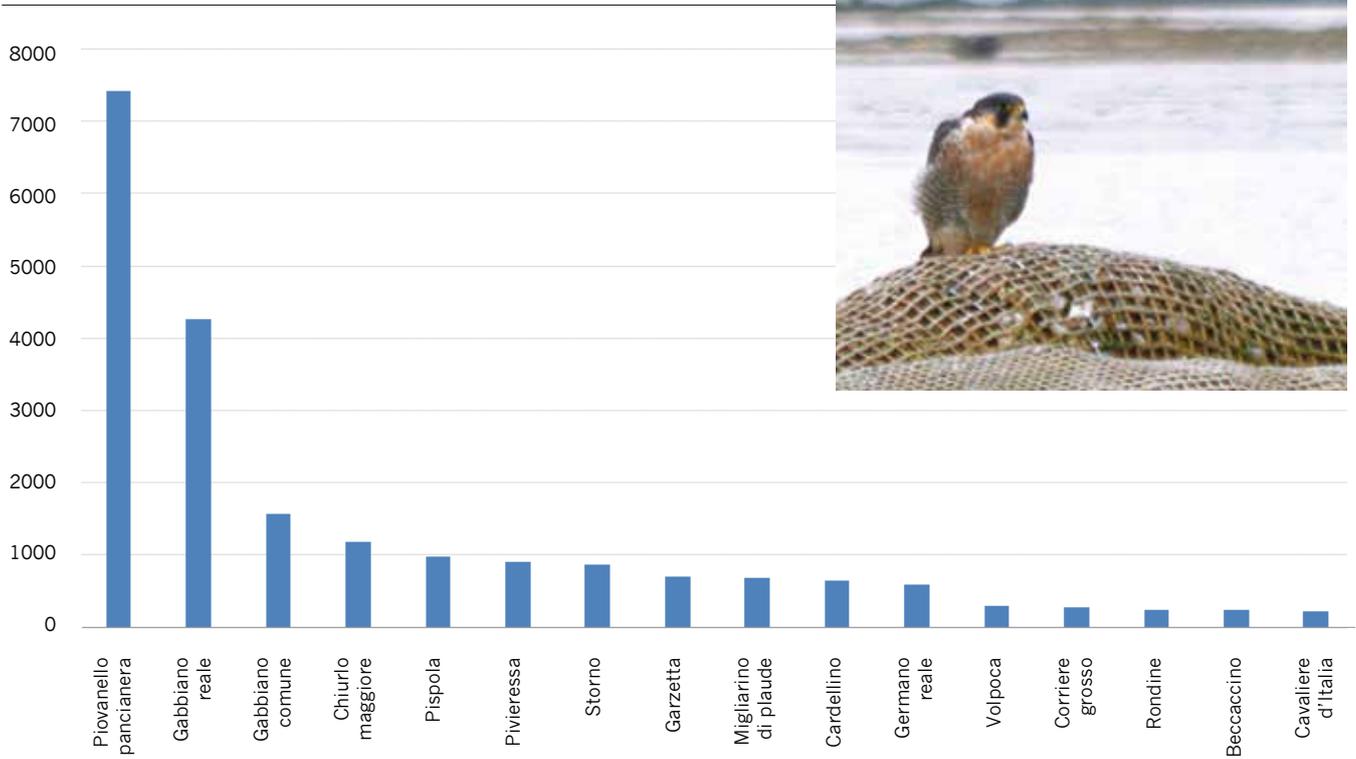
la 4, dove si confrontano i risultati del 2018 con l'intera popolazione nazionale; quest'ultimo valore è stato desunto da recenti pubblicazioni o rapporti tecnici inediti. Si può affermare che le percentuali per le diverse specie varino da un minimo del 5% (cavaliere d'Italia) fino al 33% (beccapesci); da sottolineare come due specie rare in tutta Italia, come la volpoca e il fraticello, nidificano sulle barene artificiali con percentuali prossime al 10% della popolazione italiana. L'importan-

za di questi siti per specie molto rare o localizzate è quindi consolidata.

I risultati del monitoraggio hanno anche evidenziato alcune criticità, come la presenza di numerose colonie di gabbiano reale *Larus michahellis*, specie che tende a proliferare anche a discapito di altre ritenute maggiormente meritevoli di tutela; oppure il progressivo abbandono di alcuni siti, dovuto all'aumento della copertura vegetale che li rende meno attraenti per alcuni laro-limicoli.

- Volpoca
- Cavaliere d'Italia
- Avocetta
- Fraticello
- Beccapesci
- Sterna comune





In alto
Figura 35. Grafico
relativo al numero
di individui osservati
in diciotto mesi, in sei
barene artificiali visitate
con frequenza
quindicinale; sono
riportate solo le specie
più abbondanti

Sopra
Figura 36. Il piovanello
pancianera forma
branchi che possono
arrivare a contare
migliaia di esemplari

Una terza linea di monitoraggio è stata dedicata all'acquisizione di dati relativi alle presenze di avifauna lungo l'intero ciclo annuale, per alcuni anni consecutivi. Sono state in questo caso considerate tutte le specie osservate almeno una volta, durante uscite condotte con frequenza quindicinale, allo scopo di acquisire dati dettagliati sull'utilizzo delle barene artificiali e, più in particolare, dei diversi ambienti che le compongono. Tra questi si possono citare le aree a fitta copertura di vegetazione alofila perenne, gli stagni e i canali di marea ("chiarì" e "ghebi"), le aree a debole copertura vegetale di sali-

cornia, le estensioni limo-argillose del tutto prive di copertura vegetale (Figura 35).

Nei siti oggetto di monitoraggio sono state contattate oltre 100 specie, di cui le più abbondanti sono risultate alcuni uccelli acquatici come il piovanello pancianera *Calidris alpina* (Figura 36), il gabbiano comune e il gabbiano reale, la pivieressa *Pluvialis squatarola*. Oltre a queste, erano presenti anche piccoli Passeriformi come storno *Sturnus vulgaris*, migliarino di palude *Emberiza schoeniclus*, cardellino *Carduelis carduelis* e rapaci diurni, soprattutto falco di palude *Circus aeruginosus* e falco pellegrino *Falco peregrinus* (Figura 37). I periodi con le maggiori presenze sono risultati il tardo autunno e l'inverno, quando centinaia, talvolta migliaia, di limicoli sostavano sulle barene artificiali durante le fasi di alta marea. Il numero di specie era invece più elevato durante la migrazione autunnale e secondariamente quella primaveri-





le, quando alle specie acquatiche si univano numerosi piccoli Passeriformi, che vi sostavano probabilmente per pochi giorni (Scar-ton e Montanari, 2015).

Il monitoraggio ha permesso di quantifi-care con precisione il diverso utilizzo che viene fatto degli ambienti che si possono osservare nelle barene artificiali: le ampie distese pri-ve di vegetazione, spesso allagate, sono aree utili per l'alimentazione quando risultano emerse o coperte da pochi centimetri d'ac-qua; le estensioni con fitta copertura di sa-licornie sono habitat preferiti da specie elu-sive come il beccaccino, mentre i chiari so-no utilizzati tutto l'anno da numerosi limicoli e, secondariamente, da anatre di superficie. Del tutto inaspettata è stata l'osservazione che, frequentemente, le palificate che delimi-tano le barene artificiali e le burghie di conte-nimento sono utilizzate da alcuni limicoli co-me posatoi durante le alte maree o da altre specie, come in particolare il raro voltapietre *Arenaria interpres* (Figura 38), per la cattura dei piccoli Invertebrati che vi proliferano.

Monitoraggi analoghi compiuti successiva-mente su altre barene artificiali hanno confer-mato le indicazioni già emerse e hanno per-messo di verificare la presenza di specie mai



osservate prima in questi siti di neoformazio-ne: si tratta del fenicottero *Phoenicopterus ro-seus* (Figura 39) e dell'ibis sacro *Threskiornis aethiopicus* (Figura 40). La prima specie, mol-to rara in laguna fino all'inizio degli anni Due-mila, attualmente è presente tutto l'anno con alcune migliaia di individui; nelle barene arti-ficiali viene ora osservata, in piccoli grup-pi, alimentarsi nei chiari salmastrici. Ancor più recente è l'utilizzo delle barene artificiali da parte dell'ibis sacro: si tratta di una specie non europea, invasiva e che negli ultimi anni si sta riproducendo sempre più diffusamente in svariati Paesi europei.

Nella pagina di sinistra, in alto
Figura 37. Uno splendido esemplare di falco pellegrino in sosta su una barena artificiale, lungo il Canale Piovego. Da alcuni anni questa specie viene regolarmente osservata nella laguna aperta, dove in inverno caccia piccoli limicoli

Nella pagina di sinistra, in basso
Figura 38. Il voltapietre utilizza regolarmente le palificate di contenimento delle barene artificiali per la ricerca del cibo

In alto
Figura 39. Fenicotteri in un chiaro di una barena artificiale, prossima al terminal di Fusina

A lato
Figura 40. Gli ibis sacri da alcuni anni sono comparsi in laguna di Venezia, lasciandosi avvicinare fino a breve distanza



Esemplare di garzetta
(*Egretta garzetta*)
in laguna nord.
Sullo sfondo l'isola
di Burano

Riferimenti bibliografici

- Basso M., Bon M., 2019. *Censimento degli uccelli acquatici svernanti in provincia di Venezia* (gennaio 2019), Associazione Faunisti Veneti, www.faunistiveneti.it.
- Bon M., Scarton F., 2009. *Vertebrati terrestri*, in Minelli A. (ed.), *Lagune ed estuari. Quaderni Habitat*. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio - Museo Friulano di Storia Naturale di Udine: 113-133.
- Curiel D., Miotti C., Zucchetto M., Rismondo A., 2017. *Le dinamiche distributive delle praterie a fanerogame marine delle bocche di porto*. In "Il controllo ambientale della costruzione del Mose. 10 anni di monitoraggi tra mare e Laguna di Venezia", P. Campostrini, C. Dabalà, P. Del Negro, L. Tosi (editors), CORILA, pp. 311-350.
- Duffy J.E., 2006. *Biodiversity and the functioning of seagrass ecosystems*. Mar. Ecol. Prog. Ser., 311: 233-250.
- Hemminga M.A., Duarte C.M., 2000. *Seagrass ecology*. Cambridge University Press, New York, 298 pp.
- Magistrato alle Acque di Venezia (ora Provveditorato Interregionale per le Opere Pubbliche per il Veneto, Trentino Alto Adige e Friuli Venezia Giulia) - SGS ECOLOGIA, 1991. *Nuovi interventi per la salvaguardia di Venezia. Composizione delle comunità biologiche. 1a Fase. Rilievi sui popolamenti delle barene ed aree circostanti e sulla vegetazione dei bassifondi*. Studio A.3.16. *Rapporto Finale*. Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia (ora Provveditorato Interregionale per le Opere Pubbliche per il Veneto, Trentino Alto Adige e Friuli Venezia Giulia) - SELC, 2004. *Studio B.6.78/1 - Attività di monitoraggio alle bocche di porto controllo delle comunità biologiche lagunari e marine. Rilievo del macrozoobenthos in Laguna in corrispondenza delle aree di bocca. Rapporto Finale*. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia (ora Provveditorato Interregionale alle OO. PP. del Veneto - Trentino Alto Adige - Friuli Venezia Giulia) - SELC, 2005a. *Attività di monitoraggio ambientale della laguna di Venezia. Esecutivo del 2° stralcio triennale (MELa2). Rilievo delle fanerogame marine in laguna di Venezia con taratura di un sistema di telerilevamento e completamento delle conoscenze sulle macroalghe. Attività A - Resocontazione finale della distribuzione della vegetazione acquatica sommersa (fanerogame marine e macroalghe) in laguna di Venezia (2002-2003-2004). Rapporto finale*. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia (ora Provveditorato Interregionale per le Opere Pubbliche per il Veneto, Trentino Alto Adige e Friuli Venezia Giulia) - SELC, 2005b. *Monitoraggio dell'Ecosistema Lagunare (MELa2) - 2° stralcio triennale (2002-2005). Linea C. Rilievo della distribuzione delle comunità bentoniche di substrato molle (macro e meiozoobenthos e macrofitobenthos) in Laguna di Venezia - Rapporto Finale*. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia (ora Provveditorato Interregionale alle OO. PP. del Veneto - Trentino Alto Adige - Friuli Venezia Giulia) - SELC, 2011. *Monitoraggio di mantenimento delle conoscenze sullo stato delle acque e del-*

le macrofite. MELA 5 (2009-2011). Linea B - Macrofite. Rilievo della distribuzione e della copertura della vegetazione acquatica sommersa (mappatura). Rapporto Tecnico 2 (Rilievo del 2010). Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Magistrato alle Acque di Venezia (ora Provveditorato Interregionale per le Opere Pubbliche per il Veneto, Trentino Alto Adige e Friuli Venezia Giulia) - CORILA. 2006-2013. Studio B.6.72 B/1-B/8 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Area: Ecosistemi di pregio. Macroattività: Praterie a fanerogame. Rapporti Finali. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Magistrato alle Acque di Venezia (ora Provveditorato Interregionale per le Opere Pubbliche per il Veneto, Trentino Alto Adige e Friuli Venezia Giulia) - CORILA - CNR-ISMAR, 2009. OP/416. Monitoraggio di mantenimento delle conoscenze sullo stato delle acque e del macrobenthos. Relazione Finale - Attività C.8. Rapporto Finale. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Magistrato alle Acque di Venezia (ora Provveditorato Interregionale per le Opere Pubbliche per il Veneto, Trentino Alto Adige e Friuli Venezia Giulia) - CORILA, 2010-2013. Studio B.6.72 B/5-B/8 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Area: Ecosistemi di pregio. Macroattività: Macrozoobenthos. Rapporti Finali. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Molinaroli E., Guerzoni S., Sarretta A., Masiol M., Pistolato M., 2009. *Thirty-year changes (1970 to 2000) in bathymetry and sediment*

texture recorded in the Lagoon of Venice sub-basins, Italy. Marine Geology 258: 115-125.

Orfanidis S., Panayotidis P., Stamatis N., 2003. *An insight to the ecological evaluation index (EEI).* Ecological Indicators, 3 (1), 27-33.

Provveditorato Interregionale per le Opere Pubbliche per il Veneto, Trentino Alto Adige e Friuli Venezia Giulia - CORILA. 2014-2018. Studio B.6.72 B/13 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Area: Ecosistemi di pregio. Macroattività: Praterie a fanerogame. Rapporto Finale. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Provveditorato Interregionale per le Opere Pubbliche per il Veneto, Trentino Alto Adige e Friuli Venezia Giulia - CORILA. 2014-2019. Studio B.6.72 B/9-B/13 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Area: Ecosistemi di pregio. Macroattività: Macrozoobenthos. Rapporti Finali. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Magistrato alle Acque di Venezia (ora Provveditorato Interregionale per le Opere Pubbliche per il Veneto, Trentino Alto Adige e Friuli Venezia Giulia) - KOSTRUTTIVA - SELC, 2018. OP 578 - *Controllo dei processi idromorfologici e biologici dell'ecosistema intertidale della Laguna di Venezia ai sensi della Direttiva 2000/60/CE E DEL D.M. 260/2010.* Attività B - *Mappatura della vegetazione sommersa: aggiornamento della distribuzione delle praterie di fanerogame marine. Rapporto finale sulla vegetazione acquatica sommersa della laguna di venezia: rilievo 2016-2017 (Art. E.P. 5).* Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

- Scarton F., 2017a. *Le specie di interesse conservazionistico nidificanti nella laguna aperta*, in “Il controllo ambientale della costruzione del Mose. 10 anni di monitoraggi tra mare e Laguna di Venezia”, P. Campostrini, C. Dabalà, P. Del Negro, L. Tosi (editors), CORILA, Venezia. Stampa Nuova Jolly, Padova: 67-86.
- Scarton F., 2017b. *Long-term trend of the waterbird community breeding in a heavily man-modified coastal lagoon: the case of the Important Bird Area “Lagoon of Venice”*, Journal of Coastal Conservation, 21: 35-45.
- Scarton F., Baldin M., Montanari M., Cecconi G., Dal Monte L., 2011. *La comunità ornitica presente in sei barene ricostituite della Laguna di Venezia*, Bollettino del Museo di Storia Naturale di Venezia, 62: 157-180.
- Scarton F., Montanari M., 2015. *Use Of Artificial Intertidal Sites By Birds In A Mediterranean Lagoon And Their Importance For Wintering And Migrating Waders*, Journal of Coastal Conservation, 19: 321-334.
- Scarton F., Verza E., Guzzon C., Utmar P., Sgorlon G., Valle R., 2018. *Laro-limicoli (Charadriiformes) nidificanti nel litorale nord adriatico (Veneto e Friuli-Venezia Giulia) nel periodo 2008-2014: consistenza, trend e problematiche di conservazione*, RIO - Research in Ornithology, 88: 33-41.
- Sigovini M., 2011. *Multiscale dynamics of zoobenthic communities and relationships with environmental factors in the Lagoon of Venice*. Tesi di dottorato, Università Ca' Foscari.
- Tagliapietra D., Zanon V., Frangipane G., 2006. *Modello di Zonazione gerarchica dei basofondali della laguna di Venezia, WP1, Tipologie ambientali lagunari (Habitat Acquatici Lagunari)*, in “Relazione finale del Programma di ricerca CORILA, 2004-2006, Linea 3.11: Indicatori e indici di qualità ambientale per la Laguna di Venezia”.
- Tagliapietra D., Keppel E., Pessa G., Rismondo A., Sigovini M., 2010. *Changes in benthic macroinvertebrate community in the Venetian Lagoon (Italy) 2002-2007*. 39th CIESM Congress, Venezia, 10-14/05/2010. Rapp. Comm. Int. Mer Medit. 39: 673.
- Tagliapietra D., Anelli Monti M., Checchin E., Curiel D., Miotti C., Pranovi P., Sigovini M., 2017. *La comunità bentonica: breve storia alle bocche di porto*. In “Il controllo ambientale della costruzione del Mose: 10 anni di monitoraggi tra mare e Laguna di Venezia”. Editors P. Campostrini, C. Dabalà, P. Del Negro, L. Tosi Pp. 353-372.
- Viaroli P., Bartoli M., Giordani G., Naldi M., Orfanidis S., Zaldívar J.M., 2008. *Community shifts, alternative stable states, biogeochemical controls and feed-backs in eutrophic coastal lagoons: a brief overview*. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 18: 105-117.
- WATER FRAMEWORK DIRECTIVE, 2000. Direttiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 ottobre 2000.

Un nuovo approccio alla riattivazione della dinamica dunale per la ricostruzione degli habitat di interesse comunitario

di VALERIO VOLPE¹, CLAUDIA CERASUOLO²,
ROBERTA ROCCO³, FRANCESCA PAVANELLO³,
ALESSANDRO VENDRAMINI³,
GIANLUCA SALOGNI⁴



Premessa

Il Provveditorato Interregionale per le Opere Pubbliche per il Veneto, Trentino Alto Adige e Friuli Venezia Giulia, nell'ambito degli interventi previsti dal "Piano delle misure di compensazione, conservazione e riqualificazione ambientale dei SIC IT3250003, IT3250023, IT3250031, IT3250030 e della ZPS IT3250046" (detto Piano Europa), che il Governo Italiano si è impegnato ad attuare a seguito della procedura di infrazione del Mose, ha realizzato interventi di miglioramento, ripristino e recupero dei SIC-ZPS IT3250003 e IT3250023, situati nei litorali del Comune di Venezia (biotopo di Alberoni) e del Comune di Cavallino Treporti (biotopi di Ca' Ballarin, Ca' Savio e Punta Sabbioni).

Tali interventi sono stati condotti nell'ambi-

to dello *Studio C 1.9 - Piano delle misure di compensazione, conservazione e riqualificazione ambientale dei SIC e della ZPS della Laguna di Venezia - Miglioramento, ripristino e recupero dei SIC IT 3250003 e IT3250023*, sviluppato per fasi, di cui attualmente è in corso di avvio la terza fase.

Lo studio, avviato nel 2010, prevede interventi a carattere sperimentale di riqualificazione degli habitat del litorale veneziano con un nuovo approccio finalizzato alla riattivazione della dinamica dunale per la ricostruzione degli habitat di interesse comunitario (1210 "Vegetazione annua delle linee di deposito marine", 2110 "Dune embrionali mobili", 2120 "Dune mobili del cordone litorale con presenza di *Ammophila arenaria* (dune bianche)", 2130* "Dune costiere fisse a

¹ Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Provveditorato Interregionale per le Opere Pubbliche per il Veneto, Trentino Alto Adige e Friuli Venezia Giulia;
² Consorzio Venezia Nuova;
³ AGRI.TE.CO. Sc;
⁴ Regione del Veneto - Commissioni (VAS Vinca)



vegetazione erbacea (dune grigie)", 2230 "Dune con prati dei *Malcolmietalia*", 2250* "Dune costiere con *Juniperus* spp.", 2270* "Dune con foreste di *Pinus pinea* e/o *Pinus pinaster*", 6420 "Praterie umide mediterranee con piante erbacee alte del *Molinio-Holoschoenion*", 7210* "Paludi calcaree con *Cladium mariscus* e specie del *Caricion davallianae*", 9340 "Foreste di *Quercus ilex* e *Quercus rotundifolia*").

Gli interventi sono stati condotti con gli Enti competenti e i soggetti localmente interessati (Sezione Coordinamento Commissioni VAS, VINCA, NUVV della Regione del Veneto, Servizio Forestale Regionale, Comune di Venezia, Comune di Cavallino, WWF-Oasi Alberoni, attività turistiche, campeggi, ecc.) assumendo le esperienze e i risultati di studi e progetti realizzati o in corso per sviluppare sinergie e raggiungere in maniera più efficace gli obiettivi generali relativi alle politiche di sviluppo e gestione sostenibile degli ambiti costieri.

È da evidenziare che la Regione del Veneto ha assunto le modalità realizzative adottate nello studio quale modello cui conformare gli interventi di ripristino ambientale intrapresi lungo il litorale veneto.

Nell'ambito dei premi di EcoTechGreen 2019 - promossi dalla rivista *Paysage* e dal Consiglio Nazionale degli Architetti Pianificatori Paesaggisti e Conservatori per incentivare strategie di sviluppo *nature based solution*, fornendo linee guida e strumenti di attuazione di procedure meritevoli e ricercare *best practices* - è stato attribuito il primo premio categoria "Verde Tecnologico e Infrastrutture Verdi" agli interventi qui descritti. Il progetto

« *il progetto, innescando il processo di riqualificazione ambientale delle zone di pregio naturalistico e paesaggistico, indirizza l'evoluzione degli ambienti dunali verso una migliore distribuzione degli habitat costieri* »

è stato ritenuto dalla giuria un caso esemplare che, attraverso una sapiente e meticolosa applicazione progettuale di tecnologie ambientali, ha saputo ricostruire la successione ecologica degli ambienti dunali tipici del litorale veneto, la cui conservazione risultava a rischio a causa della pressione antropica.

