QUADERNI CA'VENDRAMIN

PERIODICO DEL LABORATORIO INTERNAZIONALE DELTA E LAGUNE

EVOLUZIONE MORFOLOGICA RECENTE DELLA SACCA DEGLI SCARDOVARI

IL VALORE DELLA NATURALITÀ E LA GESTIONE DEGLI INTERVENTI NELLE LAGUNE DEL DELTA DEL PO

0

NUMERO

OTTOBRE - 2009

QUADERNI CA' VENDRAMIN
NUMERO 0

2 **LA REGIONE VENETO E LA GESTIONE DELLE LAGUNE** *Presentazione*
di Marialuisa Coppola

4 **LE LAGUNE NEL TERRITORIO VENETO E STRUMENTI DI GESTIONE**
di Riccardo De Gobbi

6 **IL CONSORZIO DI BONIFICA E LA GESTIONE IDRAULICA DEL SISTEMA DELTA**
di Fabrizio Ferro

8 **IL LABORATORIO INTERNAZIONALE DELTA E LAGUNE CA' VENDRAMIN: STORIA, OBIETTIVI E ATTIVITÀ**
di Lino Tosini

10 **I QUADERNI CA' VENDRAMIN**
a cura del Comitato Scientifico

12 **MAPPA TOPONOMASTICA DELTA DEL PO VENETO** *Studi e ricerche*

16 **EVOLUZIONE MORFOLOGICA RECENTE DELLA SACCA DEGLI SCADOVARI**
di Bruno Mattichio (Ipros Ingegneria Ambientale Srl)
PREFAZIONE di Luigi D'Alpaos (Università di Padova)

56 **IL VALORE DELLA NATURALITÀ E LA GESTIONE DEGLI INTERVENTI NELLE LAGUNE DEL DELTA DEL PO**
di Gian Andrea Pagnoni, Fabio Bertasi (Istituto Delta Ecologia Applicata Srl), Pippo Gianoni (IUAV Venezia e Dionea SA Locarno), Remigio Rossi (Università di Ferrara)

104 **ASSOCIAZIONE DELTA MED** *Attività del Laboratorio*
di Manel Masiá Marsá e Lino Tosini

108 **IL PROGETTO FAO-IMOLA SULLA LAGUNA DI HUE - VIETNAM**
a cura del Comitato Scientifico

LA REGIONE VENETO E LA GESTIONE DELLE LAGUNE

MARIALUISA COPPOLA
Assessore alle politiche di bilancio
della Regione Veneto

La Regione Veneto all'inizio degli anni '90 diede avvio, nell'ambito dei programmi integrati mediterranei di cui al Regolamento CEE n.2088/1985 ad importanti lavori di vivificazione nelle lagune del delta del Po e di Caorle, affidandoli in concessione ai Consorzi di Bonifica Delta Po Adige di Taglio di Po e Pianura Veneta di Portogruaro.

Tali interventi, consistenti essenzialmente nel miglioramento del regime idrodinamico e nel ripristino della morfologia lagunare, portarono ad un generalizzato risanamento ambientale delle aree lagunari e vallive, nonché al recupero delle risorse produttive presenti in tali aree e allo sviluppo delle relative attività economiche, legate principalmente alla molluschicoltura, alla pesca e al turismo.

Tuttavia, apparve subito necessario che per mantenere la qualità ambientale di tali aree e sostenere adeguatamente le attività economiche in esse esistenti le opere originariamente realizzate dovevano essere mantenute nel tempo attraverso un'azione continua e coordinata di interventi sulla rete idraulica lagunare strettamente interconnessa, nonché completata da una costante attività di sorveglianza e di gestione degli specchi acquei e dei manufatti di regolazione.

La Regione del Veneto, pertanto, con l'art. 29 della legge regionale 22 febbraio 1999 n. 7, ha specificatamente previsto di affidare ai Consorzi di Bonifica di cui sopra la gestione e l'esercizio delle opere realizzate nelle lagune del delta del Po e di Caorle e ha autorizzato la Giunta Regionale a finanziare specifici progetti di manutenzione presentati dai medesimi Consorzi di Bonifica.

L'attività di gestione, iniziata di fatto nel 2001, ha comportato l'avvio di sistematiche indagini scientifiche realizzate, per quanto riguarda le lagune del delta del Po, dal Consorzio di Bonifica Delta Po Adige in collaborazione con i maggiori esperti del settore, per orientare nel modo più appropriato le soluzioni progettuali contemperando le esigenze del mondo della pesca con quelle ambientali e di sicurezza idraulica.

L'esito delle indagini, dei progetti e degli interventi conseguenti sono sottoposti alla valutazione di una Commissione Interdisciplinare nominata dalla Giunta Regio-

nale con il compito di individuare le soluzioni ottimali garantendo anche la massima valorizzazione delle risorse finanziarie disponibili.

Gli incontri della citata Commissione con i rappresentanti del mondo cooperativo dei pescatori polesani e di quello dei vallicoltori, che esponevano le loro esigenze, hanno consentito di confermare il modello istituzionale facente capo al Consorzio di Bonifica che, oltre ad assumere il ruolo di concessionario, ha attivato il necessario monitoraggio, la manutenzione degli specchi lagunari e la gestione delle opere costruite. Si sta realizzando così l'efficacia degli interventi anche attraverso il soddisfacente rapporto con le istituzioni e le forze economico-sociali maggiormente interessate alle attività produttive nelle aree lagunari.

La Regione del Veneto, inoltre, attraverso la costituzione della Fondazione Ca' Vendramin, ha fortemente voluto sviluppare e valorizzare il sistema museale del delta del Po e il complesso dei manufatti idraulici storici e di archeologia rurale, per renderli fruibili anche turisticamente, in un'area, come il Delta, in forte crescita e con innate potenzialità di valorizzazione in questo settore.

La Fondazione promuove, gestisce e coordina, in collaborazione con le Università del Veneto e il Centro Universitario di Rovigo (CUR) la ricerca avanzata innanzitutto sul delta del Po, ma anche su altre realtà territoriali similari attraverso un centro di ricerca scientifica denominato *Laboratorio internazionale delta e lagune Ca' Vendramin*.

Il Laboratorio, quindi, come strumento scientifico dovrà essere in grado, attraverso la ricerca interdisciplinare di "esportare" in altre zone italiane e all'estero l'approccio metodologico sin qui sviluppato sul delta del Po.

L'intervento della Regione Veneto nella concreta realizzazione di un tale centro di ricerca, atto a promuovere e a diffondere le conoscenze e le opportunità offerte dalle comunità e dai territori dei delta, rappresenta un fondamentale contributo per l'innovazione e lo sviluppo anche del sistema economico del nostro territorio.

LE LAGUNE NEL TERRITORIO VENETO E STRUMENTI DI GESTIONE

RICCARDO DE GOBBI
Dirigente della Direzione agroambiente e servizi per l'agricoltura della Regione Veneto

L'odierna configurazione del territorio del delta del Po, costituito da ampie aree vallivo-lagunari frammiste a territori intensamente coltivati, dove non sempre risulta possibile individuare una precisa demarcazione tra "acqua e terra", tra barene, lagune, canali, scanni, velme, argini e terraferma, rappresenta in modo quasi emblematico come appariva all'inizio del 900 circa un terzo di tutto il territorio della Regione del Veneto. Non dobbiamo infatti dimenticare che larga parte del territorio delle attuali province di Verona, Padova, Venezia e Rovigo, quale noi oggi conosciamo ed apprezziamo, è stato interessato, soprattutto agli inizi del secolo scorso, da un'imponente opera di bonifica idraulica che ha sottratto alle paludi ed agli acquitrini (e pertanto alla "malaria" ed all' "incoltura") centinaia di migliaia di ettari di superficie agricola oggi coltivata o urbanizzata. Illuminante al riguardo lo studio di qualche vecchia mappa o cartografia della nostra Regione dove - nemmeno troppi decenni orsono - al posto di città, frazioni, borgate e campagne coltivate, c'erano stagni, acquitrini, lagune ed incolti. Pensiamo ad esempio a tutta l'area delle Valli Grandi Veronesi, a molti degli stessi territori oggi coltivati nel delta del Po, a tutti quei comprensori che si trovano a sud dell'odierna autostrada Venezia-Trieste.

Ai giorni nostri, grazie in primo luogo al superamento degli originari problemi di natura igienico-sanitaria, economica e sociale, ma anche a seguito della riscoperta delle insostituibili funzioni ambientali, naturalistiche e ricreative offerte dalle "zone umide", la conservazione e la salvaguardia degli attuali ambiti lagunari, della fauna e della flora che li caratterizzano, nonché delle attività antropiche che sui medesimi si è sviluppata, sono diventate un'esigenza prioritaria condivisa da tutta la collettività.

La Regione del Veneto, assieme a poche altre a livello mondiale, risulta tutt'oggi contraddistinta da ampie aree lagunari e vallive che costituiscono un "unicum" in tutto il Mediterraneo. Partendo da nord, ricordiamo innanzitutto la laguna di Caorle, sito di interesse comunitario, in cui è ancora possibile ammirare i "casoni", ricoveri tradizionali dei pescatori lagunari, costruiti in legno e canna di palude, secondo una tecnica le cui origini si perdono nei secoli. Questa laguna, osservata durante il periodo invernale, è descritta dallo scrittore Ernest Hemingway nel famoso romanzo "Al di là del fiume e tra gli alberi". Nei comuni di Jesolo ed Eraclea ricordiamo la Laguna del Mort, che unitamente alla pineta marittima di Eraclea Mare, è stata a sua volta definita sito di interesse comunitario. La laguna ha una superficie approssimativa di 125 ha ed ha avuto origine molto di recente, nel 1935, quando, al culmine di una piena il Piave ruppe l'argine sinistro proprio nel punto in cui curvava verso nord est e si buttò immediatamente in mare abbandonando il vecchio alveo ed occludendo con il riporto di sabbia e fanghi il collegamento fra questo e il fiume medesimo.

La laguna di Venezia, con una superficie di 550 km^2, non ha invece bisogno di presentazioni. Circa un sesto della sua superficie (pari a 92 km^2) è occupato dalle "valli da pesca", ampie aree lagunari separate dalla laguna aperta da una recinzione fissa costituita da pali o argini, nelle quali si pratica la vallicoltura. Appena l'8% della superficie lagunare è invece occupato da numerose isole, "motte" ed isolotti, quali le numerose che costituiscono i "sestieri" di Venezia e le tante isole minori, ciascuna con la sua storia ed i ricordi di un importante passato. Infine nel delta del Po,

giustamente dichiarato dall'UNESCO patrimonio dell'umanità, le zone umide vallivo-lagunari sono costituite innanzitutto da due "sacche" (insenature marine a basso fondale dove sfociano canali fluviali) la Sacca del Canarin e la Sacca degli Scardovari, da ben sette lagune distinte (lagune di Caleri, Vallona, Barbamarco, Batteria, Burcio, Basson, Bonelli Levante) e da 24 valli da pesca per una superficie, queste ultime, di circa 8.600 ha.

Come ben noto, la caratteristica principale di tutti i sistemi vallivo-lagunari è la loro mutevolezza ed instabilità ed il costante rischio di un loro progressivo interrimento a causa dell'apporto fluviale o, al contrario, della parziale o completa scomparsa, a causa dell'erosione della marea, degli scanni e delle difese litoranee con il rischio che la laguna si trasformi in un braccio di mare. Già la Serenissima Repubblica di Venezia, proprio per contrastare il progressivo interrimento della sua laguna, è intervenuta con importanti opere per la divagazione dei principali fiumi quali il Brenta, il Sile, il Piave, il Muson ed il Marzanego. Anche l'Unione Europea, consapevole della necessità di intervenire per migliorare il regime idrodinamico e per ripristinare la morfologia lagunare, nell'ambito dei Programmi Integrati Mediterranei (PIM) ha finanziato importanti interventi di carattere strutturale ed infrastrutturale per la vivificazione delle lagune del delta del Po e di Caorle, affidandone i lavori in concessione ai consorzi di bonifica. Il Consiglio Regionale del Veneto, infine, per conservare la funzionalità delle opere ed assicurare il mantenimento dell'assetto idrografico dei sistemi lagunari con due successivi provvedimenti legislativi (legge regionale 22 febbraio 1999, n. 7 e legge regionale 14 gennaio 2003, n. 3) ha disposto il finanziamento di specifici progetti di manutenzione presentati dai consorzi di bonifica, nonché ha esteso il sostegno regionale anche agli interventi di gestione dei bacini vallivo-lagunari.

Data la complessità e la particolare natura degli interventi che riguardano gli ambiti vallivo-lagunari, la Giunta Regionale del Veneto, con propria deliberazione 28 dicembre 1993, n. 6005, ha istituito una Commissione Interdisciplinare, con il compito di verificare la compatibilità idraulico-ambientale dei lavori di vivificazione delle lagune e di verificarne l'esito funzionale. Nell'ambito della Commissione sono rappresentate tutte le opportune e necessarie professionalità tecniche ed amministrative, al fine di operare, mediante un approccio integrato e multidisciplinare, nei confronti delle complesse problematiche degli ambiti lagunari e vallivi. L'originaria Commissione, sorta in relazione agli interventi promossi nell'ambito dei Programmi Integrati Mediterranei, con successive deliberazioni n. 6890/1994, 3392/2003 e 1598/2004 è stata rinnovata ed allargata nella sua compagine, mantenendone immutate le finalità ed ampliandone le competenze a tutti gli interventi realizzati con la compartecipazione finanziaria regionale nell'ambito delle lagune del Delta e di Caorle. La prevista costituzione del *"Laboratorio internazionale delta e lagune"*, con sede a Ca' Vendramin, con il coinvolgimento di studiosi e ricercatori sui temi della biodiversità, dello sviluppo sostenibile e di un'equilibrata regolazione idraulica dei Delta e delle aree umide e costiere, potrà sicuramente fornire utili suggerimenti, indicazioni e soluzioni progettuali anche alla Commissione Interdisciplinare, concorrendo all'ulteriore valorizzazione e alla tutela del delta del Po che abbiamo l'obbligo di consegnare "migliorato" alle future generazioni.

IL CONSORZIO DI BONIFICA E LA GESTIONE IDRAULICA DEL SISTEMA DELTA

FABRIZIO FERRO
Presidente del Consorzio di Bonifica Delta Po Adige

Il delta del Po Veneto[1], comprensorio di circa 60.000 ha di superficie[2], è delimitato ad ovest dal Po di Goro, Po di Venezia, Po di Brondolo, a nord dall'Adige, ad est e a sud dal mare Adriatico. È un territorio complesso dal punto di vista morfologico e idrografico: 42.000 ha di terreni agricoli ed insediativi, in gran parte derivati dalle opere di bonifica realizzate nei secoli scorsi, 18.000 ha di aree umide, costituite da valli da pesca e lagune. È praticamente tutto sotto il livello del mare e dei fiumi che lo delimitano e lo intersecano; dai fiumi e dal mare è difeso da oltre 400 km di arginature ed è regolato idraulicamente da una fitta rete di canali che fanno capo a numerosi impianti idrovori per lo smaltimento delle acque zenitali, capaci di una portata complessiva di circa 200 m^3/s.

La parte del **territorio bonificato** è stata oggetto, negli ultimi decenni del secolo scorso, d'incisivi interventi di ripristino delle opere idrauliche dissestate dalla subsidenza, causata soprattutto dall'estrazione di metano dal sottosuolo negli anni compresi fra **il 1950 e il 1960** e d'importanti opere di ammodernamento delle strutture di bonifica e d'irrigazione che hanno portato il territorio ad una situazione idraulica equilibrata ed avviata verso la piena efficienza. Nei bacini **vallivo-lagunari** la situazione, alla fine degli anni '80, si presentava particolarmente delicata tanto da richiedere urgenti interventi per far fronte al degrado della parte di territorio deltizio dove maggiore è la fragilità ambientale. Nei primi anni '90, grazie ai PIM (Programmi Integrati Mediterranei di cui al Reg. CEE n. 2088/85), furono realizzati lavori di risanamento delle lagune che portarono a un sensibile miglioramento ambientale e a un notevole beneficio alle attività di miticoltura e pesca.

Allo scopo di non rendere vani gli esiti positivi degli interventi PIM e per continuare ad ottenere la massima efficienza dell'idrodinamica lagunare, la Regione Veneto con L.R. n. 7 del 22/02/1999 (artt. 25÷29) ha attivato la **gestione** delle lagune deltizie (oltre a quella della laguna di Caorle[3]) affidandola al Consorzio di Bonifica Delta Po Adige. Per questa fase gestionale, iniziata di fatto nel corso del 2001, il Consorzio si avvale di una Commissione di Sovrintendenza nominata dalla Regione Veneto per la verifica e il controllo dei progetti di manutenzione dalla fase propedeutica a quella conclusiva.

Dal 2006 il Consorzio ha ritenuto necessario affiancare l'ufficio tecnico consorziale con un Comitato Scientifico, composto da esperti provenienti dalle Università vicine al territorio, per individuare le tecniche e le metodologie più idonee nell'esecuzione dei lavori e per avviare un'attività di ricerca sul Delta e sulle sue lagune con l'obiettivo d'individuare un percorso operativo in sintonia con le politiche territoriali delle istituzioni locali competenti e di attuare una strategia complessiva nella programmazione e nella gestione degli interventi idraulici ed ambientali.

L'evoluzione dell'attività del Comitato Scientifico in "centro di ricerca sui delta e sulle lagune", appare come la conclusione logica di un percorso che vede il Consorzio Delta Po Adige impegnato ad elaborare programmi e progetti per il delta del Po e a collaborare con altri delta e aree umide del mondo per individuare metodologie e soluzioni condivise nella gestione delle rispettive aree umide, con l'obiettivo di arrivare a proporre progetti da sottoporre alle Istituzioni competenti (Comuni, Provincia, Regione, Stato, Unione Europea, Ministero degli Esteri, FAO, ecc).

Al riguardo il Consorzio di Bonifica Delta Po Adige, ha promosso l'istituzione della Fondazione Ca' Vendramin, assieme alla Regione del Veneto, alla Provincia di Rovigo e all'Ente Parco Regionale Veneto del Delta del Po, oltre che per gestire e valorizzare il sistema museale Ca' Vendramin e altri manufatti idraulici storici del territorio, anche per costituire un *"laboratorio"* in grado di coinvolgere il mondo scientifico, studiosi del settore e istituzioni per un'equilibrata regolazione idraulica, ambientale e urbanistica del Delta.

In tale centro di ricerca denominato *"Laboratorio internazionale delta e lagune"* e che avrà sede a Ca' Vendramin, sarà sviluppata la ricerca interdisciplinare, volta a far coesistere e armonizzare la varietà e la diversità delle problematiche dei delta, delle lagune e delle aree umide costiere delle varie parti del mondo. Un vero e proprio patrimonio di conoscenze, non solo tecnico-scientifiche, ma anche e soprattutto economiche e sociali, unico nel suo genere e che è nostro desiderio mettere a disposizione per il miglioramento della qualità della vita e la valorizzazione delle potenzialità di territori straordinari come il nostro delta del Po.

[1] La parte ferrarese appartiene a quella "storica" costituita dal grande fiume nei secoli precedenti al 1200 quando avvenne la rotta di Ficarolo che spostò il corso del fiume verso nord.

[2] Il comprensorio consorziale, a cui appartiene anche l'Isola di S. Anna di Chioggia compresa fra i fiumi Adige e Brenta, ha una superficie complessiva di 62.780 ha.

[3] Affidata al Consorzio di Bonifica Pianura Veneta di Portogruaro.

IL LABORATORIO INTERNAZIONALE DELTA E LAGUNE CA' VENDRAMIN: STORIA, OBIETTIVI E ATTIVITÀ

LINO TOSINI
Direttore del Consorzio di Bonifica Delta Po Adige

Il delta del Po è un sistema complesso in continuo divenire. Esso è un mosaico di ecosistemi più o meno naturali inframmezzato da strutture antropiche, nel quale l'intervento umano, ancorché necessario, deve essere equilibrato e rispondente ad una pluralità di esigenze.

La gestione idraulica e ambientale del delta del Po e dei suoi sistemi lagunari è il problema principale del territorio: la Regione Veneto si avvale del Consorzio di Bonifica Delta Po Adige quale soggetto istituzionale preposto a garantire con il mantenimento del corretto regime delle acque le attività di pesca e acquacoltura e a valorizzare le risorse ambientali. Accanto alle tradizionali attività di bonifica ed irrigazione, da circa vent'anni al Consorzio, infatti, è stata affidata la salvaguardia degli ambienti vallivo-lagunari ricadenti nel suo comprensorio, ritenendo fondamentale nel Delta una strategia unitaria della programmazione e della gestione degli interventi idraulici e ambientali.

Il Consorzio ha quindi avviato attività di ricerca nel Delta e nelle sue lagune in sintonia con le politiche territoriali delle istituzioni locali competenti: Regione, Provincia, Comuni, Ente Parco, avvalendosi di un Comitato Scientifico[1] composto da esperti provenienti dalle Università vicine al territorio. L'esigenza di un approccio scientifico interdisciplinare alle problematiche del delta del Po e delle sulle lagune era scaturita dalla complessità delle azioni messe in campo dal Consorzio, per un'efficace azione di risanamento ambientale attraverso l'adeguamento morfologico e il miglioramento dell'idrodinamica degli ambienti lagunari anche ai fini produttivi.

L'ampiezza degli interventi su tutta l'area del Delta, i necessari e variegati collegamenti con la realtà delle valli da pesca e con il territorio bonificato verso l'interno, con il cordone delle dune litoranee e quindi con il mare verso l'esterno, hanno richiesto più precise e corrette modalità d'intervento, che tenessero conto non solo della loro efficacia ai fini produttivi ma anche del loro impatto su una struttura di estrema fragilità territoriale. A ciò occorre aggiungere la necessità di rispettare le direttive ambientali europee e nazionali, essendo le zone in esame sottoposte completamente alle normative SIC e Z.P.S.[2] e a quelle dell'Ente Parco Regionale del Delta del Po.

In una apposita "tavola rotonda" realizzata nell'ottobre del 2008 dai magnifici Rettori delle Università di Venezia, di Ferrara, di Padova e del rappresentante del Consorzio Universitario di Rovigo (CUR) sono emerse conclusioni orientate ad individuare nell'approccio scientifico interdisciplinare il modello da applicare ai delta e alle lagune non solo del delta del Po, ma anche di molte altre parti del mondo, al fine di coniugare e rendere compatibili esigenze apparentemente contrastanti quali ambiente e sviluppo delle attività economiche e sociali.

Tale approccio scientifico è stato condiviso da molti rappresentanti delle istituzioni presenti all'incontro, fra le quali la Regione Veneto, la Provincia di Rovigo, l'Ente Parco Regionale Veneto del Delta del Po e il Consorzio di Bonifica Delta Po Adige. È stato così istituito un gruppo di lavoro, coordinato dal CUR, di docenti delle vicine Università, con il compito di predisporre un progetto di "modello scientifico da applicare al delta del Po per la sua gestione e la soluzione delle problematiche idrauliche e ambientali da trasferire ai delta e alle aeree umide del Mediterraneo e di altre zone del mondo". Lo strumento più adatto per il raggiungimento degli obiettivi è stato individuato in un laboratorio internazionale dei delta e delle lagune, capace di approfondire la ricerca interdisciplinare e di "esportare" nell'area Mediterranea e in altre zone del mondo l'approccio scientifico sin qui sviluppato nel delta del Po. Al Laboratorio parteciperanno, oltre alle Università italiane, anche l'*Universidad de Zaragoza* con il prof. Antonio Embid, l'*Instituto Superior de Urbanismo, Territorio y Ambiente de Buenos Aires* con l'arch. Andrea Behar, il *Universidad Politècnica de Catalunya* di Barcellona con il prof. Luis Berga, l'*Università per l'Agricoltura e le Foreste di Hue* (Vietnam), unitamente a docenti ed esperti provenienti da altri Istituti Universitari delle varie parti del mondo.

Per rendere concreta la realizzazione di un tale centro di ricerca è stata costituita la Fondazione Ca' Vendramin che, oltre al compito di gestire e valorizzare il sistema museale del complesso immobiliare costituente l'ex impianto idrovoro di Ca' Vendramin e di altri manufatti idraulici storici del territorio, si propone l'obiettivo di *promuovere, gestire e coordinare in collaborazione con le Università del Veneto e il Centro Universitario di Rovigo (CUR) la ricerca avanzata sui delta e sulle lagune e sulle zone umide costiere anche con riferimento ai sistemi territoriali connessi e, in particolare, costituire il "Laboratorio internazionale delta e lagune Ca' Vendramin"*[3].

Ca' Vendramin si è proposta quale sede scientifica e luogo in cui insediare il Laboratorio e in cui predisporre modelli innovativi di governo del territorio aperti a un approccio conoscitivo internazionale coinvolgenti enti pubblici e imprese, al fine di sostenere la ricerca e l'innovazione del sistema economico del territorio stesso.