Il progetto, innescando il processo di riqualificazione ambientale delle zone di pregio naturalistico e paesaggistico, indirizza l'evoluzione degli ambienti dunali verso una migliore distribuzione degli habitat costieri a favore della stabilizzazione delle dune di neofor-

mazione nel quadro di una fruizione turistica consapevole e sostenibile.

Un'importante conseguenza del progetto è stata, inoltre, la presa di coscienza da parte degli operatori economici e della cittadinanza del valore aggiunto rappresentato dalla ricostruzione e riqualificazione dei biotopi litoranei, per la promozione diretta delle attività turistiche presenti sul litorale, risultato concretizzatosi anche nella predisposizione di un centro di educazione ambientale, che illustra e valorizza gli esiti dello studio, e del progetto di formazione permanente degli operatori turistici del comune di Cavallino Treporti "Patentino dell'Ospitalità".

Descrizione attività realizzate e primi risultati

Le attività condotte nello studio sono state:

- contrasto dell'erosione costiera mediante l'installazione di frangivento lineari che, intercettando il trasporto eolico di sabbia, favoriscono la neoformazione e il ripristino del cordone dunale;
- intervento di trapianto di *Ammophila littora-*

LA VEGETAZIONE DELLE DUNE

La vegetazione dei litorali, che si definisce psammofila (che cresce sulla sabbia), riveste un ruolo fondamentale nell'edificazione, stabilizzazione ed evoluzione geomorfologica dei sistemi dunali costieri. Le specie vegetali presenti sulla costa sabbiosa del Nord Adriatico si organizzano in fitocenosi disposte lungo gradienti ambientali. Si tratta di una vegetazione pioniera che possiede meccanismi fisiologici che consentono di vivere in ambienti sabbiosi e ad elevata concentrazione salina grazie a radici molto sviluppate, capaci di penetrare in profondità, o a fusti sotterranei striscianti (rizomi) che le ancorano saldamente alla sabbia. Sono inoltre in grado, qualora il vento le ricopra di sabbia, di emettere in breve tempo nuovi getti che riemergono vigorosi in superficie.

Nelle aree SIC/ZPS di Cavallino Treporti e Alberoni sono stati eseguiti interventi di installazione di frangivento che, intercettando la sabbia trasportata dal vento,

favoriscono la formazione di dune, stabilizzate tramite il trapianto di ammofila (*Ammophila littoralis*).

Ammophila littoralis è una pianta graminacea caratteristica degli ambienti di duna il cui sviluppato apparato radicale rende possibile il consolidamento delle sabbie e l'edificazione dei cordoni dunosi litoranei.

Le fasce vegetazionali tipiche del litorale sabbioso del Nord Adriatico sono:

1. Cakileto fascia delle prime piante pioniere (annuali) al di sopra del livello massimo di marea (linea di deposito marina). Pianta tipica: ravastrello marittimo (*Cakile maritima*).

2. Agropireto fascia delle dune embrionali formate da piccoli accumuli di sabbia trattenuta dai fusti delle piante. Pianta tipica: gramigna delle spiagge (*Agropyron junceum*).

3. Ammofileto fascia delle dune bianche, formate da accumuli di sabbia alti anche qualche metro, stabilizzati dall'apparato

radicale molto sviluppato delle piante. Pianta tipica: ammofila o sparto pungente (*Ammophila littoralis*).

4. Giuncheto fascia di ambienti umidi tra una duna e l'altra dove si accumula, almeno in inverno, l'acqua meteorica. Pianta tipiche: giunco pungente (*Juncus acutus*), giunco nero comune (*Schoenus nigricans*).

5. Tortuleto fascia delle dune più interne ("dune consolidate") ricoperte da un tappeto di muschio e licheni, o anche da alberi e arbusti, che si sviluppa soprattutto nei mesi invernali, quando la sabbia è più umida. In estate, quando i muschi diventano secchi, tali dune consolidate assumono un colore grigio e per questo sono anche dette "dune grigie". Pianta tipica: muschio *Tortula ruralis* e *Fumana procumbens*. Le dune stabilizzate possono ospitare, oltre alla vegetazione erbacea delle "dune grigie", anche vegetazione arborea ed arbustiva (es. ginepro comune - *Juniperus communis*).

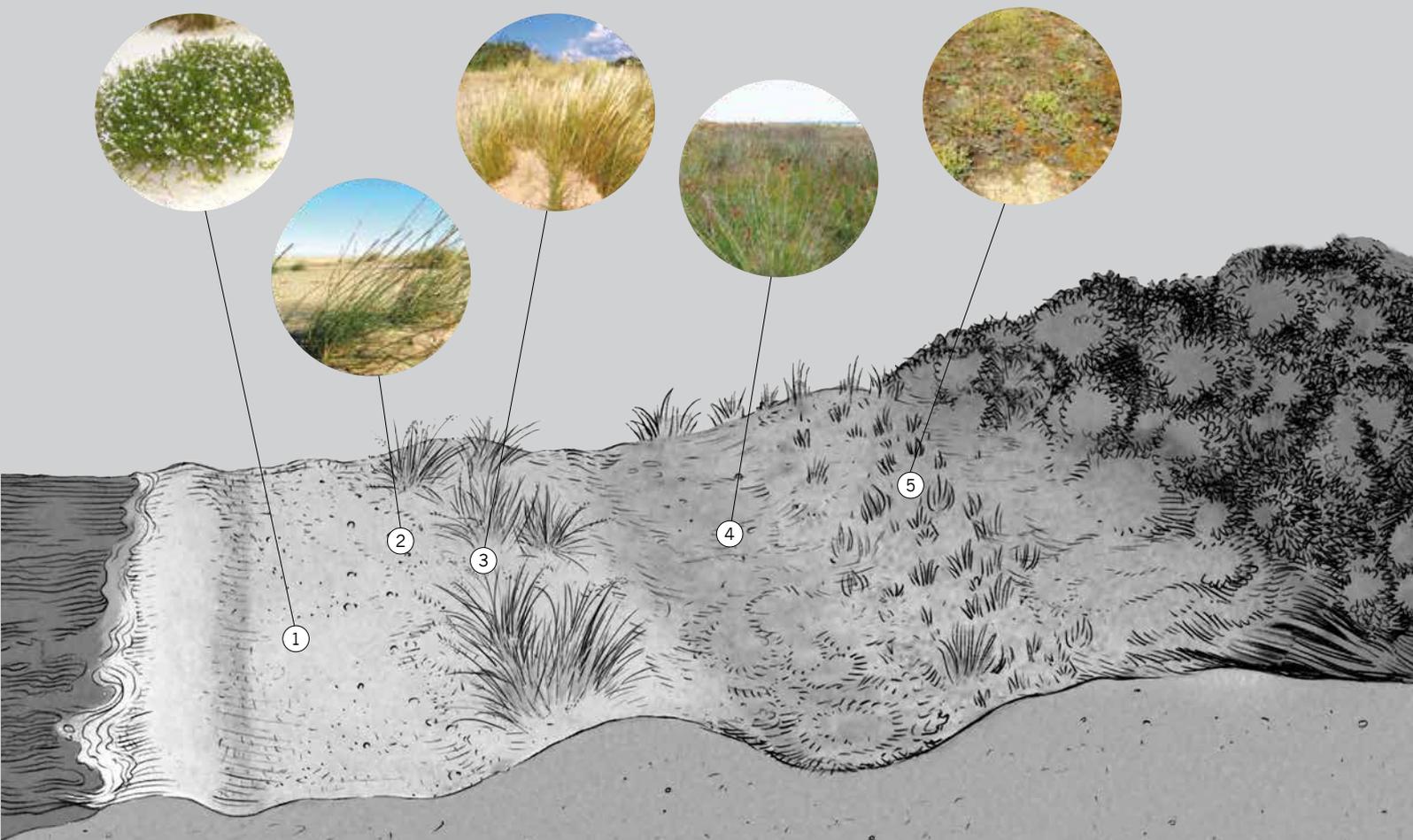




Figura 1. Accumulo di sabbia sui frangivento dopo alcuni mesi dall'installazione (foto Consorzio Venezia Nuova - Agriteco)

- *lis* per la stabilizzazione delle dune di neoformazione;
- ripristino della successione ecologica degli ambienti dunali tipici del litorale nord adriatico (transetto mare-entroterra), mediante la messa a dimora di specie arboree e arbustive autoctone;
- controllo ed eliminazione della vegetazione alloctona infestante sulle dune consolidate e di recente formazione, in ambito retrodunale e boscato;
- promozione di una fruizione turistica consapevole e sostenibile dell'area, mediante la delimitazione delle vie preferenziali di accesso e degli ambiti di duna e l'installazione di cartellonistica informativa;
- monitoraggio delle aree di intervento relativamente alla morfologia dunale, alla vegetazione e alle componenti faunistiche.

Gli interventi sono stati definiti sulla base di analoghe esperienze svolte nell'ambito del progetto "LIFE 03 NAT/IT000141 Azioni concertate per la salvaguardia del litorale veneto - Gestione di habitat dunali nei siti Natura 2000" e del progetto Interreg IPA "SHAPE - Shaping on Holistic Approach to Protect the Adriatic Environment: between coast to sea".

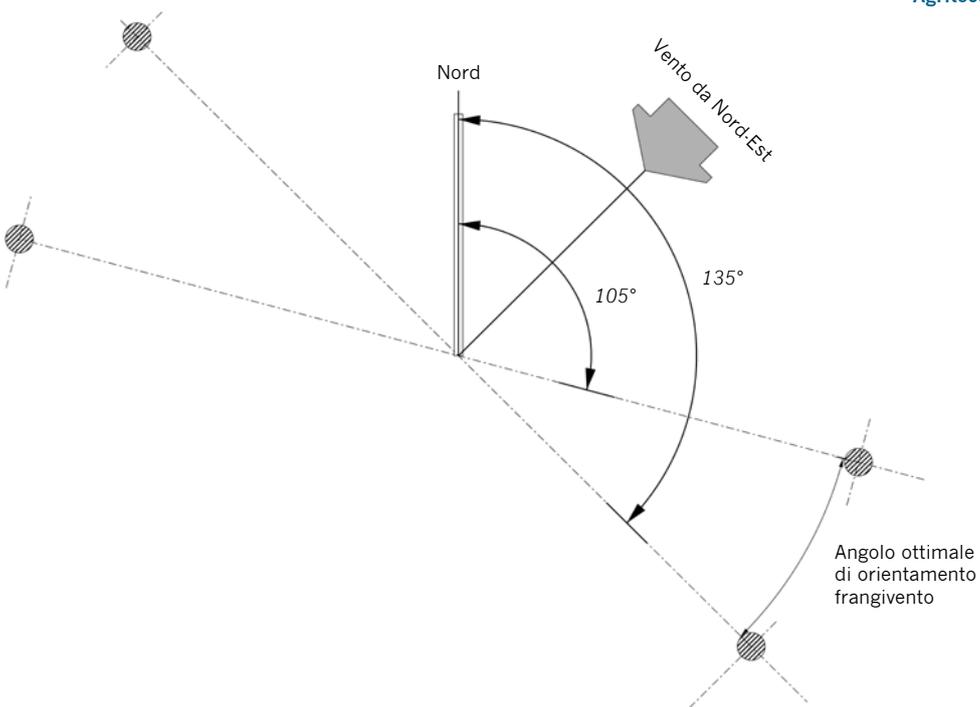
Ricreazione e riqualificazione degli ambiti dunali

Riguardo agli interventi per il contrasto all'erosione, si è operato con un approccio innovativo, che prevede per la ricostruzione della struttura dunale l'utilizzo delle sole forzanti naturali e del trasporto eolico della sabbia, la quale viene intercettata da frangivento opportunamente orientati rispetto al vento dominante (Figure 1, 2 e 3). Non si è quindi



Figura 2. Moduli di frangivento e trapianto di ammofila (foto Consorzio Venezia Nuova - Agriteco)

Figura 3. Orientamento dei moduli di frangivento rispetto al vento dominante (Agriteco)



LA FAUNA DELLE DUNE

In generale, il litorale sabbioso non è frequentato da un gran numero di specie di animali, sia invertebrati che vertebrati. Come le piante, anche gli animali che vivono sulle dune devono, infatti, adattarsi alle difficili e particolari condizioni climatiche degli ambienti litoranei sabbiosi (principalmente scarsità d'acqua e temperature elevate).

Gli animali **invertebrati** degli habitat costieri hanno sviluppato una serie di adattamenti, molti dei quali identici a quelli di invertebrati legati ad ambienti desertici.

Tra gli invertebrati, si trovano i coleotteri *Phaleria bimaculata* e *Xanthomus pallidus*, la cicindela delle spiagge (*Cylindera trisignata*), un insetto che ha sviluppato strategie per minimizzare il contatto con la sabbia surriscaldata dal sole, come arti sottili e allungati e spostamenti veloci, lo scarabeo

stercorario (*Scarabeus semipunctatus*), la chiocciola teba (*Theba pisana*).

I **vertebrati** del litorale sabbioso, in maggioranza predatori, rappresentano un gruppo piuttosto limitato di specie, pochissime delle quali realmente specializzate.

Tra gli anfibi, le depressioni umide tra le dune sono spesso frequentate dal relativamente comune rospo smeraldino (*Bufo viridis*), in grado di riprodursi anche nelle piccole raccolte d'acqua dolce interdunali.

Tra i rettili, lungo le dune sabbiose è comune la lucertola campestre (*Podarcis siculus*), attivo predatore diurno di una grande varietà di piccoli invertebrati, sia allo stadio larvale che adulto.

Tra gli uccelli, si possono osservare, in prossimità della battigia e delle prime dune la beccaccia di mare (*Haematopus*

ostralegus), il piovanello tridattilo (*Calidris alba*), il fratino (*Charadrius alexandrinus*).

Durante le migrazioni primaverili e autunnali, e in taluni casi anche d'inverno, sono presenti alcune specie di Passeriformi, come lo zigolo nero (*Emberiza cirulus*), il cardellino (*Carduelis carduelis*) e il verdone (*Carduelis chloris*), presenti in stormi durante lo svernamento, quando frequentano l'area dunale, retrodunale e quella a parziale copertura arbustiva e arborea alla ricerca di cibo, rappresentato dai numerosi semi delle piante psammofile.

Nell'ambito dei lavori di conservazione e riqualificazione ambientale, le aree litoranee di "Punta Sabbioni - Ca' Savio - Cà Ballarin" e "Alberoni", sono state oggetto di un programma di monitoraggio della fauna e, in particolare, dei Coleotteri terrestri, dei Rettili e degli Uccelli.

Haematopus ostralegus



Calidris alba



Charadrius alexandrinus



Carduelis carduelis



Emberiza cirulus



Phaleria bimaculata



Xanthomus pallidus



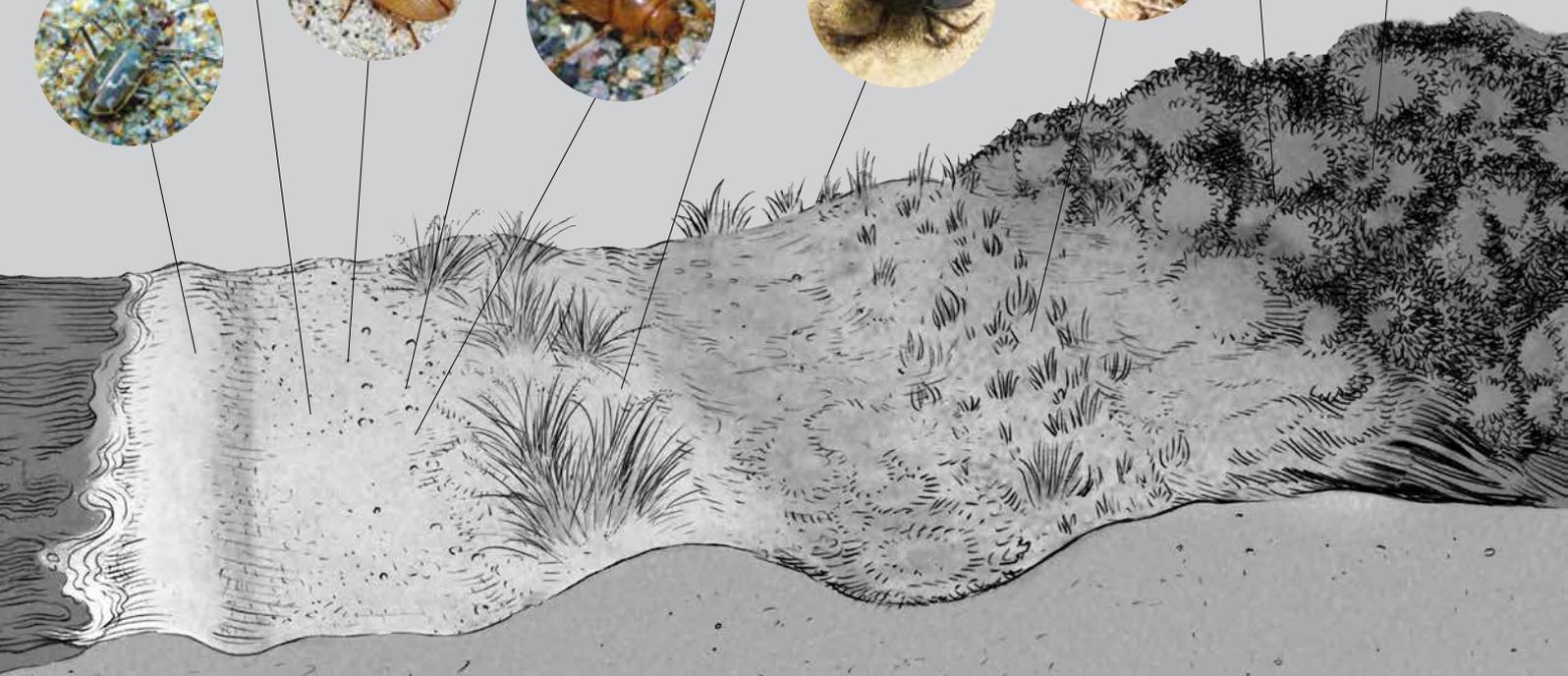
Scarabeus semipunctatus



Podarcis siculus



Cylindera trisignata



operato con strutture a celle chiuse, ma si sono utilizzati moduli lineari, che permettono l'evoluzione naturale delle dune di neof ormazione nelle quali viene trapiantata l'ammofila e monitorato il successivo sviluppo con il contenimento delle alloctone e l'inserimento di altre specie erbacee coerenti con l'habitat in via di formazione.

Nelle aree di intervento si è assistito a un'evidente ricostituzione della fascia dunale e predunale, con una progressiva elevazione del piano sabbioso e la successiva colonizzazione da parte della vegetazione pioniera; ciò rappresenta un importante risultato conseguito mediante le modalità di intervento adottate.

Complessivamente nel corso del primo triennio si è formata una superficie aggiuntiva a duna in ambiti costieri a forte pressione turistica pari a circa 39.700 m² (Figure 4, 5 e 6, pagina 52).

Nella Tabella 1 (pagina 53) sono riportati i dati relativi all'accumulo della sabbia lungo i frangivento installati nell'ambito di Cavallino - Punta Sabbioni, Camping Marina di Venezia dopo due/tre anni.

I rilievi morfologici, effettuati lungo transetti longitudinali e trasversali per valutare lo sviluppo del cordone dunale, hanno messo in evidenza che i frangivento hanno indotto un notevole accumulo di sabbia che dopo due/tre anni raggiunge in molti tratti altezze di oltre un metro, coprendo quasi completamente il frangivento stesso.

Date le caratteristiche peculiari dello studio, a carattere sperimentale e mirato a individuare buone pratiche di gestione attiva finalizzata a innescare habitat litoranei, si sono testate diverse modalità di impianto di am-

RIEPILOGO DELLE ATTIVITÀ REALIZZATE

Tra il 2012 ed il 2019 sono stati interessati dagli interventi circa 6 km di costa. Le principali lavorazioni hanno riguardato:

- l'**installazione** di circa 3.300 m di frangivento in legno;
- la **mesa a dimora** sulle dune di neof ormazione di 25.000 piantine di *Ammophila littoralis* derivanti dalla suddivisione di cespi prelevati da sito donatore limitrofo ai siti d'intervento;
- la **mesa a dimora** di circa 10.000 piantine di specie arboree

e arbustive su una superficie complessiva di circa 50.000 m²;

- il **controllo e l'eliminazione** della vegetazione alloctona ed invasiva con azioni mirate per i diversi habitat costieri (63.144 m² su aree dunali esistenti e di neof ormazione e 90.169 m² di aree boscate retrodunali);
- l'**installazione** di circa 3.800 m di staccionate in legno per la delimitazione delle vie di accesso all'arenile e di 40 cartelli informativi, riportanti la descrizione generale degli interventi e approfondimenti sulla fauna e sulla vegetazione del litorale.

Nel corso del primo triennio si è formata una superficie aggiuntiva a duna in ambiti costieri a forte pressione turistica pari a circa 39.700 m².



mofila. In un primo momento sono state poste a dimora piante di ammfila provenienti da vivaio e allevate in alveolo, che però sono state scalzate a causa del vento, risultando così esposte a disseccamento dell'apparato radicale. Successivamente è stato eseguito il reimpianto con gli stessi esemplari provvedendo a interrare il pane di terra, ma

il grande accumulo di sabbia ha ricoperto le piante con un complessivo scarso attecchimento (inferiore al 20% degli esemplari trapiantati).