La realizzazione a Ca' Vendramin nei giorni 1, 2 e 3 ottobre 2009 del "Convegno Internazionale sui delta e sulle lagune" sarà l'occasione per conoscere le variegate realtà di molte aree lagunari deltizie e di aree umide litoranee e per proporre attraverso il *Laboratorio internazionale delta e lagune Ca' Vendramin* un modello scientifico da applicare alle problematiche idrauliche e ambientali dei delta e delle aree umide del Mediterraneo e di altre parti del mondo. Un laboratorio in cui saranno coinvolte le Università italiane e di altri paesi, che assumeranno un ruolo fondamentale di programmazione, di proposta e di progetto.

[1] Composto da: prof. Luigi D'Alpaos, Università di Padova; prof. Francesco Donati, Università di Udine; ing. Fabio Galiazzo, direttore Distretto Idrografico Adige-Po-Canalbianco; prof. Pippo Gianoni, IUAV di Venezia; prof. Remigio Rossi, Università di Ferrara; prof. Pietro Traverso, Università Ca' Foscari di Venezia; ing. Lino Tosini, direttore Consorzio di Bonifica Delta Po Adige, ing. Giancarlo Mantovani, vice direttore Consorzio di Bonifica Delta Po Adige.

[2] SIC (Sito di Interesse Comunitario) e ZPS (Zone di Protezione Speciale).

[3] Art. 4, comma 2 dello Statuto della Fondazione Ca' Vendramin.

I QUADERNI CÀ VENDRAMIN

Comitato Scientifico

Il *Laboratorio internazionale delta e lagune Cà Vendramin* avvia la collana **I Quaderni Cà Vendramin** con la pubblicazione del Numero 0, primo tassello a carattere sperimentale di un percorso scientifico-culturale che dovrà progressivamente consolidarsi.

Il Comitato Scientifico, che in questa prima fase ha sostenuto l'iniziativa promossa dal Consorzio di Bonifica Delta Po Adige sull'attività delle lagune del delta del Po, ha privilegiato l'idea di Quaderno per motivi di flessibilità e continuità. Questa vuole essere una collana che raccoglie e diffonde le esperienze pratiche e gli studi scientifico-applicativi promossi dal *Laboratorio internazionale delta e lagune Cà Vendramin*, dai suoi partner scientifici e dagli Istituti Universitari nell'ambito della gestione attiva delle lagune italiane e internazionali.

L'idea di un periodico segna la volontà di implementazione e di crescita permanente, di sperimentazione e di messa in rete di esperienze ed applicazioni su un

tema complesso e fortemente dinamico quale quello della gestione delle lagune e dei delta.

I Quaderni vogliono essere dunque una piattaforma di scambio sulle migliori pratiche ed esperienze atte a sviluppare la conoscenza e la gestione di questi straordinari ambienti. La pubblicazione sarà presentata a ritmi regolari e potrà essere dedicata ad ambiti specifici in forma di monografie, oppure raccogliere articoli scientifici diversi. I volumi in forma cartacea saranno accompagnati da una pagina web dove troveranno spazio i dati informatici, un web-gis sul delta del Po e le informazioni relative al *Laboratorio internazionale delta e lagune Cà Vendramin*.

I Quaderni saranno coordinati da un Comitato di redazione, mentre l'editore nominerà un Comitato Scientifico di lettura per assicurare la qualità delle pubblicazioni. Il Quaderno 1, previsto per la primavera 2010, raccoglierà gli atti del 1° Convegno Internazionale sulle Lagune del 1-3.10.2009 a Cà Vendramin.

MAPPA TOPONOMASTICA DELTA DEL PO VENETO

Comprensorio Delta Po Adige:
superficie: circa 62.780 ha

Delta del Po:
superficie: circa 60.000 ha

Terreni agricoli e insediativi:
superficie: 42.000 ha

Aree umide:
superficie: 18.000 ha

7 sacche e lagune:
superfice: 8.150 ha
Laguna di Caleri
Laguna Vallona
Laguna Barbamarco
Laguna del Burcio
Laguna del Basson
Sacca del Canarin
Sacca degli Scardovari

Altre aree umide:
superfice: 1.250 ha
Batteria
Bonelli Levante

24 valli da pesca:
superfice: 8.600 ha

Rami del Po:
superficie: 4.000 ha
Po di Venezia
Po di Goro
Po di Gnocca
Po di Maistra
Po di Tolle
Po di Pila

Arginature fluviali e di difesa dal mare:
400 Km

Brenta
Ca' Lino
S. Anna
Adige
Rosolina Mare
Valle Boccavecchia
Canal d'Valle
Valle Cannelle
Valle Morosina
Valle Passarella
Valle Spolverina
Valle Segà
Laguna di Caleri
Isola di Albarella
Rosolina
Valle Capitania
Valle Vallesina
Valle Veniera
Valle Sagreda
Valle Pozzatini
Porto Levante
Po di Levante
MARE ADRIATICO
Valle Bagliona
Collettore Padano Polesano
Porto Viro
Valle Sacchetta
Laguna Vallona
Valle Chiusa
Valle Baglioncina
Valle Canocchione
Valle San Leonardo
Valle Scanarello
Valle Ripiego
Boccasette
Valle Moraro
Taglio di Po
Valle Ca' Pisani
Valle San Carlo
Laguna Barbamarco
Laguna del Burcio
Busa di Tramontana
Batteria
Piano
Po di Venezia
Valle Ca' Pasta
Po di Maistra
Valle Ca' Zuliani
Pila
Busa Dritta
Ca' Venier
Ca' Zuliani
Po della Pila
Laguna del Basson
Busa di Scirocco
Tolle
Ca' Tiepolo (Porto Tolle)
Polesine Camerini
Rivà
Pisana
Donzella
Sacca del Canarin
Ca' Mello
Po di Tolle
Scardovari
Oasi Ca' Mello
Oca
Bonelli Levante
Sacca degli Scardovari
Po di Gnocca
Santa Giulia
Gorino Sullam
Po di Goro
N

Sacca degli Scardovari: Bocca Sud.

_PREFAZIONE
EVOLUZIONE MORFOLOGICA RECENTE DELLA SACCA DEGLI SCARDOVARI

LUIGI D'ALPAOS
Università di Padova

Nell'ambito delle indagini promosse dal Comitato Scientifico per conto del Consorzio di Bonifica Delta Po Adige è stato predisposto un *database* nel quale raccogliere le molte informazioni di carattere fisico, biologico ed ecologico disponibili sulle lagune del Delta. In questo contesto, di grande rilievo sono le conoscenze di carattere cartografico e topografico, che consentono di ricostruire le più recenti modificazioni morfologiche subite dalla Sacca degli Scardovari. Sull'analisi di questi dati, integrati da un'estesa serie di fotografie aeree a partire dal famoso volo GAI del 1955, si sofferma in modo particolare il contributo dell'ing. Bruno Matticchio, che appare nel primo numero dei quaderni che il Consorzio intende pubblicare per illustrare i contenuti tecnici e scientifici degli studi promossi in questi anni.

Due sono gli aspetti trattati nella memoria sui quali è opportuno richiamare l'attenzione, anche con riferimento ai problemi che si sono manifestati recentemente all'interno della Sacca e che sono stati motivo di seria preoccupazione per la migliore conservazione dell'integrità del sistema lagunare.

Il primo riguarda la stabilità del cordone litoraneo che separa la Sacca dal mare, garantendone l'identità. Il cordone delle strutture costiere negli ultimi sessant'anni è stato interessato da un intenso dinamismo capace di modificarne l'assetto planoaltimetrico in tempi relativamente brevi, come risulta inequivocabilmente dal confronto delle fotografie aeree preventivamente georeferenziate.

Il litorale ha subito importanti arretramenti rispetto alla configurazione degli anni del primo dopoguerra, che non sembrano ancora del tutto superati. Si tratta di un fenomeno complesso, alimentato da processi naturali non ancora completamente compresi, ma pesantemente influenzato anche dall'opera dell'uomo, negli anni cinquanta per l'estrazione di acque metanifere, negli anni successivi per interventi sui rami del Delta più prossimi alla Sacca, volti ad aumentarne l'officiosità in caso di piena del Po. Si tratta di provvedimenti che hanno concorso a modificare l'interazione delle correnti costiere indotte dal moto ondoso con i sedimenti di origine fluviale. L'intensità di questi processi è particolarmente evidente se si esamina l'evoluzione dei fondali del mare antistante la Sacca nella parte più prossima al litorale, documentata dai rilievi batimetrici disponibili, alcuni di grande dettaglio.

La stabilizzazione del litorale è un problema che riveste carattere di assoluta priorità rispetto agli altri, se non si vuole che, come è già avvenuto negli anni sessanta, la Sacca rischi di trasformarsi in un vero e proprio braccio di mare, perdendo le sue originali caratteristiche.

Il secondo aspetto interessante sul quale soffermarsi riguarda l'evoluzione dei fondali interni della Sacca, che condiziona il regime delle correnti di marea e, in defi-

nitiva, il ricambio delle acque nelle parti idraulicamente più decentrate del bacino lagunare oltre che la stabilità delle bocche a mare. Sulla base delle batimetrie reperite è ben evidenziata la tendenza dei fondali ad approfondirsi e, entro una certa misura, a uniformarsi. La causa principale del fenomeno è stata senza ombra di dubbio la subsidenza conseguente alla già ricordata estrazione di acque metanifere in tutta l'area del Delta. Ne sono derivate modificazioni morfologiche generali importanti, che non hanno tuttavia cambiato quella che è stata da sempre una caratteristica della Sacca, ovvero la presenza di una parte più prossima al mare, idraulicamente più attiva, separata da un dosso dalla parte più lontana, dove fatalmente l'intensità delle correnti di marea decade, rendendo meno importante il ruolo delle correnti di marea sul ricambio delle acque, che è principalmente garantito soprattutto dai fenomeni di circolazione secondaria indotti dal vento.

La disponibilità di alcuni rilievi batimetrici della Sacca, riferibili a epoche diverse, apre scenari di indagine molto interessanti, per la possibilità di confrontare attraverso i risultati della modellazione matematica le modificazioni intervenute sul suo comportamento idrodinamico e morfodinamico ed in particolare sugli scambi mare-laguna.

Queste analisi, condotte in condizioni sia di fondali fissi sia di fondali mobili, per tener conto soprattutto dei fenomeni di trasporto costiero indotti dal moto ondoso sui quali si sovrappone l'apporto solido dei rami fluviali del Delta, potrebbero contribuire a chiarire i processi evolutivi registrati in questi anni, indirizzando nel contempo le possibili soluzioni dei problemi che attualmente si riscontrano.

In prospettiva non meno interessanti potrebbero essere le analisi che si potrebbero condurre, sempre utilizzando modelli matematici, per valutare le conseguenze all'interno della Sacca del contatto tra le acque salate del mare e le acque dolci portate dai rami secondari del Delta, che sfociano ai limiti del litorale che la delimita.

Si tratta di un aspetto da approfondire anche con apposite campagne di misura, poiché lenti di acqua dolce sono sospinte dalle maree e dal vento all'interno della Sacca e tendono a ristagnare nella parte più lontana dalle bocche, creando condizioni di pronunciata stratificazione in senso orizzontale, che diventano a volte problematiche per gli specchi d'acqua periferici e per la loro qualità ambientale.

Al di là dell'indubbio interesse in sé delle analisi condotte dall'ing. Matticchio sui dati morfologici raccolti, sono del tutto evidenti da queste brevi considerazioni gli sviluppi potenziali delle conoscenze acquisite, che potrebbero derivare da una loro utilizzazione per la messa a punto dei sempre più sofisticati modelli di calcolo morfodinamico che il progresso scientifico ha reso e renderà disponibili.

_STUDIO

EVOLUZIONE MORFOLOGICA RECENTE DELLA SACCA DEGLI SCARDOVARI

BRUNO MATTICCHIO
Ipros Ingegneria Ambientale Srl

L'esecuzione periodica di voli aerofotogrammetrici e di rilievi topo-batimetrici consente di analizzare le variazioni morfologiche delle lagune, dei loro fondali e del cordone litoraneo che le separa dal mare, riscontrare gli effetti degli interventi e osservarne l'evoluzione nel tempo. La possibilità di archiviare ed analizzare tali dati all'interno di sistemi geografici informatizzati (GIS) consente di monitorare e di quantificare con una precisione sempre maggiore le variazioni morfologiche dei sistemi costieri e costituisce un utile supporto alla programmazione degli interventi.

In questo lavoro si espongono alcuni risultati delle indagini condotte per valutare le variazioni morfologiche della Sacca degli Scardovari a partire dal 1950 sulla base delle foto aeree e dei rilievi batimetrici disponibili. La laguna è stata suddivisa in ambiti omogenei che comprendono gli specchi d'acqua interni, le zone di barena e gli scanni. Si considera inoltre l'evoluzione recente delle bocche a mare e dei fondali nel braccio di mare antistante la laguna. Le valutazioni, condotte in chiave evolutiva, si propongono di fornire un supporto alla programmazione di interventi di vivificazione e di difesa, e alla predisposizione dei programmi di monitoraggio e di controllo delle tendenze evolutive in atto.

Breve inquadramento storico: la Sacca prima del 1950

La genesi della Sacca degli Scardovari è da ricondursi principalmente agli interventi operati da Venezia a partire dall'inizio del 1600 allo scopo di scongiurare il pericolo che gli apporti solidi del Po, riversati in mare e sospinti verso Nord dalle correnti litoranee, andassero ad interferire con la laguna Veneta.

Gli interventi, di cui il primo e più famoso è rappresentato dal Taglio di Porto Viro, hanno avuto come scopo quello di deviare verso Est e verso Sud il flusso principale del Po determinando, in queste direzioni, una rapida espansione del Delta che nei due secoli successivi ha originato la maggior parte delle lagune attualmente distribuite lungo la costa deltizia, tra le quali la Sacca degli Scardovari.

La Sacca, interclusa fra la penisola dei rami del Po di Goro e del Po di Gnocca a Sud-Ovest e la penisola del Po di Tolle a Nord-Est comincia a formarsi a partire dal 1800. Il lato più settentrionale della Sacca attuale, infatti, corrisponde con buona approssimazione alla linea di costa degli inizi del XIX secolo, mentre i lati orientale ed occidentale sono costituiti dalle coste delle suddette penisole di cui soprattutto quella del Po di Tolle ha conosciuto, durante il 1800, uno sviluppo considerevole.

L'evoluzione morfologica della Sacca durante il XIX secolo è testimoniata, con un buon grado di dettaglio, da una serie di rilievi topografici eseguiti negli anni 1811, 1860, 1886, 1896 e 1905 (Magistrato alle Acque, 1950). In particolare, nella seconda metà del 1800, i rami del Po di Gnocca e del Po di Tolle avevano un corso più breve.

Essi sfociavano a mare in località Canestro e in corrispondenza della Busa di Garbin, rispettivamente, determinando formazioni deltizie che hanno contornato la parte più interna della laguna attuale, quella che propriamente è indicata come Sacca degli Scardovari.

Successivamente, a cavallo dell'inizio del XX secolo, il rapido avanzamento verso sud delle foci del Po di Tolle e del Po di Gnocca provoca la formazione di un secondo bacino più esterno (Sacca di Bottonera) collegato idraulicamente con la Sacca degli Scardovari e che forma con essa una laguna unica.

L'avanzamento delle foci dei rami del Po di Goro, del Po di Gnocca e del Po di Tolle si arresta, praticamente, nei primi decenni del 1900, principalmente a causa della subsidenza, da una parte, e dei ridotti apporti solidi da parte del Po, dall'altra.

In questi anni la laguna è caratterizzata una configurazione planimetrica (Figura 1) che corrisponde solo in parte a quella riconoscibile oggi. Se infatti il perimetro del bacino, ad eccezione di alcune aree sul lato occidentale, è praticamente il medesimo che si riscontra attualmente, la morfologia interna è apprezzabilmente diversa, essendo caratterizzata da vaste aree emerse lungo i margini, oggi interamente scomparse. Inoltre è profondamente diversa la conformazione degli scanni che separano la laguna dal mare i quali, negli anni successivi, continuano a subire modificazioni anche considerevoli, arretrando gradualmente nel tempo.

Durante la prima metà del 1900, modeste sono state le variazioni morfologiche subite dallo specchio lagunare. Ciò è evidenziato dal confronto tra la restituzione cartografica di Figura 1 e i rilievi aerei del 1949 e del 1955, quest'ultimo riportato in Figura 2.

Figura 1: perimetro dell'attuale Sacca degli Scardovari, sovrapposto alla Carta dell'Istituto Geografico Militare, Foglio n. 77, Comacchio, scala 1:100.000, compilata nel 1938.

Da sottolineare, in particolare, il recupero ad uso agricolo della zona di barene poste ad occidente tra la Sacca degli Scardovari e la Sacca di Bottonera, in località Canestro, grazie alla realizzazione di una modesta difesa arginale (assente in Figura 1 e nelle foto del volo IGM del 1931-33 e già visibile, invece, nelle foto del volo IGM del 1949).

Tale bonifica ebbe vita breve soprattutto a causa delle frequenti mareggiate di Scirocco che in poco tempo danneggiarono e localmente demolirono la debole difesa arginale posta a protezione dei terreni (Magistrato alle acque, 1950).

Un secondo tentativo di bonificare aree di barena per uso agricolo riscontrabile avvenne negli stessi anni anche a ridosso della foce del Po di Gnocca (punta del Polesine). Esso è evidente infatti nella foto aerea del 1955 (Figura 2) mentre non è riconoscibile nelle foto del volo IGM del 1949.

Va precisato che in questo periodo alcuni rami minori del Po di Gnocca e del Po di Tolle sfociavano ancora entro il bacino lagunare determinando condizioni

di bassa salinità testimoniato dal notevole sviluppo di *fragmites* lungo la fascia di transizione tra laguna e terraferma (Magistrato alle acque, 1950).

Nel corso dei primi 50 anni del XX secolo, le maggiori variazioni morfologiche si riscontrano per gli scanni che separano la laguna dal mare. L'evoluzione più recente di queste strutture morfologiche, documentata da rilievi topo-batimetrici di dettaglio, è oggetto del presente lavoro ed è illustrata più avanti.

Qui si segnala solo che tra il 1931 e il 1949 (voli IGM) lo scanno orientale arretra di circa 500 m, allungandosi al tempo stesso verso Sud (Figura 3). Tale arretramento determina una diversa configurazione della foce del Po di Tolle ed in particolare la scomparsa del ramo secondario che alimentava la Sacca (visibile in Figura 3, e anche nella carta IGM di Figura 1).

Per una più estesa e circostanziata descrizione dell'evoluzione storica della Sacca degli Scardovari, precedente agli anni '50, si rimanda ai lavori di Maestri (1981), Bondesan (1985, 1990), Veggiani (1985) e soprattutto al richiamato lavoro del Magistrato alle Acque (1950 e citazioni contenute).

Nel seguito si illustrano le attività svolte per l'analisi dell'evoluzione della Sacca a partire dal 1950. L'indagine si basa sull'elaborazione di dati topografici molto più accurati di quelli disponibili per i periodi precedenti. A partire da tale data, infatti, oltre alla disponibilità di foto aeree, esistono rilievi batimetrici dettagliati dei fondali di tutto il bacino, che consentono di analizzare l'evoluzione morfologica della laguna e di stimarne in modo attendibile le tendenze evolutive.

Figura 2: rilievo fotografico della Sacca degli Scardovari del 1955 (volo GAI). La linea rossa tratteggiata rappresenta il perimetro attuale della Sacca.

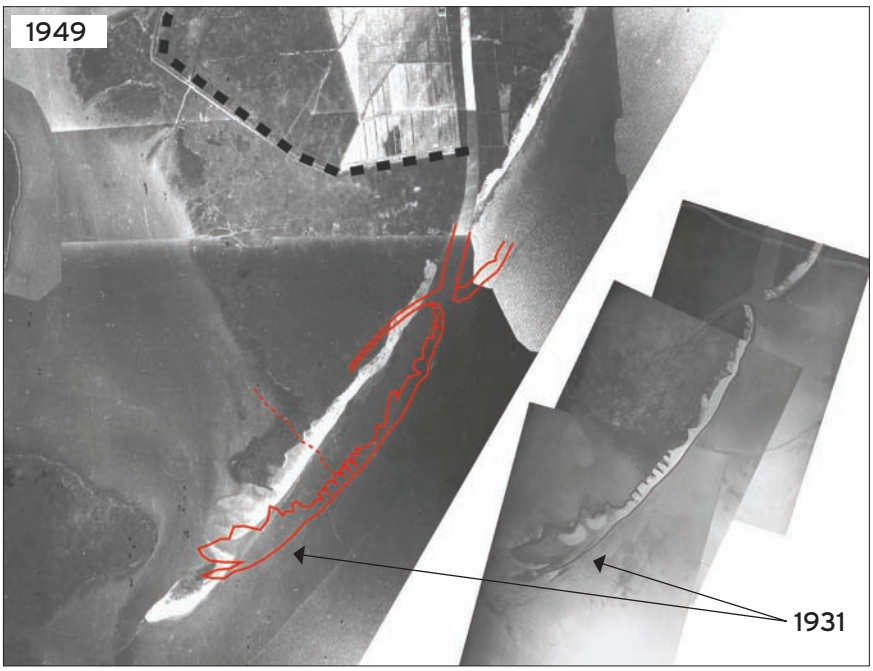


Figura 3: rilievi fotografici dello scanno della Sacca degli Scardovari del 1931 e del 1949 (voli IGM). La linea continua sulla foto del 1949 indica il contorno dello scanno rilevabile dalla foto del 1931, la linea tratteggiata rappresenta il perimetro attuale della Sacca.

Metodologia di indagine

La base informativa da cui si è attinto per svolgere tutte le elaborazioni è costituita dall'*Archivio Geografico delle Lagune del Delta del Po*, recentemente predisposto dal Consorzio di Bonifica Delta Po Adige con i seguenti obiettivi:

- raccogliere ed aggregare i molti dati esistenti relativi sia al sistema fisico delle lagune e alla sua evoluzione, che agli aspetti socio-economici, in un archivio organizzato secondo livelli informativi utili alla gestione del sistema delle lagune;
- predisporre uno strumento per l'analisi, il confronto e l'incrocio delle diverse informazioni, dei risultati dei programmi di monitoraggio e degli studi, che sia in grado di dialogare con i servizi tecnici degli operatori del Delta, e di supportare la progettazione degli interventi;
- costruire un archivio strutturato ed aggiornabile che faciliti sia l'implementazione dei nuovi dati, sia la condivisione e la diffusione delle informazioni e dei risultati degli studi.

L'Archivio è stato costruito su base GIS in relazione alle specifiche esigenze funzionali legate alle molteplici modalità previste di consultazione e utilizzo dei dati, da parte non solo del Consorzio ma anche di tutti i servizi tecnici degli operatori delle Lagune del Delta. Parallelamente all'implementazione dei dati si è provveduto a realizzare un catalogo di *metadati* in conformità alle specifiche attualmente vigenti in materia di archiviazione dell'informazione geografica.

La documentazione dei dati rappresenta infatti un elemento essenziale per la condivisione delle informazioni, specie con riferimento agli studi scientifici e ai programmi di monitoraggio, e costituisce un indispensabile componente per la prevista condivisione in rete dell'Archivio (*WEB-GIS*).

Con riferimento all'analisi dell'evoluzione morfologica recente della Sacca degli Scardovari sono state utilizzate principalmente due tipi di informazioni contenute nel GIS: foto aeree e rilievi topo-batimetrici.

Analisi delle foto aeree

Per l'analisi delle tendenze evolutive della Sacca e della fascia degli scanni che la delimitano verso mare le immagini aeree georefererenziate forniscono un supporto molto efficace, e consentono in molti casi di ottenere anche valutazioni geometriche quantitative. L'Archivio Geografico delle Lagune raccoglie i principali voli che forniscono copertura della costa deltizia, a partire dal 1949. In particolare sono stati presi in esame i seguenti voli: IGM 1949; GAI 1955; IGM 1977; ReVen 1983; ReVen 1990; ReVen 1999; ortofoto IT2003; ortofoto 2006; volo CDBPA 2008.

Tutte le foto aeree sono risultate disponibili in formato digitale, ad eccezione dei fotogrammi dei voli IGM 1949 e IGM 1977, che sono stati scansionati dalle stampe fotografiche originali.

In alcuni casi (volo GAI 1955, ortofoto IT2003; ortofoto 2006) le foto sono risultate disponibili già georeferenziate nel sistema di riferimento Gauss Boaga. In tutti gli altri casi la georeferenziazione è stata ottenuta con il metodo dei *punti di controllo* utilizzando come base la Carta Tecnica Regionale alla scala 1:5.000, le ortofoto IT 2000 e IT 2003, la Cartografia IGM. In alcune situazioni particolari è risultato assai utile il confronto con i *DEM* ricavati dal rilievo *LiDAR* eseguito dal Genio Civile di Rovigo nell'aprile 2006.

Difficoltosa è stata la georeferenziazione del volo IGM 1949 sia per la non perfetta qualità delle immagini in bianco e nero sia per le notevoli modificazioni del territorio intercorse tra il periodo della ripresa aerea e la cartografia di riferimento, che hanno reso difficile il reperimento di punti di controllo, soprattutto sulla fascia degli scanni. È possibile pertanto che, proprio in tali zone, le foto del '49 abbiano subito qualche distorsione che può averne limitato l'accuratezza.

Le immagini di ciascun volo sono state *mosaicate*, ossia assemblate tra di loro con una certa fascia di sovrapposizione in modo da ottenere dei quadri di insieme omogenei dal punto di vista della risoluzione geometrica, del colore, della luminosità e del contrasto.

Per ogni mosaico è stato creato e archiviato nel GIS un quadro di unione dei fotogrammi utilizzati, che contiene come attributi il codice identificativo originale di ogni fotogramma, la data e l'ora della ripresa, nonché l'altezza della marea. A tale riguardo, e più in generale con riferimento alla digitalizzazione di tutti gli elementi morfologici considerati, è stata condotta una ricerca per risalire al livello di marea corrispondente alle diverse serie fotografiche. Per ciascun fotogramma di ciascun volo è stata perciò individuata la data e l'ora di scatto, generalmente leggibile sulla foto stessa.

Per l'istante così individuato, è stata valutata l'altezza della marea utilizzando le registrazioni disponibili, che sono complete a partire dal 1983 e limitate ai valori estremali per gli anni precedenti, e che si riferiscono in parte al mareografo di Diga Sud Chioggia, e in parte a quello di Punta della Salute a Venezia, attualmente gestiti da ISPRA di Venezia.

Nel primo caso i dati sono stati considerati validi anche per il delta del Po, considerando che il ritardo della componente astronomica della marea nella propagazione tra il litorale di Chioggia e quello del Delta è di pochi minuti. Nel secondo caso, le serie temporali del livello di marea sono state anticipate di 1 ora per tener conto del ritardo che si osserva tra la marea in Adriatico e quella a Punta della Salute.

È stato poi necessario correggere ulteriormente i dati di marea più vecchi per tener conto del fatto che lo zero mareografico di Punta della Salute, a cui i dati stessi si riferiscono, ha subito nel tempo un progressivo abbassamento per effetto combinato di eustatismo e subsidenza per cui, attualmente, esso si trova a circa 25 cm al di sotto del livello medio del mare generalmente assunto come riferimento (Genova 1942). Per tenerne conto, i livelli di marea antecedenti al 1980 sono stati corretti utilizzando la ricostruzione del suddetto abbassamento proposta da Gatto e Carbognin (1981).

La seguente Tabella 1 riporta i valori così ottenuti, calcolati come media di quelli relativi ai singoli fotogrammi che compongono ciascun mosaico. Purtroppo in alcuni casi (voli GAI 1955, IT2003 e 2006) i dati sono mancanti perché per essi non è stato possibile risalire all'istante della ripresa. Considerando gli altri casi, si vede che le condizioni di marea tra un volo e l'altro possono variare apprezzabilmente, con differenze

Volo	Data	Ora	Livello (m s.l.m.)	Condizioni di marea
IGM 1949	10/07/1949	10:55÷11:24	0.14	*medio-alta*
GAI 1955	n/d	n/d	n/d	*n/d*
IGM 1977	10/08/1977	12:18÷12:26	-0.05	*media*
ReVen PD-RO 1983	10/05/1983	12:17÷13:52	-0.21	*bassa*
ReVen 1990	05/05/1990	11:56÷12:29	-0.57	*bassa*
ReVen 1999	05/07/1999	9:34÷10:50	-0.15	*bassa*
ortofoto IT2003	n/d	n/d	n/d	*n/d*
ortofoto Agea 2006	n/d	n/d	n/d	*n/d*
CDBPA 2008	09/02/2008	14:55÷15:01	-0.64	*bassa*

Tabella 1: condizioni di marea riscontrate per i diversi voli aerofotogrammetrici.

superiori a 0.5 m. In particolare i voli del 1990 e del 2008 sono quelli caratterizzati da più accentuate basse maree, con livelli del mare pari a -57 e a -64 cm, rispettivamente. Negli altri casi si osserva una prevalenza di condizioni di marea medio-bassa, in cui le quote del mare sono inferiori al livello medio di circa 20 cm.

Si tratta, per quanto detto, di valori indicativi, che tuttavia non sono privi di significato pratico, poiché possono fornire un utile supporto all'analisi e all'interpretazione delle foto aeree, soprattutto per l'individuazione della linea di riva e delle forme parzialmente sommerse. Si sottolinea comunque che, in ragione dei criteri adottati nella digitalizzazione e della macroscopica entità degli spostamenti degli elementi morfologici analizzati (in particolare i contorni degli scanni), nella maggior parte dei casi l'influenza delle condizioni di marea sui risultati ottenuti può essere ritenuta di minore entità.

Analisi dei dati batimetrici

La base per le valutazioni delle variazioni morfologiche subite dai fondali della Sacca degli Scardovari è fornita dalle batimetrie che descrivono la geometria delle aree sommerse e dei canali lagunari nei diversi periodi.

Nell'Archivio Geografico delle Lagune sono raccolti tutti i dati batimetrici disponibili che forniscono una rappresentazione di tutta la Sacca o almeno di sue ampie parti. I dati si riferiscono a rilievi effettuati da diversi Enti a partire dal 1950, mentre antecedentemente a tale data non sono stati rinvenuti dati sufficientemente estesi e dettagliati da essere ritenuti significativi per gli scopi prefissati.

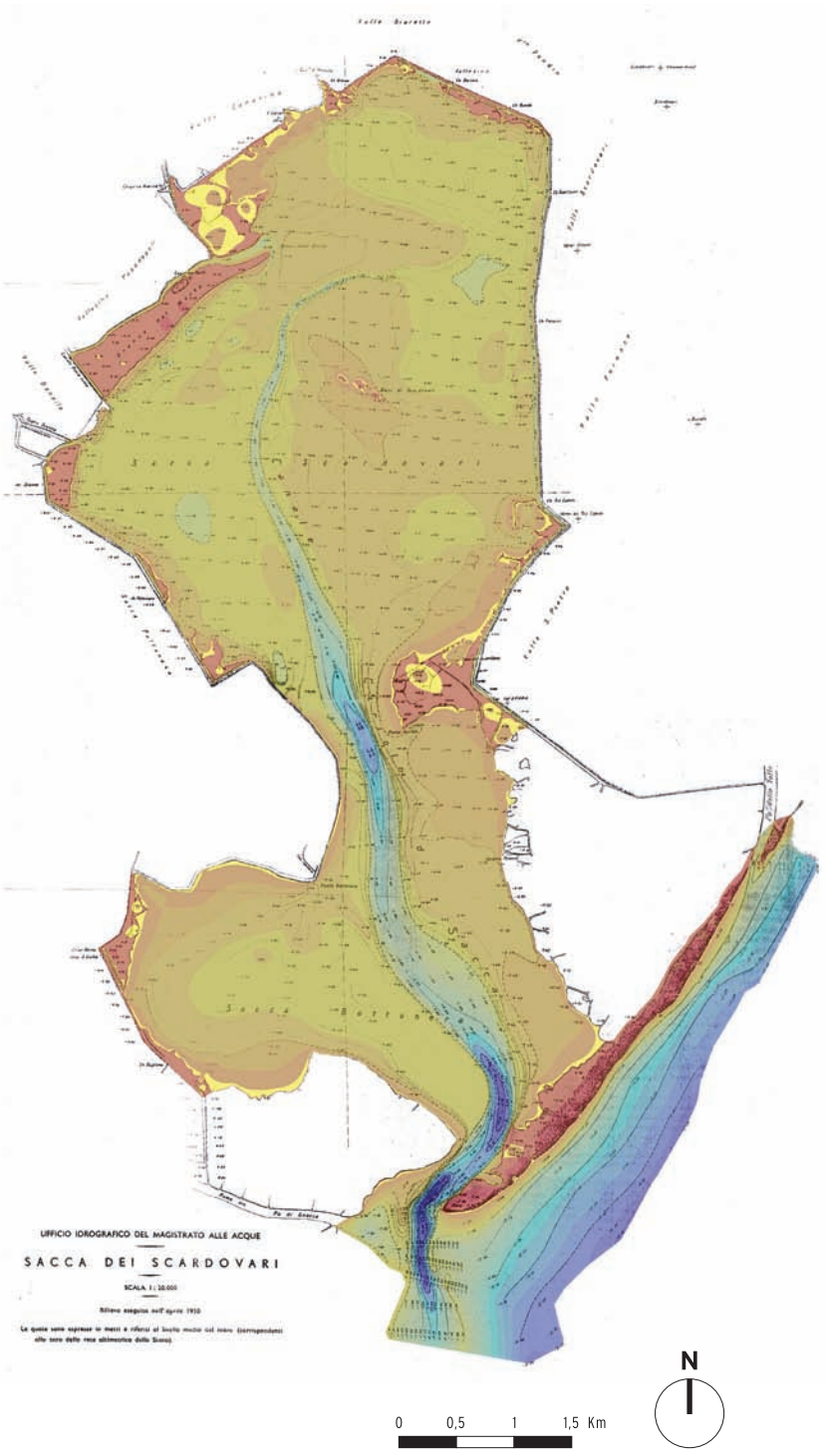


Figura 4: elaborazione della carta batimetrica del 1950 mediante sovrapposizione del modello digitale.

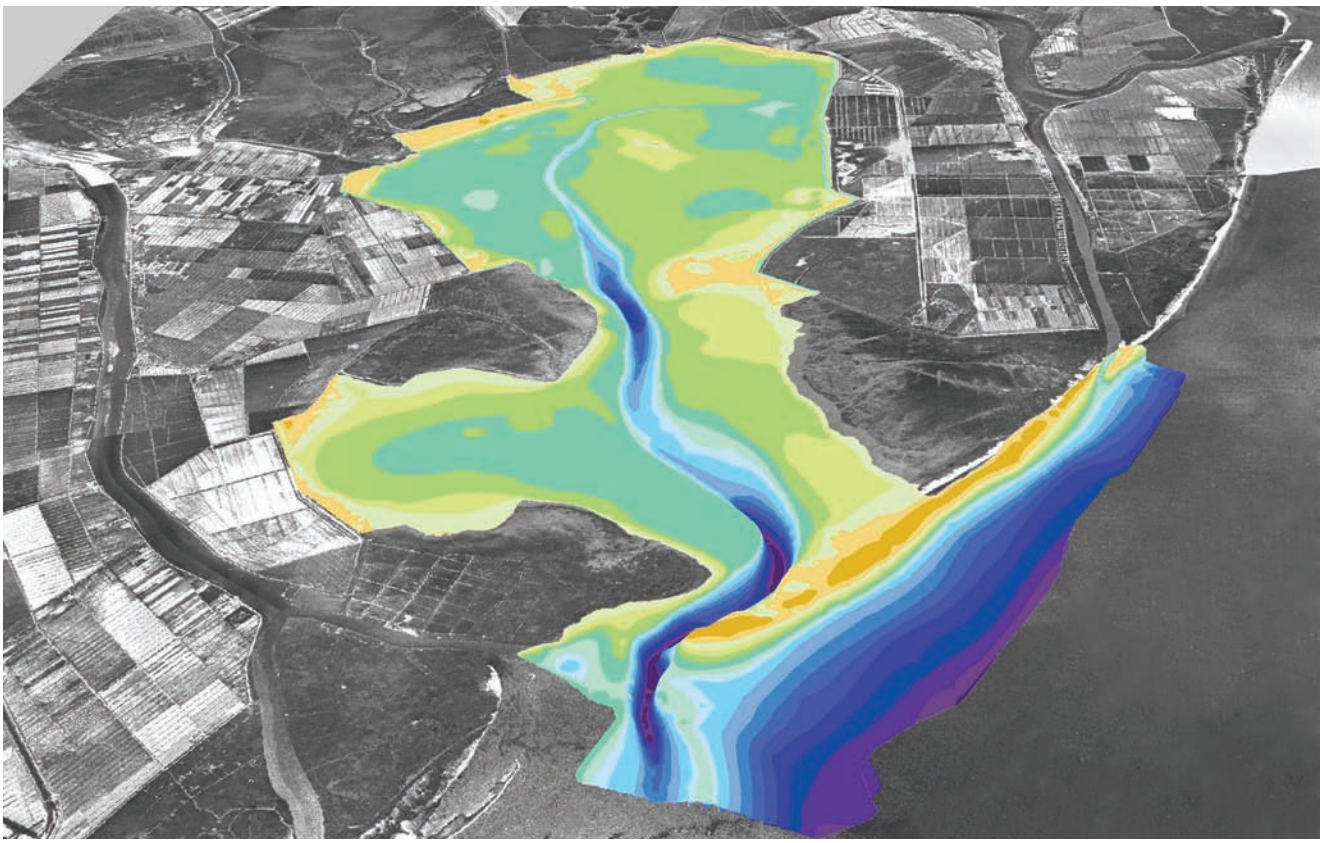


Figura 5: vista prospettica della sovrapposizione del modello digitale della batimetria del 1950 alla foto aerea del volo GAI 1955.

La batimetria del 1950

Il primo rilievo batimetrico di dettaglio di tutta la Sacca degli Scardovari è stato eseguito nell'aprile-maggio 1950 da parte dell'Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque. La mappa batimetrica, reperita in forma cartacea alla scala 1:20.000 (Magistrato alle Acque, 1950), si accompagna ad una estesa relazione che oltre a fornire preziose indicazioni sull'evoluzione della morfologia della Sacca prima del 1950, descrive nel dettaglio le metodologie impiegate per i rilievi e i capisaldi di riferimento utilizzati.

Le quote sono espresse in metri e riferite al livello medio del mare corrispondente allo zero della rete altimetrica dello Stato del 1898. Dalla relazione si evince tuttavia che il problema del corretto inquadramento plano-altimetrico dei rilievi in un territorio soggetto a così forti variazioni, è ben presente agli estensori dello studio. Essi conducono infatti una serie di valutazioni che si basano soprattutto sul confronto tra registrazioni mareografiche appositamente effettuate nella Sacca e l'andamento della marea a Punta della Salute nella laguna di Venezia.

In base a tali valutazioni essi pervengono da una parte alla quantificazione dei cospicui abbassamenti subiti dai locali capisaldi altimetrici, dall'altra ad una stima dell'innalzamento del livello medio del mare nella Sacca rispetto allo zero della rete altimetrica dello Stato. In particolare questo innalzamento è quantificato in circa 12 cm, ossia della stessa quantità registrata a Venezia. A rigore,

dunque, i dati batimetrici riportati nella mappa dovrebbero essere corretti per poter essere confrontati con gli altri rilievi. Data però l'entità relativamente modesta della correzione e, soprattutto, le notevoli incertezze, sottolineate dagli stessi autori, che le suddette valutazioni comportano, si è preferito mantenere i dati stessi nel loro formato originale, anche per facilitarne l'analisi e il controllo.

La mappa batimetrica riporta tutti i punti battuti, che sono generalmente disposti per strisciate successive che attraversano l'intera Sacca ad interasse di circa 250÷300 m, e che sono più ravvicinate nelle aree maggiormente significative, come nell'intorno della bocca a mare e lungo l'ampio canale che solca tutta la laguna in senso longitudinale (Canale Curiolo). Essa riporta inoltre le curve isobate, tracciate con un'equidistanza di 10 cm nelle zone di più bassi fondali e di 1 m lungo il Canale Curiolo. Purtroppo il rilievo non si estende alle aree emerse, ed in particolare alle ampie zone barenicole che stringono sui due lati la parte meridionale della Sacca di Bottonera. Tuttavia la carta è arricchita con particolari e dettagli che consentono di ricostruire almeno qualitativamente anche la morfologia di tali aree, soprattutto nelle zone poste lungo i margini della Sacca.

La carta è stata scansionata e georeferenziata nel sistema di riferimento Gauss Boaga. I punti di controllo necessari sono stati individuati nella cartografia storica disponibile nell'Archivio Geografico delle Lagune, ed in particolare la Cartografia IGM e le foto aeree del volo IGM 1949.

I dati batimetrici sono stati digitalizzati e restituiti in forma di *shape files*, allo scopo di predisporre il modello altimetrico digitale (*DEM*), necessario per le successive elaborazioni. Data la complessità morfologica dei fondali lagunari rispetto alla densità dei dati disponibili è stata ritenuta opportuna la digitalizzazione di punti e poligoni aggiuntivi rispetto a quelli presenti sulla mappa cartacea, allo scopo di "vincolare" opportunamente la costruzione del *DEM* in modo da renderlo il più conforme possibile con la carta stessa.

In definitiva si sono ottenuti degli *shape files* raggruppati secondo le tre seguenti tipologie:

- contenenti solamente le quote batimetriche riportate sulla mappa: punti e linee isobatimetriche;
- contenenti punti derivati da informazioni morfologiche riportate sulla mappa (canali, aree emerse, argini) ai quali è stata assegnata una quota convenzionale. Ad esempio al limite dei canali è stata assegnata la quota del punto più vicino, ai limiti delle aree emerse e delle arginature, che rappresentano il contorno del dominio, è stata assegnata la quota 0.05 m s.l.m.;
- contenenti punti "fittizi", cioè quote batimetriche inserite a discrezione per infittire la maglia di punti nelle zone in cui il dataset ottenuto con le digitalizzazioni non consente una fedele riproduzione della morfologia rappresentata sulla mappa cartacea: ad esempio sono stati inseriti punti sul limite e sul fondo dei canali, a cui è stata attribuita una quota intermedia tra le quote dei due punti più vicini nel senso della lunghezza del canale, e punti sul limite delle aree emerse e all'interno dello scanno a cui è stata attribuita la quota intermedia tra i due punti più vicini.

Il *DEM* è stato ottenuto mediante elaborazione GIS, applicando agli *shape files* menzionati una procedura di interpolazione che rispetta esattamente le quote locali dei punti battuti (*Natural Neighbour*). È stata così ottenuta una griglia (*raster-grid*) con maglia di 2.5 m.

La sovrapposizione del *DEM* con la mappa originale (Figura 4) arricchisce la mappa stessa evidenziando i particolari morfologici maggiormente significativi, che documentano le profonde differenze con la Sacca nella sua configurazione attuale. Di interesse risulta anche la vista prospettica della sovrapposizione del modello digitale della batimetria del 1950 alla foto aerea del volo GAI 1955 rappresentata in Figura 5.

La batimetria del 1967

Nell'aprile del 1967 fu eseguito un nuovo rilievo batimetrico di tutta la Sacca degli Scardovari a cura dell'Ente Delta Padano, un organismo creato con lo scopo di sostenere lo sviluppo agricolo nell'area deltizia nell'ambito delle province di Venezia, Rovigo, Ferrara e Ravenna. Il rilievo, rappresentato in forma di planimetria cartacea alla scala 1:25.000, è stato reperito nell'Archivio del Consorzio Delta Po Adige.

Secondo quanto riportato sulla mappa, il rilievo è stato realizzato nell'ambito del "Progetto di massima per la chiusura della Sacca dei Scardovari". Le quote sono espresse in metri rispetto livello medio del mare, con riferimento al locale sistema di capisaldi dell'Ente.

La mappa riporta le quote rilevate, che sono disposte su tutta la Sacca a strisciate trasversali poste a circa 300÷350 m l'una dall'altra, e le curve isobate, aventi equidistanza pari a 0.25 m. Sono inoltre cartografate con un certo dettaglio tutte le parti emerse che separano la Sacca dal mare (Scanno del Palo e Punta del Polesine) come anche i margini della Sacca ed il territorio immediatamente esterno alle arginature perimetrali. Infine è riportato anche un confronto tra il tracciato del Canale Curiolo desumibile dal rilievo e quello che si ricava dalla carta batimetrica del 1950, per evidenziarne gli spostamenti planimetrici.

Come nel caso precedente la mappa è stata scansionata e georeferenziata nel sistema Gauss Boaga. Al riguardo si è fatto riferimento al reticolato metrico riportato sulla mappa stessa, riferito al medesimo sistema di riferimento. Il risultato ottenuto è stato verificato sulla

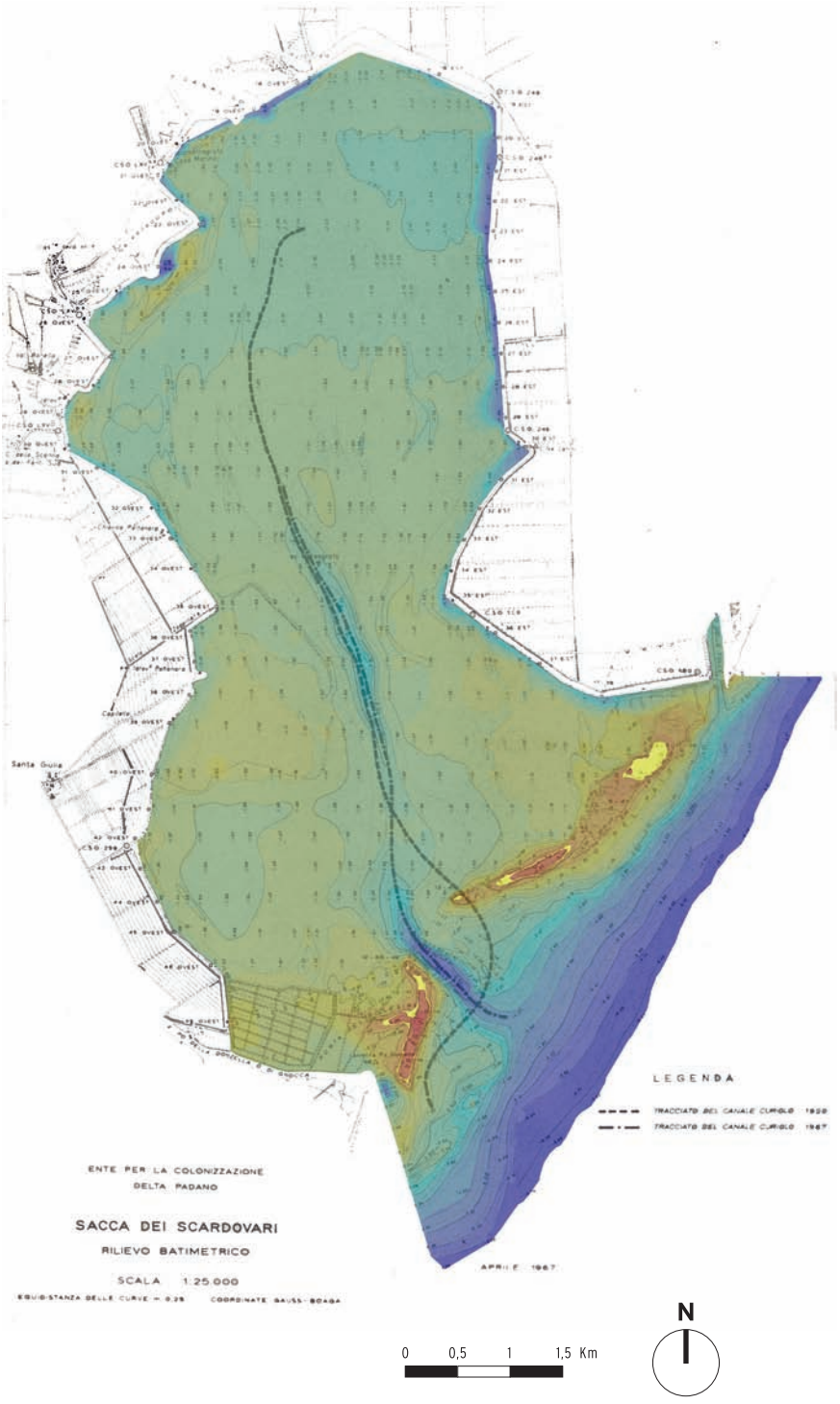


Figura 6: elaborazione della carta batimetrica del 1967 mediante sovrapposizione del modello digitale.

base di una serie di punti di controllo reperiti sulle foto aeree e sulla cartografia presente nell'Archivio.

Tutti i dati batimetrici (punti del rilievo e curve isobate) sono stati digitalizzati in forma di *shape files*. In questo caso la densità e la distribuzione dei dati, rispetto alla complessità morfologica dei fondali lagunari, è stata ritenuta sufficiente per la costruzione del modello digitale, per cui non si è resa necessaria la costruzione di punti e poligoni "fittizi" di supporto. È stato digitalizzato soltanto un poligono che delimita il dominio (*Clip buffer*), necessario per escludere dalle elaborazioni le aree prive di dati batimetrici. La Figura 6 rappresenta la sovrapposizione del *DEM* con la mappa originale.

La batimetria del 1991-1994

Il successivo rilievo batimetrico della Sacca degli Scardovari risale al periodo 1991-1994. In quegli anni furono predisposti i primi progetti per la sistemazione idraulica della Sacca, a supporto dei quali si ravvisò la necessità di disporre della batimetria aggiornata dei fondali. Nel 1991 fu realizzata una campagna batimetrica estesa a tutta la Sacca, che successivamente nel 1994 fu completata con una serie di strisciate di controllo nella parte meridionale del bacino (Sacca di Bottonera) e nel canale della Bocca a mare. Purtroppo non è stato possibile reperire i dati originali del primo rilievo.