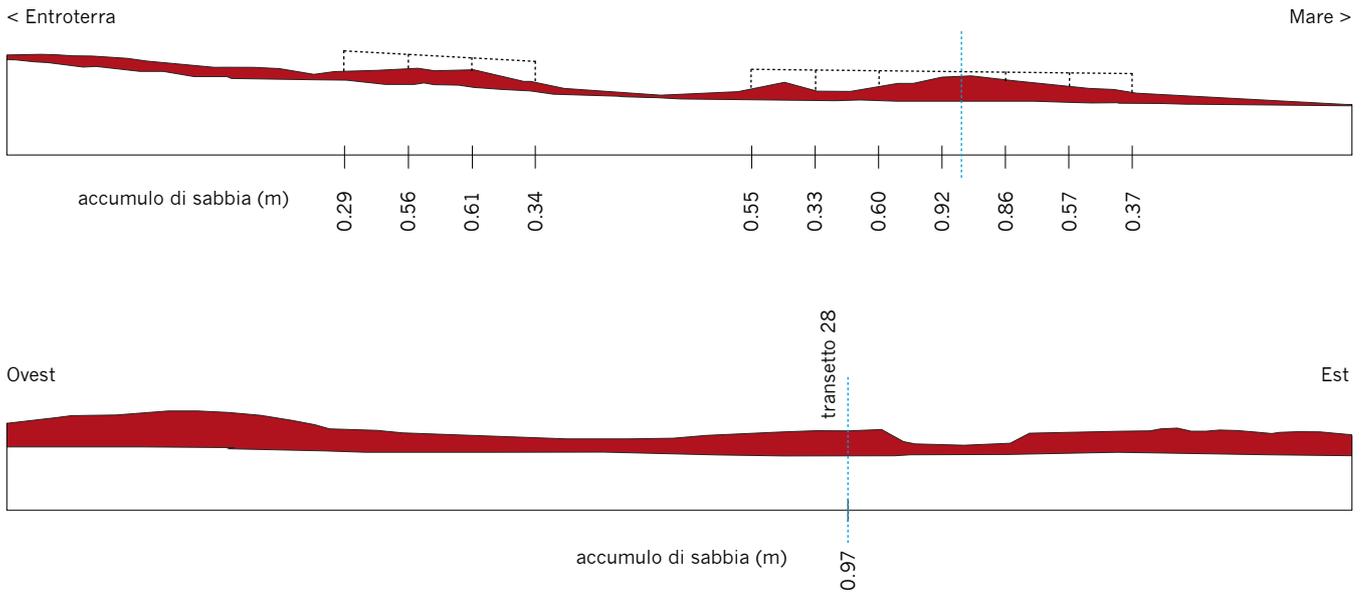
Si è quindi sperimentato l'utilizzo di zolle di ammfila prelevata da sito donatore, ossia un sito limitrofo alle aree di intervento, con presenza di habitat 2120 "Dune mobili del cordone litorale con presenza di *Ammophila arenaria* (dune bianche)" in buono stato di conservazione.

« i frangivento hanno indotto un notevole accumulo di sabbia che dopo due / tre anni raggiunge in molti tratti altezze di oltre un metro coprendo quasi interamente il frangivento stesso »



A sinistra
Figura 4. Evoluzione dell'ambito dunale presso il Camping Marina di Venezia (Cavallino - Punta Sabbioni) dal 2011 (prima dell'intervento) al 2014 (elaborazione Consorzio Venezia Nuova - Agriteco)

Sotto
Figura 5. Accumulo della sabbia (area rossa) lungo il transetto n. 28 nell'ambito Cavallino - Punta Sabbioni Camping Marina di Venezia dopo due anni dall'installazione dei frangivento (elaborazione Consorzio Venezia Nuova - Agriteco)



A destra
Figura 6. Esempio di ricostituzione della fascia dunale nell'ambito di Cavallino - Punta Sabbioni, Camping Marina di Venezia. Complesso dunale presente prima dell'intervento (in arancione) nel 2010 (6a) e dopo gli interventi di posa di frangivento (in giallo) nel 2014 (6b), nel 2016 (6c) e nel 2018 (6d), (elaborazione Consorzio Venezia Nuova - Agriteco)



Numero frangivento	Accumulo di sabbia lungo i frangivento sul piano di posa (cm)															Accumulo centrale rispetto ai moduli frangivento (cm)
	Paletti di sostegno															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	22		25		37						45	83	39			135
2	17		62		46											125
5	15	69	37	46	33											92
6	44	61	52	52	20											85
7	15	34	42	50	66											129
9	62	72	71	80	115											115
12	20	57	69	67	57											143
14	23	39	11													82
17	20	54	66	71	69	79	99	96	115							82
21	54	80	79	41	22											99
24	20	46	74	82	80	59	38	36	32							148
28	21	72	78	81	56	17	18									119
32	39	54	69	93	60											127
35	19	28	31	36	38	28										127
36	36	98	95	120	105	58										130
39	68	73	65	82	33	31	36	39	39	29	115	115	115	115	115	110

Questa azione è stata individuata sulla base delle esperienze condotte nei progetti di riqualificazione del tratto costiero da vari Enti (in particolare dal Servizio Forestale Regionale del Veneto) nei quali si sono evidenziate migliori risultati con l'utilizzo di materiale in zolle prelevate da sito donatore. Le zolle di *Ammofila littoralis* sono state defalcate dai cespi presenti sulle dune bianche di Punta Sabbioni (sito donatore localizzato nel comune di Cavallino Treporti), prelevando non più del 30% circa del cespo nella parte sottovento e operando su circa il 10% del popolamento di piante presenti. Il prelievo è stato realizzato esclusivamente con attrezzi manuali, garantendo la stabilità fisica dei corpi sabbiosi e operando la ricopertura manuale della buca con la stessa sabbia asporta-

ta con lo scavo. I monitoraggi condotti per due stagioni consecutive dal momento del trapianto hanno riportato una percentuale di attecchimento superiore al 90%, con la presenza dell'infiorescenza e buon grado di vitalità per tutti gli esemplari affermati a partire dal secondo anno di impianto. A distanza di cinque anni dall'impianto la presenza delle piante di ammofila si è espansa oltre gli ambiti di intervento grazie a una riproduzione naturale legata anche al progressivo deposito della sabbia.

Gli elementi che hanno determinato il maggior successo d'impianto con questa modalità operativa sono i seguenti:

- inserimento di piante già affermate e in buone condizioni vegetative;
- riduzione al minimo degli stress da tra-

Tabella 1. Dati relativi all'accumulo della sabbia lungo i frangivento installati nell'ambito di Cavallino - Punta Sabbioni, Camping Marina di Venezia dopo due/tre anni. Misure effettuate sul paletto di sostegno del modulo frangivento (il numero del paletto è attribuito a partire dal mare sul totale fino a 3 moduli in serie)

In alto
Figura 7. Sviluppo
dell'Ammofila dopo
cinque anni dall'impianto
(foto Consorzio Venezia
Nuova – Agriteco)



Al centro e in basso
Figure 8a e 8b. Ambito
di Alberoni a seguito
della posa di frangivento
(a) e dopo cinque anni
(b) (foto Consorzio
Venezia Nuova -
Agriteco)



pianto rendendo consequenziale il lievo e il trapianto delle zolle;

- le piante hanno già buone attitudini edificatrici e possono sopportare gli accumuli di sabbia derivati dall'azione dei frangivento (Figure 7, 8a e 8b).

Ripristino transetto mare-entroterra degli ambienti litoranei

Nell'ambito della progettazione degli interventi di riqualificazione ambientale si è proceduto al confronto della successione attuale dei popolamenti vegetali presenti nelle aree di Cavallino Treporti e Alberoni con i

modelli di vegetazione tipici dei litorali sabbiosi, ossia con i profili delle successioni di habitat di riferimento del litorale veneto.

Lungo le coste dell'Alto Adriatico, infatti, sulle dune consolidate potrebbe essere naturalmente presente un bosco misto a latifoglie formato da orniello (*Fraxinus ornus*) e da diverse specie di querce (come, ad esempio, leccio - *Quercus ilex*, roverella - *Quercus pubescens* e farnia - *Quercus robur*), contornato, lungo i margini, da una fascia di arbusti come biancospino (*Crataegus monogyna*), sanguinella (*Cornus sanguinea*), ilatro sottile (*Phillyrea angustifolia*), ginepro (*Juniperus communis*).

Attualmente, invece, in queste zone il bosco litoraneo risulta in genere costituito da pinete, che sono nella maggior parte dei casi di origine artificiale, piantate nei decenni passati allo scopo di proteggere le colture messe a dimora nelle terre di recente bonifica dall'influenza negativa dell'aerosol marino.

L'obiettivo degli interventi è stato quindi quello di rendere completa ed equilibrata, dal punto di vista dei rapporti quantitativi, la serie ancora teorica di ambienti, tenendo conto della conformazione locale del sito interessato e dei limiti fisici presenti.

In particolare, si è intervenuti nella fascia delle dune consolidate, inserendo specie arboree e arbustive tipiche di tali ambienti, al fine di ricreare la vegetazione dell'orno-lecceta e del mantello arbustivo ad essa associato (Figura 9).

Controllo ed eliminazione della vegetazione alloctona infestante

Al fine di indirizzare l'evoluzione degli ambienti dunali di nuova formazione, delle aree retrodunali e boscate verso la strutturazione della seriazione degli habitat litoranei è stata condotta un'importante azione di controllo delle specie infestanti e alloctone che prose-

1 - 4. Ricostruzione dunale e riqualificazione

5 - 7 Ripristino del transetto vegetazionale mare entroterra

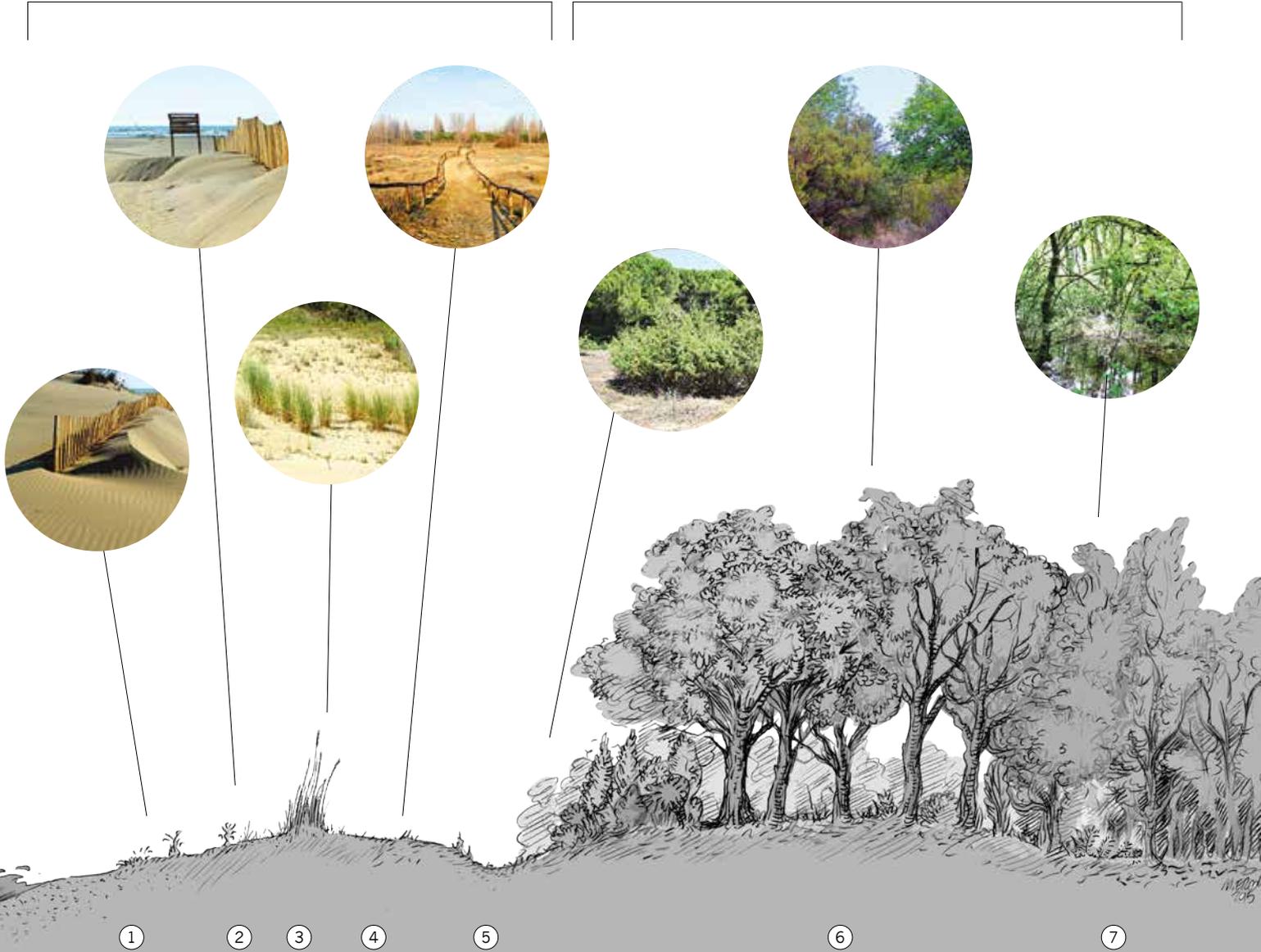


Figura 9. Successione degli ambienti tipici sabbiosi del Nord Adriatico. 1 linea di deposito marina; 2 dune mobili embrionali; 3 dune bianche; 4 duna grigia; 5 zone umide

interdunali; 6 duna consolidata a vegetazione arborea e arbustiva; 7 depressioni umide retrodunali (Illustrazione di Maurizio Ercole - Studio Genesi Design)

Dall'alto al basso
e da sinistra a destra

Figura 10. Seriazione dunale completa: negli ambiti dunali di nuova formazione, dune consolidate, aree retrodunali e boscate è stato condotto il controllo e l'eliminazione delle specie infestanti ed alloctone (immagine tratta da AA.VV., 2006. Progetto LIFE Natura Azioni concertate per la salvaguardia del litorale Veneto. Gestione degli habitat nei siti Natura 2000. Veneto Agricoltura, Servizio Forestale Regionale per le province di Padova, Rovigo, Treviso e Venezia)

Figure 11a e 11b. Eliminazione alloctone con tecnica manuale (a) e con tecniche chimiche (b) (foto Consorzio Venezia Nuova - Agriteco)

Figura 12. Staccionate di delimitazione degli ambiti dunali oggetto degli interventi (foto Consorzio Venezia Nuova - Agriteco)

Figura 13. Cartello informativo (foto Consorzio Venezia Nuova - Agriteco)

gue anche nella terza fase delle attività dello studio (Figura 10).

Il contenimento delle specie alloctone, il cui ruolo nell'impoverimento degli habitat naturali e della biodiversità, ampiamente documentato, è riportato anche nella pubblicazione della Commissione Europea "Alien species and Nature Conservation in the EU", è un'esigenza primaria per gli habitat litoranei veneti, a causa dell'elevato livello di vulnerabilità manifestato da tali habitat e dell'invasività mostrata da alcune di queste entità alloctone. Sulla base dei rilievi condotti, l'attività di controllo ed eliminazione della vegetazione alloctona infestante viene condotta utilizzando tecniche meccaniche, chimiche e biologiche, secondo le linee guida e le buone pratiche individuate nel progetto "LIFE 03 NAT/IT000141 Azioni concertate per la salvaguardia del litorale veneto - Gestione di habitat dunali nei siti Natura 2000" (Figure 11a e 11b).

L'azione di controllo ed eliminazione della vegetazione alloctona ha interessato complessivamente una superficie pari a 63.144 m² di aree dunali esistenti e di neoformazione e 90.169 m² di aree boscate retrodunali.

Promozione di una fruizione turistica consapevole e sostenibile dell'area

Partendo dalla considerazione che uno dei principali problemi delle cenosi costiere è dato dall'elevata frequentazione antropica, con conseguenti problemi di costipazione del suolo, di sentieramento con conseguente erosione delle dune, di abbandono di rifiuti e di danneggiamento diretto della vegetazione, insieme al disturbo esercitato nei confronti della fauna selvatica, particolarmente dannoso nel corso della stagione riproduttiva, la finalità degli interventi di contenimento previsti è di evitare che il calpestio e l'utilizzo improprio delle dune da parte dei frequentatori che utilizzano le superfici per il

passaggio o per attività ricreative, comportino la perdita di biodiversità e l'impoverimento degli habitat di interesse comunitario. Gli interventi sul territorio sono mirati a incanalare i flussi dei turisti diretti alle spiagge oppure quelli dei visitatori delle dune in modo da evitare che essi le attraversino "in ordine sparso", mediante la realizzazione di staccionate per il sentieramento o di delimitazione con funzione educativa o propriamente di creazione di barriere fisiche, a cui vengono sempre associati interventi di tipo informativo.

Complessivamente sono state installate 3.800 metri di staccionate in legno per il sentieramento o per la delimitazione delle vie di accesso all'arenile.

Anche a protezione delle aree di trapianto e di ripristino del transetto mare-entroterra, sono state collocate staccionate per delimitare le vie di accesso, al fine di evitare il calpestio senza interrompere la continuità del sistema dunale (Figura 12).

Relativamente alle attività di informazione e sensibilizzazione è stata realizzata in tre lingue (italiano, inglese e tedesco) della cartellonistica di carattere generale di descrizione degli interventi e sul transetto mare entroterra, sulla vegetazione e sulla fauna tipica di duna, con particolare attenzione all'avifauna (Figura 13).

In tutte le zone di intervento sono stati collocati cartelli informativi: per ogni zona, in corrispondenza dei principali accessi al mare, è stato installato il cartello di descrizione generale degli interventi, mentre lungo la restante area di intervento sono stati disposti più cartelli, a seconda della dimensione dell'ambito, con approfondimento sulla fauna e la vegetazione. Inoltre negli ambiti in cui è stato condotto l'intervento sul transetto mare entroterra è stato installato il cartello tematico specifico, mentre negli ambiti con avifauna

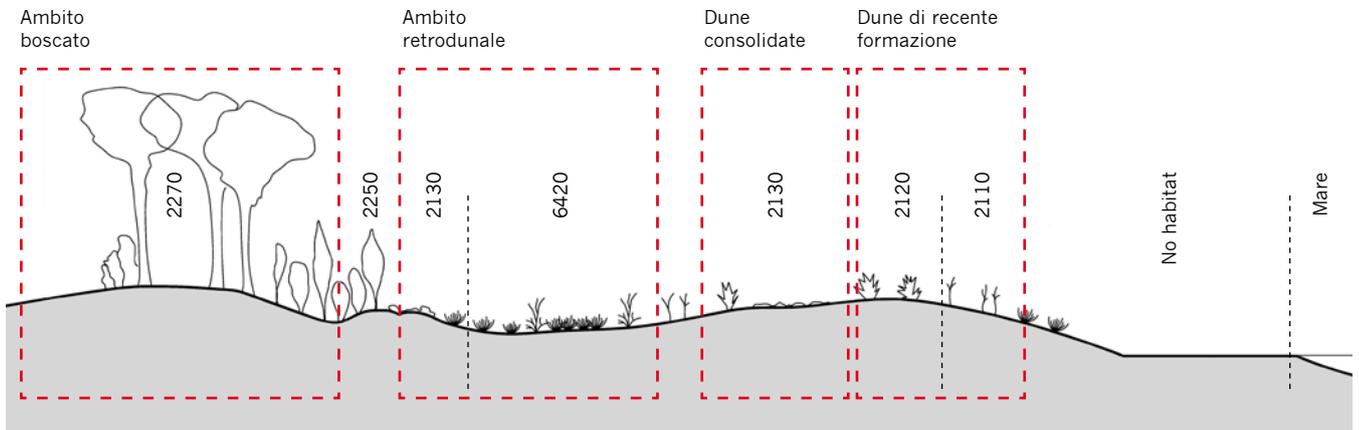


Tabella 2.
Parametri dei
monitoraggi per la
verifica dell'evoluzione
degli ambienti litoranei
oggetto degli interventi
di riqualificazione

na nidificante in spiaggia sono stati collocati i cartelli con l'approfondimento sull'avifauna. La grafica dei cartelli è coerente con quanto prodotto nell'ambito del Progetto SHAPE come guida dei biotopi litoranei del comune di Cavallino Treporti, al fine di operare in maniera sinergica e completare l'informazione sugli ambiti di duna.

Monitoraggio delle aree di intervento

Coerentemente con quanto previsto nel "Piano di monitoraggio delle misure di compensazione, conservazione e riqualificazione ambientale dei SIC IT 3250003; IT 3250023; IT 3250031; IT 3250030 e della ZPS IT 3250046", sono stati condotti i monitoraggi dei parametri indicati nella Tabella 2 al fine di verificare l'evoluzione degli ambienti litoranei oggetto degli interventi di riqualificazione fino al raggiungimento di un

adeguato stadio di maturazione, in cui saranno identificabili gli habitat ai sensi della Direttiva 92/43/CE (pari a dieci anni per gli ambiti litoranei).

I monitoraggi eseguiti nelle aree di intervento hanno posto in evidenza l'avvenuta ricostituzione della fascia dunale e predunale, con una progressiva elevazione del piano sabbioso e la successiva colonizzazione da parte della vegetazione pioniera; hanno inoltre rilevato come gli interventi di ripristino del cordone dunale abbiano favorito l'ampliamento degli ambienti idonei per i coleotteri terrestri e per l'avifauna, in particolare per il fratino (*Charadrius alexandrinus*), per il quale questi ambienti sono potenzialmente ottimali per la nidificazione. I dati acquisiti in ciascun ambito sulla vegetazione, fauna e morfologia saranno confrontati con i risultati intermedi attesi per il terzo anno e

Parametro	Anni									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Avifauna	•	•	•			•			•	
Invertebrati terrestri (coleotteri)			•			•			•	
Vertebrati eterotermi (rettili)	•	•	•			•			•	
Vegetazione - censimento floristico			•			•			•	
Vegetazione - controllo impianti	•	•	•							
Vegetazione - carta vegetazione			•			•			•	
Vegetazione - rilievo fitosociologico			•			•			•	
Morfologia - transetti		•	•			•			•	
Morfologia - linea di riva		•	•			•			•	

L'AVIFAUNA DEL LITORALE

I biotopi litoranei di Cavallino Treporti e Lido di Venezia sono localizzati in prossimità della laguna di Venezia, la più grande zona umida d'Italia e uno dei più importanti ecosistemi costieri di tutto il bacino del Mediterraneo.

La vicinanza a tale importante area umida fa sì che questi litorali siano interessati, anche se solo marginalmente, dalla presenza di uccelli acquatici tipici dell'ambiente umido lagunare.

Le specie di uccelli che frequentano l'ambito delle dune sono, tra gli altri: il fratino (*Charadrius alexandrinus*), il fraticello (*Sternula albifrons*), il piovanello tridattilo (*Calidris alba*) e il piovanello pancianera (*Calidris alpina*), il gabbiano comune (*Chroicocephalus ridibundus*) e il gabbiano reale (*Larus michahellis*).

In particolare, una specie caratteristica dei litorali che nidifica lungo le spiagge di Cavallino Treporti e Lido di Venezia

è il fratino, che depone le uova in una semplice cavità scavata nella sabbia, in prossimità delle prime dune, e che per nutrirsi frequenta spesso la zona della battigia: inseguendo il riflusso della marea va alla ricerca di molluschi, pesci, piccoli granchi e altro materiale deposto dalle onde.