L'analisi è stata effettuata utilizzando perciò le carte in formato digitale disponibili nell'Archivio del Consorzio di Bonifica Delta Po Adige, che rappresentano la planimetria della Sacca e le curve batimetriche con equidistanza di 0.5 m. Solo per la parte centrale e settentrionale del bacino è stato possibile disporre della griglia digitale a passo 20 m utilizzata per la realizzazione delle curve batimetriche. Pertanto, anche se i dati possono verosimilmente essere ritenuti più accurati in ragione dei più moderni ed efficienti strumenti di rilievo utilizzati, questa batimetria risulta nel complesso meno dettagliata rispetto a quelle del 1950 e 1967, quantomeno nella Sacca di Bottonera e a ridosso della bocca a mare e degli scanni.

Anche in questo caso il *DEM* utilizzato per le elaborazioni descritte nel seguito è stato ricostruito senza l'inserimento di nuovi punti o poligoni di appoggio, ma utilizzando, oltre ai dati menzionati, solo un poligono di contorno necessario per delimitare il dominio del modello digitale alle aree coperte da dati.

La batimetria del 2008-2009

Negli anni successivi al 1994 il Consorzio Delta Po Adige effettuò diverse campagne di rilievi batimetrici finalizzati principalmente a progettare ed a controllare i lavori di dragaggio dei canali e di formazione di barene artificiali ai fini della vivificazione delle acque lagunari. Questi rilievi sono però solo parziali e non consentono di costruire un vero e proprio "modello" per tutta la Sacca.

Solo nel marzo 2008 è stata realizzata un'indagine di dettaglio estesa a tutto il bacino. L'intera Sacca è stata rilevata con una griglia batimetrica regolare con passo di circa 250 m infittita con ulteriori strisciate intermedie e batimetrie di dettaglio nei canali e nei punti maggiormente significativi.

Successivamente, nel gennaio 2009, è stato effettuato un rilievo di dettaglio anche dei fondali nel mare antistante le bocche a mare e lo Scanno del Palo, condotto secondo una griglia a passo costante di circa 50 m.

Questi dati sono stati integrati con delle strisciate acquisite nel corso di un'ulteriore campagna batimetrica eseguita a cura del Consorzio Delta Po Adige nel gennaio 2008, finalizzato a rilevare nel dettaglio la geometria del canale che dalla Bocca Nord penetra verso la laguna settentrionale. Tutti i dati menzionati sono stati assemblati per creare un ulteriore modello altimetrico digitale della Sacca (*DEM*), secondo la medesima procedura adottata per i casi precedenti.

Evoluzione della Sacca dal 1950 ad oggi

La descrizione dell'evoluzione morfologica della Sacca degli Scardovari nel periodo recente, 1950-2008 e la discussione dei fenomeni e delle cause che questa evoluzione hanno determinato è suddivisa, nei paragrafi che seguono, in tre parti. Si è ritenuto utile, infatti, per una maggiore chiarezza espositiva, distinguere la descrizione dell'evoluzione del bacino lagunare interno da quelle relative alle aree di barena, agli scanni e al tratto di litorale su cui la laguna si affaccia.

La laguna

Come riportato in precedenza, mediante i dati relativi ai quattro rilievi batimetrici della Sacca disponibili nell'arco di tempo 1950-2008 sono stati innanzitutto ricostruiti i *DEM* (Figura 7) mediante i quali è stato possibile sviluppare un'analisi non solo qualitativa ma anche quantitativa dell'evoluzione della laguna.

Nel 1950, come si è visto anche in precedenza, la geometria e i fondali della Sacca degli Scardovari si presentano sensibilmente articolati, anche a causa dei vecchi delta interni formati dai rami secondari del Po di Gnocca e del Po di Tolle.

Nella parte settentrionale lungo tutto il margine sono presenti fasce barenose e zone parzialmente emerse dove recapitano le loro acque i canali di bonifica (per mezzo di impianti idrovori) o dove sono situate le chiaviche di collegamento con le valli da pesca. Lo specchio lagunare è caratterizzato dalla presenza di un unico grande canale (Canale Curiolo) che dalla bocca a mare si spinge verso il margine più interno, il cui corso di sviluppa quasi rettilineo e con sezione ampia in tutta la Sacca di Bottonera, perdendosi invece progressivamente in una serie di anse sempre meno incise nella Sacca degli Scardovari.

In tutta la laguna, in posizione perimetrale, sono presenti ampie superfici di barena e bassifondi, che peraltro gli estensori del rilievo definiscono "in fase di disfacimento", in base al confronto con i dati di una precedente indagine eseguita nel 1933-1935 (Magistrato alle acque, 1950). Si tratta in particolare del cordone di bassi fondali che si estende al centro della Sacca degli Scardovari (Bari

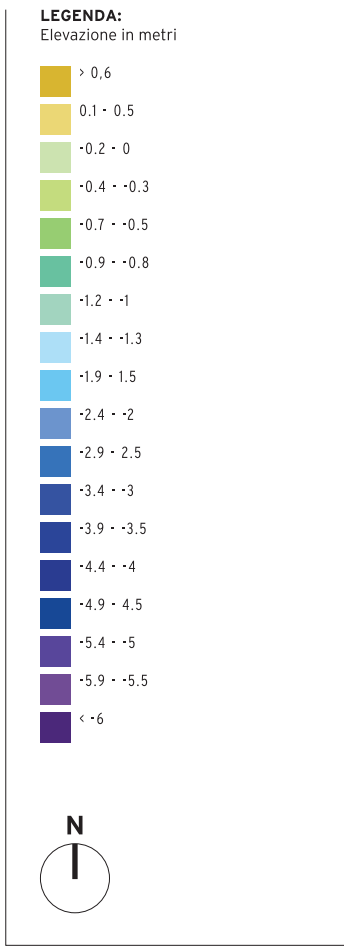
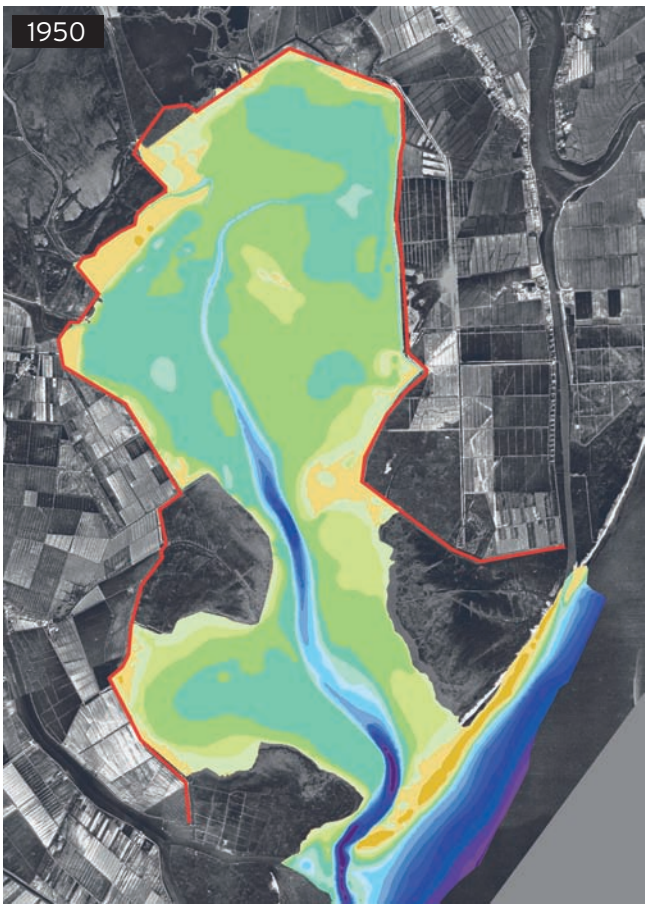
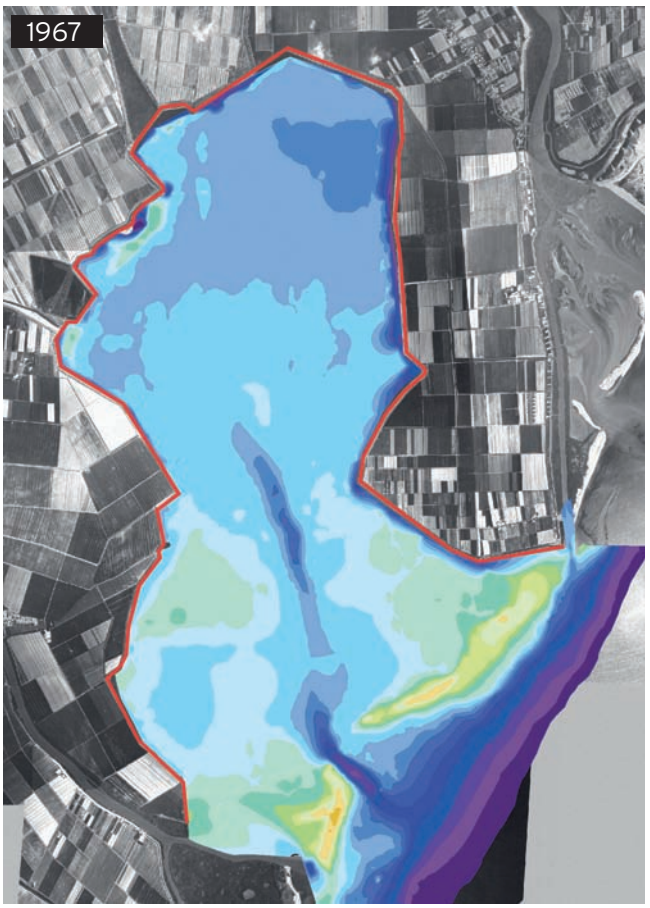
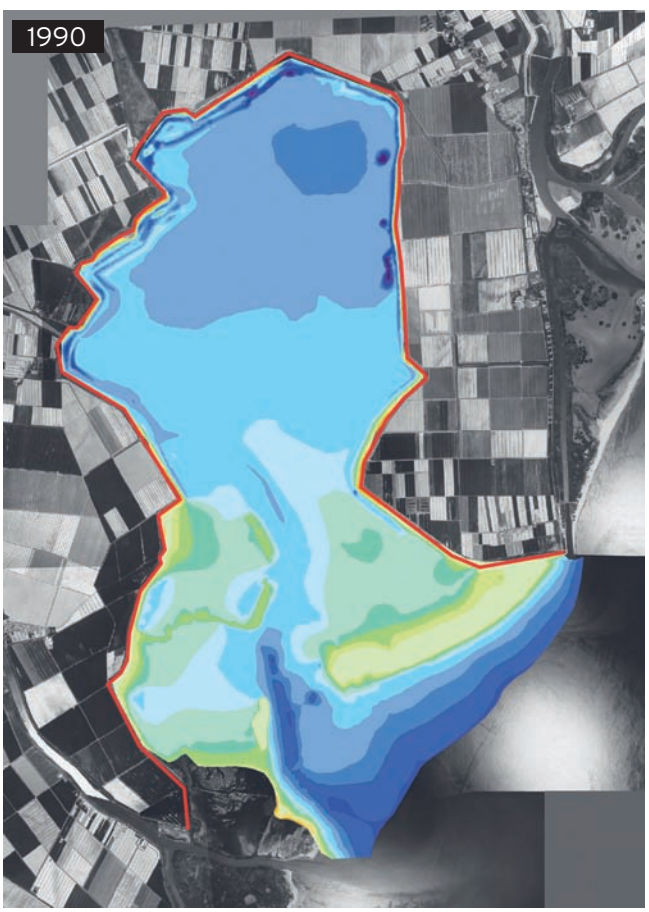
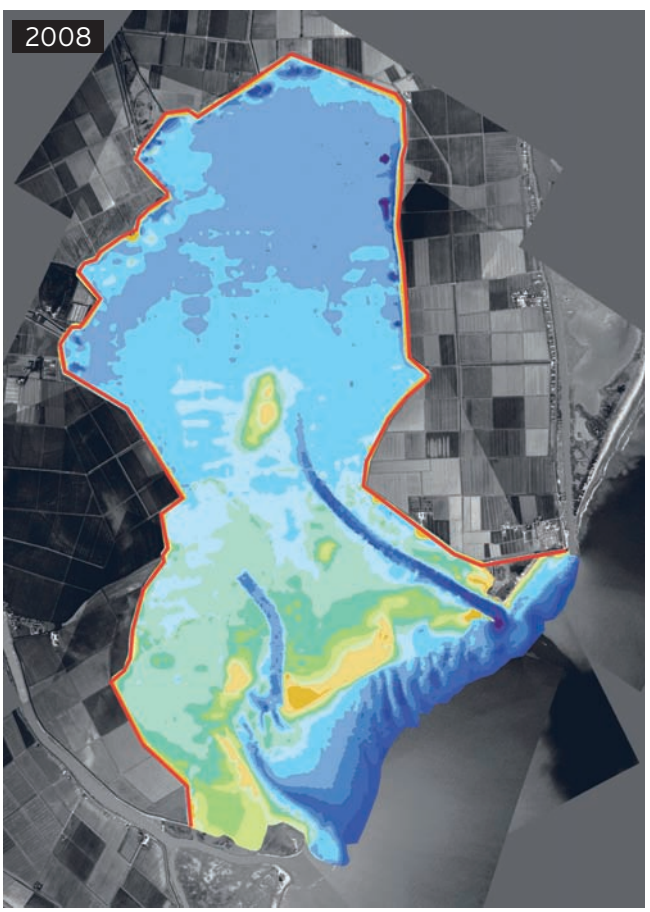


Figura 7: modelli altimetrici della Sacca degli Scardovari costruiti sulla base dei rilievi batimetrici disponibili sovrapposti alle foto aeree disponibili temporalmente più prossime ai rilievi batimetrici: batimetria 1950 - volo GAI 1955; batimetria 1967 - volo IGM 1977; batimetria 1991-1994 - volo ReVen 1990; batimetria 2008 - volo Consorzio Bonifica Delta Po Adige febbraio 2008.


1950


1967


1990


2008

di Scardovari) e delle aree di barena che si dispongono lungo l'argine orientale verso la stretta che chiude la Sacca di Bottonera (Punta Garbin). In fase di erosione è definita dagli estensori dello studio anche la fascia di barene che si estende lungo l'argine perimetrale occidentale, e gravemente danneggiato, principalmente per l'azione del mare di scirocco, è detto l'argine che delimita su tale lato, escludendola dalla laguna, la vasta area del Canestro.

Stabili nella loro conformazione ed estensione sono invece definite le aree di barena lungo il contorno della Sacca di Bottonera sia sul lato orientale che su quello occidentale, anche se è messo in evidenza il processo evolutivo cui è soggetto lo scanno, che sembra portare progressivamente a limitare l'estensione della bocca a mare.

Rispetto alle altre mappe rappresentate in Figura 7 le profondità dei fondali del 1950 sono alquanto più limitate e, nella parte più settentrionale, arrivano al massimo a circa -0.9 m s.l.m.. Questa situazione batimetrica probabilmente favoriva i processi di mescolamento e consentiva quindi un buon ricambio idrico determinato dall'azione combinata della marea e dei processi di dispersione dovuti all'eterogeneità del campo cinematico a sua volta legata appunto alla varietà dei fondali.

Rispetto alla situazione illustrata in Figura 1, che rappresenta invece la conformazione della laguna nella prima parte del secolo XX, la mappa del 1950 segnala un'espansione delle aree di barena bonificate e protette da modesti rilevati arginali sul lato Occidentale della Sacca (Sacca Paltanara e area Canestro). La costruzione di queste arginature rappresenta un aspetto morfologico importante perché essa va ad inserirsi nella fascia di transizione tra terraferma e laguna. L'argine costituisce infatti una netta separazione tra questi due ambienti e determina evoluzioni indipendenti della terraferma e dei fondali della laguna.

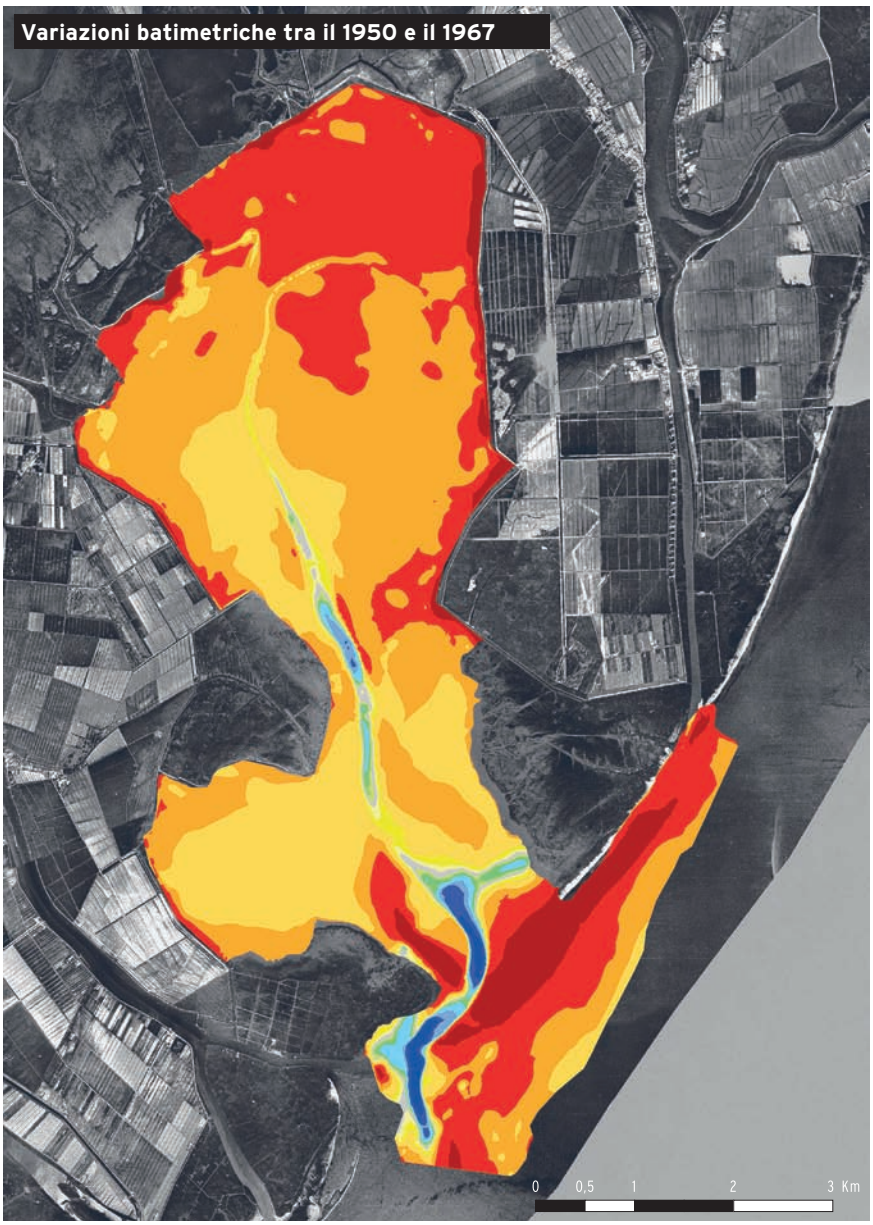
Se si confronta la batimetria del 1950 con quella del 1967 (vedi Figura 7), si notano differenze considerevoli. Nel breve lasso di tempo che intercorre tra i due rilievi, infatti, la laguna subisce profonde modificazioni dal punto di vista morfologico. In sintesi, nella parte più settentrionale si osserva un approfondimento generalizzato dei fondali, accompagnato dalla perdita di eterogeneità morfologica e dalla quasi completa scomparsa del canale Curiolo.

Nella parte centrale si assiste alla scomparsa delle aree barenicole marginali, sia sul lato occidentale (area Canestro) che su quello orientale (Punta Garbin). Nella parte meridionale le aree emerse che nel 1950 chiudono su entrambi i lati la Sacca di Bottonera, nel 1967 sono completamente scomparse. Si riscontra infine un notevole arretramento dello scanno che separa la laguna dal mare.

Queste profonde modificazioni appaiono causate sostanzialmente da due fattori. Il primo è rappresentato dal fenomeno della subsidenza che, nel periodo 1945-1960 è risultata notevolmente accelerata a causa delle estrazioni dei pozzi metaniferi distribuiti in tutta l'area del Delta polesano.

A tale proposito, pur non potendo disporre di dati precisi, si può stimare che l'abbassamento dei terreni nella parte più settentrionale della Sacca sia stato dell'ordine del metro circa (Gambardella *et al.*, 1991). Abbassamenti inferiori

Figura 8: modello differenziale delle variazioni dei fondali della Sacca degli Scardovari nel 1967 rispetto ai valori batimetrici del 1950. Sfondo: Volo GAI 1955.



hanno invece interessato la parte più meridionale della laguna, e tuttavia tali abbassamenti hanno presumibilmente avuto un ruolo determinante perché hanno provocato una riduzione delle quote dello scanno e quindi un indebolimento dello stesso.

Con riferimento a tali aspetti è da osservare che i terreni in sinistra del Po di Tolle erano nel 1955 permanentemente emersi ed utilizzati per attività agricole (Figura 2 e Figura 7). Nel 1967 questi terreni sono completamente allagati e formano la Laguna Bonelli, delimitata a Ovest e a Nord dai due rami del Po di Tolle (foce di Tolle e Busa del Bastimento).

Nello stesso periodo 1950-1967 sono poi da registrare alcune mareggiate di Scirocco, particolarmente intense, tra le quali la più gravosa fu probabilmente quella del novembre 1966 che, più a settentrione, in corrispondenza del Lido di Venezia, produsse danni ingenti ai *Murazzi*, storica difesa della laguna dal mare costituita da un argine in blocchi di pietra d'Istria.

Queste mareggiate, incontrando una difesa naturale indebolita, hanno determinato lo sfondamento dello scanno e l'allagamento, in particolare nel novembre 1966, di estese aree dell'isola della Donzella, cioè del territorio compreso tra il Po di Tolle e il Po di Gnocca. Queste forti mareggiate, propagandosi su fondali sensibilmente approfonditi per effetto della subsidenza hanno verosimilmente sviluppato intensi processi erosivi anche nella parte più interna della laguna i quali, con ogni probabilità, hanno contribuito ad approfondire ulteriormente questa parte della Sacca.

L'omogeneità delle quote del fondo, che si mantiene a tutt'oggi, è presumibil-

mente da attribuire ancora ai fenomeni di moto ondoso che si generano all'interno della stessa laguna in occasione di eventi di Scirocco. Infatti, con profondità dell'ordine dei 2.0÷2.5 m, velocità del vento spesso superiori ai 10 m/s e un *fetch* libero di 3÷4 km, possono svilupparsi nella parte settentrionale della laguna onde caratterizzate da altezze prossime ad 1 m e in grado di produrre sforzi tangenziali al fondo capaci di movimentare i sedimenti del fondo.

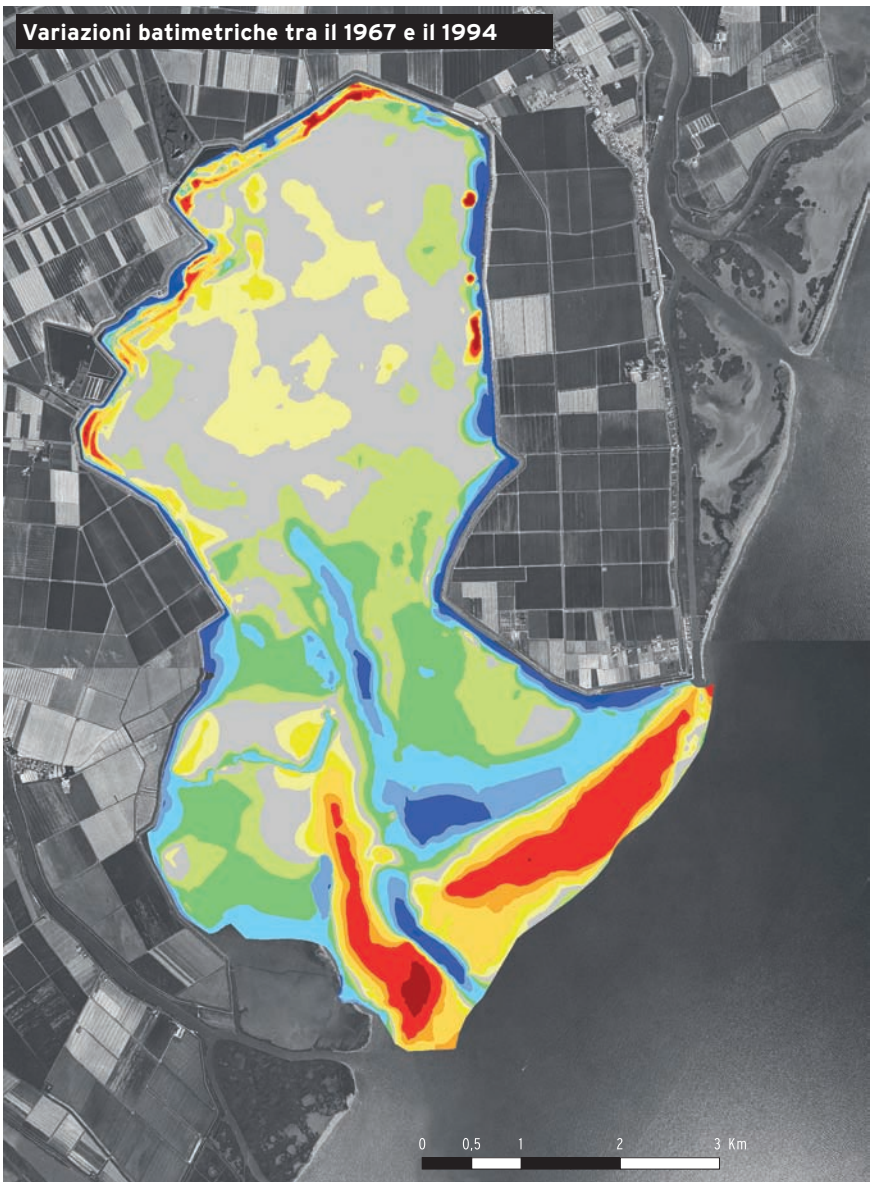
Da segnalare, inoltre, che subito dopo l'evento del '66 l'argine della Sacca, danneggiato dalla mareggiata, è stato ricostruito e sopraelevato fino alla quota attuale determinando così un'ancor più netta separazione tra terraferma e laguna.

Il differenziale tra le due batimetrie, costruito in ambiente GIS ed illustrato in Figura 8 fornisce con immediatezza un quadro quantitativo delle variazioni morfologiche subite dalla laguna tra il 1950 e il 1967. Si osserva, in particolare, come la maggior parte dei fondali abbia subito un abbassamento compreso tra 0.5 e 3.0 m.

In generale, dalla mappa si ricava che i maggiori valori di abbassamento dei fondali si riscontrano nella porzione settentrionale della Sacca, nella zona degli scanni e nella fascia di mare immediatamente antistante ad essi. È particolarmente evidente l'ampia fascia rosso scuro allungata in senso NE-SW che rappresenta l'erosione dello Scanno del Palo, con abbassamenti nel complesso superiori a 3 m.

Le poche aree in cui si è verificato innalzamento dei fondali sono circoscritte ad alcuni tratti del tracciato del Canale Curiolo (innalzamenti del fondo canale

Variazioni batimetriche tra il 1967 e il 1994



LEGENDA:

- abbassamento superiore a 3 m
- abbassamento tra 3 e 1.5 m
- abbassamento tra 1.5 e 1 m
- abbassamento tra 1 e 0.5 m
- abbassamento tra 0.5 e 0.25 m
- abbassamento tra 0.25 e 0.1 m
- stabile
- innalzamento tra 0.1 e 0.25 m
- innalzamento tra 0.25 e 0.5 m
- innalzamento tra 0.5 e 1 m
- innalzamento tra 1 e 1.5 m
- innalzamento tra 1.5 e 3 m
- innalzamento superiore a 3 m

N

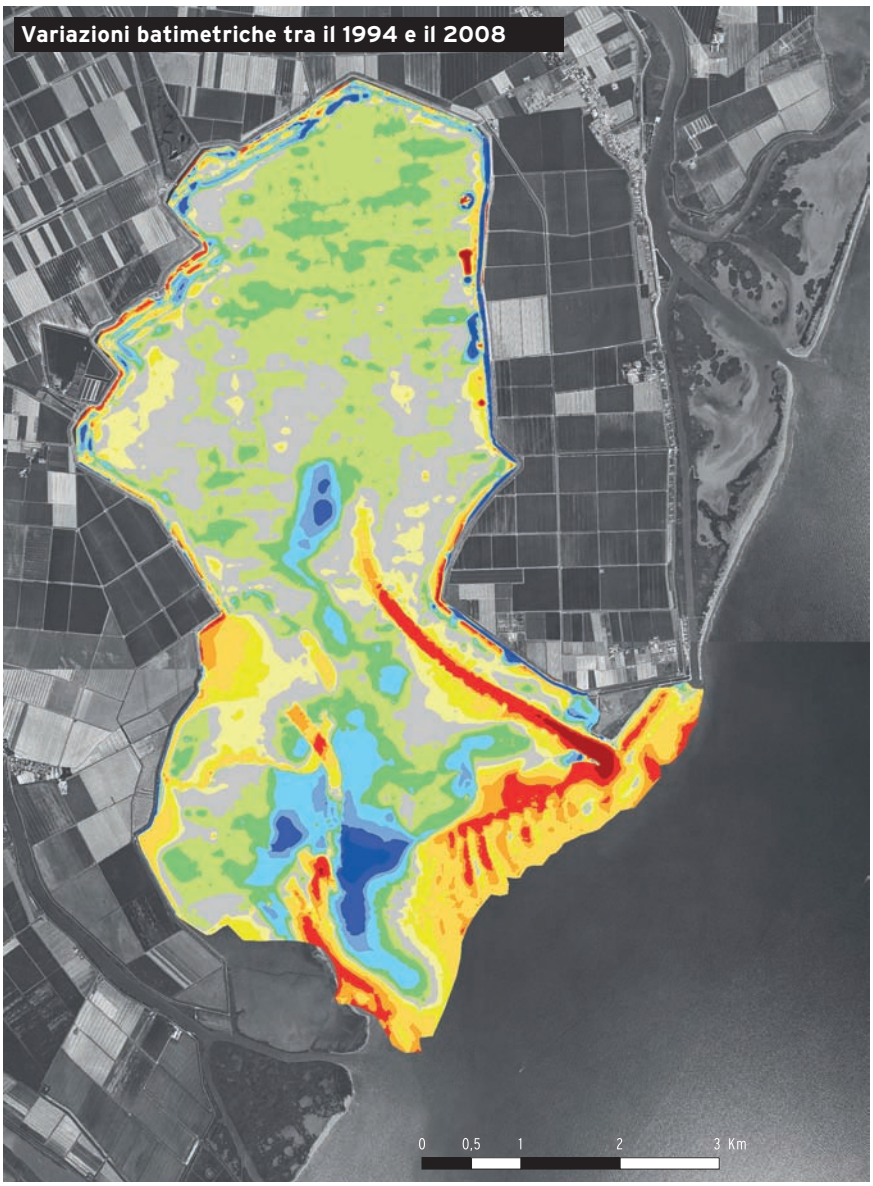


Figura 9: modelli differenziali delle variazioni dei fondali della Sacca degli Scardovari tra il 1967 e il 1994 e tra il 1994 e il 2008. Sfondo: Ortofoto IT2000 (la scala cromatica è la stessa di Figura 8).

anche superiori a 3 m) e a due piccole zone ad esso lateralmente adiacenti (in celeste) che corrispondono alla nuova posizione degli scanni (migrati verso nord) testimoniata dai dati del 1967. Nella zona più meridionale della laguna, si notano due strisce, una rossa (marcato abbassamento) e l'altra blu (marcato innalzamento) adiacenti e allungate in senso grossomodo N-S. Esse indicano che l'asse del Canale Curiolo tra il 1950 e il 1967 ha subito, nel suo tratto di foce, un significativo spostamento verso sud-ovest, quantificabile in circa 500 m. Questa circostanza conferma l'indicazione già presente sulla mappa batimetrica originale del 1967 in cui lo spostamento del tracciato del Canale Curiolo è schematicamente rappresentato con due linee tratteggiate (Figura 6).

Con riferimento alla parte interna della laguna, modeste sono state le variazioni negli anni seguenti come testimoniano i rilievi batimetrici eseguiti nel 1994 e nel 2008 (vedi Figura 7) e i differenziali illustrati in Figura 9. Se ne può dedurre che le maggiori profondità hanno consentito lo svilupparsi di moto ondoso interno, soprattutto in occasione di Scirocco, che tende ad appiattire i fondali.

Si può trovare un'analogia, a tale proposito, con quanto sta accadendo nella laguna di Venezia. Da più di un secolo la Palude dei Sette Morti è andata gradualmente espandendosi mantenendo però inalterata la sua profondità, che resta sensibilmente uniforme e prossima a 2.0÷2.5 m. Tale comportamento è interpretabile come il risultato della dinamica morfologica innescata dall'azione del moto ondoso da vento che si produce all'interno del bacino lagunare (Fagherazzi, Defina, Carniello, D'Alpaos, 2005, 2006, 2007).

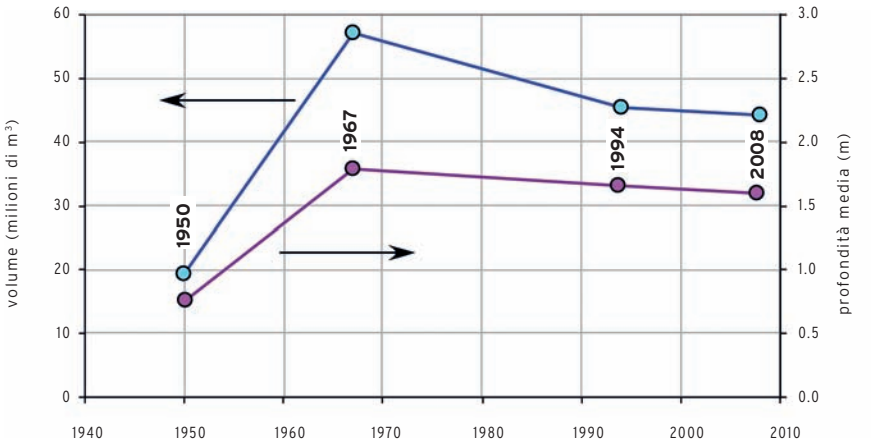


Figura 10: variazione dei volumi d'acqua invasati nella Sacca degli Scardovari nei vari anni considerati assieme alla variazione della profondità media del bacino.

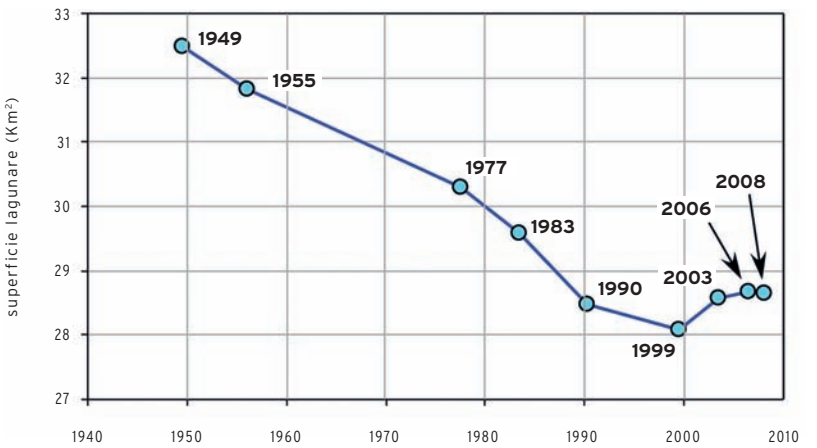


Figura 11: riduzione dell'area compresa entro la conterminazione della Sacca degli Scardovari tra il 1949 e il 2008.

Sulla base dei modelli altimetrici digitali (*DEM*) è stata condotta una elaborazione che ha messo in evidenza le variazioni della capacità d'invaso della Sacca degli Scardovari e della profondità media dei fondali a partire dal 1950. Per ogni anno è stato preso in considerazione l'ambito lagunare (inteso come la parte del bacino in cui i fondali sono posti a quota inferiore a 0.0 m s.l.m.) chiuso alle sezioni delle bocche.

I risultati sono posti a confronto nella Figura 10, la quale mette in evidenza i grandi cambiamenti avvenuti tra il 1950 e il 1967. Il volume d'acqua invasato nel 1967 è triplicato rispetto a quello del 1950. Una parte di questo aumento di volume è imputabile all'aumento della superficie della laguna, dovuta alla scomparsa delle aree emerse, ma la maggior parte è legata all'abbassamento dei fondali.

La profondità media è infatti aumentata nel 1967 di due terzi rispetto a quella del 1950. I dati del 1994 mostrano a loro volta una sensibile diminuzione del volume invasato, che in questo caso dipende dalla diminuzione della superficie della laguna dato che per la profondità media dei fondali si verifica solo una modesta riduzione. Infine nel 2008 volumi e profondità medie risultano sostanzialmente invariati rispetto al 1994.

Sulla base delle foto aeree disponibili è stata valutata quindi, nell'arco temporale 1949-2008, la variazione della superficie complessiva della Sacca degli Scardovari delimitata da una ipotetica "linea di conterminazione". Sul lato interno del bacino questa linea di confine è stata individuata seguendo l'argine di difesa mentre sul lato mare essa è stata materializzata sul bordo interno degli scanni e lungo delle ipotetiche linee congiungenti i bordi più interni degli scanni

stessi attraverso le bocche.

I risultati dell'elaborazione sono sintetizzati dal grafico di Figura 11 che mostra una progressiva riduzione dell'estensione della laguna dal 1949 al 1999 con una velocità media che, dal grafico, può essere stimata in circa 9 ha/anno. Un modesto recupero è invece riscontrabile negli ultimi dieci anni. La riduzione che il grafico evidenzia per il periodo 1949-1955, si riconduce principalmente all'arretramento dello Scanno del Palo, già evidente in quegli anni.

Negli anni successivi, il limite della conterminazione lagunare si amplia notevolmente per l'inclusione delle vaste aree della sacca del Canestro (oltre 2 km^2), lungo il margine occidentale della Sacca. Come si è già detto, infatti, tali aree, a causa della subsidenza e della demolizione della difesa arginale per effetto delle mareggiate, tornano ad essere invase permanentemente dalle acque lagunari.

Il grafico di Figura 11 mostra tuttavia che l'area complessiva della laguna nel 1977 è sensibilmente inferiore a quella del 1955. Ciò è determinato dal forte arretramento dello scanno del Palo che ebbe luogo in quegli anni. Successivamente al 1977, l'arretramento della linea degli scanni non si arresta, per cui la superficie della Sacca si riduce ulteriormente.

Nel complesso la superficie della Sacca è variata tra i circa 32.5 km^2 stimati sulla base della digitalizzazione delle foto del 1949 e i circa 28 km^2 in base ai rilievi aerei del 1999. Le immagini relative agli anni successivi al 1999 mostrano una sostanziale stabilità della superficie calcolata, ovvero un modesto incremento della stessa che si attesta tra i 28 e i 28.5 km^2.

Le zone di barena

Una struttura morfologica caratteristica delle lagune è rappresentata dalle aree di barena, poste a quota superiore a quella del medio mare ma periodicamente interessate dalle alte maree e generalmente colonizzate da vegetazione alofila. Nella Sacca degli Scardovari le aree di barena erano sensibilmente estese fino al 1955, soprattutto nella parte meridionale (Sacca di Bottonera) come risulta dalla mappa illustrata in Figura 1 e in quelle illustrate in Figura 12.

L'estensione delle zone di barena visibili nella mappa di Figura 1 coincide praticamente con l'estensione rilevabile nella foto aerea del 1949 (vedi Figura 12). Alcune differenze si osservano invece nel confronto con le superfici di barena individuabili nella foto aerea del 1955 (Figura 2 e Figura 12). Nella parte centrale e settentrionale della Sacca l'estensione delle aree barenicole lungo i margini è infatti sensibilmente ridotta, verosimilmente per l'abbassamento dei suoli dovuto alla subsidenza.

Negli anni successivi le differenze più marcate riguardano la perdita di vaste aree sul lato occidentale (bacino Canestro). Nelle foto del 1949 si osserva, in particolare, che tali aree, che chiudevano a Nord-Ovest la Sacca di Bottonera, erano separate dalla laguna da un modesto argine e i terreni interni erano coltivati. Già dalla foto del 1955 tuttavia gli stessi terreni appaiono abbandonati e si notano evidenti tracce di ingressione delle acque lagunari. A partire dal 1977, poi, essi possono essere considerati, a tutti gli effetti, parte dello specchio d'acqua lagunare.

Si osserva inoltre, particolarmente nella foto aerea del 1955 (Figura 2), il

tentativo di recuperare, ad uso agricolo, i terreni più interni della zona di Punta del Polesine, all'estremità sud-occidentale della Sacca, a ridosso della foce del Po di Gnocca. Anche questi terreni nelle foto successive appaiono abbandonati.

Le immagini successive a quella del 1955, evidenziano come la gran parte delle zone di barena sia andata sommersa scomparendo del tutto all'interno della Sacca. Solo una piccola zona di barena residua è riconoscibile nell'immagine del 1977 all'estremità meridionale (Figura 12). Negli anni successivi anche quest'area è andata progressivamente scomparendo ed attualmente ne permangono solo alcuni lembi sottili ed allungati che delimitano la Sacca degli Scardovari a Sud. Per la parte interna, questa scomparsa è da attribuirsi quasi esclusivamente al processo di subsidenza. Per la parte meridionale (Sacca Bottonera) all'azione combinata della subsidenza e delle mareggiate.

Il grafico di Figura 13 riassume quantitativamente le variazioni delle superfici lagunari e delle aree occupate da barene. Nel grafico si distingue la superficie lagunare, corrispondente all'area ricadente all'interno della conterminazione, da quella dello specchio liquido inteso come estensione della superficie caratterizzata da quote del fondo inferiori al medio mare. La differenza tra queste due superfici sostanzialmente corrisponde all'area occupata dalle barene.

È interessante osservare come la curva che rappresenta la superficie dello specchio d'acqua (in arancio) cresca progressivamente tra il 1949 e il 1977 portandosi negli anni successivi quasi a coincidere con la curva della superficie della conterminazione. Viceversa, la superficie delle aree di barena subisce una progressiva riduzione, caratterizzata da una diminuzione drastica fino al 1977, e da variazioni più modeste negli anni successivi. Emerge con evidenza perciò il fatto che la Sacca, negli anni dal 1949 in poi, è andata perdendo quasi interamente il sistema di aree emerse o semisommerse che ne caratterizzavano la morfologia e che queste aree sono state sostituite da specchi d'acqua.

Figura 12: estensione delle aree occupate da barene all'interno della conterminazione della Sacca degli Scardovari tra il 1949 e il 2008. L'area tratteggiata corrisponde al bacino del Canestro, escluso dalla conterminazione lagunare fino al 1955.

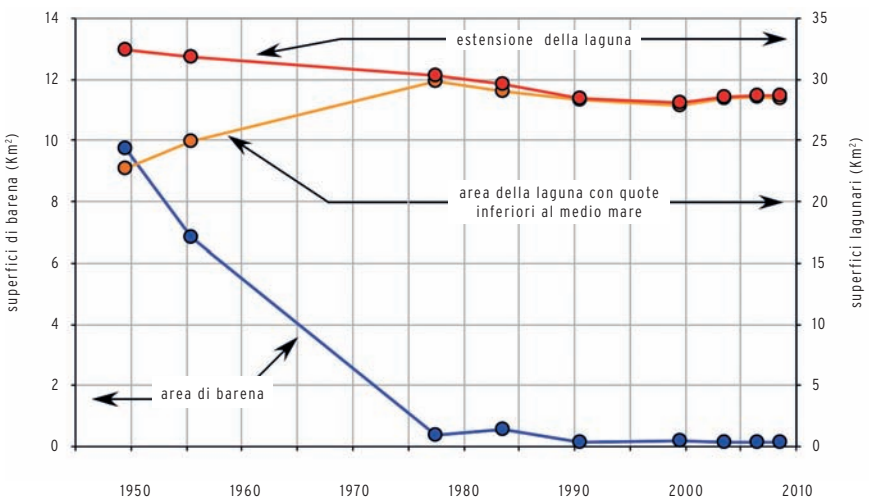
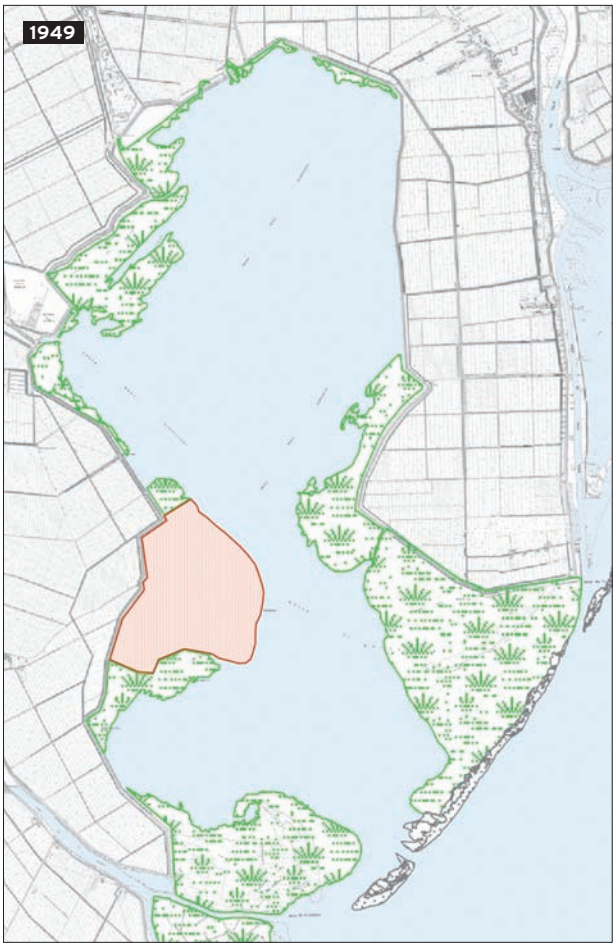
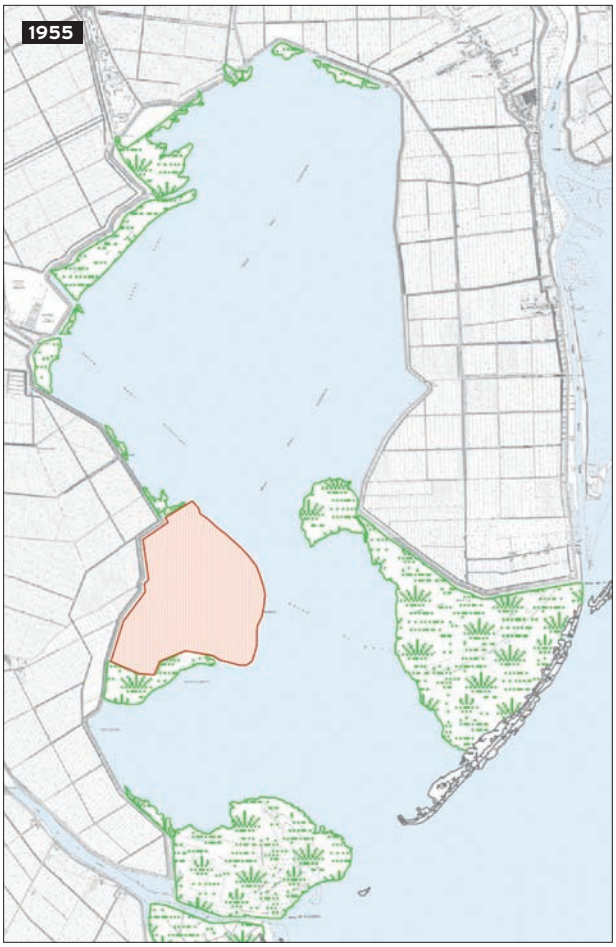
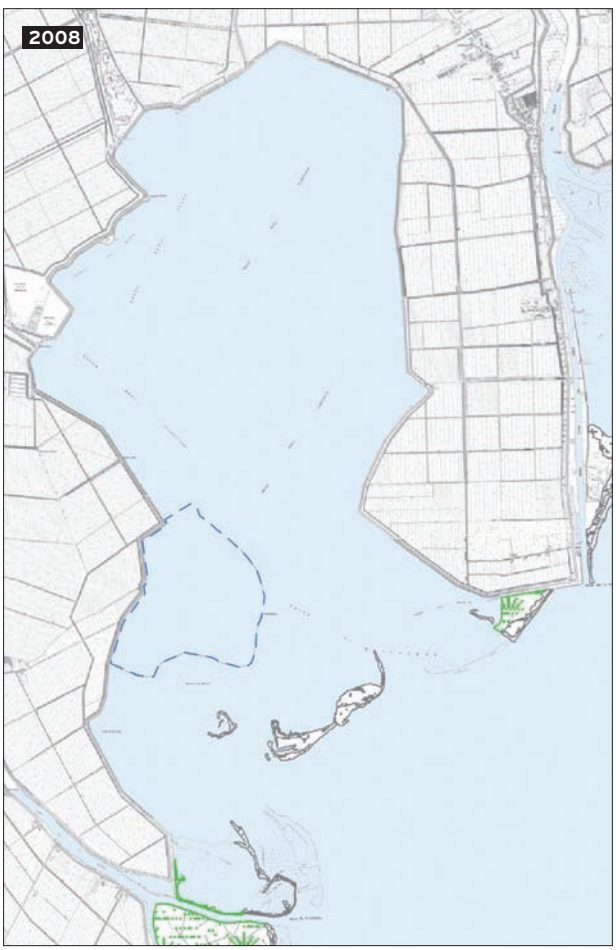


Figura 13: variazioni delle superfici degli specchi d'acqua lagunari e delle aree occupate da barene nella Sacca degli Scardovari. Per una migliore leggibilità la scala dell'asse delle ordinate è stata differenziata.