Un altro uccello che nidifica lungo il litorale è il fraticello (*Sternula albifrons*); anche tale specie depone le uova in una buca nella sabbia, in corrispondenza della fascia di detriti lasciati sulla spiaggia dalle mareggiate.

Le uova di tali uccelli sono perfettamente mimetiche e, una volta deposte sulla sabbia, risultano praticamente invisibili. Il principale pericolo per le uova di fratino e fraticello è rappresentato dal disturbo provocato dai frequentatori delle spiagge e dai mezzi meccanici utilizzati per la pulizia degli arenili, dai cani non tenuti al guinzaglio e da vari

predatori (gabbiano reale, gazza, cornacchia grigia, gatti domestici).

Lungo il litorale del Lido di Venezia da molti anni vengono approntati recinti e protezioni di rete per difendere i nidi di fratino dal disturbo umano e dai predatori; inoltre, i litorali di Cavallino Treporti e del Lido di Venezia sono interessati da un progetto di monitoraggio e censimento della presenza di fratino.

Altri uccelli che frequentano la battigia sono il piovanello tridattilo (*Calidris alba*) e il piovanello pancianera (*Calidris alpina*), che si possono osservare in branchi tra la fine dell'estate e l'inizio della primavera mentre ricercano piccoli invertebrati fra le alghe accumulate sulla riva dalla marea.

Questo ambiente è inoltre frequentato da diverse specie di gabbiani (per esempio, gabbiano comune e gabbiano reale) che arrivano qui per nutrirsi di molluschi spiaggiati, rifiuti e resti di animali.



1. Piovanello pancianera (*Calidris alpina*);
2. Gabbiano comune (*Chroicocephalus ridibundus*);
3. Fraticello (*Sternula albifrons*);
4. Gabbiano reale (*Larus michahellis*);
5. Fratino (*Charadrius alexandrinus*);
6. Piovanello tridattilo (*Calidris alba*)

Figura 14.
La premiazione di Ecotech green. Il gruppo di progettazione: Valerio Volpe - Provveditorato Interregionale per le Opere Pubbliche per il Veneto, Trentino Alto Adige e Friuli Venezia Giulia; Claudia Cerasuolo - Consorzio Venezia Nuova; Roberta Rocco, Francesca Pavanello, Davide Folin, Loris Lovo, Thomas Galvan, Paola Barbato, Raul Lazzarini, Laura Cruciani, Alessandra Tarifa Pardo, Alessandro Vendramini - AGRI.TE.CO. Sc; Francesca Turco. - Thetis SPA; Gianluca Salogni, Mattia Vendrame - Regione del Veneto - Commissioni (VAS Vinca)

per il sesto anno e saranno individuati eventuali interventi correttivi al fine di indirizzare l'evoluzione degli ambienti dunali di nuova formazione.

Conclusioni

Gli interventi di miglioramento, ripristino e recupero degli dei SIC-ZPS IT3250003 e IT3250023, realizzati - nell'ambito del cosiddetto Piano Europa - dal Provveditorato Interregionale OO.PP. nei litorali del Comune di Venezia (biotopo di Alberoni) e del Comune di Cavallino Treponti (biotopi di Ca' Ballarin, Ca' Savio e Punta Sabbioni), hanno permesso di mettere a punto un nuovo approccio finalizzato alla riattivazione della dinamica dunale per la ricostruzione degli habitat di interesse comunitario.

In base a tale approccio, condiviso dagli Enti competenti e dai soggetti localmente interessati, è stata avviata la ricostruzione della successione ecologica degli ambienti dunali tipici del litorale veneto, la cui conservazione era

a rischio a causa della pressione antropica. Le procedure di realizzazione effettuate nello studio sono state impiegate dalla Regione del Veneto come modello cui configurare gli interventi di ripristino ambientale avviati lungo il litorale veneto.

Gli esiti positivi degli interventi sperimentali condotti hanno consentito di:

- ricostruire la struttura dunale mediante l'utilizzo delle sole forzanti naturali e del trasporto eolico della sabbia, che viene intercettata dai frangivento opportunamente orientati rispetto al vento dominante;
- consolidare la fascia dunale e predunale, con una progressiva elevazione del piano sabbioso a seguito dell'accumulo di sabbia trasportata dal vento e la successiva colonizzazione da parte della vegetazione pioniera;
- ampliare, nell'arco del primo triennio, gli ambiti dunali soggetti a forte pressione turistica di una superficie aggiuntiva pari a circa 39.700 m²;



- riattivare della dinamica dunale per la ricostruzione degli habitat di interesse comunitario (1210, 2110, 2120, 2130*, 2230, 2250*, 2270*, 6420, 7210*, 9340;
 - estendere la medesima tipologia di intervento anche su altri ambiti dei siti Natura 2000 interessati o su aree contermini morfologicamente connesse (complessi dunali unitari);
 - riqualificare gli ambiti dunali artificiali presenti sul litorale di Cavallino Treporti (Venezia) realizzati in passato come strutture di difesa del suolo;
 - controllare ed eliminare la vegetazione alloctona e invasiva con azioni mirate per i diversi habitat costieri;
 - potenziare le attività di comunicazione ambientale anche con il coinvolgimento delle associazioni ambientali locali e delle imprese turistiche del luogo, in particolare del litorale di Cavallino Treporti, che hanno preso coscienza del valore aggiunto rappresentato dalla ricostruzione e riqualificazione dei biotopi litoranei per la promozione diretta delle attività turistiche presenti sul litorale;
 - conciliare la riqualificazione degli ambiti dunali in cui sono presenti habitat di interesse comunitario con le attività turistiche, creando una proficua sinergia che ha permesso l'attuazione di politiche di sviluppo e gestione sostenibile degli ambiti costieri.
- È in corso di avvio la terza fase degli interventi di riqualificazione degli habitat litoranei, prevede inoltre una serie di attività, in particolare il controllo delle specie infestanti e alloctone e il monitoraggio di ciascun ambito di intervento, al fine di indirizzare l'evoluzione degli ambienti dunali di nuova formazione e delle aree retrodunali verso la strutturazione della seriazione degli habitat litoranei. Il progetto è inoltre risultato vincitore del primo premio EcoTechGreen 2019,

categoria “Verde Tecnologico e Infrastrutture Verdi”, in quanto costituisce, come sottolineato anche dalla giuria del premio, un caso esemplare che, attraverso una sapiente e meticolosa applicazione progettuale di tecnologie ambientali, ha saputo ricostruire la successione ecologica degli ambienti dunali tipici del litorale veneto, la cui conservazione risultava a rischio a causa della pressione antropica (Figura 14).

Ringraziamenti

Si ringraziano la Regione del Veneto - Struttura di Progetto Strategia Regionale della Biodiversità e dei Parchi e Regione del Veneto - Area tutela e Sviluppo del Territorio - Direzione Operativa Unità Organizzativa Forestale Est, il Comune di Venezia - Osservatorio della Laguna e del Territorio, il Comune di Cavallino-Treporti, il Comitato Oasi WWF Dune degli Alberoni, l'Assocamping.

[contributi]

per age
ciaino
dover il centro della: a
suo oltre del commune; cadere appunto al sito di
Hiamo se non ragionevolmente dedurre che vale
del Zoccolo, e ricadendo l'acqua or balzare assai ot
il cadere che deve poi
primare la sua forza,
se collocato sotto il commune una maniera
nario, con la quale si è preso sin ora il Livornale. Tanto piu
e naturale che usando l'onda nel forte resistenza del Zoccolo, con
tanta maggior forza si conviene contro della parte piu debole dell
mpa dell'origine, comunemente composta di
Lungue che...
no, potrà
intamarsi p
ando come un
ovina: della: ecc
r persuasi, che
del 17

Gli effetti della navigazione maggiore in laguna di Venezia

di **LUCA ZAGGIA***

Ricercatore dell'Istituto di Geoscienze e Georisorse, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Padova

PREMESSA

Il tema della navigazione nella laguna di Venezia è senza dubbio un argomento piuttosto controverso e gli interessi di tipo sociale ed economico che accompagnano le discussioni sulle criticità del traffico acqueo impediscono spesso di percepire il problema nella sua globalità.

Quando si parla di "grandi navi", ad esempio, si pensa quasi sempre alle navi da crociera, forse a causa della evidente sproporzione con il contesto urbano attraverso il quale le stesse transitano per raggiungere la loro destinazione alla Stazione Marittima. Quasi che le navi commerciali, che attraversano la laguna centrale dirette al porto industriale di Marghera, non fossero altrettanto grandi, essendo fuori dalla visuale dell'osservatore comune e mancando un riferimento che consenta di percepirne la dimensione reale.

Un altro problema è la scarsa attenzione rivolta ai movimenti delle imbarcazioni minori. Il flusso turistico a Venezia supera i trenta milioni di persone all'anno e in gran

parte si tratta di presenze giornaliere. Di questi, un numero inferiore a due milioni raggiunge la città ammirandola dal ponte di una nave da crociera. I rimanenti raggiungono il centro storico di Venezia in parte attraverso la ferrovia e, soprattutto, attraverso una flotta di imbarcazioni più piccole, provenienti dall'aeroporto o dai litorali, e dirette verso la città. Anche questi natanti generano moto ondoso per la forma della loro carena, in alcuni casi decisamente inadeguata alla navigazione lagunare.

Esiste infine il traffico locale (vaporetto, motonavi e altro) che movimentata ogni giorno persone e cose all'interno della città e fra i vari terminali della terraferma-isole e la città stessa.

Una delle principali lacune nella comprensione dei fenomeni in grado di influenzare l'evoluzione morfologica della laguna è proprio la scarsa conoscenza degli impatti legati alla navigazione minore. Non esiste a oggi alcuna stima della quantità totale di energia immessa nel bacino lagunare sotto forma di onde di breve periodo dalle imbarcazioni minori. Sappiamo anche molto poco delle conseguenze di questo tipo di stress sui fondali della laguna e sulle strutture del centro storico, già indebolite da diversi altri fenomeni. L'unica eccezione in questo contesto sono degli studi effettuati alcuni decenni fa dall'Università di Padova sulla base di misure effettuate in collaborazione con l'Istituto per lo Studio della Dinamica delle Grandi Masse del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR-ISDGM, ora CNR-ISMAR, Istituto di Scienze Marine) per conto del Comune di Venezia nei quali si consideravano il moto ondoso prodotto in laguna da diverse tipologie di natanti (Costa e Nadali, 1988; G. Liberatore, 1988; D'Alpaos e Liberatore, 1993). Ulteriori indagini svolte dal CNR-ISDGM hanno considerato anche

* Hanno contribuito anche:

F. Barbarioli, D. Bellafiore, A. Benetazzo, F. De Pascalis, C. Ferrarin, G. Manfé, G. Lorenzetti, G.M. Scarpa, L. Dametto
Istituto di Scienze Marine, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Venezia

R. Brogliati, S. Zaghi
Istituto di Ingegneria Marina, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma

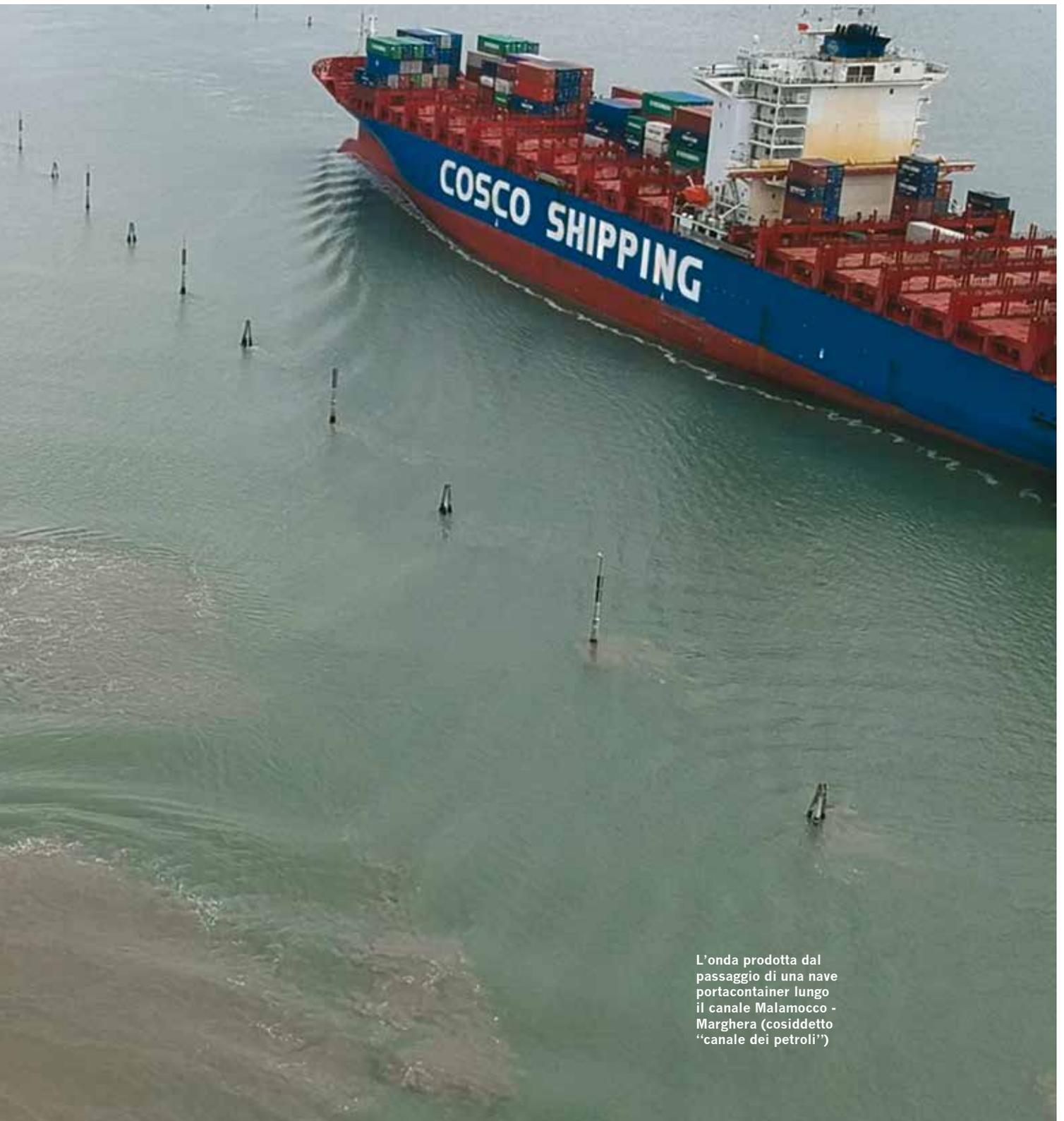
E. Molinaroli, M. Gionta
Università Cà Foscari di Venezia, Dipartimento di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica

F. Mauro, N. Trevisan
Università di Trieste, Dipartimento di Ingegneria e Architettura

K. Parnell, T. Soomere
Tallinn University of Technology, Estonia

J. Rapaglia
Christian Albrecht University, Kiel





L'onda prodotta dal passaggio di una nave portacontainer lungo il canale Malamocco - Marghera (cosiddetto "canale dei petroli")

le accelerazioni sulle strutture adiacenti i canali del centro storico in concomitanza al passaggio di determinate imbarcazioni (Vazzoler e Canestrelli, 1996; Canestrelli *et al.*, 2000). Si tratta di una tematica che oggi varrebbe la pena di riconsiderare, anche alla luce dell'evoluzione dei flussi turistici, consentendo finalmente di quantificare l'impatto delle diverse componenti del traffico sul sistema lagunare e sulla città.

Queste conoscenze costituirebbero la base di riferimento per valutazioni delle tendenze di medio e lungo periodo, utile non solo alla definizione di un piano morfologico della laguna di Venezia, ma anche per la manutenzione urbana, la gestione dei flussi turistici e lo sviluppo dei servizi di trasporto sostenibili da e verso la città lungo le varie direttrici.

Il panorama delle conoscenze sugli effetti del traffico navale maggiore è invece decisamente più ricco. Oltre agli studi preliminari condotti negli anni 2002-2004 (Costa e Zuliani, 2004; Adami *et al.*, 2002) nel bacino di San Marco e nei canali adiacenti durante il passaggio delle navi da crociera, esiste ormai una cospicua serie di contributi sul moto ondoso nei canali di grande navigazione con particolare riferimento al canale Malamocco-Marghera. I risultati di questi studi sono stati pubblicati in diversi contesti da un team di ricerca internazionale coordinato da CNR-ISMAR (Parnell *et al.*, 2016a; Parnell *et al.*, 2016b; Rodin *et al.* 2015; Rapaglia *et al.*, 2011; Zaggia *et al.*, 2017). Le indagini considerano i fenomeni di generazione delle perturbazioni ondose nel canale e il loro impatto sulle aree emerse e sommerse. In questo contributo si riassumono le principali evidenze auspicando che possano contribuire alla riflessione sulla sostenibilità delle scelte future e all'individuazione di criteri e azioni per la mitigazio-

ne delle cause del moto ondoso oltre che gli impatti conseguenti.

INTRODUZIONE

Per molti secoli la navigazione in laguna di Venezia ha rappresentato una sfida. Fin dalle sue origini la città "regina dei mari" ha dovuto impegnarsi in una lotta incessante per contrastare l'evoluzione morfologica del suo sistema di bocche tidali e garantire alla sua flotta commerciale un accesso al mare. L'azione del trasporto litoraneo di sabbie creava infatti delle barre sabbiose di fronte al porto di San Nicolò e piegava progressivamente a sud il canale di accesso alla laguna rendendo molto rischiosa la navigazione in presenza di venti sfavorevoli come la bora e lo scirocco. Inoltre la formazione di scanni causava il restringimento e la riduzione di profondità della sezione del canale di accesso costringendo le autorità lagunari a continui interventi sulla morfologia e l'assetto idraulico. L'interminabile successione di opere di ingegneria marittima realizzate per mitigare i fenomeni è sintetizzata nell'affascinante contributo di Lippe (1984) nel quale l'evoluzione delle bocche tidali viene descritta parallelamente all'evoluzione tecnologica delle costruzioni navali e inquadrata nel contesto storico.

Una soluzione definitiva al problema della navigabilità del porto di Lido fu raggiunta con l'unione delle tre bocche di San Nicolò, Sant'Erasmo e Treporti mediante i moli guardiani realizzati alla fine del diciannovesimo secolo. L'impulso per l'esecuzione dell'opera fu, fra le altre cose, la preoccupazione per la progressiva riduzione del ricambio idrico nel sottobacino che comprende Venezia, alla quale vennero attribuite le cause di un'epidemia di colera. Con la realizzazione dei moli guardiani la profondità del porto di Lido si stabilizzò su

quote vicine a quelle attuali e Venezia poté finalmente riprendere la sua competizione come porto commerciale, grazie anche alla realizzazione del porto industriale di Marghera che si sostituì allo scalo della Marittima, oggi destinato al solo traffico crocieristico (Costantini, 2004).

Per più di quarant'anni la rotta verso il porto industriale di Marghera passò quindi attraverso la città di Venezia, nel canale della Giudecca, per poi proseguire lungo il canale Vittorio Emanuele ricavato dall'ampliamento di un canale preesistente. Per ridurre la pressione sulla città e il rischio di incidenti, verso la fine degli anni '60 si diede inizio allo scavo del canale Malamocco-Marghera. La nuova via d'acqua diventò nota anche come canale dei Petroli: una denominazione che ben descrive la sua funzione attesa, e cioè la diversione del traffico commerciale, in particolare quello petrolifero, che comportava un rischio insostenibile per il centro storico di Venezia (una nave petroliera andò a fuoco nel porto di Marghera nel 1960 causando diverse vittime e suscitando una notevole preoccupazione per le sorti della città).

L'apertura di questo nuovo canale in laguna di Venezia fu oggetto di grandi discussioni già nella fase di progettazione. Durante il collaudo dell'opera, vi furono proteste in campo da parte delle comunità di pescatori preoccupati per l'integrità della laguna centrale che tentarono di bloccare l'ingresso di una nave petroliera. Critiche alla scelta vennero anche da una parte dall'ambiente scientifico, ma prevalsero nelle decisioni degli amministratori un concetto distorto nella gestione dell'ecosistema e cioè l'idea che le dinamiche della laguna non cambino fintantoché i volumi scavati sono compensati da altrettante opere di imbonimento (Costantini, 2004). Si trattava di un'interpretazione

distorta, com'è noto a tutti coloro che si interessano della salvaguardia dell'ambiente lagunare. A distanza di circa quarant'anni dallo scavo del Malamocco-Marghera, si è potuto infatti rilevare come la sua fase di esercizio abbia comportato una grossa perdita sedimenti nel bacino centrale della laguna con approfondimenti di circa un metro e un generale appiattimento della morfologia (Sarretta *et al.*, 2010).

Le cause di questi cambiamenti furono subito attribuite alle variazioni dell'assetto idrodinamico della laguna conseguenti alla realizzazione dell'opera. Tuttavia, in base anche ai risultati delle più recenti ricerche, sembra che almeno una parte delle trasformazioni osservate possa essere la conseguenza di un'azione diretta del traffico navale sulla morfodinamica delle aree adiacenti al canale. Negli anni in cui era stato progettato, il canale Malamocco-Marghera doveva accogliere navi di dimensioni massime intorno ai 200 metri. Oggi questo limite si è spostato verso i 300 metri con larghezze fino a 40 metri e pescaggi di 9 metri e oltre. In pratica, ci si avvicina alla metà della sezione utile in corrispondenza alla cunetta con una notevole intensificazione dei fenomeni legati al dislocamento descritti nel seguito. Si tratta di una situazione che, al di là delle ripercussioni sulla morfo-idrodinamica, dovrebbe anche suscitare qualche riflessione sugli aspetti della sicurezza. I recenti episodi avvenuti lungo il canale della Giudecca e in bacino San Marco hanno riaperto il dibattito sul futuro del traffico crocieristico e sulle soluzioni alternative auspiccate dal decreto Clini-Passera. Sulla spinta dell'emergenza, l'attenzione generale sembra ora rivolgersi verso quella che appare come l'unica soluzione realizzabile con il minimo delle risorse e in tempi relativamente brevi. Tuttavia, nonostante le recenti valu-

Figura 1. Onda di depressione registrata al margine est del canale Malamocco-Marghera durante il passaggio della Nave Cargo Abu Dhabi Star (velocità 7.7 nodi, lunghezza 183 m, larghezza 32 m, pescaggio 7.8 m), il giorno 01/04/2014 alle 15.30 (da: Zaggia et al., 2017). Sul margine ovest del canale l'ampiezza della depressione nello stesso evento ha raggiunto i 2.5 metri (Parnell et al., 2016a)

tazioni sulle capacità di traffico dimostrino la possibilità di una intensificazione dei transiti, le evidenze degli studi ambientali indicano come il canale Malamocco-Marghera sia già in condizioni critiche nella sua configurazione attuale e con l'attuale intensità dei traffici portuali. In questa nota si riassumono i principali aspetti di questa situazione di criticità alla luce dei risultati delle ricerche condotte.