1949


1955

1977


2008

Gli scanni

Dall'esame di alcune carte topografiche dell'IGMI e dalle notizie storiche reperite (Magistrato alle Acque, 1950) emerge che durante i primi 50 anni del XX secolo, la posizione, la forma e le dimensioni dello scanno che chiude lato mare la laguna (Scanno del Palo) hanno subito modificazioni tutt'altro che trascurabili, determinate da una condizione di equilibrio precario soggetto alle variazioni stagionali ed annuali delle mareggiate da una parte e dell'intensità del trasporto solido, fluviale e litoraneo, dall'altra.

La Figura 3 mostra l'evoluzione subita dallo scanno dal 1931 al 1949, in base alle foto aeree. In questo periodo lo scanno arretra sensibilmente ma soprattutto si prolunga verso Sud-Ovest costringendo il canale di bocca a piegare nella stessa direzione e a restare compresso tra il banco di Punta del Polesine (sul lato sinistro della foce del Po di Gnocca) e la parte meridionale dello Scanno del Palo. Nella foto aerea del 1949 (Figura 3) è già visibile lo sfondamento dello scanno stesso e l'apertura di una nuova bocca lagunare più a nord, che appare completamente formata nell'immagine del 1955 (Figura 2).

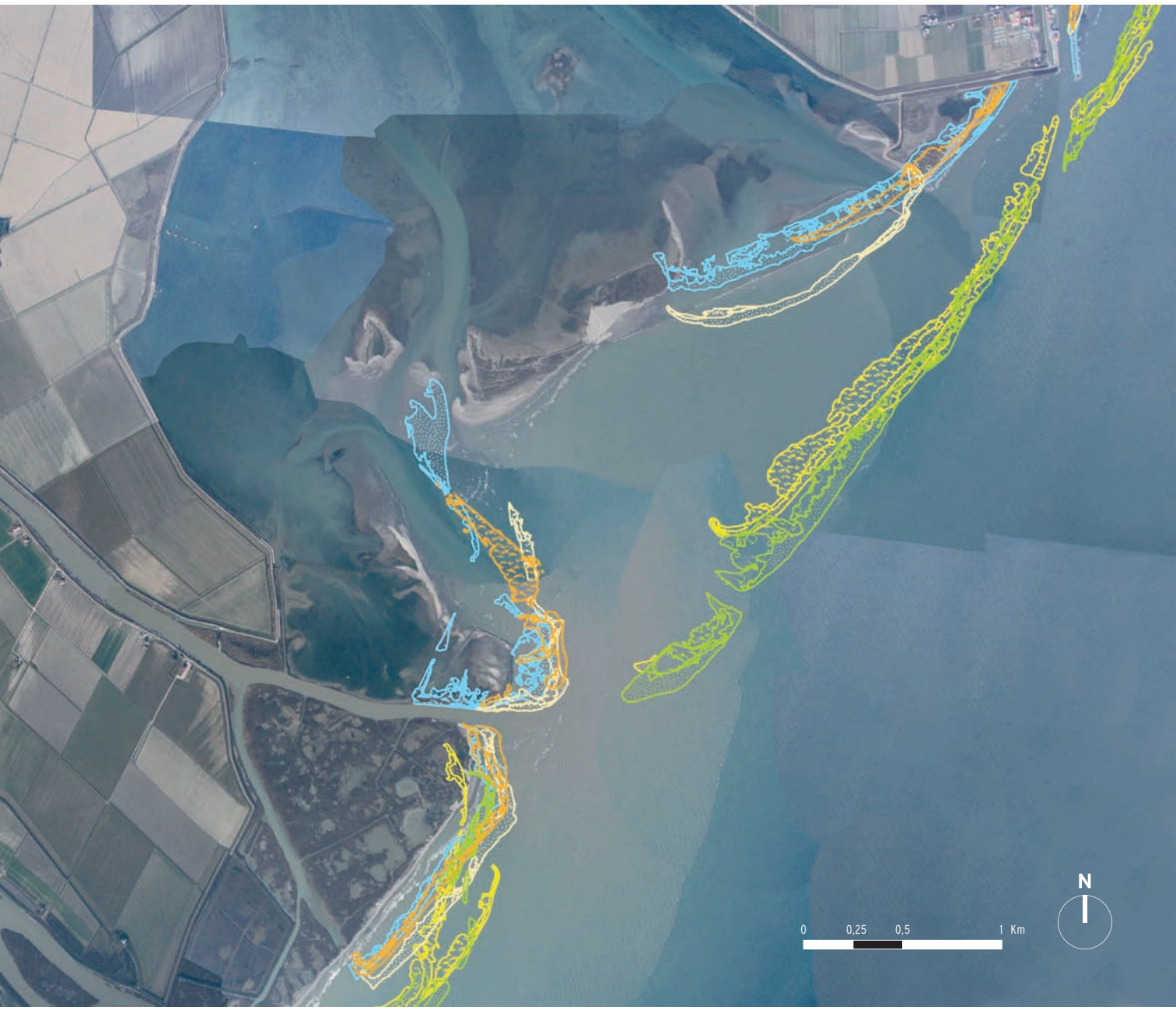
In Figura 15 è riportata la successione di mappe ottenute per digitalizzazione delle aree di barena e degli scanni individuabili nelle foto aeree disponibili a partire dal 1949. Tali elementi morfologici, contenuti nel GIS, sono sovrapposti alla Carta Tecnica Regionale (compilata in base al rilievo aerofotogrammetrico del 1983) utilizzata come base di riferimento al solo scopo di facilitare il confronto tra le diverse situazioni. La figura evidenzia come tra il 1949 e il 1955 la punta meridionale dello scanno scompaia ed aumenti la larghezza della nuova bocca, come si è detto precedentemente, in posizione leggermente arretrata.

Nel periodo 1955-1970 l'azione combinata della subsidenza e delle mareggiate intense che hanno caratterizzato questo lasso di tempo, ha prodotto profonde modificazioni morfologiche della laguna e degli scanni in particolare. L'entità di queste modificazioni è testimoniata, in Figura 14, dal confronto tra la posizione e la consistenza degli scanni prima del 1955 e dopo il 1977. Si osserva, in particolare, un forte arretramento del confine tra mare e laguna con un assetto che verrà sostanzialmente mantenuto negli anni successivi.

L'evoluzione recente degli scanni che delimitano a Sud la Sacca può perciò essere descritta a partire dalla configurazione della linea di costa che si riscontra nel rilievo batimetrico del 1967. In tale situazione (Figura 6) la delimitazione della Sacca è costituita da uno scanno principale a Nord-Est (Scanno del Palo), che si stacca a breve distanza da Punta Barricata (è evidente un varco poco profondo tra l'inizio dello scanno e Punta Barricata), si allunga verso Sud-Ovest con un allineamento debolmente a rientrare ed è parzialmente sormontabile in fase di alta marea. La delimitazione è completata da uno scanno secondario, intestato a Sud in corrispondenza della Punta del Polesine, anch'esso leggermente rientrante rispetto alla linea di costa. Questa configurazione è sostanzialmente la stessa che si riscontra in base alle foto aeree del 1977 (Figura 15).

Nel periodo 1977-2000, lo scanno settentrionale si rafforza gradualmente andando dapprima a ricongiungersi con la costa settentrionale in corrispondenza di Punta Barricata (1983) e poi ingros-

Figura 14: confronto tra la posizione degli scanni ricavata dall'elaborazione delle foto aeree. Si osservi in particolare il notevole arretramento tra il 1955 e il 1977.



LEGENDA:

- IGM 1949
- GAI 1955
- IGM 1977
- ReVen 1983
- ReVen 1990

Base foto aerea CBDPA
febbraio 2008

sandosi ed allungandosi progressivamente verso Sud-Ovest. Tale processo, riconducibile in gran parte al complesso degli interventi di difesa e consolidamento operati in quegli anni a cura del Magistrato per il Po, è accompagnato da una debole rotazione oraria dello scanno, di pochi gradi, con centro in corrispondenza della foce del Po di Tolle.

L'apertura della nuova bocca Nord, protetta da moli, realizzata nel 1996 a cura del Consorzio di Bonifica Delta Po Adige, sembra aver avuto una modesta influenza sull'andamento generale di questo processo evolutivo dello scanno. Tuttavia, la riduzione dell'apporto solido delle correnti litoranee verso Sud, determinato dalla presenza dei moli ha indebolito, assottigliandolo, il tratto di scanno immediatamente a Sud della nuova bocca.

Nello stesso periodo lo scanno meridionale (Punta del Polesine) segue un processo di allungamento verso l'interno della Sacca e di lenta migrazione verso Sud. Questi spostamenti sono accompagnati da una debole rotazione, solo qualche grado, in senso antiorario. Questa evoluzione appare sostanzialmente una conseguenza dello spostamento verso Sud-Ovest della bocca lagunare, determinato a sua volta dal prolungamento dello scanno principale (Scanno del Palo).

Dalla sequenza di Figura 15 si evince che le violente mareggiate tra gli anni 2000 e 2003, hanno prodotto un considerevole sconquasso. Lo Scanno del Palo, colpito nella sua parte più debole ha ceduto lasciando un largo varco aperto subito a Sud della bocca settentrionale. Ma anche lo scanno meridionale non è rimasto esente dagli effetti delle mareggiate come risulta evidente dal confronto tra le immagini del 1999 e del 2003.

Negli anni più recenti, entrambi gli scanni stanno gradualmente riassumendo una configurazione prossima a quella del 1999 anche per effetto degli interventi in atto da parte del Consorzio Delta Po Adige, i quali da una parte mirano alla ricostruzione dello Scanno del Palo mediante ripascimento, dall'altra mantengono l'officiosità della bocca Sud mediante periodici interventi di dragaggio e di spostamento delle sabbie.

Con riferimento alla fascia di transizione tra laguna e mare, è certamente di interesse analizzare l'evoluzione delle caratteristiche morfologiche della spiaggia antistante gli scanni. Valide indicazioni su tali processi fino alla prima metà del secolo scorso si possono trovare nel più volte citato lavoro del Magistrato alle Acque (1950). In particolare, una serie di profili topo-batimetrici ricostruiti lungo sezioni ortogonali alla riva mostra che il progressivo accrescimento del Delta alla foce del Po delle Tolle, con l'avanzamento della linea di costa e l'innalzamento del fondo marino si sviluppa intensamente nel corso del secolo XIX. Alla fine del secolo, tuttavia, i dati mostrano un'inversione di tendenza e fin dai primi anni del secolo XX si assiste ad un prevalere dei processi erosivi.

I dati successivi al 1950, evidenziati dalle mappe differenziali di Figura 8 e Figura 9, mostrano che questa tendenza è tuttora in atto, ed anzi ha subito una repentina accelerazione negli anni '50-'60 per effetto della subsidenza. Con riferimento alla situazione più recente, si dispone di due rilievi batimetrici di dettaglio eseguiti a cura del Consorzio Delta Po Adige nel febbraio 2005 (Figura 16) e nel gennaio 2009.

Figura 15: rappresentazione sintetica dei tematismi "scanni" e "barene" sovrapposta alla Carta Tecnica Regionale.

Questi ultimi sono stati assemblati con i rilievi eseguiti all'interno della laguna nel marzo 2008 in modo da ottenere un unico modello digitale di tutto il bacino e del braccio di mare antistante (Figura 17).

Il *DEM* del 2005 (Figura 16) mette in evidenza la varietà morfologica dei fondali marini antistanti la Sacca degli Scardovari. Gli elementi più significativi sono rappresentati in primo luogo dalla cuspide che si trova davanti all'estremità occidentale dello Scanno del Palo, che documenta l'accumulo dei sedimenti trasportati lungo costa in direzione NE-SW lungo il margine del canale di boccaIn secondo luogo i fondali antistanti lo Scanno del Palo presentano una morfologia molto articolata caratterizzata da una sequenza di barre orientate quasi perpendicolarmente alla linea di costa, che segnalano un'intensa attività di trasporto e di processi erosivi in atto che colpiscono soprattutto la parte più orientale dello scanno fino alla bocca Nord.

1949

1955

1977

1983

1990

1999

2003

2008

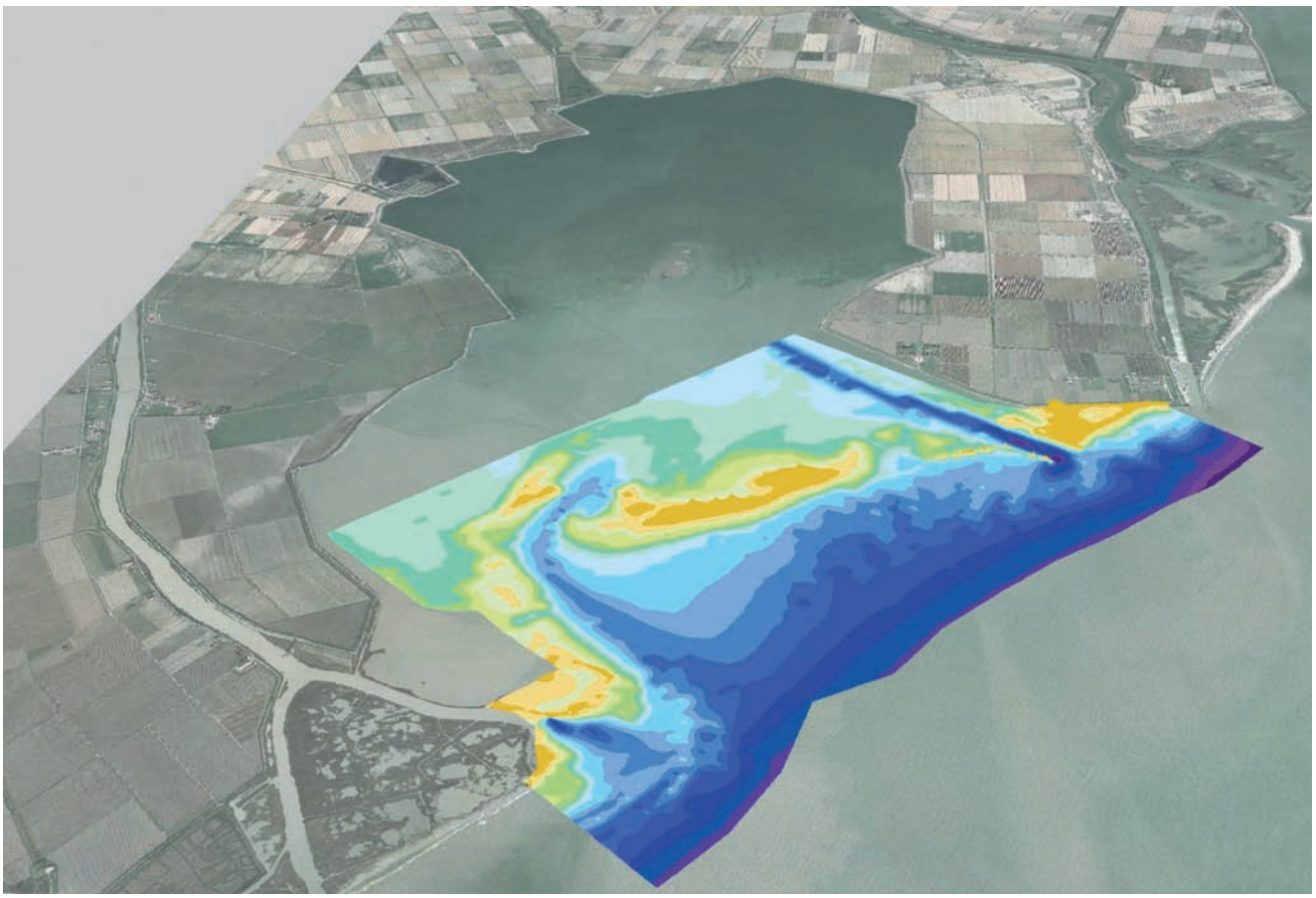


Figura 16: modello altimetrico digitale della fascia costiera della Sacca degli Scardovari ricavato dai rilievi batimetrici del 2005.

Il *DEM* del 2008-2009 (Figura 17) è più dettagliato perché, nella fascia di mare antistante lo scanno, esso deriva da un rilievo batimetrico eseguito non per sezioni ortogonali alla costa ma secondo una griglia a passo costante di 50 m. La lettura delle variazioni di quota dell'area in esame va fatta tenendo presenti gli interventi che sono stati attuati a cura del Consorzio Delta Po Adige nel periodo di tempo intercorso tra il rilievo del febbraio del 2005 e quello del gennaio 2009. In particolare, sono stati effettuati interventi di dragaggio del canale della Bocca Sud, per contrastare la tendenza del canale stesso a migrare verso Ovest e per prolungarne l'estensione verso l'interno della laguna. Si è provveduto inoltre al prolungamento dell'opera di difesa in pietrame esistente lungo il lato sud dello Scanno del Palo, per completare la chiusura del varco apertosi con le mareggiate.

È interessante osservare in Figura 16 e in Figura 17 come lungo il tratto di spiaggia sommersa davanti allo scanno, lungo la parte più settentrionale dello stesso, le menzionate barre trasversali si sviluppino secondo una sequenza periodica, con interasse medio di circa 150÷200 m e altezza di circa 1.5÷2.0 m. Questo sistema di barre testimonia l'azione di intensi processi morfodinamici associati ai fenomeni di trasporto solido determinato dalle correnti indotte dal moto ondoso, in particolare da quello di Scirocco. Tale assetto

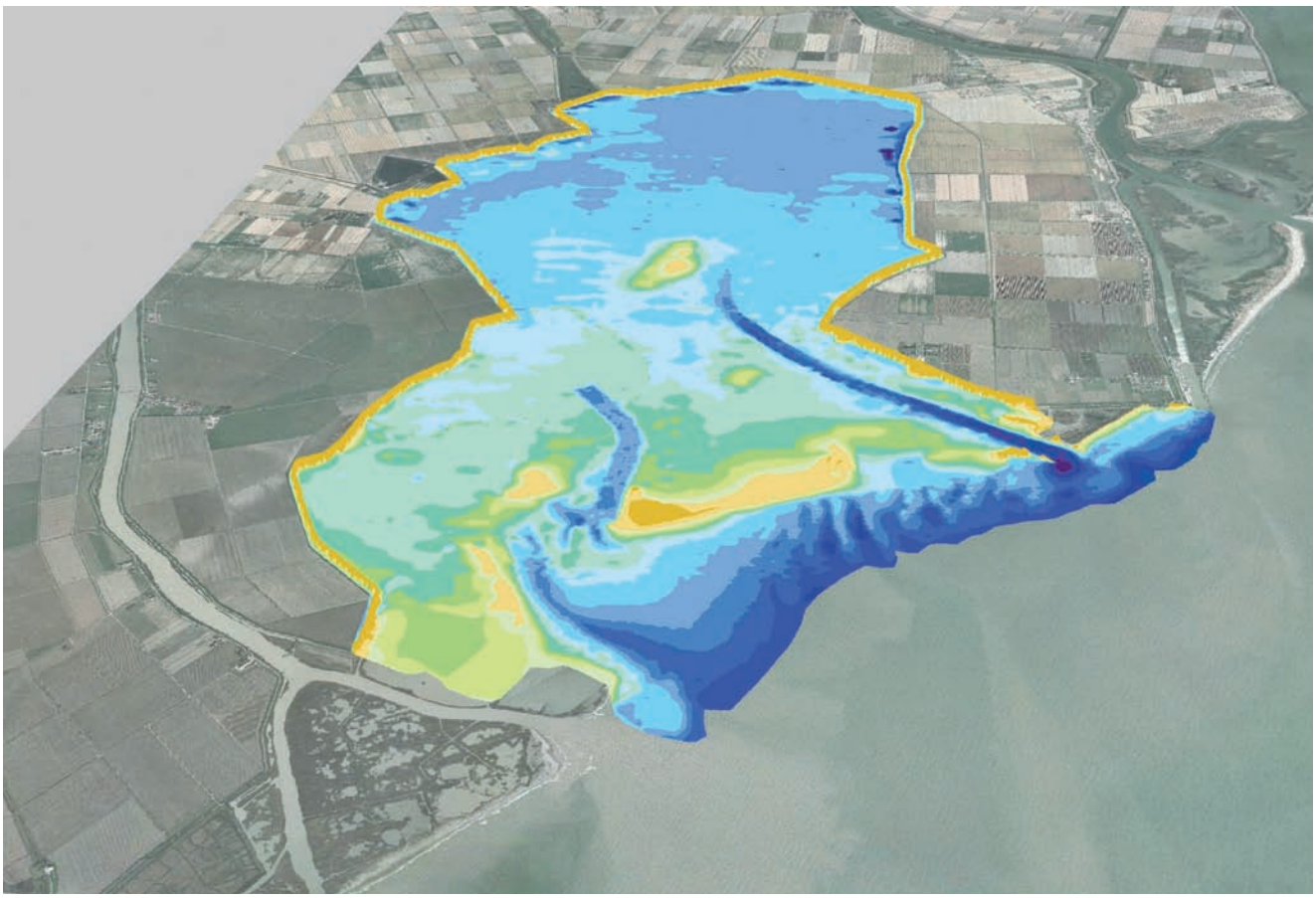


Figura 17: modello altimetrico digitale della fascia costiera della Sacca degli Scardovari ricavato dai rilievi batimetrici del 2008-2009.

morfologico, infatti, è dovuto all'azione combinata del trasporto parallelo alla costa e, soprattutto, a quello perpendicolare alla linea di spiaggia consistente in un'erosione e trasporto di materiale verso il largo innescato dalle cosiddette *rip-current* e da un debole trasporto verso costa determinato dalle correnti di ritorno.

A causa della diversa risoluzione spaziale dei dati del 2005 e del 2009, il modello differenziale dei fondali antistanti le bocche risulta di difficile lettura e non è stato qui rappresentato. La Figura 18 riporta invece una mappa delle aree in erosione/deposito che si ottengono da tale modello, e una rappresentazione grafica delle variazioni medie della quota del fondo ottenute in base ad una suddivisione dell'area in 6 zone contigue, individuate cercando di delimitare le aree che, a prima vista, sembrano essere caratterizzate da dinamiche simili. In generale appare che, a distanza di quattro anni, i fenomeni erosivi precedentemente menzionati sembrano essere prevalenti su quelli deposizionali perché tutta l'area risulta essere in generale abbassamento. Il fenomeno appare tuttavia differenziato perché, in base alla suddivisione adottata, si possono distinguere due zone in sostanziale equilibrio.

La prima è la zona 3, che si estende davanti alla linea di difesa dello scanno, dove i fondali sono caratterizzati dal menzionato sistema di barre ortogonali alla costa.

Anche se una valutazione quantitativa accurata è difficile a causa della diversa risoluzione spaziale dei rilievi, dai dati si evince da una parte che le barre abbiano modificato la loro posizione planimetrica, dall'altra che, in generale, i dossi appaiono in innalzamento e i solchi in approfondimento. La seconda è la zona 5, dove si evidenzia una prevalente erosione nella parte orientale e un significativo accumulo di sabbie nella parte occidentale, a ridosso del canale della Bocca Sud.

Sono invece in evidente abbassamento i fondali delle zone 1 e 2, davanti alla parte più settentrionale dello Scanno del Palo, e ciò si sembra riconducibile ad un deficit di contributi da Nord, rispetto all'intensità del trasporto litoraneo indotto dal moto ondoso. In questo caso si possono principalmente chiamare in causa le ridotte portate liquide (e quindi anche solide) che presumibilmente pervengono, rispetto al passato, dal ramo meridionale del Po di Tolle (foce di Punta Barricata), rispetto al ramo settentrionale (Busa Storiona) che è stato recentemente potenziato mediante dragaggio della foce. Risulta altresì in abbassamento tutta la zona 4, ubicata proprio in adiacenza alla parte centrale dello Scanno del Palo, che appare in definitiva come l'area maggiormente esposta all'erosione perché si colloca in corrispondenza della congiunzione tra la linea di difesa in scogliera e la spiaggia dello Scanno. Ed infine risulta in abbassamento la zona 6, che corrisponde al canale della Bocca Sud. In questo caso emerge dai dati che l'asse del canale stesso ha subito un significativo spostamento verso Occidente, valutabile, nella sua parte più meridionale, in oltre 100 m, che conferma la tendenza già evidenziata con riferimento ai dati del passato.