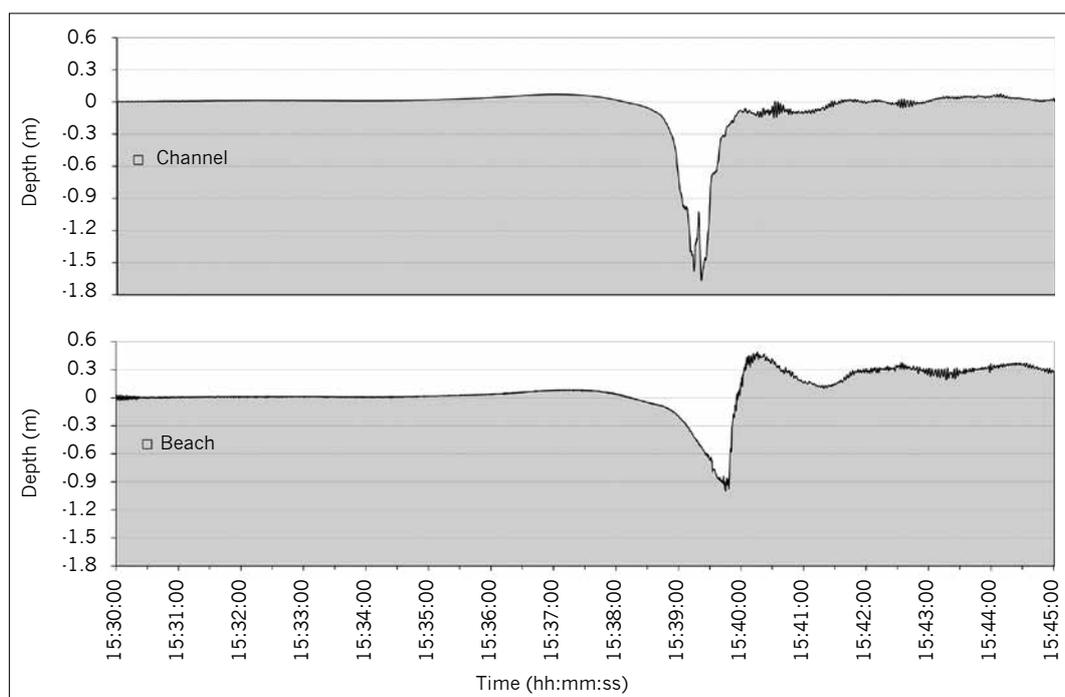
LE ONDE GENERATE DAL PASSAGGIO DEI MEZZI NAVALI

Una nave in movimento sulla superficie dell'acqua determina delle perturbazioni al campo di moto che si traducono nella formazione di onde superficiali di diverso tipo. Secondo la teoria sviluppata da Lord Kelvin (1887-1904), in condizioni di acque profonde, cioè per profondità dell'acqua molto maggiori della lunghezza d'onda della perturbazione, il sistema di onde generato è dato dalla sovrapposizione di due tipi

principali di oscillazioni: le onde trasversali che si propagano nella direzione del moto del natante e le onde divergenti (di prua e di poppa) che si propagano lateralmente allo scafo secondo un angolo caratteristico (circa 20°). I due pattern interagiscono dando luogo a fenomeni di interferenza.

Durante la navigazione in condizioni di acque basse, cioè con profondità di poco superiori al pescaggio della nave, l'acqua al di sotto dello scafo e ai lati dello stesso (nel caso di un canale navigabile) subisce un'accelerazione. In base al principio di conservazione dell'energia, questa accelerazione determina una riduzione della pressione (livello) in prossimità della parte centrale dello scafo formando un'onda a forma di "V", detta onda di Bernoulli o onda di depressione (Figura 1).

L'onda di depressione segue la nave nel suo percorso e, nel caso del transito in un canale navigabile, viene amplificata per l'interazione con il fondale ai lati del canale



(effetto di shoaling) assumendo forma cavo-cresta asimmetrica. Se la navigazione avviene a velocità molto più basse di quelle tenute in mare aperto, come dovrebbe essere per il transito di grandi navi in laguna di Venezia, lo sviluppo dei sistemi di onde divergenti risulta trascurabile rispetto alle onde di depressione che diventano invece il fenomeno dominante. Ciò che un osservatore può notare, in prossimità del margine di canale di navigazione in laguna di Venezia, è un rapido movimento dell'acqua verso il canale con un repentino abbassamento del livello seguito da un altrettanto rapido innalzamento, sovente caratterizzato da un fronte più ripido. Per le navi più grandi e per velocità sostenute (> 6 nodi) l'ampiezza di questa escursione (la differenza fra il livello imperturbato e il cavo dell'onda) nel canale navigabile Malamocco-Marghera può raggiungere e superare i due metri (Figura 2). Nel caso in cui il canale navigabile sia affiancato da aree a basso fondale, come per il canale Malamocco-Marghera, la propagazione dell'onda di depressione sulle piane tidali e le aree di sponda è influenzata da ulteriori fenomeni.

La velocità di un'onda in acque basse è essenzialmente condizionata dalla profondità ed è descritta dalla relazione:

$$v = \sqrt{gh}$$

dove g è l'accelerazione di gravità e h è la profondità.

Nella fase di ritiro il livello dell'acqua consente alla perturbazione di propagarsi con una propria velocità. Nella successiva fase di risalita del livello la propagazione della perturbazione è invece condizionata dalla ridotta profondità e sarebbe naturalmente soggetta a un rallentamento. Tuttavia essa viene forzata dal moto della nave a spo-



starsi a una velocità superiore a quella che potrebbe avere a quella stessa profondità dando quindi origine a un fronte onduoso molto ripido (bore). Questo fenomeno, che presenta notevoli analogie con le onde di marea che, in particolari condizioni risalgono alcuni estuari, dà luogo a una forte risospensione del sedimento delle aree di sponda del canale e dei bassi fondali provocando un trasporto significativo in direzione longitudinale e una forte erosione. L'azione erosiva del fenomeno è anche intensificata dall'elevata densità della sospensione di acqua e sedimento movimentata dall'onda. Le caratteristiche di queste onde sono state studiate ampiamente nella laguna di Venezia nel corso di diverse indagini sperimentali. In queste indagini i singoli eventi sono stati associati allo specifico natante in transito utilizzando le informazioni derivanti da un sistema di monitoraggio del traffico basato sulla tecnologia AIS (Automatic Identification System). Il sistema è operativo presso la sede del CNR-ISMAR con ricevitori localizzate entro il perimetro della città e a mare, sulla piattaforma oceanografica "Acqua Alta" del Consiglio Nazionale delle Ricerche. I dati sperimentali derivanti

Figura 2. L'onda di depressione generata dal passaggio della nave Xin Qing Dao (velocità 8.1 nodi, lunghezza 279 m, larghezza 40 m, pescaggio 11 m) durante il transito in ingresso al porto del 4/6/2016. Nell'inserito è visualizzato il gruppo di bricole negli istanti immediatamente precedenti il passaggio della nave. L'ampiezza dell'onda di depressione misurata in questo evento supera i 2 metri (immagine degli autori)

Figura 3. Griglia di calcolo utilizzata per le simulazioni numeriche con la sezione del canale reale ottenuta dai dati batimetrici della parte sud della cassa di colmata B. La nave oggetto delle simulazioni ha una carena molto simile a quella della nave visualizzata nella Figura 2 (da: Trevisan, 2019)

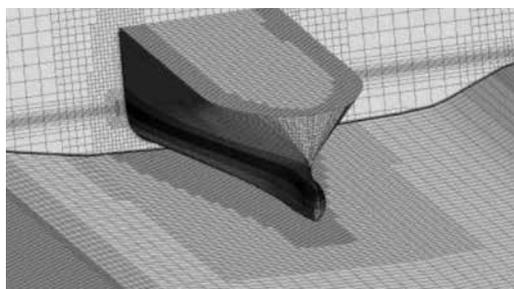
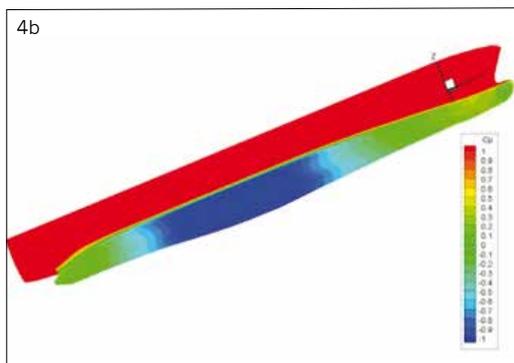
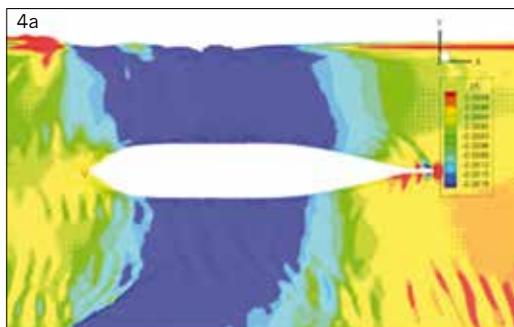


Figura 4. Elevazione del pelo libero (a) e pressione sullo scafo (b) risultanti dalla simulazione numerica con batimetria reale (da: Trevisan, 2019)



dalle indagini in campo e le elaborazioni effettuate dai partners di queste ricerche hanno permesso di effettuare diversi tipi di valutazioni sulla generazione delle perturbazioni e sui loro effetti. In questo contributo descriviamo i principali risultati in ordine non cronologico.

La generazione dell'onda di depressione e la sua propagazione sono state inizialmente studiate attraverso l'uso accoppiato di modelli matematici per effettuare delle valutazioni sull'ipotesi di un nuovo canale navigabile di raccordo fra il Malamocco-Marghera e la Stazione Marittima (ipotesi nota come

Tresse Est; Corila, 2016) e per valutare gli impatti del transito di navi da crociera nel canale Malamocco-Marghera (Bellafiore *et al.*, 2018). Le simulazioni sulle crociere sono state effettuate calibrando il modello di generazione della perturbazione sui risultati delle acquisizioni effettuate in concomitanza al passaggio delle navi nel canale industriale, in occasione della festività del Redentore. La perturbazione generata nel canale in prossimità della nave, ottenuta a partire da una geometria ipotetica della carena, è stata quindi trasferita sul basso fondale mediante un modello matematico normalmente utilizzato per lo studio dei processi naturali in laguna (SHYFEM; Umgiesser *et al.*, 2004) rendendo possibili valutazioni dell'altezza d'onda a diverse velocità.

Un'ulteriore evoluzione di questo approccio è rappresentata dallo studio dei meccanismi di generazione dell'onda che è stato effettuato in collaborazione con l'Università di Trieste. Utilizzando modelli basati sulla fluidodinamica computazionale (CFD) in grado di simulare allo stesso tempo le perturbazioni nel canale e nel basso fondale generate da una carena corrispondente a una nave cargo reale (Trevisan, 2019), è stato possibile riprodurre fedelmente il fenomeno misurato modellando la batimetria reale (Figure 3 e 4). L'uso di questa metodologia rappresenta un grosso passo in avanti nello studio dei fenomeni e un utile strumento per la gestione degli effetti. Nota la geometria di una qualsiasi tipologia di nave, diventa infatti possibile prevedere l'onda generata dalla stessa nelle diverse sezioni del canale reale (Figura 5). Utilizzando diversi scenari di velocità, livello idrico e assetto dello scafo, si può quindi individuare l'insieme di condizioni che consenta di minimizzare l'altezza dell'onda contenendo gli impatti sulla morfologia.

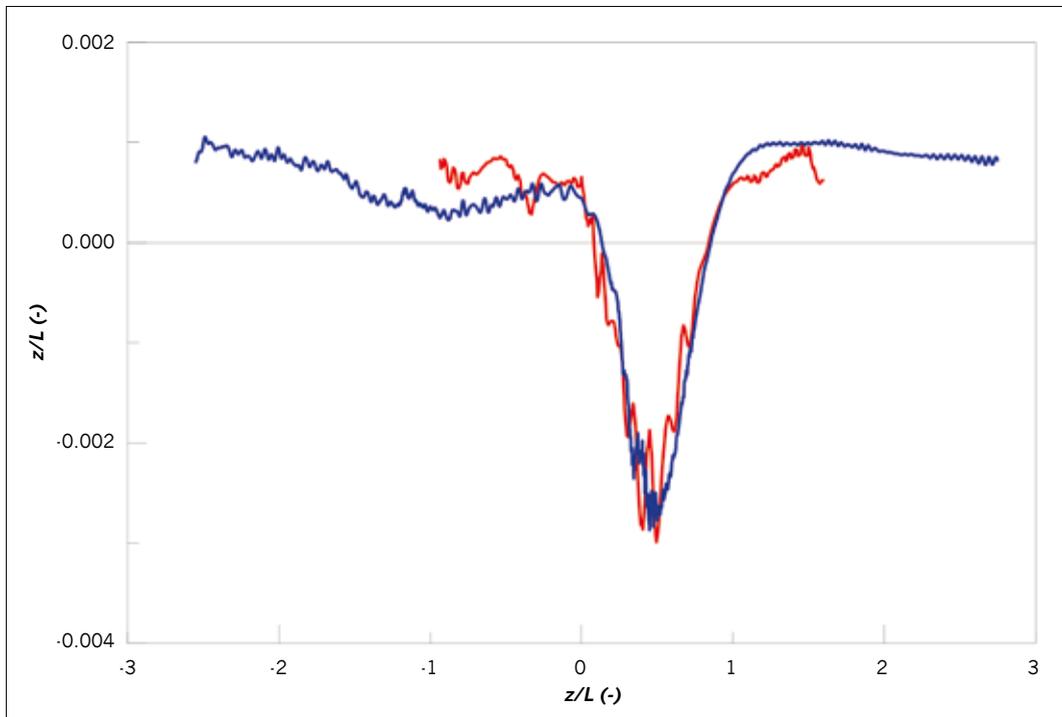


Figura 5. Confronto fra l'elevazione ondosa calcolata con il modello numerico e quella misurata (da: Trevisan, 2019)

Containership
Xin Yan Tian
Loa = 280 m
Lpp = 263 m
 $v = 4.58$ m/s
 $Fn = 0.09$

— Simulation
— Observation

LA PROPAGAZIONE DELLE ONDE DI DEPRESSIONE E L'EROSIONE DEI FONDALI

La propagazione delle perturbazioni generate dal transito delle navi nel canale Malamocco-Marghera e i fenomeni erosivi sono stati studiati in collaborazione con l'Università di Venezia nell'ambito di diverse indagini, a partire dal 2009. Diverse metodologie sperimentali sono state utilizzate in campo, fra queste: reti di sensori di pressione e torbidità, strumenti per la misura delle correnti nel canale e nei bassi fondali adiacenti, autocampionatori per la raccolta di volumi d'acqua per la determinazione della concentrazione di sedimenti in sospensione, indagini batimetriche, misure delle trasformazioni morfologiche sul fronte di erosione delle casse di colmata. Indagini dettagliate con metodologie remote sono state inoltre condotte in campo, con velivoli autonomi, e a computer integrando in ambiente GIS le

immagini aeree e satellitari disponibili per le aree della laguna centrale interessate dai fenomeni.

Uno dei risultati più importanti delle indagini sperimentali è la descrizione dei processi connessi alla propagazione delle onde sulla piana tidale a est del canale navigabile. Ciò che si osserva normalmente è che l'onda, che ha una forma a "V" simmetrica in prossimità della nave e della sponda del canale, interagendo con il basso fondale diminuisce progressivamente in ampiezza. Contemporaneamente l'onda diventa asimmetrica con un fronte posteriore molto ripido e genera una serie di ondulazioni secondarie legate a fenomeni di frangimento. A una distanza di circa 650 metri dal margine del canale l'altezza dell'onda diminuisce fino a circa 15-20 cm indipendentemente dall'altezza iniziale e, pur rimanendo ancora un'onda piuttosto ampia per il tipo di fondale, il suo potenziale erosivo si riduce significativa-

In basso
Figura 6. Propagazione dell'onda di depressione sul basso fondale a est del canale Malamocco-Marghera. Sul basso fondale, dopo il passaggio del primo fronte ripido, si osserva la formazione di un gruppo di ondulazioni secondarie, non visibili al margine del canale, e legate ai fenomeni di interazione con il fondale. La ripresa evidenzia chiaramente l'area interessata dalla propagazione della perturbazione (immagine degli autori)

Nella pagina di destra, in alto
Figura 7. Propagazione dell'onda di depressione (in alto) generata dal passaggio della nave F/b Hellenic Spirit (velocità 10.7 nodi, lunghezza 204 m, larghezza 26 m, pescaggio 6.5 m) il giorno 01/05/2016. Posizione delle stazioni di misura del livello (sensori di pressione) lungo il margine del canale (al centro). Serie temporali della torbidità (in basso) registrata nelle stazioni 2,4,6,8). I codici colore delle diverse curve nei due pannelli sono corrispondenti. Le batimetrie acquisite nel 2000 e nel 2016 sono riportate per visualizzare l'entità dell'erosione al margine del canale.

Nella pagina di destra, in basso
Figura 8. Evoluzione della batimetria lungo un profilo trasversale a partire dalla sponda ovest del canale navigabile verso il bassofondo a est. La sezione è localizzata in prossimità della cassa di colmata B (da: Corila, 2016)

mente, come dimostrato anche dall'andamento della torbidità a distanza del canale. La conseguenza delle trasformazioni osservate è che l'energia della perturbazione iniziale viene quasi completamente dissipata per l'interazione col fondale nei primi 500-600 metri (Figure 6 e 7). Ciò si traduce in una movimentazione dei sedimenti e quindi in erosione (Figura 8).

Successivamente al transito della nave la concentrazione del sedimento in sospensione si mantiene elevata, ben al di sopra dei valori naturali, per un lungo intervallo di tempo. Il materiale può essere quindi allontanato dalle correnti di marea determinando una perdita netta nell'area.

Si è inoltre osservato che nella fase iniziale dell'onda di depressione, in corrispondenza all'abbassamento del livello si instaura una corrente piuttosto forte ($> 2 \text{ m s}^{-1}$) diretta verso il canale che causa il trasporto del materiale sospeso nel bassofondo verso l'alveo del canale navigabile. Questo fenomeno diventa particolarmente critico in corrispondenza a passaggi ravvicinati

di natanti di grandi dimensioni quando la corrente diretta verso il canale richiama dal bassofondo i materiali messi in sospensione dal transito immediatamente precedente. L'effetto a lungo termine di questi processi è un movimento intermittente (*stepwise*) dei materiali della piana tidale verso il canale che va quindi incontro a un progressivo interrimento (Rapaglia *et al.*, 2011; Rapaglia *et al.*, 2015; Corila, 2016). Questa tendenza trova un riscontro anche nell'assetto dei fondali del canale navigabile rivelato dalle indagini batimetriche ad alta risoluzione, effettuate da CNR-ISMAR, nelle quali si evidenzia la presenza di strutture erosive simili a solchi calanchivi sulle sponde del canale e tracce degli interventi di dragaggio sul fondale proprio in corrispondenza alla base del pendio al margine, dove evidentemente si accumulano maggiormente i materiali erosi dal bassofondo e dalle sponde (Madricardo *et al.*, 2019).

Lungo la sponda ovest del canale navigabile è presente un tratto di spiaggia generatosi in seguito all'erosione del margine delle



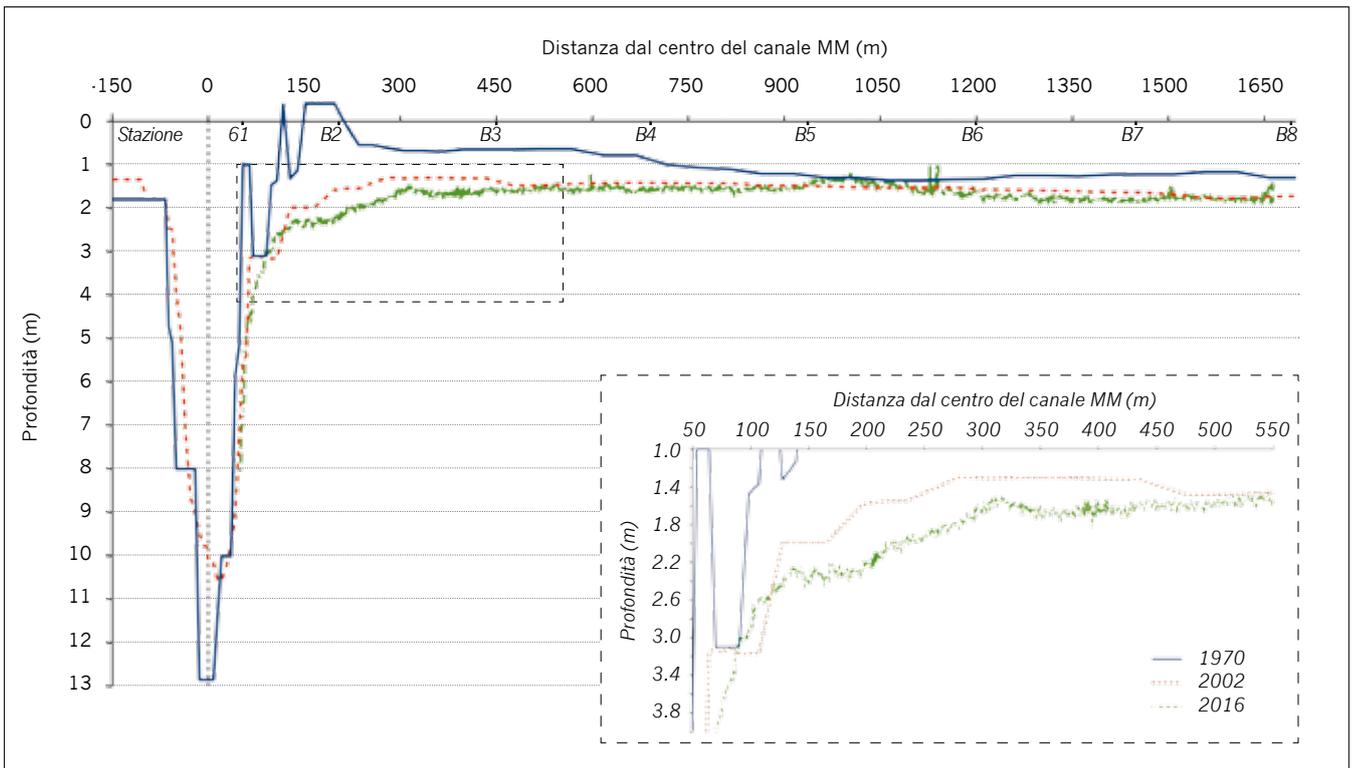
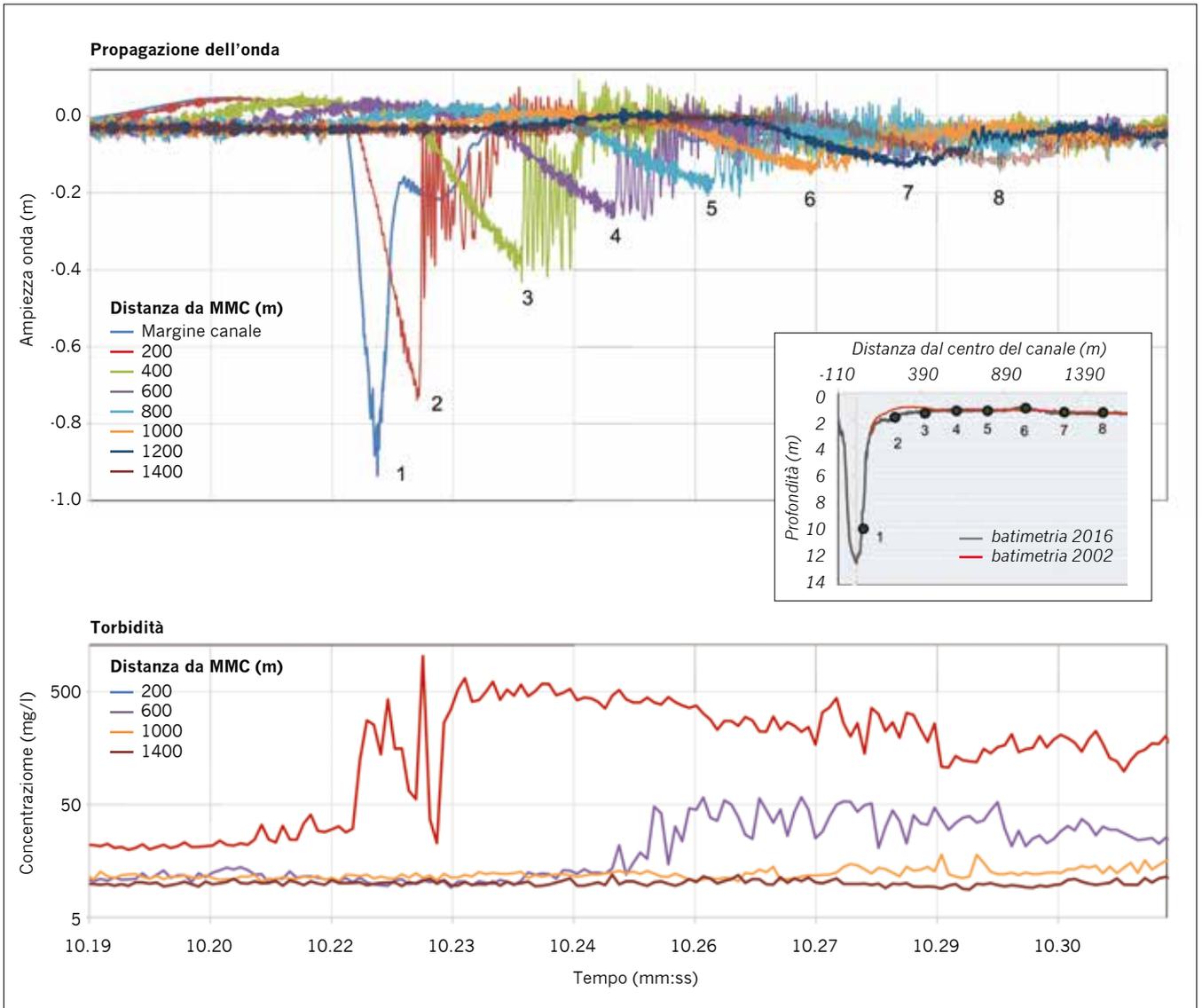




Figura 9. Arretramento complessivo della linea di riva delle casse di colmata A e B. La prima linea riportata per la cassa A è del 1987, mentre per la cassa B è del 1974. L'ultima linea di riva rappresentata è invece per entrambe le casse è relativa alla situazione del 2018

casse di colmata (denominate A, B, D-E). Questo margine artificiale era posizionato inizialmente a una distanza di circa 50 metri dal canale ed era protetto da una sponda rigida costituita da massi e palificate. Questa protezione è stata progressivamente smantellata a causa della continua azione delle onde di depressione che avrebbero rimosso il materiale fine (sabbie e limi) dalla base e dal retro della sponda provocandone il progressivo collasso su un fronte che, in tempi diversi, si è esteso all'intero tracciato nord-sud del canale Malamocco-Marghera (Figura 9). Successivamente al cedimento delle opere di protezione l'azione erosiva delle onde delle navi ha provocato la rimozione progressiva dei materiali della colmata (limi-argille provenienti dallo scavo del canale industriale e scarti industriali) facilitata anche dalla sequenza deposizionale dei materiali dell'area e che è costituita dal substrato

sabbioso-limoso del sistema di barene e vecchi apparati di foce del fiume Brenta sul quale sono stati impostati gli interventi di colmata. Le sabbie vengono facilmente erose dalla base del margine della colmata dall'azione delle correnti longitudinali associate all'onda di depressione determinando lo scalzamento del piede della scarpata e il franamento di zolle del materiale sovrastante (Figure 10 e 11). Il materiale franato inibisce l'arretramento ulteriore del margine finché non viene completamente rimosso dall'azione delle onde. Il processo può quindi riprendere con le modalità descritte determinando una progressione a impulsi e una notevole variabilità spaziale e temporale del fenomeno di arretramento.

Le misure dell'erosione di sponda effettuate lungo il margine della cassa di colmata B su un periodo di circa un anno e su un orizzonte temporale di diversi decenni, utilizzando immagini aeree e satellite, hanno rivelato velocità di arretramento che raggiungono frequentemente i 4 metri all'anno per un arretramento totale di 130 metri, nel caso della cassa B. In alcuni casi nella cassa A, le velocità di arretramento della sponda possono largamente superare il valore di 10 metri all'anno.

Nel caso della cassa di colmata D-E, i rilievi in corso, effettuati nell'ambito del progetto Venezia2021, dimostrano inoltre che l'efficacia degli interventi di protezione dei margini del canale, pur realizzati in epoche più recenti e quindi con moderne tecnologie, sia comunque molto limitata (Figura 12).

Un destino simile caratterizza anche la scogliera realizzata a protezione del basso fondale a est del canale Malamocco-Marghera nell'area antistante la cassa di colmata B. L'erosione del fondale fra il canale e la scogliera e la rimozione dei materiali dalla base della scogliera, stanno determinando

Figura 10. Erosione del margine della cassa di colmata B. La rimozione del materiale sabbioso dalla base della scarpata di erosione provoca il collasso del suolo soprastante e la caduta degli alberi



Figura 11. Erosione del margine della cassa di colmata B. Nell'immagine sono visibili un fronte di crollo e i livelli sabbiosi alla base dei depositi di materiale (limo-argilla) refluito dai mezzi di dragaggio per la realizzazione della colmata



Figura 12. Dettaglio del modello digitale di superficie della cassa di colmata D-E (da: progetto Venezia2021, Linea 1.1). Si evidenzia l'intensa erosione dovuta alle onde di depressione. Lo smantellamento delle protezioni è conseguente allo scalzamento del substrato sul quale le stesse sono impostate. Una volta cedute le protezioni l'erosione può propagarsi verso l'interno della cassa di colmata determinando il progressivo degrado morfologico dell'area



Figura 13. L'onda di depressione creata da una nave traghetto nel canale Malamocco-Marghera in transito a una velocità prossima a 10 nodi.

La depressione si estende fino a oltre la scogliera di protezione del basso fondale, posta a circa 120 metri dal canale, e richiama un flusso d'acqua e sedimenti verso il canale stesso.

Per effetto del continuo asporto dei materiali dalla base della scogliera e delle forti correnti generate dalle stesse perturbazioni, la struttura ha ceduto in diverse posizioni. Il fondale della piana tidale a ovest della scogliera (verso il canale) è circa 1 metro più profondo di quello a est della struttura. In corrispondenza ai pali delle bricole e alla stazione mareografica è evidenziata (frecche) l'evoluzione della direzione del trasporto durante il passaggio della nave

il progressivo smantellamento della protezione per collasso dei materiali in mancanza del substrato. La scogliera non è più in grado di esercitare la sua azione protettiva e consente la movimentazione di acqua e sedimenti della piana tidale a est della protezione in corrispondenza al passaggio delle onde di depressione create dalle navi in transito (Figura 13).

Il risultato più interessante di queste indagini sulle trasformazioni morfologiche è che la velocità di arretramento media del margine delle casse di colmata non sembra diminuire nel tempo, e quindi anche con l'aumentare della distanza fra la scarpata di erosione e il margine del canale (Zaggia *et al.*, 2017). Questo significa che il profilo trasversale del canale, a distanza di circa 50 anni dalla sua realizzazione, pur essendo stato lasciato libero di adattarsi alle forzanti, non ha ancora raggiunto una configurazione "stabile" in cui la sua forma si possa considerare in equilibrio con la pressione del traffico attuale.

Questo risultato porta a due conclusioni principali. La prima è che l'attuale canale Malamocco-Marghera nel tratto compreso fra il porto di San Leonardo e l'area industriale è un sistema che versa in condizioni critiche con il volume e la condotta del traffico attuale. Ulteriori aumenti, in particolare dei transiti di natanti di grosso tonnellaggio, non saranno sostenibili se non attraverso interventi di protezione e continue operazioni di manutenzione e ripristino. La seconda conclusione è che la sezione attuale del canale di navigazione, determinata dalle trasformazioni descritte, non può essere utilizzata come base di riferimento per la progettazione di interventi (canali di raccordo con la Stazione Marittima e altro). Le evidenze sperimentali indicano infatti che non si tratta di una configurazione di equilibrio.

Il mancato raggiungimento di una sezione stabile nella morfologia del canale è probabilmente dovuto a diversi fattori. Uno di questi è senza dubbio l'aumento della



pressione del traffico sia per il numero di transiti sia per le dimensioni massime dei natanti.

È quindi fondamentale iniziare a pensare a un sistema di gestione del traffico che consideri non solo le variabili del profitto, ma anche la possibilità di minimizzare i costi ambientali delle attività di salvaguardia. Un notevole miglioramento in questa direzione si potrebbe avere da subito, semplicemente intervenendo sulla condotta dei mezzi e riducendo le velocità entro limiti tecnicamente sostenibili fatti salvi i criteri minimi di sicurezza anche in funzione del livello di marea.

Si è potuto verificare, attraverso le registrazioni AIS, come la maggior parte delle navi, soprattutto quelle nella classe di lunghezze comprese fra i 150 e i 200 metri, transiti nella zona delle casse di colmata a velocità comprese fra gli 8 e gli 11 nodi con una frequenza massima fra i 9 e 10 nodi (Corila, 2016). È quindi probabilmente possibile contenere almeno gli estremi di velocità più elevati entro i valori minimi della classe di maggior frequenza attualmente osservati. I risultati delle ricerche descritte hanno dimostrato che è possibile prevedere l'altezza dell'onda di depressione e gli effetti di risospensione sui bassi fondali sulla base di variabili quali la velocità di navigazione, la geometria dello scafo in relazione alla sezione del canale (coefficiente di blocco), e l'altezza di marea (Rapaglia *et al.*, 2011; Rapaglia *et al.*, 2015). Si è potuto verificare, ad esempio, come l'impatto non sia lo stesso per tutte le navi, anche a parità di dimensioni. Il contenimento dei fenomeni di risospensione potrebbe quindi essere possibile semplicemente evitando i passaggi molto ravvicinati di navi di grosso tonnellaggio e riducendo la velocità di un valore accettabile (entro il 15%) per i soli natanti

che hanno un impatto significativo sulla risospensione e cioè per un numero di navi inferiore al 40% del totale (Rapaglia *et al.*, 2011).

Inoltre, utilizzando strumenti più sofisticati, come i modelli numerici precedentemente descritti, risulterebbe possibile prevedere l'altezza dell'onda di depressione della specifica nave e i suoi effetti in funzione della velocità e del livello di marea. Per questo approccio è ovviamente necessario conoscere nel dettaglio la morfologia del canale, che è già oggetto di monitoraggio da parte delle istituzioni, e la geometria delle carene in modo da simulare gli effetti del passaggio precedentemente all'ingresso in laguna e disporre quindi di criteri oggettivi per la condotta dei mezzi.

Non è certamente facile reperire informazioni sulle carene di tutte le navi che accedono al porto, ma in molti casi le geometrie sono assimilabili per alcune categorie di natanti. Inoltre, questo requisito potrebbe in futuro diventare un criterio ambientale per l'autorizzazione al transito entro la laguna delle navi al di sopra di una determinata stazza, analogamente a quanto accade in alcuni porti per il rispetto delle norme anti-inquinamento fissate sui carburanti. Una sorta di certificazione ambientale per l'accesso in laguna che consentirebbe al porto di Venezia di attuare una gestione sostenibile del traffico salvaguardando interessi economici e morfologia lagunare. Un valore aggiunto non trascurabile di questa buona prassi è una maggiore durata nel tempo delle opere di contenimento degli impatti e un sensibile risparmio nei costi di dragaggio. In quest'ottica è ovviamente necessaria una costante verifica degli effetti delle strategie di gestione basata anche sull'apporto della ricerca scientifica, tendenzialmente orientata a considerare un orizzonte temporale più este-

so, anche alla luce degli scenari attesi di innalzamento del livello marino nei prossimi decenni. Quale sarà infatti l'utilità e l'efficacia della pianificazione morfologica e degli interventi di salvaguardia dell'habitat lagunare in assenza di protocolli e criteri per la mitigazione degli impatti del traffico in una laguna in continua trasformazione? Certamente si tratta di investire nell'immediato sulla conoscenza, e sul monitoraggio dei fenomeni, ma con la garanzia di un ritorno economico ed ambientale sul medio-lungo periodo a beneficio della città, della sua laguna e delle stesse attività portuali.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Adami, A., Comola, Venuti, A., (2001). *Studio sugli effetti idrodinamici nei canali di Venezia dovuti al moto ondoso provocato dal transito dei natanti*. Convenzione di ricerca per Autorità Portuale di Venezia, Protecno Srl.

Bellafiore, D., Zaggia, L., Broglia, R., Ferrarin, C., Barbariol, F., Zaghi, S., Lorenzetti, G., Manfè, G., De Pascalis, F., Benetazzo, A., (2018). *Modeling ship-induced waves in shallow water systems: The Venice experiment*. *Ocean Engineering*, 155, 227-239, <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2018.02.039>.

Canestrelli P., Vazzoler S., Zotti I., (2000). *Experimental research and measures to reduce the wash generated by high speed motorboats in Venice*. International Conference on Hydrodynamics of High Speed Craft - Wake Wash & Motions Control, Londra.

Corila, (2016). *Stato ambientale della Laguna di Venezia ed elementi per la pianificazione sostenibile delle attività portuali: Attività 3 e 4 - Valutazione degli effetti del moto ondoso*

da natanti e analisi idro-ecologica. Relazione finale, Giugno 2016, p. 149.

Costa, F., Nadali, G.P., (1988). *Prove sperimentali su natanti per la rilevazione del moto ondoso*. CNR – Istituto per lo Studio della Dinamica delle Grandi Masse, Comune di Venezia, Commissione Tecnica per lo Studio del Moto Ondoso, Ufficio Traffico Acqueo – Rapporto Tecnico.

Costa, F., Zuliani, A., (2004). *Analisi degli effetti idrodinamici indotti nei Rii di San Basilio, San Martin, Ponte Piccolo e Sant'Eufemia, in corrispondenza del passaggio delle grandi navi da crociera nel Canale della Giudecca e in Bacino San Marco*. CNR - Istituto di Scienze Marine, Centro Previsioni e Segnalazioni Maree, *Relazione di Sintesi*. Incarico del Comune di Venezia: Determinazioni n. 1979 del 13.08.2003 e n. 3035 del 12.12.2003.

Costantini, M., (2004). *Porto navi e traffici a Venezia 1700-2000*. Marsilio editori, Venezia, p. 158.

D'Alpaos, L., Liberatore, G., (1993). *Prove sperimentali di onde generate da natanti*. Convenzione di ricerca per Comune di Venezia, Università di Padova.

Liberatore, G., (1988). *Prove sperimentali di onde generate da natanti; elaborazioni preliminari*. Convenzione di ricerca applicata, Università di Padova.

Lippe, E., (1984). *Porto di Lido ed i suoi fondali: confronto dei rilievi batimetrici eseguiti dal 1800 a oggi*. Studi di idraulica marittima e lagunare 93-118.

Madricardo, F., Fogliani, F., Campiani, E., Grande, V., Catenacci, E., Petrizzo, A., Kruss,

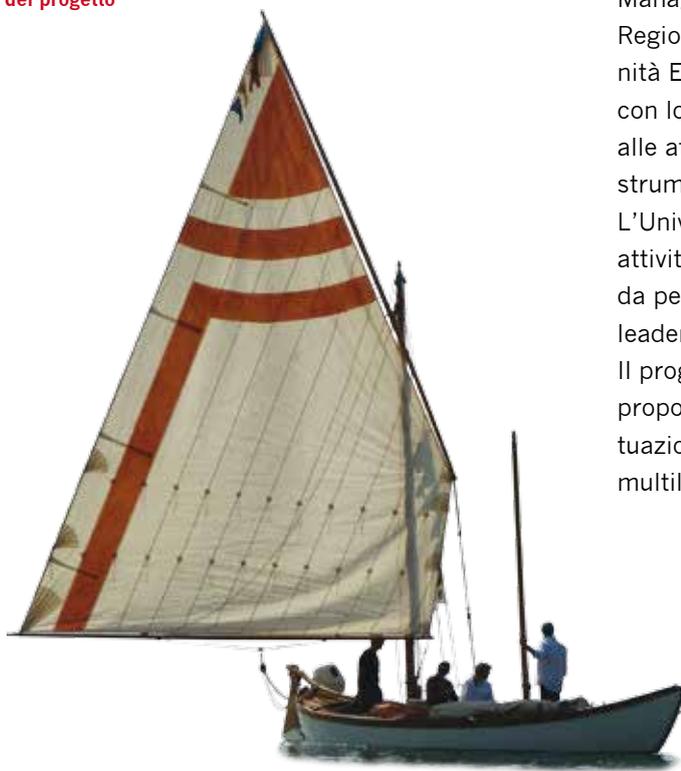
- A., Toso, C., and Trincardi, F., (2019). *Assessing the human footprint on the sea-floor of coastal systems: the case of the Venice Lagoon, Italy*. Scientific Reports, 9:6615. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-43027-7>.
- Parnell, K.E., Soomere, T., Zaggia, L., Rodin, A., Lorenzetti, G., Rapaglia, J.P., and Scarpa G. M., (2016a). *Ship-induced solitary Riemann waves of depression in Venice Lagoon*. Physics Letter A, 379, 555-559.
- Parnell, K.E., Zaggia, L., Soomere, T., Lorenzetti, G., and Scarpa G. M., (2016b). *Depression Waves Generated by Large Ships in the Venice Lagoon*. Journal of Coastal Research, 75, 907-911.
- Rapaglia, J., Zaggia, L., Parnell, K.E., Lorenzetti, G., and Vafeidis, A.T., (2015). *Ship-wave induced sediment remobilization: Effects and proposed management strategies for the Venice Lagoon*. Ocean & Coastal Management 110, 1-11.
- Rapaglia, J., Zaggia, L., Ricklefs, K., Gelinias, M., and Bokuniewicz, H., (2011). *Characteristics of ships' depression waves and associated sediment resuspension in Venice Lagoon, Italy*. Journal of Marine Systems, 85 (1-2), 45-56.
- Rodin, A.; Soomere, T., Parnell, K.E., and Zaggia, L., (2015). *Numerical simulation of the propagation of ship-induced Riemann waves of depression into Venice Lagoon*. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, 64 (1), 22-35.
- Sarretta, A., Pillon, S., Molinaroli, E., Guerzoni, S. & Fontolan, G., (2010). *Sediment budget in the Lagoon of Venice, Italy*. Continental Shelf Research, 30, 934-949.
- Trevisan, N., (2019). *Observation and modelling of the ship wave pattern in a navigation channel of the Venice Lagoon*. Tesi di Laurea: Università degli Studi di Trieste, Dipartimento di Ingegneria e Architettura, Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Navale, p. 143.
- Umgiesser, G., Melaku Canu, D., Cucco, A., Solidoro C., (2004). *A finite element model for the Venice Lagoon. Development, set up, calibration and validation*. Journal of Marine Systems 51, 123-145.
- Vazzoler S., Canestrelli P., (1996). *Moto ondoso nei canali di Venezia*. Atti dell'Istituto Veneto di Scienze Lettere e Arti, Venezia, 329-374.
- Zaggia, L., Lorenzetti, G., Manfé, G., Scarpa, G.M., Molinaroli, E., Parnell, K.E., Rapaglia, J.P., Gionta, M., Soomere, T., (2017). *Fast shoreline erosion induced by ship wakes in a coastal lagoon: Field evidence and remote sensing analysis*. PlosOne, PLoS ONE 12(10): e0187210. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187210>.



Verso un contratto per la laguna nord di Venezia

di MARIA CHIARA TOSI, MARTA DE MARCHI,
MICHELA PACE

Università Iuav di Venezia,
Dipartimento di Culture del progetto



IL PROGETTO INTERREG CREW

Nel dicembre 2018 ha preso avvio un processo pilota di governance partecipata per il territorio della della laguna nord di Venezia, denominato “Contratto di Area Umida per la laguna nord di Venezia”.

L’iniziativa è parte del progetto Interreg Italia-Croazia CREW - Coordinated Wetland Management in Italy - Croatia Cross Border Region¹: una ricerca finanziata dalla Comunità Europea, che descriveremo brevemente con lo scopo di fornire un inquadramento alle attività in corso e di presentare lo strumento dei “contratti di area umida”.