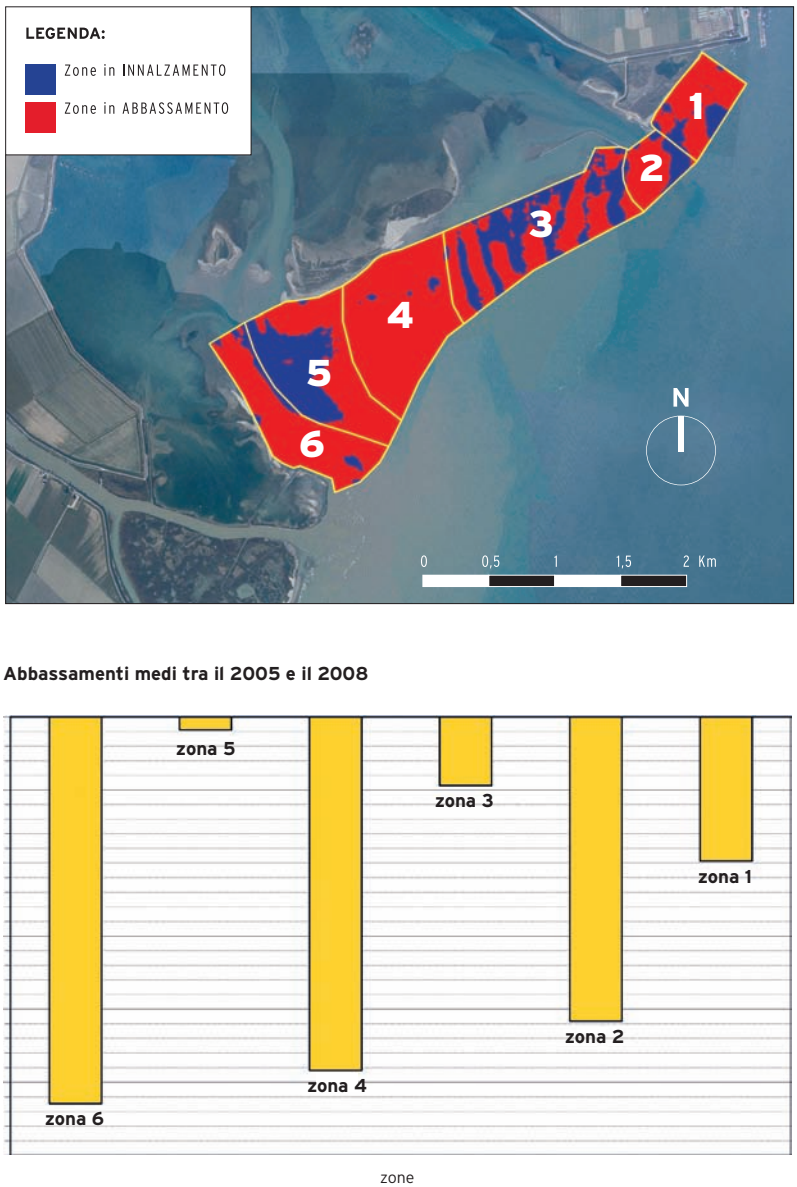


Figura 18: variazioni altimetriche dei fondali antistanti la Sacca degli Scardovari tra il 2005 e il 2009.

Le bocche lagunari

Il confronto tra i dati batimetrici consente di ottenere indicazioni anche sull'evoluzione delle bocche lagunari, soprattutto in termini di sezione liquida e di rapporto tra questa e il volume d'acqua che viene mediamente scambiato con il mare ad ogni ciclo di marea.

Dal punto di vista planimetrico, nel corso degli anni, la posizione della bocca lagunare è stata sostanzialmente determinata dal processo di evoluzione degli scanni, di cui si è dato cenno nel paragrafo precedente. Si osserva, in particolare, che dopo lo sfondamento dello scanno avvenuto tra il 1950 e il 1967, la bocca della Sacca migra lentamente verso Sud in relazione al processo di accrescimento dello scanno stesso.

La situazione che si osserva attualmente è peraltro il risultato della combinazione delle suddette tendenze naturali con le variazioni del trasporto solido costiero indotte principalmente dal mutato regime delle foci del Po di Tolle e con il complesso degli interventi attuati sui canali lagunari e sullo scanno centrale ai fini della vivificazione della Sacca degli Scardovari. Tali interventi hanno riguardato in particolare l'apertura della Bocca Nord e l'escavazione del canale lagunare ad essa afferente, e il dragaggio della Bocca Sud e del canale lagunare ad essa afferente. Interessante è l'analisi dell'evoluzione della forma e delle dimensioni della bocca e delle massime profondità che la caratterizzano nel tempo. L'analisi è stata condotta a partire dai modelli altimetrici digitali da cui sono stati ricavati alcuni profili rappresentativi delle sezioni delle bocche lagunari per ciascuno dei rilievi batimetrici disponibili (Figura 19-Figura 22).

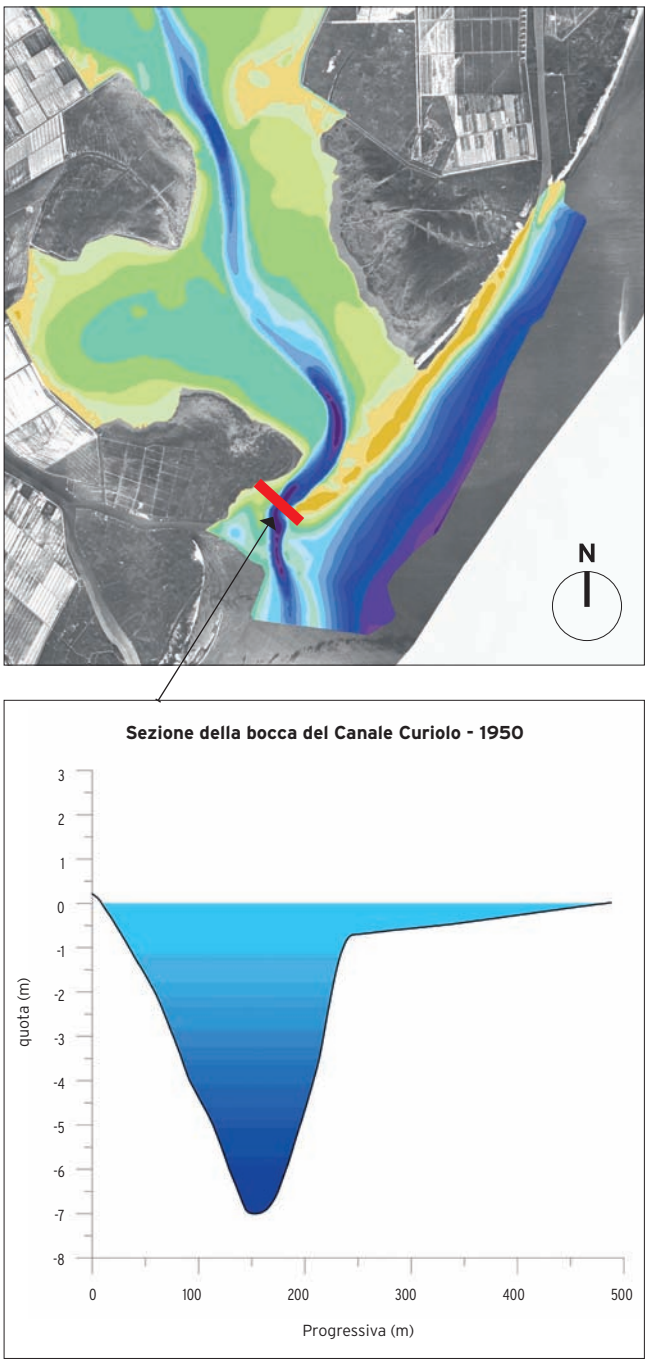


Figura 19: profilo batimetrico della bocca lagunare nel 1950 (visuale verso mare); la linea rossa sul *DEM* indica l'ubicazione della sezione. Sfondo: Volo GAI 1955.

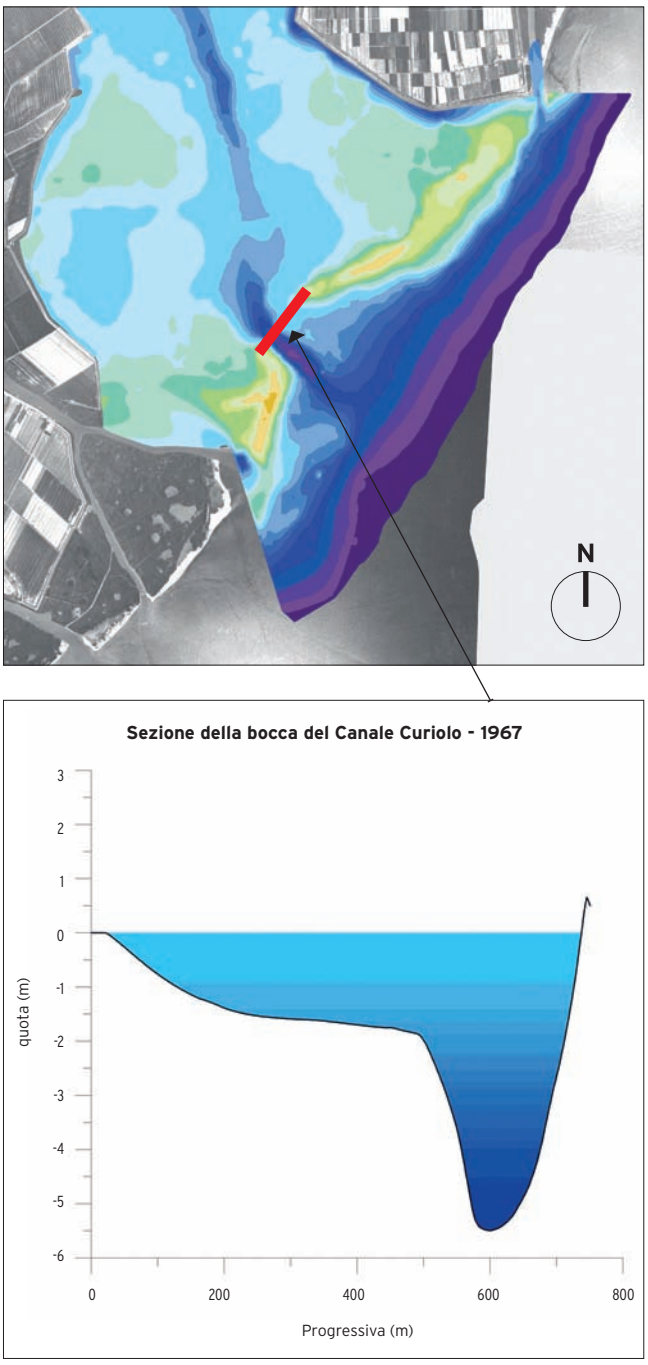


Figura 20: profilo batimetrico della bocca lagunare nel 1967 (visuale verso mare); la linea rossa sul *DEM* indica l'ubicazione della sezione. Sfondo: Volo IGM 1977.

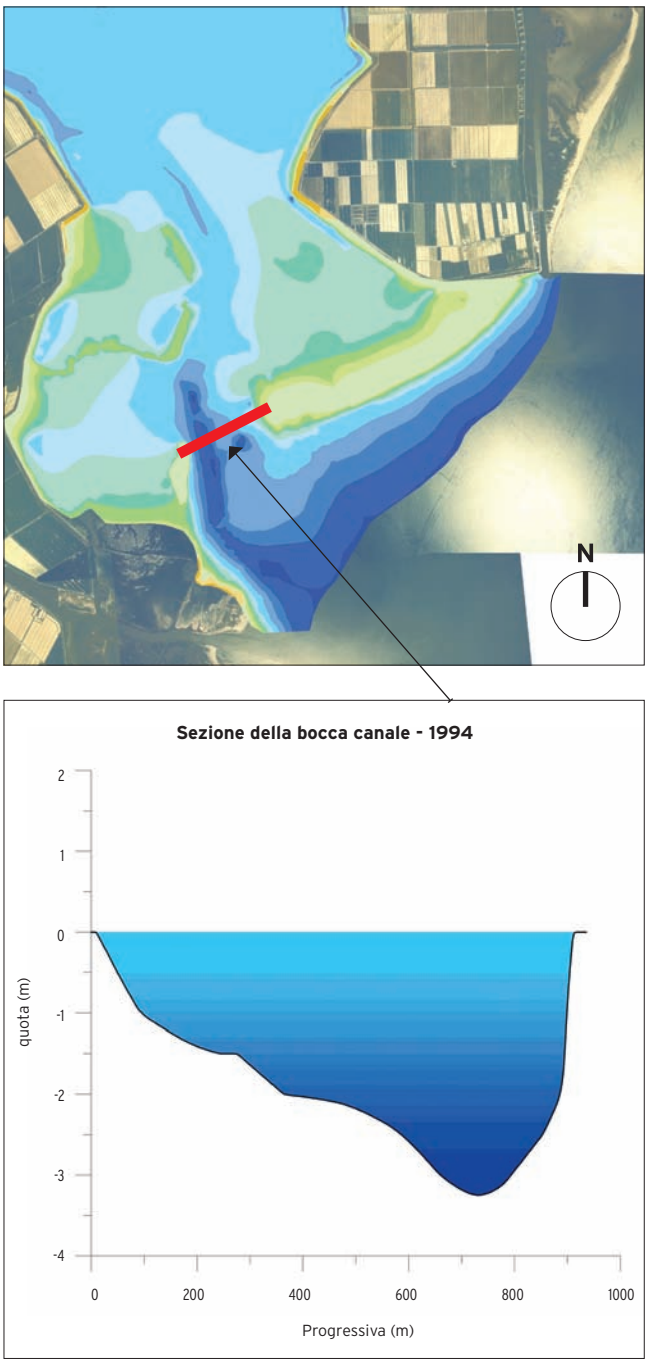


Figura 21: profilo batimetrico della bocca lagunare nel 1994 (visuale verso mare); la linea rossa sul *DEM* indica l'ubicazione della sezione. Sfondo: Volo ReVen 1990.

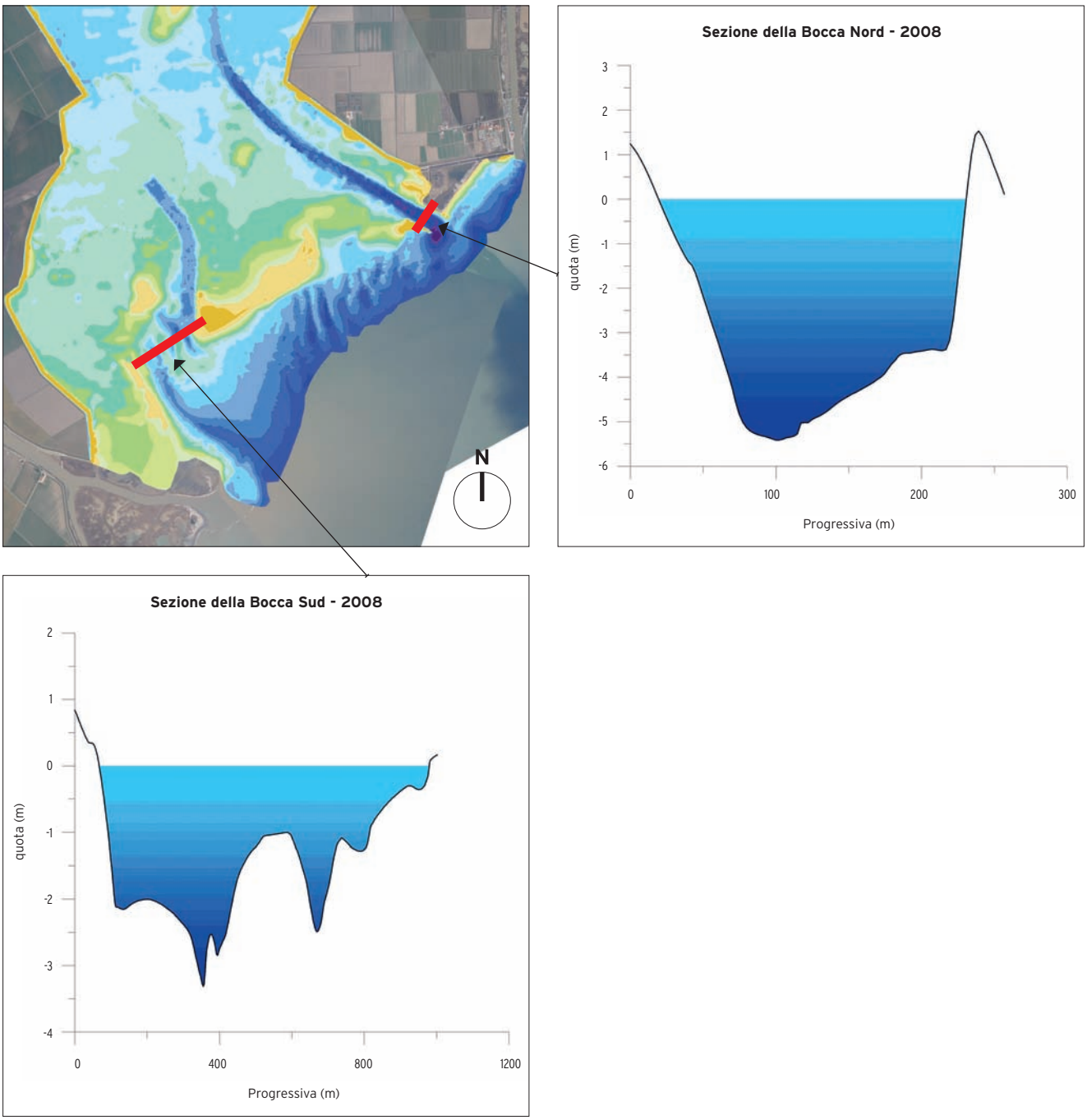


Figura 22:
profilo batimetrico delle bocche lagunari nel 2008 (visuale verso mare); le linee rosse sul *DEM* indicano l'ubicazione delle sezioni. Sfondo: Volo Consorzio Delta Po Adige febbraio 2008.

Confrontando le sezioni di bocca estratte dai rilievi batimetrici disponibili e considerando per il 2008 solo la Bocca Sud (essendo la Bocca Nord confinata "artificialmente" dai moli), si osserva in una prima fase, tra il 1950 e il 1994, una progressiva riduzione della profondità massima e un allargamento della sezione trasversale. Si tratta di un'evoluzione evidentemente dominata dalle profonde trasformazioni subite dagli scanni negli anni '50-'60. In quel periodo, come si è visto, per effetto della subsidenza e delle mareggiate, il cordone sabbioso fu quasi completamente demolito e la sezione idraulica disponibile per gli scambi mareali si ampliò drasticamente assumendo progressivamente una configurazione larga e poco profonda.

Negli anni più recenti, il progressivo allungamento dello Scanno del Palo verso Ovest, non ha provocato un apprezzabile riduzione della larghezza della sezione, anche perché, come è stato richiamato in precedenza, si è assistito contemporaneamente ad un'erosione del margine occidentale della bocca con una migrazione del canale verso Ovest. In questo processo un ruolo fondamentale è stato ovviamente giocato dall'apertura della Bocca Nord, la quale attualmente scambia con il mare portate e volumi confrontabili con quelli della Bocca Sud. In ragione di ciò, le velocità massime delle correnti di marea attraverso la Bocca Sud si sono verosimilmente ridotte rispetto alla situazione antecedente allo scavo della seconda bocca, per cui i fondali tendono mediamente a ridurre la loro profondità.

In base ai profili sono state calcolate infine le aree delle sezioni sottese da un livello idrometrico posto a 0 m e i valori corrispondenti sono stati riportati in Tabella 2. Si evince che, a partire dal 1950, le bocche lagunari hanno subito un progressivo ampliamento, e che la sezione complessiva attuale (determinata dalla somma delle aree della bocca Sud e della bocca Nord) risulta più che doppia rispetto a quella iniziale.

	1950	1967	1994	2008
Area (m^2)	979	1530	1811	2191

Tabella 2: area delle sezioni delle bocche della Sacca degli Scardovari.

Conclusioni

La digitalizzazione e l'interpretazione di nove serie di riprese aerofotogrammetriche che vanno dal 1949 al 2008, e di quattro rilievi batimetrici che coprono sostanzialmente lo stesso periodo temporale, hanno consentito di analizzare l'evoluzione morfologica della laguna degli Scardovari e della fascia degli scanni che delimitano la stessa verso mare negli ultimi 60 anni. Le elaborazioni GIS effettuate sulla base delle digitalizzazioni hanno consentito, in particolare, di ottenere anche alcune valutazioni quantitative sulle variazioni di estensione della laguna e delle parti emerse quali gli scanni e le barene. Mediante i dati relativi ai quattro rilievi batimetrici sono stati ricostruiti i relativi *DEM* che hanno agevolato sensibilmente l'analisi e i confronti tra le diverse configurazioni della Sacca sviluppatesi nell'arco degli ultimi sessant'anni.

Si è osservato che nel breve arco di tempo 1950-1967, la laguna subisce profonde modificazioni e, in particolare, è soggetta ad un approfondimento generalizzato dei fondali, molto consistente, accompagnato dalla perdita di eterogeneità morfologica e dalla quasi completa scomparsa del canale Curiolo, che inizialmente la solcava longitudinalmente dalla bocca fino agli specchi d'acqua più interni. Nella parte meridionale si è assisitito inoltre ad un notevole arretramento dello scanno che separa la laguna dal mare.

Queste profonde modificazioni, come si è detto, sono imputabili sostanzialmente alla subsidenza, che in questo periodo è caratterizzata da elevate velocità di abbassamento dei terreni per effetto delle estrazioni distribuite un po' in tutta l'area del Delta e alle forti

Sacca degli Scardovari: parte centrale dello Scanno del Palo.

mareggiate di Scirocco, come quelle degli anni '50 e soprattutto del novembre 1966. Queste ultime, incontrando una difesa naturale indebolita, hanno determinato lo sfondamento dello scanno, l'allagamento, in particolare nel novembre 1966, di estese aree dell'isola della Donzella, e hanno sviluppato intensi processi erosivi anche nella parte più interna della laguna contribuendo così all'approfondimento di questa parte della Sacca.

Nello stesso periodo si assiste anche alla quasi completa scomparsa delle aree di barena che passano da un'estensione di circa 7 km^2 nel rilievo del 1955 a pochi ettari, distribuiti lungo il lato meridionale della Sacca di Bottonera, nel rilievo del 1977. Come si dirà più avanti, tale perdita ha avuto ed ha tutt'ora riflessi importanti e negativi sui processi di scambio e in quelli di rinnovo delle acque e, più in generale, sugli aspetti biologici ed ambientali della laguna. La costruzione di argini perimetrali di difesa che delimitano in modo netto la laguna dalla terraferma, con l'assenza di una fascia di transizione, ha poi contribuito ad uno sviluppo morfologico della Sacca completamente indipendente da quello della terraferma circostante.

Negli anni successivi, la perdita di eterogeneità morfologica progredisce determinando, soprattutto nella parte più interna della Sacca, fondali sempre più piatti e la completa scomparsa del Canale Curiolo, degli altri canali e dei dossi sommersi. Tale processo è da attribuire ai fenomeni di moto ondoso, in particolare a quelli che si generano all'interno della stessa laguna in occasione di eventi di Scirocco. Infatti, con

Sacca degli Scardovari: Bocca Nord, lato est.

profondità dell'ordine dei 2.0÷2.5 m, velocità del vento spesso superiori ai 10 m/s e un *fetch* libero di 3÷4 km, possono svilupparsi nella parte settentrionale della laguna onde caratterizzate da altezze prossime al metro, in grado di produrre sforzi tangenziali capaci di movimentare i sedimenti del fondo uniformandone le quote.

Dal punto di vista ambientale, l'assenza di aree di barena, periodicamente sommerse in occasione delle alte maree e, più in generale la mancanza di eterogeneità dei fondali produce un'omogeneità delle caratteristiche cinematiche del campo di moto e quindi una sensibile riduzione dei processi di diffusione che determina una ridotta capacità auto depurativa e di rinnovo delle acque lagunari. Per queste ragioni, a partire dal 1996, si è cercato di porre rimedio a questa situazione attuando interventi volti a migliorare ed intensificare i processi di scambio mare-laguna: è stata aperta la bocca Nord, protetta da corti moli foranei, sono stati scavati i canali di accesso alle bocche e, con il materiale di risulta, è stata realizzata un'isola al centro della Sacca.

Tali interventi, pure efficaci, non possono però considerarsi risolutivi in quanto, soprattutto a causa della particolare forma di questa laguna, sensibilmente allungata in direzione normale alla costa, il ricambio idrico nella parte più lontana dalle bocche permane sensibilmente limitato. In particolare, l'occasionale ingressione di acque dolci, scaricate a mare dal Po di Tolle e dal Po di Gnocca, determina condizioni di bassa salinità che permangono a lungo nella parte più interna della Sacca determi-

nando condizioni ambientali nocive alle attività di acquacoltura che qui si svolgono. L'analisi dei dati raccolti nel GIS ha poi evidenziato, e consentito di quantificare, un secondo importante aspetto che ha caratterizzato l'evoluzione morfologica recente della Sacca degli Scardovari legato al cordone sabbioso che separa la laguna dal mare (Scanno del Palo). In questo caso l'analisi si è basata soprattutto sul risultato della digitalizzazione delle linee di riva a partire dalle sequenze di foto aeree disponibili.