L’Università Iuav di Venezia, che coordina le attività relative al “Contratto di Area Umida per la laguna nord di Venezia”, è anche leader partner del progetto CREW.

Il progetto Interreg Italia-Croazia CREW, si propone di affrontare la questione dell’attuazione di uno strumento di governance multilivello orientato a conseguire effetti



Figura 1. Le aree interessate dal progetto Interreg Italia Crozia CREW.

1. Università IUAV di Venezia,
2. Unione Territoriale intercomunale della Riviera - Bassa Friulana,
3. Università di Camerino,
4. Comune di San Benedetto del Tronto,
5. Provincia di Barletta Andria Trani,
6. Natura Histrica - Pola,
7. Natura Jadera - Zara,
8. Zastida Prirode - Dubrovnik

¹ <https://www.italy-croatia.eu/web/crew>

globali sugli ecosistemi delle zone umide costiere del mare Adriatico e sui relativi aspetti socioeconomici, superando le frammentazioni che spesso mettono a repentaglio la loro integrità, sviluppo e conservazione.

In particolar modo, il progetto ha l'obiettivo di riconoscere il valore patrimoniale naturalistico e culturale delle aree umide, di favorire processi di salvaguardia e protezione del territorio, di coordinare le progettualità e la messa a sistema delle potenzialità economiche, sociali e ambientali degli ecosistemi fragili. In secondo luogo si propone di intraprendere azioni politiche coordinate a livello internazionale e forti delle esperienze, procedure o azioni significative attuate nei diversi contesti. Infine, cerca di mettere a punto strategie di ripensamento e costruzione di scenari per le aree umide oggetto di studio. Un percorso descrittivo e progettuale che mette al centro le aree umide come dispositivo ecosistemico tanto

fragile quanto vitale. A questo scopo, CREW è finanziato per circa 1.8 milioni di euro, da distribuire in due anni e mezzo di attività (01.12.2018 - 31.05.2021) e otto partner. Questi includono soggetti istituzionali come università, enti comunali ed amministrativi (Università luav di Venezia, l'Unione Territoriale Intercomunale della Riviera - Bassa Friulana, Università di Camerino, Comune di San Benedetto del Tronto, Provincia di Barletta Andria Trani), ed enti naturalistici regionali che hanno come missione la protezione del territorio (Natura Histrica - Pola, Natura Jadera - Zara, Zastida Prirode - Dubrovnik).

Il confronto tra partner ha lo scopo di produrre materiali e strategie condivise, tra cui istituire un "Osservatorio transfrontaliero" per monitorare le migliori pratiche di gestione delle zone umide costiere croate e italiane; proteggere la biodiversità in tali aree mettendo a punto una metodologia



Figura 2.
Barene nella laguna
di Venezia

coordinata per la gestione delle zone umide; condividere una strategia transfrontaliera e rafforzare le sinergie tra le zone umide italiane e quelle croate.

Parallelamente alle attività programmate dalla partnership di CREW, ciascuno dei partner (ad esclusione dell'Università di Camerino) lavora su un'area studio in cui viene avviato un contratto di area umida. Le aree coinvolte sono: la foce del fiume Ofanto, la riserva naturale della Sentina, la laguna nord di Venezia, la laguna di Marano, la riserva ornitologica Palud, l'isola di Pag, la

foce del fiume Neretva. L'università IUAV di Venezia si è proposta di mettere in tensione questi diversi focus nello specifico contesto veneto e in particolare l'interfaccia tra acqua-terra per quanto riguarda la laguna nord di Venezia.

LA LAGUNA NORD DI VENEZIA

La scelta di concentrarsi sulla laguna nord di Venezia è legata a motivi morfologici, politici e tecnici. Dal punto di vista morfologico e funzionale possiamo infatti riconoscere nella laguna nord un ambito



diverso rispetto ad altre parti della laguna. Lo sviluppo economico che nelle altre parti della laguna ha portato a modificazioni importanti, come l'escavo di canali che hanno modificato le dinamiche idrauliche, nella laguna nord ha mantenuto sufficientemente inalterata la morfologia complessiva con un buon livello di meandricazione garante del corretto scambio tra acque dolci e salate. Nonostante queste caratteristiche ne evidenzino la diversità, la laguna nord (circa 220 Km²) è parte di un sistema lagunare più ampio costituito dall'intera laguna di

Venezia (circa 550 km²) e caratterizzato da importanti presenze storico-naturalistiche. L'UNESCO ha dichiarato Venezia e la sua laguna patrimonio dell'umanità già nel 1987, riconoscendo la presenza di un patrimonio diffuso e diversificato: ambientale e paesaggistico, archeologico, storico, architettonico ed etnologico. Non solo la biodiversità e la presenza di differenti habitat floristici e faunistici, ma anche la combinazione del patrimonio naturale con la presenza di una cultura sociale ed economica stratificata, che ha depositato nei secoli manufatti, competenze e pratiche.

Duplici frontiera di acqua e di terra, questo territorio è da sempre oggetto di pratiche formali e informali e per questo fortemente normato. Ad oggi, su di esso insistono un numero consistente di normative volte alla protezione e alla tutela degli ambiti fragili a scala internazionale, regionale e locale².

La laguna di Venezia è stata oggetto di numerosi piani e progetti: complessivamente questi documenti costituiscono importanti precedenti che evidenziano le tensioni e i conflitti esistenti nel territorio a cui si è cercato di trovare un equilibrio. Al contempo, il lavoro condotto per ciascuno dei piani, ha prodotto un gran numero di rilievi, mappe e osservazioni scientifiche che costituiscono un importante lascito di informazioni che possono essere selezionate e tradotte nella costruzione di un nuovo progetto.

Infine, dal punto di vista puramente tecnico, era necessario limitare la porzione di territorio analizzata poiché il processo di governance - che ha una durata limitata al periodo di finanziamento 2018/2020 - fosse efficace. L'attivazione di forme di rappresentanza plurale ha infatti bisogno di attenzione costante e puntuale, e non avrebbe potuto essere condotta su un territorio troppo vasto in un periodo di tempo così

² "Direttiva Quadro 2000/60/CE" (che riguarda le politiche di riqualificazione delle acque emerse e sotterranee), la "Direttiva 2007/60/CE" (che riguarda il rischio di alluvioni), la "Direttiva 92/43/CEE del Consiglio", del 21 maggio 1992, (DPR 8/09 1997 n. 357, mod. DPR 12/03 2003 n.120) meglio conosciuta come "Direttiva Habitat" (per la conservazione degli habitat naturali e semi-naturali e della flora e della fauna), la "Direttiva Uccelli 79/409/CEE" (C-355/90, C-374/98). Si aggiungono il "Piano Faunistico venatorio regionale 2007/2012", le "Important Bird Areas: IBA 064" per la laguna di Venezia, le "Aree Blu" (art 13, ordinanza n.31/2002 del Commissario del Governo Delegato al Traffico acqueo nella laguna di Venezia) e i biotopi naturali (come valli e dune) oltre alle zone SIC, ZPS e ai PAT dei comuni di bordo

³ <https://tourduvalat.org/en/mediterranean-wetlands/menaces-enjeux-protection/>

breve. Questa necessità fornisce al contempo un'occasione preziosa, e cioè quella di fare della laguna nord un importante test per il sistema più ampio cui appartiene. A esperienza conclusa, i risultati del percorso potranno essere analizzati e altri contratti di area umida proposti nell'arco sud e centrale della stessa laguna.

Nell'ambito del "Contratto di Area Umida per la laguna nord di Venezia" si cercherà, attraverso un processo partecipato, di mettere alla prova una programmazione strategica condivisa che tenga conto delle numerose pressioni cui l'area è sottoposta. Tra queste l'infrastrutturazione del territorio e l'espansione urbana, i movimenti turistici a carico delle infrastrutture e la presenza di reti di collegamento preferenziali, le attività agricole ed altre attività produttive poste sulla terraferma così vicine ed interconnesse alle dinamiche lagunari, i problemi idraulici della laguna come l'insabbiamento e l'effetto che quest'ultimo ha sulle economie d'acqua (per esempio le valli da pesca). I cambiamenti climatici, destinati ad aumentare la loro intensità in breve tempo, aumenteranno gli effetti negativi che le attività umane, le economie monoculturali e la mancanza di visione complessiva potranno produrre sul delicato sistema lagunare.

È un'occasione preziosa, dunque, quella dei contratti di area umida, che mettono a sistema competenze diverse per migliorare la consapevolezza dei responsabili politici, dei professionisti e del pubblico in generale sul valore degli ecosistemi delle zone umide e rafforzare il loro impegno nella governance territoriale.

I CONTRATTI DI FIUME E AREA UMIDA. UNA SECONDA GENERAZIONE

Il contratto di area umida è uno strumento volontario di programmazione strategica

e negoziata su base partecipativa, che costituisce una declinazione nei territori interessati dalla presenza di aree umide (lagune, paludi, stagni, torbiere, ecc.) dei più diffusi "contratti di fiume" - come riconosciuti a livello nazionale (art. 68 bis del D.Lgs. 152/2006) e regionale (D.G.R.V. 1938/2015).

L'interesse crescente per i "Wetland Contract" (così generalmente definiti in inglese) a livello nazionale ed europeo sta attualmente attraversando un importante rinnovamento; si evidenzia infatti una seconda generazione di contratti che mira ad una più ampia rappresentanza all'infuori dell'azione diretta istituzionale, e che vuole rendere conto delle ragioni dei soggetti ma anche degli oggetti (quelle che genericamente chiamiamo 'cose' o soggetti 'diversamente animati', come la flora o la fauna). In questo senso, i nascenti contratti di area umida vogliono intercettare in modo più esplicito i luoghi di tutti i portatori di interesse, siano questi soggetti umani, animali o vegetali, considerati per il complesso sistema di relazioni che li lega ad un particolare ambiente geografico, economico o sociale.

È noto infatti che le aree umide, a causa della loro condizione di margine, subiscono un grande numero di pressioni. Tra queste ci sono l'erosione delle coste e l'innalzamento del mare dovuti ai cambiamenti climatici; pressioni legate ad attività insediative o turistiche che minacciano la precarietà degli ecosistemi naturali, ma anche pressioni economiche che sfidano i sistemi produttivi tradizionali legati a queste aree fragili. A questo proposito l'osservatorio europeo della Camargue ha registrato come dagli anni Settanta ad oggi le aree europee siano diminuite del 48%, mentre in alcune di esse la popolazione sia aumentata del 300%³. A partire da queste fragilità il progetto

Interreg CREW si propone di affrontare la questione dell'attuazione di uno strumento di governance multilivello orientato a conseguire effetti globali sugli ecosistemi delle zone umide costiere e sui relativi aspetti socioeconomici. Il caso studio proposto da Luav, in particolar modo, si concentra sulla porzione nord della laguna di Venezia. Attraverso il coinvolgimento di partners istituzionali e non, lo scopo è avviare un processo partecipato volto alla costruzione di un "contratto di area umida" che tenga conto delle potenzialità e vulnerabilità territoriali di margine, necessariamente connesse alle attività di terra così come a quelle di mare. Le interdipendenze tra questi diversi ambiti ci impongono infatti di ragionare sulla trasformazione cui l'ambiente lagunare è da sempre sottoposto, in un delicato equilibrio tra conservazione paesaggistica e promozione economica, insediativa e turistica. Questa pratica è stata recentemente testata sulla laguna di Caorle da parte della Regione del Veneto nell'ambito del progetto Interreg Med WetNet⁴. In tale circostanza, il percorso di governance è diventato l'occasione per studiare come supportare le politiche locali in una logica di maggiore integrazione, per ottimizzare gli investimenti pubblici e privati in modo sinergico e collaborativo e per attrarre nuove risorse, funzionali ad una migliore gestione ambientale e socio-economica del sistema lagunare e dei territori a questo connessi. È necessario sottolineare a questo punto, che il "contratto di area umida" non è sovraordinato a nessun atto amministrativo perché è un programma e non un piano: intende cioè creare delle basi programmatiche da cui altri progetti possano nascere, senza imporre nuovi vincoli. Al contrario, si costruisce come una pratica volontaria e inclusiva: gli scenari sono condivisi tra tutti i portatori di

interesse, le azioni discusse piuttosto che imposte, l'adesione mediata. Per queste e altre ragioni, i contratti di area umida costituiscono importanti opportunità per le amministrazioni locali, capaci di costruire consenso e attivare processi di responsabilizzazione nel territorio.

VERSO UN CONTRATTO DI AREA UMIDA PER LA LAGUNA NORD DI VENEZIA.

IL PROCESSO

Le finalità principali dell'esperienza "Contratto di Area Umida per la laguna nord di Venezia" sono quelle di garantire un maggiore coordinamento tra i diversi livelli di pianificazione delle aree umide, di accrescere la consapevolezza negli attori locali e territoriali circa l'importanza della cura nella gestione ad uso plurimo degli ecosistemi lagunari e di innescare buone pratiche di gestione ambientale e di sviluppo locale capaci di sostenere i sistemi locali (turismo, produzione, tempo libero, ecc.) coinvolgendo soggetti istituzionali e non istituzionali. Tali finalità si concretizzeranno nella definizione di un Programma di Azione

Figura 3.
Laguna nord di Venezia

⁴ www.regione.veneto.it/web/ambiente-e-territorio/wetnet-contratto-area-umida



Le fasi del contratto di area umida e i prodotti attesi per ognuna di esse

- di breve termine (3-5 anni) e condiviso tra i settori pubblico e privato interessati - per la gestione integrata della laguna nord di Venezia. Questo programma terrà conto di questioni come il bilanciamento idraulico, la promozione di turismo sostenibile, il sostegno alle attività tradizionalmente legate all'ambito di laguna e a quelle di terraferma che con queste si interfacciano. Dobbiamo infatti ricordare che quando parliamo di area umida non intendiamo il solo specchio d'acqua ma anche quegli ambiti geografici ed economici che si affacciano e si sovrappongono ad esso, parzialmente o del tutto. Solo in questo modo sarà possibile considerare in modo efficace questo territorio al contempo fragile e complesso, al fine di garantirne la biodiversità, accrescere il suo potenziale economico, supportare attività multifunzionali e controllare le modalità di accesso all'area stessa.

La partecipazione attiva al percorso di governance, che porterà alla sottoscrizione del contratto, coinvolgerà tutti i soggetti in

forma organizzata, pubblici e privati, a vario titolo interessati ai temi ambientali, idraulici e di sviluppo locale connessi alla gestione della laguna nord di Venezia. Anche i singoli cittadini potranno prendere parte al processo per essere informati e per condividere istanze e proposte.

Le tappe di questo percorso si articoleranno in incontri territoriali e tematici ai quali parteciperanno tutti i soggetti interessati. A supporto delle attività è prevista l'attivazione di strumenti di comunicazione web (sito internet, canali social, mailing list), che garantiranno trasparenza e informazione pubblica e consentiranno l'accesso a tutti i prodotti che verranno realizzati. In particolare, si distinguono cinque fasi.

La prima fase è detta "Fase di informazione e condivisione degli intenti" e si occupa della mappatura dei portatori di interesse attraverso incontri pubblici, indagini e interviste, e più in generale della diffusione del progetto tramite canali informatici. Questa fase produce, alla fine di un breve percorso

FASE 1

INFORMAZIONE E CONDIVISIONE DEGLI INTENTI



Documento di intenti

FASE 2

ANIMAZIONE E ASCOLTO

- caratterizzazione gli attori territoriali rilevanti per il contesto in esame
- capitalizzazione, sintesi e condivisione delle conoscenze sulla laguna nord di Venezia
- identificazione e condivisione punti di forza e debolezza
- identificazione e condivisione rischi e opportunità derivanti da Piani e Programmi vigenti



Quadro conoscitivo

FASE 3

PROPOSTA E DIALOGO

- definizione condivisa di una strategia per la gestione della laguna nord di Venezia
- identificazione delle istanze territoriali per la sua riqualificazione e valorizzazione
- valutazione integrata e condivisa delle alternative di azione



Documento strategico

FASE 4

NEGOZIAZIONE E IMPEGNO

- specificazione delle proposte di azione
- condivisione degli impegni e responsabilità attuative
- definizione dell'Accordo di Programma del Contratto di Area Umida



Programma di azione

FASE 5

CONCLUSIONI E FORMALIZZAZIONE DELL'ACCORDO



Contratto di Area Umida

condiviso, un “Documento di intenti”, che costituisce una dichiarazione di impegno da parte dei soggetti interessati. Qui si fissano i punti su cui le parti sono già pervenute ad un accordo, come obiettivi generali e desiderata, ma senza che questo le impegni a concludere il contratto. Nella successiva “Fase di animazione ed ascolto” vengono capitalizzate, sintetizzate e condivise le conoscenze sulla laguna nord di Venezia, vengono identificati i punti di forza e di debolezza, fissati i rischi e le opportunità che questo ambiente fragile porta con sé, così come quelli derivanti da piani e programmi vigenti. Questa fase porta al completamento del “quadro conoscitivo” e rappresenta uno dei punti di forza degli strumenti integrati di governance multilivello. Poiché i soggetti impegnati sono eterogenei, lo sarà anche il loro apporto al progetto e in particolare la messa a disposizione di competenze. Bisogna ricordare infatti che i portatori di interesse non producono solo istanze, ma anche una conoscenza capillare e diretta

del territorio che abitano e usufruiscono a diverso titolo, istituzionale e non. Ancora più importante è il fatto che la conoscenza relativa al territorio in oggetto non è necessariamente a priori, ma come vedremo nelle fasi successive si produce ed esplicita nel corso del processo stesso, attraverso l’interazione e la successiva rielaborazione delle conoscenze ed esperienze iniziali. Oltre a ciò, i soggetti coinvolti portano risorse non solo economiche e di tempo, ma anche di altro tipo come la conoscenza di reti sociali esistenti e una necessaria disponibilità all’azione che risulterà particolarmente utile nel tempo.

La terza fase, “Proposta e dialogo”, prevede la definizione condivisa di una strategia per la gestione della laguna nord di Venezia, l’identificazione di istanze territoriali per la sua qualificazione e valorizzazione, e la valutazione integrata e condivisa delle alternative di azione. Alla fine di questa fase viene prodotto il “Documento Strategico”, che apre alla fase successiva di “Negozia-

Figura 4.
Laguna nord
di Venezia



zione e impegno”. In questa quarta fase vengono specificate le proposte di azione, vengono condivisi gli impegni e le responsabilità attuative e viene definito l'accordo di programma del Contratto di Area Umida. Questa fase produce infatti un “Programma di Azione” che contiene le proposte a medio termine immaginate e programmate dai soggetti interessati. La fase finale di “Conclusione e formalizzazione dell'accordo” rivede e approva per un'ultima volta questo programma che costituisce il corpo principale del contratto di area umida.

Per quanto riguarda il “Contratto di Area Umida per la laguna nord di Venezia”, immaginiamo un percorso partecipato che si svolga nell'arco di 12-18 mesi per concludersi con la sottoscrizione del contratto di area umida entro il 2021. La prima fase di informazione e condivisione è già stata avviata e sono stati svolti due incontri informativi, il primo con i soli attori istituzionali (a Musile di Piave, il 26 settembre 2019), il secondo aperto a tutti i soggetti interessati (a Mestre, il 21 ottobre 2019). Altri due incontri dello stesso tipo sono stati ospitati da due dei cinque comuni coinvolti nel progetto, così da intercettare da vicino le associazioni e i gruppi che si muovono all'interno di ambiti più ristretti.

Altri incontri divulgativi in cui è stato presentato il progetto CREW includono il convegno Urban Promo Green (a Venezia il 19 e 20 settembre 2019) in cui si è parlato della rilevanza delle Aree Umide a livello regionale ed Europeo; e l'evento 'Biennale Initiative 2019' alla mostra del Cinema di Venezia, e sponsorizzato dalla Regione del Veneto (tenutosi al Lido di Venezia il 6 settembre 2019), in cui si è parlato del ruolo dei singoli progetti Interreg Italia-Croazia presenti in Veneto come parte di una più vasta rete di iniziative di promozione terri-

toriale supportate dalla Comunità Europea. Il progetto dunque si sta muovendo contemporaneamente a più scale: da un lato sensibilizzando e promuovendo il tema delle aree umide a livello regionale e sovraregionale, dall'altro incoraggiando strumenti di governance multilivello capaci di favorire forme di rappresentanza plurale nel territorio della laguna nord. Questo doppio impegno propone una sfida complessa e cioè quella di rafforzare la rete dei progetti in essere che si occupano di aree umide così da influenzare le politiche europee, e al contempo quella di tradurre i risultati di percorsi territoriali in riscontri pratici anche a breve termine, che possano essere agilmente integrati nelle politiche esistenti.

Uno dei punti chiave dei contratti di area umida come quello proposto per la laguna nord di Venezia, è infatti quello di sostenere l'empowerment dei soggetti, degli oggetti e dei luoghi coinvolti, di dotarli di strumenti di lettura e programmazione territoriale in modo che possano continuare a promuovere pratiche di tutela e promozione territoriale nel tempo. Si parla in questo caso di creazione di commitment, di responsabilità condivise, di interesse orizzontale ed integrato, ricordando che queste pratiche non sono solo innovative, ma anche rafforzative di azioni istituzionali esistenti, e che quindi possono costituire per i soggetti istituzionali coinvolti (come i Comuni, la Regione, i consorzi), importanti opportunità di mediazione e di crescita.



LIFE SeResto, un progetto europeo per il ripristino delle condizioni ecologiche in laguna superiore tramite il trapianto di fanerogame acquatiche

Il progetto LIFE SeResto (LIFE12 NAT/IT/000331) *Habitat 1150* (Coastal lagoon) recovery by Seagrass RESTORation. A new strategic approach to meet HD & WFD objectives* realizzato grazie al contributo finanziario dell'Unione Europea nell'ambito del Programma LIFE Plus Natura 2012, è stato coordinato dal Dipartimento di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica (DAIS) dell'Università Ca' Foscari Venezia e realizzato con la collaborazione dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), l'associazione Laguna Venexiana Onlus (LV) e il Provveditorato Interregionale per le Opere Pubbliche del Veneto, Trentino Alto Adige e Friuli Venezia Giulia (PROVV. OO.PP.). Il progetto mirava a salvaguardare, consolidare e ripristinare l'habitat prioritario 1150* (lagune costiere) nel SIC Laguna Superiore (IT3250031) che si estende su 20.365 ettari. L'area SIC comprende

di **ADRIANO SFRISO¹**, **ALESSANDRO BUOSI¹**, **YARI TOMIO¹**, **ABDUL-SALAM JUHMANI¹**, **ANDREA AUGUSTO SFRISO¹**, **PIERO FRANZOI¹**, **LUCA SCAPIN¹**, **ANDREA BONOMETTO²**, **EMANUELE PONIS²**, **FEDERICO RAMPAZZO²**, **DANIELA BERTO²**, **CLAUDIA GION²**, **FEDERICA OSELLADORE²**, **ROSSELLA BOSCOLO BRUSÀ**, **CHIARA FACCA¹**

¹ Dipartimento di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica (DAIS), Università Ca' Foscari Venezia

² Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA)



Figura 1.
Prateria di fanerogame
marine

anche le valli da pesca arginate precluse al libero ricambio mareale che costituiscono un contesto di grande pregio naturalistico. Il SICIT3250031 comprende sette habitat di interesse comunitario, oltre sessanta specie di avifauna incluse nell'allegato I della Direttiva per la conservazione degli uccelli selvatici n. 79/409/CE, due specie di anfibi, tre di pesci e una specie vegetale incluse nell'allegato II della Direttiva per la conservazione degli habitat n. 92/43/CE (dati cumulativi SIC IT3250031 + ZPS IT3250046).

Il principale obiettivo del progetto era innescare un processo di ricolonizzazione delle praterie di angiosperme acquatiche nel SIC IT3250031 "Laguna Superiore di

Venezia", soprattutto tramite il trapianto di *Zostera marina* Linnaeus e *Zostera noltei* Hornemann e, in alcuni siti, di *Ruppia cirrhosa* (Petagna) Grande e *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson, in siti di piccole dimensioni diffusi in tutta l'area di intervento (Figura 1).

Le angiosperme acquatiche sono le specie botaniche strutturanti gli ambienti acquatici naturali di transizione; con le loro praterie estese contribuiscono ad aumentare la stabilità ecologica e il consolidamento dei sedimenti riducendo la risospensione e la perdita dei sedimenti fini (Sfriso *et al.*, 2005a, b) contrastando l'erosione e la marinizzazione. Esse creano, quindi, le condizioni per l'insediamento di altre specie vegetali

(specie fitobentoniche spesso calcarizzate) e animali come i pesci ago e i cavallucci marini (famiglia Syngnathidae), il ghiozzo gò (*Zosterisessor ophiocephalus*), il ghiozzo nero (*Gobius niger*) e la bavosa pavone (*Salaria pavo*). Inoltre, le praterie ad angiosperme acquatiche sono il substrato naturale di pascolo per numerosi uccelli migratori che si nutrono direttamente di queste piante o degli organismi bentonici che le popolano. Infine, ma non meno importante, queste praterie sequestrano in modo permanente importanti quantità di CO₂. Contrariamente alle macroalghe, che poi restituiscono all'atmosfera il carbonio fissato durante la loro degradazione, le angiosperme acquatiche sono piante perenni presenti tutto l'anno che sequestrano permanentemente CO₂ nei tessuti. Oltre alla CO₂ sequestrata dalle sole angiosperme acquatiche, ne deve essere aggiunta una quantità almeno equivalente considerando le alghe calcarizzate, i bivalvi, i gasteropodi e i vermi tubificidi calcarizzati che vivono all'interno della prateria come epifiti o macrofauna bentonica.

La mancanza di un letto di piante strutturanti come le angiosperme acquatiche interrompe, quindi, un'importante catena trofica che comprende sia la componente ittica che l'avifauna, con rilevanti ripercussioni ambientali e socio-economiche. Negli ultimi decenni le praterie di fanerogame acquatiche sono fortemente regredite, tanto che a livello mondiale si stima una perdita di copertura attorno al 60% (McGlathery *et al.*, 2007). Anche la Laguna di Venezia ha sofferto di una riduzione di queste piante acquatiche (Rismondo *et al.*, 2003, 2005). Molteplici sono i fattori che hanno determinato il declino delle angiosperme e/o ne hanno ostacolato la ricolonizzazione (Facca *et al.*, 2014). Recenti vincoli normativi hanno, tuttavia, fortemente ridotto gli

elementi di disturbo, abbassando gli apporti di nutrienti dal bacino idrografico (Decreto Legge 152/99 "Ronchi Costa") e regolando l'attività di raccolta delle vongole (Orel *et al.*, 2000). Tali misure hanno consentito la ricolonizzazione di vaste aree della Laguna Meridionale e Centrale (Sfriso & Facca, 2007), mentre nella Laguna Superiore, nonostante il basso livello trofico, non si sono verificati apprezzabili cambiamenti nel popolamento fitobentonico. Le angiosperme acquatiche possono colonizzare nuovi habitat grazie alla dispersione dei semi e alla proliferazione dei rizomi, ma la limitata circolazione idrodinamica della Laguna Superiore, dovuta alla sua particolare conformazione idrologica, rende questo ambito particolarmente isolato rispetto ad altre aree della Laguna di Venezia, dove le fanerogame sono presenti con praterie ben strutturate.

Il progetto LIFE SeResto è, quindi, nato per facilitare e accelerare il naturale processo di ricolonizzazione delle angiosperme in queste aree confinate. Nello specifico gli obiettivi sono stati:

1. ripristinare e conservare l'habitat 1150* attraverso il trapianto e la diffusione di fanerogame sommerse, in modo da avviare un processo che renda l'ecosistema auto-sostenibile a lungo termine;
2. contribuire al raggiungimento del buono stato ecologico dei corpi idrici di transizione, dimostrando l'efficacia delle azioni proposte nel perseguire anche gli obiettivi fissati dalla Direttiva Quadro sulle Acque (Dir. 2000/60/CE Art. 4);
3. quantificare e valorizzare i servizi ecosistemici forniti dall'ambiente lagunare e in particolare dalle praterie di fanerogame nell'habitat 1150*.

La strategia d'intervento del progetto ha previsto il trapianto di piccole zolle di circa

In basso
Figura 2. Rizomi
appena impiantati

Nella pagina di destra
Figura 3. Mappa
dell'area di intervento
con indicate le 35
stazioni in cui sono stati
effettuati i trapianti.
In giallo e in bianco sono
indicate le 17 stazioni
trapiantate in primavera
2014. Le stazioni
in giallo sono state
monitorate mensilmente
per due anni (uno a inizio
e uno a fine progetto)
per il monitoraggio
fisico - chimico ed
ecologico. In azzurro
le 18 stazioni trapiantate
in primavera 2015

30 centimetri di diametro di specie già presenti nella laguna veneta, soprattutto *Zostera marina* e *Zostera noltei*. I trapianti sono stati effettuati in 35 siti diffusi in tutta l'area d'intervento (circa 36 km²), con una funzione di innesco e accelerazione del naturale processo di ri-colonizzazione. La tecnica di intervento ha previsto l'utilizzo di un numero ridotto di zolle, con conseguenti vantaggi in termini di costi e di impatto sui siti donatori, rendendo l'azione di ripristino applicabile su larga scala. A sostegno della naturale espansione delle praterie nelle aree circostanti, sono stati previsti interventi diretti, per l'intera durata del progetto, volti a favorire l'attecchimento dei semi e a diffondere i nuovi rizomi prodotti dalle zolle trapiantate. Fondamentale in questa fase è stato il coinvolgimento della popolazione locale che vive quotidianamente la laguna e che conosce, anche da decenni, la complessità dell'habitat lagunare. Pescatori, cacciatori, canottieri e amanti dell'habitat lagunare, dopo opportuno corso di formazione, si sono dedicati per quattro anni al trapianto di zolle e alla diffusione dei semi e dei rizomi (Figura 2) nei 35 siti (superficie

100 m² ciascuno) di trapianto e nelle zone limitrofe.

La localizzazione esatta dei 35 siti in cui sono stati effettuati i trapianti (Figura 3) è stata fatta verificando nel dettaglio l'esposizione alle correnti e ai venti dominanti, la limpidezza delle acque circostanti, la profondità dei fondali e l'eventuale presenza di significative biomasse algali soprattutto se di bassa valenza ecologica. Questo per avere condizioni ambientali (fisico-chimiche, biologiche e morfologiche) idonee per l'attecchimento delle specie trapiantate, la loro successiva proliferazione e per scegliere le specie più adatte alla profondità dei fondali. L'efficacia degli interventi di ripristino è stata verificata attraverso un'intensa attività di monitoraggio che ha consentito di valutare la percentuale di successo delle azioni di trapianto e l'evoluzione delle praterie nei siti di intervento. Inoltre, considerate le funzioni ecologiche delle fanerogame, in termini di regolazione della qualità delle acque e di beneficio per le specie bentoniche e ittiche, l'attività di monitoraggio ha misurato anche diversi parametri fisico-chimici e biologici, al fine di valutare i benefici ambientali complessivi derivanti dagli interventi realizzati. In particolare, sono state previste tre linee di monitoraggio finalizzate a:

- valutare l'efficacia delle azioni dirette di ripristino delle praterie di fanerogame;
- stimare l'incremento della biodiversità e del grado di conservazione degli habitat acquatici (*sensu* Direttiva Habitat 92/43/CEE) e il miglioramento della qualità ecologica (*sensu* WFD 2000/60/CE) nei siti di intervento;
- raccogliere dati a supporto della quantificazione dei servizi ecosistemici (es. aumento produttività ittica, sequestro CO₂, etc.).

Sono state trapiantate zolle in 17 stazioni



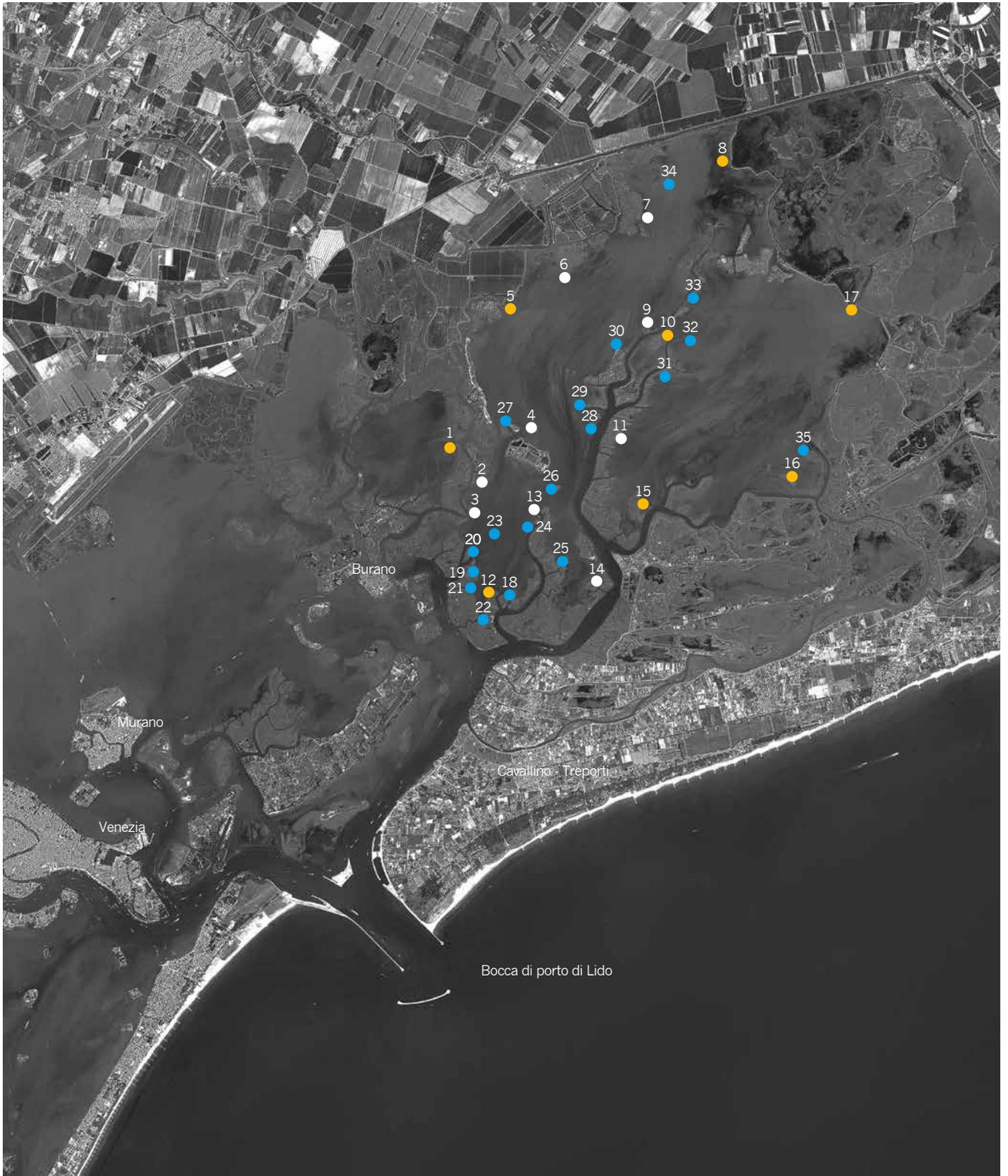


Figura 4. Percentuale di copertura delle fanerogame acquatiche nelle 35 stazioni dopo quattro anni dai trapianti. I valori nel grafico indicano media e deviazione standard

durante la primavera del 2014 (trapianti del primo anno) e in 18 siti nel 2015 (trapianti del secondo anno). I dati di monitoraggio indicano che i trapianti hanno avuto successo in 31 delle 35 stazioni d'intervento. A fine progetto, nella primavera del 2018, la copertura media nei 31 siti dove le fanerogame hanno attecchito era del 74.6% (71.0% per le 35 stazioni) con formazione di estese praterie sia nelle aree di trapianto che lungo i margini delle barene tra le varie stazioni. Ben 22 stazioni sono risultate completamente colonizzate (Figura 4) e la copertura ha riguardato circa 10 km² di superficie lagunare con una densità media intorno al 40% (Figura 5).

I migliori risultati si sono avuti in aree con acque limpide, basse concentrazioni di nutrienti (soprattutto fosforo) e assenza o bassa presenza di macroalghe opportuniste, soprattutto *Ulva* spp. L'insuccesso o le difficoltà di attecchimento sono dipesi dalla vicinanza di foci fluviali, da un carico trofico elevato e dalla presenza di importanti coperture di macroalghe.

Globalmente, considerando le zolle e i trapianti di singoli rizomi con almeno un

fascio fogliare, nei quattro anni sono stati trapiantati oltre 75.000 rizomi corrispondenti a circa 540 unità per stazione e per anno e la percentuale media dei rizomi che hanno attecchito è stata quasi del 40% con variazioni molto elevate a seconda delle stazioni considerate. Considerando che *Zostera marina*, *Zostera noltei* e *Ruppia cirrhosa* producono enormi quantità di semi (almeno 50 per fascio in caso di *Zostera*), nelle aree con condizioni ecologiche idonee la diffusione delle praterie è stata esponenziale. Inoltre, le attività di dispersione dei singoli rizomi si sono dimostrate essere molto efficaci e rapide, con risultati anche superiori a quelli ottenuti con i trapianti delle zolle: la crescita media delle zolle è stata di 0.16 cm/giorno, mentre quella dei rizomi è stata di 0.22 cm/giorno, con la formazione di macchie di diametro medio di 31 cm e casi in cui sono stati raggiunti i 100 cm di diametro.

La diffusione delle praterie ha contribuito a un rapido miglioramento dello stato ecologico ai sensi della Direttiva 2000/60/CE, con la dispersione di specie algali di elevata qualità ecologica, di specie ittiche sia di interesse conservazionistico che commercia-

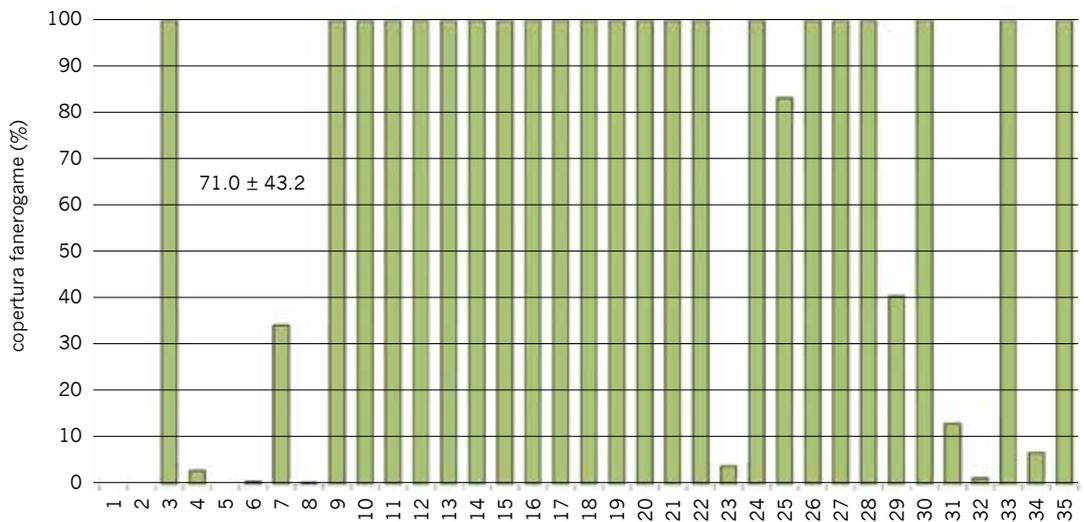




Figura 5. Copertura delle fanerogame acquatiche dopo quattro anni dai trapianti

le, nonché della macrofauna aviaria che dalle valli si è diffusa sui bassofondi vegetati per nutrirsi sia delle fanerogame acquatiche che degli organismi che trovano rifugio all'interno delle praterie. Mediamente lo stato ecologico delle aree oggetto dei trapianti è passato da condizioni "Poor-Bad" a condizioni "Good-High". Le risposte più rapide si sono avute da parte della vegetazione il cui miglioramento è stato determinato mediante l'applicazione del Macrophyte Quality Index (MaQI, Sfriso *et al.*, 2014). Oltre a una rapida diffusione delle rizofite si è osservata anche un'ampia diffusione di specie algali sensibili alle condizioni ecologiche come le piccole epifite calcarizzate dei generi *Hydrolithon* e *Pneophyllum* che hanno colonizzato gran parte delle stazioni. Tuttavia, anche la macrofauna ittica, rilevata mediante l'applicazione dell'Habitat Fish Bio-Indicator (HFBI, ISPRA, 2017), ha mostrato un netto incremento, mentre la macrofauna bentonica, determinata mediante l'M-AMBI (Muxica *et al.*, 2007), ha risposto con più ritardo perché le variazioni delle condizioni fisico-chimiche all'interno dei sedimenti richiedono tempi molto più lunghi rispetto alla colonna d'acqua.

Nell'autunno del 2019 la diffusione delle fanerogame è ulteriormente aumentata con copertura pari a una superficie di almeno 15 km². Tuttavia, si hanno notevoli variazioni annuali dovute alle differenti condizioni meteorologiche che influiscono sulle temperature estreme invernali ed estive. *Zostera marina* si è dimostrata la specie più sensibile alle alte temperature pertanto il suo areale si è ristretto ai bordi dei canali e nelle aree a maggior ricambio. Viceversa, *Zostera noltei* e *Ruppia cirrhosa* hanno mostrato una maggior resistenza e diffusione. La presenza di *Cymodocea nodosa*, specie tipicamente marina, in queste aree confinate è limitata solo ad alcune aree a sedimenti più grossolani ed elevata salinità.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Facca C., Ceoldo S., Pellegrino N., Sfriso A., 2014. *Natural recovery and planned intervention in coastal wetlands: Venice Lagoon (Northern Adriatic Sea, Italy) as a case study*. The Scientific World Journal, 2014: 1-16.

ISPRA, 2017. *Manuale per la classificazione dell'Elemento di Qualità Biologica "Fauna Ittica" nelle lagune costiere italiane. Applicazione dell'indice nazionale HFBI (Habitat Fish Bio-Indicator) ai sensi del D. Lgs 152/2006*. A cura di Barbara Catalano, Marina Penna, Anna Maria Cicero. Manuali e Linee Guida 168/2017.

McGlathery K.J., Sundbäck K., Anderson I.C., 2007. *Eutrophication of shallow coastal bays and lagoons: the role of plants in the coastal filter*, Marine Ecology Progress Series, 348: 1-18.

Muxica I., Borja A., Bald J., 2007. *Using historical data, expert judgement and multiva-*

**Lo Staff Life SeResto
alla Conferenza finale
a Venezia**

riate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive. Marine Pollution Bulletin, 55: 16-29.

Orel G., Boatto V., Sfriso A., Pellizzato M., 2000. *Piano per la gestione delle risorse aliquote delle lagune della Provincia di Venezia.* Provincia di Venezia. Sannioprint, Benevento, pp. 102.

Rismondo A., Curiel D., Scarton F., Mion D. and Caniglia G., 2003. *A New Seagrass Map for the Venice Lagoon.* In: Proceedings of the Sixth International Conference on the Mediterranean Coastal Environment - MEDCOAST 2003, E. Özhan (Ed.), 7-11 October 2003, Ravenna, Italy. Vol.II. 843-852.

Rismondo A., Curiel D., Scarton F., Mion D., Pierini A., Caniglia G., 2005. *Distribution of Zostera noltii, Zostera marina and Cymodocea nodosa in Venice Lagoon.* In: Flooding and Environmental Challenges for Venice and its Lagoon: State of Knowledge, Cambridge University Press. pp. 567-572.

Sfriso A., Facca C., Marcomini A., 2005a. *Sedimentation rates and erosion processes*

in the lagoon of Venice. Environment International, 31(7): 983-992.

Sfriso A., Facca C., Ceoldo S., Pessa G., 2005b. *Sedimentation rates, erosive processes, grain-size and sediment density changes in the lagoon of Venice.* In: P. Campostrini (Ed.). Scientific Research and Safeguarding of Venice. Corila Research Program 2003 Results. Multigraf, Spinea, Vol III, pp. 203-213.

Sfriso A., Facca C., 2007. *Distribution and production of macrophytes and phytoplankton in the Lagoon of Venice: comparison of actual and past situation.* Hydrobiologia, 577: 71-85.

Sfriso A., Facca C., Bonometto A., Boscolo R., 2014. *Compliance of the Macrophyte Quality index (MaQI) with the WFD (2000/60/EC) and ecological status assessment in transitional areas: The Venice lagoon as study case.* Ecological Indicators, 46: 536-547.

RINGRAZIAMENTI

Il progetto ha goduto del contributo finanziario LIFE dell'Unione Europea e si è collocato nell'ambito della rete Natura 2000 (SIC IT3250031 - Laguna di Venezia Settentrionale).





Finito di stampare
giugno 2020