Il confronto tra le diverse situazioni morfologiche sviluppatesi nel tempo relativamente agli scanni che delimitano lato mare la Sacca degli Scardovari, mostra una marcata variabilità sia della estensione areale di queste strutture (Ipros, 2008) sia della loro posizione. Si riscontra, in particolare, una evidente correlazione tra le fasi di riduzione delle superfici emerse e gli eventi che nel passato hanno prodotto i maggiori impatti, ovvero da una parte la subsidenza e le forti mareggiate nel periodo 1950-1970, dall'altra lo sfondamento della parte centrale dello scanno a causa delle mareggiate tra gli anni 2000 e 2003. Si nota peraltro che tali fasi sono seguite da periodi di crescita degli scanni stessi in cui si arriva al parziale recupero delle dimensioni originarie.

Si è portati perciò a concludere che gli scanni della Sacca siano caratterizzati da una significativa persistenza temporale, ovvero tendano, una volta danneggiati, a ricostruirsi naturalmente. È da tener presente, però, che negli anni più recenti, e più precisamente a partire dalla fine degli anni '80, la ricostruzione degli scanni danneggiati e in parte demoliti dai più forti eventi di mareggiata, è stata favorita e sostenuta da interventi di consolidamento realizzati in più riprese. Va sottolineato inoltre che a questa persistenza temporale si accompagna una elevata variabilità spaziale. Infatti, queste strutture morfologiche si sono sviluppate in posizioni progressivamente sempre più interne alla Sacca evidenziando nel complesso una tendenza a migrare verso Sud-Ovest. Questo cospicuo arretramento che la linea di riva ha subito in misura quasi costante dal 1949 ad oggi suggerisce che nella complessa dinamica del trasporto dei sedimenti legata all'interazione tra gli apporti fluviali e gli effetti del moto ondoso, i fenomeni erosivi siano prevalenti rispetto a quelli deposizionali.

Tale tendenza, in base alle valutazioni condotte, sembra aver subito un certo rallentamento negli ultimi anni. Anche in questo caso si tratta tuttavia di un'indicazione che va considerata con una certa cautela. Infatti, come è stato ripetutamente messo in evidenza, le valutazioni condotte, basate principalmente sull'analisi delle foto aeree, soffrono di alcuni limiti legati principalmente alle incertezze nella digitalizzazione e alle condizioni di marea che possono differire tra un volo e l'altro. Pur essendosi verificato che, in ragione dei criteri di digitalizzazione adottati, le differenze che si ottengono tra foto scattate in situazioni mareali diverse sono di minore entità, i limiti suddetti possono rendere il risultato poco accurato, soprattutto se si vogliono evidenziare, come nel caso in questione, variazioni modeste tra uno scenario e l'altro.

In seguito al forte arretramento degli scanni, caratteristico del periodo 1949-1999, si è stimato che l'area della Sacca degli Scardovari sia diminuita in sessant'anni approssimativamente di 4.1 km^2, passando dai circa 32.5 km^2 del 1949 a poco meno di 28 km^2 nel 1999, per stabilizzarsi negli ultimi anni tra i 28 e i 28.4 km^2. Tale riduzione può ritenersi tanto più significativa se si considera nello stesso periodo (1949-1999) è da considerare l'incremento di superficie interna determinato dalla perdita, per sprofondamento, di una vasta area all'interno della Sacca di Bottonera (area Canestro).

Il confronto tra le più recenti batimetrie effettuate nel braccio di mare antistante lo Scanno del Palo nel 2005 e nel 2009 evidenza che, nonostante il quadro non sia omogeneo, mediamente i fondali davanti alla Sacca si sono approfonditi. La zona maggiormente esposta ai fenomeni erosivi sembra essere quella centrale, in adiacenza alle opere di difesa recentemente completate. Questa circostanza si può mettere in relazione con l'intensa azione delle correnti litoranee dovuta alle mareggiate, che si esplica principalmente con un trasporto solido diretto da NE a SW, e con il deficit di materiale solido proveniente da Nord, principalmente per i diminuiti apporti della foce del Po di Tolle a Punta Barricata.

In definitiva, la realizzazione di una base cartografica digitale e di un database geografico, e le analisi condotte utilizzando ed incrociando le diverse informazioni disponibili hanno fornito, nel complesso, un quadro abbastanza dettagliato dei processi evolutivi che hanno caratterizzato la Sacca degli Scardovari in questi ultimi sessant'anni e potranno costituire un valido supporto sia per la progettazione di interventi di vivificazione e di difesa, sia nella predisposizione dei piani di monitoraggio e di controllo delle tendenze evolutive in atto sia naturali che conseguenti agli eventuali interventi che potranno essere realizzati.

Bibliografia

Bondesan M. (1985). Quadro schematico dell'evoluzione geomorfologica olocenica del territorio costiero compreso tra Adria e Ravenna. *Atti della Tavola Rotonda "Il Delta del Po"*, Sez. Geologica, Bologna 24 novembre 1982: 21-36.

Bondesan M. (1990). L'area deltizia padana: caratteri geografici e geomorfologici. In *Il Parco dei delta del Po: studi ed immagini*, vol. II (a cura di M. Bondesan), Spazio Libri ed., pp. 10-48.

Bondesan M., Castiglioni G.B., Elmi C., Gabbianelli G., Marocco R., Pirazzoli Fa. e Tomasin A. (1995). Coastal areas at risk from storm surges and sea-level rise in Northeastern Italy. *Journal of Coastal Research*, 11 (4), pp. 1354-1379.

Carniello, L., A. Defina, S. Fagherazzi, and L. D'Alpaos (2005) , A combined wind wave-tidal model for the Venice lagoon, Italy. *J. Geophys. Res. – Earth Surface*, 110, F04007 doi: 10.1029/2004 JF000232.

Defina, A., L. Carniello, S. Fagherazzi, and L. D'Alpaos (2007), Self organization of shallow basins in tidal flats and salt marshes, *J. Geophys. Res.*, 112, F03001, doi:10.1029/2006JF000550.

Fagherazzi, S., L. D'Alpaos, L. Carniello, & A. Defina (2006). Critical bifurcation of shallow basin landforms in tidal flats and salt marshes. *Proceedings of the National Academy of Sciences* doi:10.1073/ pnas.0508379103

Gambardella, F., S. Bortolotto, M. Zambon (1991). The Positioning System GPS for Subsidence Control of the Terminal Reach of the Po River. *Proceedings of the IV Int. Symp on Land Subsidence*. IAHS Publ. no. 200 pp 433-441.

Gatto P., Carbognin L. (1981). The lagoon of Venice: natural environmental trend and man induced modification. *Hydrological Sciences Bulletin*. 26, 4 pp 379-391

Ipros Ingegneria Ambientale S.r.l. (2008). Ricostruzione dell'evoluzione recente della Sacca di Scardovari e della fascia costiera del delta meridionale mediante analisi delle foto aeree. Consorzio di Bonifica Delta Po Adige. Rapporto tecnico.

Ipros Ingegneria Ambientale S.r.l. (2009). Ricostruzione dell'evoluzione recente dei fondali della Sacca di Scardovari mediante analisi dei dati batimetrici. Consorzio di Bonifica Delta Po Adige. Rapporto tecnico.

Jarrett, J.T. (1976). Tidal prism - inlet area relationships. *Technical Report GITI*, Report 3, Department of the Army Corps of Engineers.

Maestri D. (1981). Goro e il Delta del Po. *Ist. Fondam. Architettura*, Univ. di Roma. Tip. Domograf, Roma. pp. 444.

Magistrato alle Acque (1950). La laguna di Scardovari quale risulta dai rilievi topobatometrici eseguiti nella primavera del 1950 dall'Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque, *Rassegna Economica del Polesine*, Anno IV, 11-12, nov.-dic. 1950, 211-225.

O'Brien, M.P. (1969). Dynamics of tidal inlets. In *Lagunas costeras, un simposio*: Simposio Internacional sobre lagunas costeras, pp. 397–406. Mexico City, Mexico.

Veggiani A. (1985). Il delta del Po e l'evoluzione della rete idrografica padana in epoca storica. *Atti della Tavola Rotonda "Il Delta del Po"*, Sez. Geologica, Bologna 24 novembre 1982, 37-68.

Sacca degli Scardovari: Bocca Sud, lato ovest.

Sopra: paradelo di comunicazione in Laguna Basson. **Sotto: faro di Pila.**

Sopra: laghetto nell'Oasi di Ca' Mello.

Sotto: ex Valli della Donzella: Oasi di Ca' Mello, risaie, Sacca degli Scardovari.

_STUDIO

IL VALORE DELLA NATURALITÀ E LA GESTIONE DEGLI INTERVENTI NELLE LAGUNE DEL DELTA DEL PO

GIAN ANDREA PAGNONI
FABIO BERTASI
Istituto Delta Ecologia Applicata Srl

PIPPO GIANONI
IUAV Venezia e Dionea SA Locarno

REMIGIO ROSSI
Università di Ferrara

Gli Autori ringraziano per la preziosa consulenza in ambito floristico e faunistico Danilo Trombin, Emiliano Verza, il Dott. Mauro Pellizzari (Università di Ferrara), ed il Dott. Andrea Noferini (Parco Delta Po Emilia-Romagna); per la realizzazione della mappa della vocazionalità produttiva della vongola verace ringraziano inoltre il Dott. Graziano Caramori ed il Prof. Giulio De Leo.

Il delta del Po rappresenta un complesso di ambienti di elevato valore conservazionistico che impongono all'attività dell'uomo particolare attenzione agli equilibri ambientali per il mantenimento dei valori ad essi legati. Ciò rende necessario quantificare il grado di naturalità dell'ambiente e le variazioni che le azioni umane producono su di esso. In questo lavoro è stato applicato un metodo per quantificare le valenze ambientali presenti nel Delta.

Il modello, basato su indagini di campo elaborate con sistemi GIS, consente di individuare e classificare gli habitat presenti, di quantificare il valore naturalistico di ogni porzione di territorio e di integrare le informazioni in uno strumento operativo a supporto delle scelte progettuali e gestionali nelle lagune.

Viene presentata l'applicazione della metodica nel territorio dell'Isola della Donzella e della Sacca degli Scardovari. Il metodo è stato anche utilizzato per analizzare l'evoluzione del grado di naturalità di alcuni ambiti dell'Isola della Donzella negli ultimi 130 anni, evidenziando come la naturalità complessiva abbia subito una consistente riduzione a partire dagli anni '50. La valutazione della qualità ambientale del Delta ha confermato che i valori più alti si concentrano nelle aree umide e di transizione, i contesti sottoposti alle maggiori modifiche nel corso degli ultimi decenni.

Introduzione

Il delta del Po rappresenta uno straordinario complesso di ambienti caratterizzati da estrema dinamicità. L'attività umana è parte integrante delle dinamiche ecologiche e, insieme alle forze naturali, concorre a strutturare il territorio e a regolare il delicato equilibrio degli assetti idrogeologici. La presenza di spazi naturali di elevato valore conservazionistico impongono all'attività dell'uomo oltre che attenzione agli equilibri ambientali anche il mantenimento dei valori ad essi legati. La natura e la sua tutela, al di là delle questioni ecologiche, sono ormai entrate a far parte della cultura contemporanea, e tutto ciò che in qualche modo richiama la nostra attenzione ad esse e si propone come stile di comportamento rispettoso del patrimonio naturale, va incontro ad una sempre più diffusa domanda sociale.

Per operare applicando il concetto di sostenibilità ambientale (Bruntland, 1987) si rende necessario quantificare il grado di naturalità dell'ambiente e le variazioni che le azioni umane producono su di esso. Poiché le azioni che riducono il grado di naturalità non sono considerate sostenibili, occorre che gli interventi che comportano una riduzione del grado di naturalità siano accompagnati da misure compensative in aumento, in modo che il bilancio tra perdita di naturalità e guadagno sia almeno in pareggio. Per effettuare questo bilancio è necessario quantificare sia l'impatto negativo dell'intervento, sia l'impatto positivo ad esempio di azioni di rinaturalizzazione: ciò significa disporre di un indice quantitativo del grado di naturalità.

In questo articolo con il termine ***natura*** o ***naturalità*** si intende tutto ciò che rende possibile la vita e il suo man-

tenimento. Dal punto di vista ecologico, naturalità mutua ad es. la nozione di climax; dal punto di vista biologico, il grado di naturalità dipende comunque dalla biodiversità, cioè dalla varietà degli organismi viventi, dai genomi che costituiscono la base dell'eredità alla quantità ed alla frequenza relativa delle specie, fino al loro modo di organizzarsi in comunità ai vari livelli, dagli ecosistemi ai biomi.

Per ***habitat*** si intende "un gruppo di piante e/o comunità di animali (fattori biotici) che operano insieme a una determinate scala che, insieme ai fattori abiotici (p. es. suolo, clima, disponibilità e qualità dell'acqua) caratterizza uno specifico ambiente" (EUNIS, 2002). Gli habitat presi in considerazione in questo studio occupano una superficie di almeno 20 m^2, senza un limite superiore di superficie. Le diverse tipologie di habitat sono definite dalle caratteristiche vegetazionali (es. canneti a *Phragmites*) o del substrato (es. comunità delle sabbie intertidali) oppure da una combinazione di entrambe. L'ambito territoriale caratterizzato da una tipologia di habitat omogeneo e riconoscibile a livello di scala 1:5.000 viene definito ***unità territoriale***.

Questo articolo utilizza la banca dati degli habitat presenti sull'intero territorio del Delta, raccolta dal Consorzio di Bonifica Delta Po Adige, per stimare il valore della naturalità del delta del Po. In particolare, sulla base della Carta degli Habitat dell'Isola della Donzella, presenta l'applicazione di un modello per stimare il valore naturalistico del territorio (Valore di Naturalità Potenziale, VNP) e degli ambienti acquatici lagunari (Valore di Qualità Potenziale, VQP), come strumenti per la gestione degli interventi nelle Lagune del Delta.

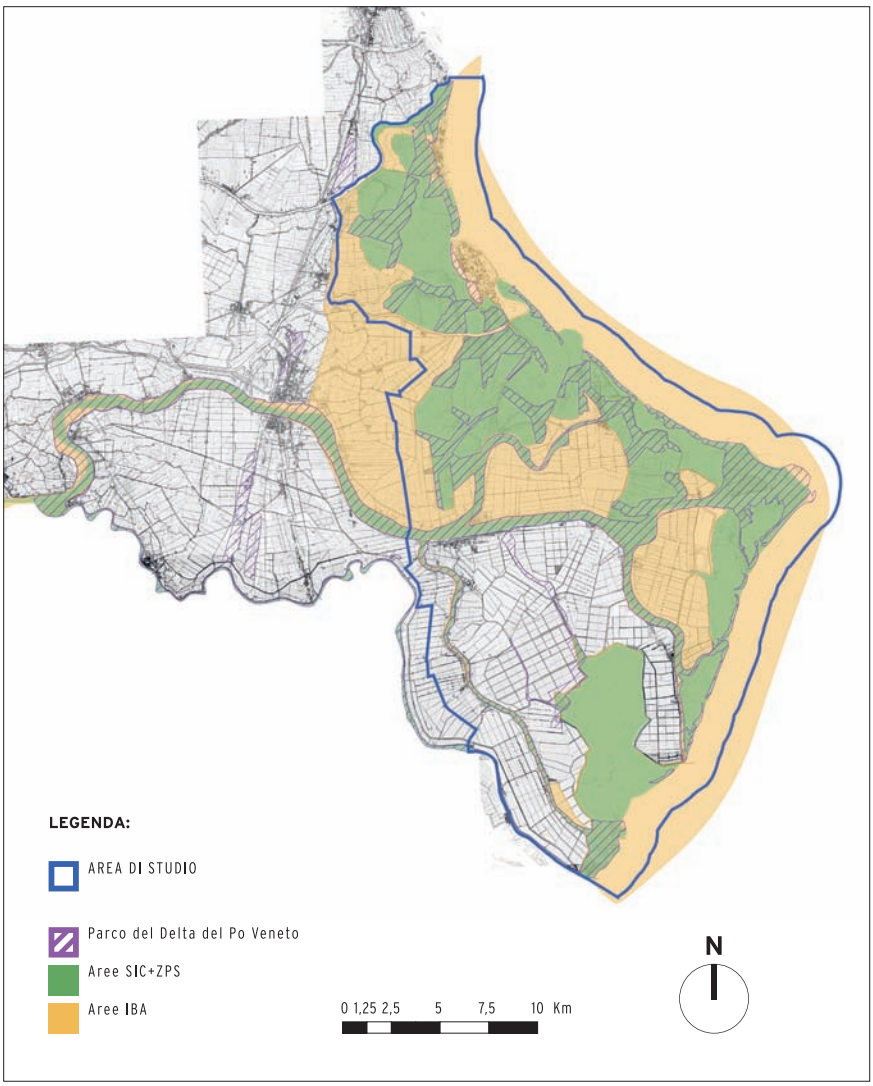


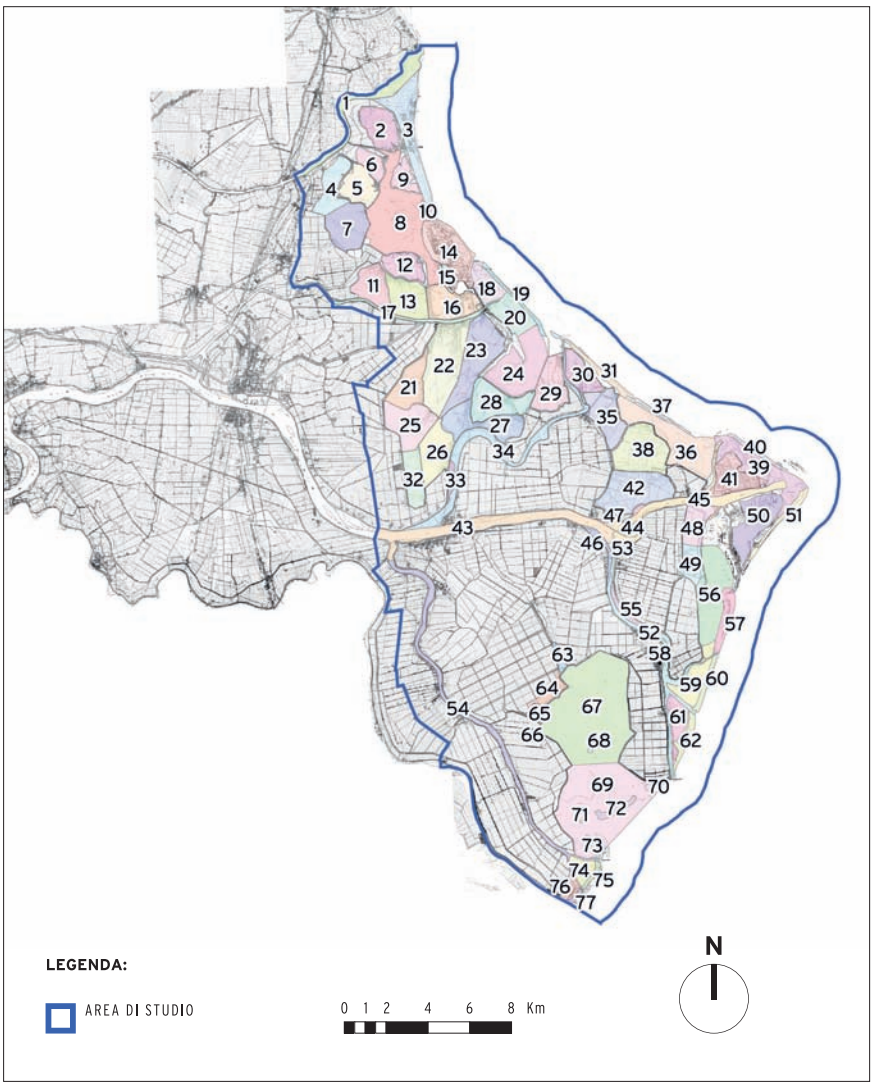
Figura 1: l'area di studio (contorno blu) e le zone protette presenti nel delta del Po: il Parco del Delta del Po (tratteggio viola), le zone SIC-ZPS (aree verdi) e le aree IBA (aree ocra) che si estendono oltre i limiti dell'area di studio.

L'area di studio

Alla fine del XVI secolo il Po sfociava nel cosiddetto Delta Rinascimentale presso Rosolina. Gli idraulici veneziani, temendo che i sedimenti del Po potessero chiudere le bocche della laguna veneta, ne deviarono il tratto terminale verso sud-est. Il cosiddetto Taglio di Porto Viro, completato nel 1604, ha segnato l'inizio della costruzione del Delta Moderno. I Veneziani hanno chiuso tutti i rami deltizi rivolti verso nord potenziando l'efficienza dei più grandi rami rivolti a sud, il Po di Gnocca ed il Po di Tolle. Quest'ultimo era il ramo maggiore nel secolo scorso, mentre oggi il più grande è divenuto il Po di Pila. Questi interventi hanno determinato lo sviluppo delle due grandi penisole che conferiscono forma lobata al lato meridionale dell'attuale delta del Po: la penisola del Po di Goro e di Gnocca, che si è formata a partire dal 1730, e quella del Po di Tolle, formatasi a partire dal 1810. Queste due penisole hanno definito due lagune, la Sacca di Goro e la Sacca degli Scardovari.

Oggi l'area deltizia del Po ricadente nella Regione Veneto si estende per circa 96.000 ha tra il Po di Goro a sud-ovest e la statale Romea a nord-ovest fino alla foce del fiume Brenta. In tale area sono compresi il tratto di mare di 3 miglia dalla costa, oltre 8.600 ha di valli da pesca, circa 8.150 ha di lagune, 4.000 ha di rami del Po (che includono lanche, golene ed isole fluviali) ed altre migliaia di ettari di coltivi, con canali di bonifica, risaie, dune fossili sabbiose e abitati.

L'area di studio, che si estende per 52.600 ha (Figura 1), include, oltre al delta idrografico (delimitato a sud dal Po di Goro e a nord dal Po di Maistra) anche gli ambiti lagunari-vallivi compresi tra il Po di Maistra e la foce dell'Adige.



Parte degli ecosistemi ad elevata naturalità costituiscono il Parco Regionale Veneto del Delta del Po (Figura 1), istituito nel 1997: si tratta complessivamente di 12.000 ha - 9.126 presenti nell'area di studio - che comprendono i rami del Po, il 40% della superficie di ogni valle da pesca, le lagune, l'Isola della Batteria e la foce del Po di Gnocca. Sono anche presenti Siti di Importanza Comunitaria e Zone di protezione Speciale per 22.282 ha (Figura 1): SIC IT3270017 - delta del Po: tratto terminale e Delta veneto; ZPS IT3270023 - delta del Po.

Figura 2: macroaree localizzate nel delta del Po all'interno dell'area di studio. Per la legenda si veda la Tabella 1.

ID	Nome Macroarea	ID	Nome Macroarea
1	Foce Adige	40	Scanno della Batteria
2	Valle Boccavecchia	41	Isola Batteria
3	Pineta di Rosolina	42	Valle Ca' Zuliani
4	Valle Morosina	43	Po di Venezia
5	Valle Spolverina	44	Bonello Ca' Zuliani
6	Valle Cannelle	45	Po della Pila
7	Valle Segà	46	Bonello di Tolle
8	Laguna di Caleri	47	Oasi di Volta Vaccari
9	Valle Passarella	48	Centrale ENEL
10	Giardino botanico di Porto Caleri	49	Lustraura
11	Valle Veniera	50	Laguna Basson
12	Valle Capitania	51	Scanno Boa
13	Valle Sagreda	52	Po di Tolle
14	Isola Albarella	53	Bonello di Polesine Camerini
15	Valle Vallesina	54	Po di Gnocca
16	Valle Pozzatini	55	Golena Giarette Nord
17	Po di Levante	56	Sacca del Canarin
18	Laguna Marinetta	57	Scanno Bastimento Nord
19	Scanno Cavallari	58	Golena Giarette Sud
20	Sacca Cavallari	59	Bonelli Levante Nord
21	Valle Canocchione	60	Scanno Bastimento Sud
22	Valle Sacchetta	61	Bonelli Levante Sud
23	Valle Bagliona	62	Scanno Barriccata
24	Laguna Vallona	63	Oasi di Ca' Mello
25	Valle Moraro	64	Bosco della Donzella
26	Agricola Val Pisani	65	Biotopo Bonello
27	Agricola Ravagnan	66	Pineta di Cassella
28	Valle S. Leonardo	67	Sacca degli Scardovari
29	Valle Scanarello	68	Isola Centro Scardovari
30	Valle Chiusa	69	Sacca di Bottonera
31	Scanno Palo	70	Scanno Barriccata Sud
32	Valle Ca' Pasta	71	Scanno Piccolo Scardovari
33	Golena Ca' Pisani	72	Scanno Centrale Scardovari
34	Po di Maistra	73	Scanno della Bottonera
35	Valle Ripiego	74	Bonello Bacucco
36	Laguna Barbamarco	75	Scanno del Bacucco Nord
37	Scanno Gallo	76	Bonelli Gorino Sullam
38	Valle S. Carlo	77	Scanno del Bacucco Sud
39	Laguna Burcio		

Tabella 1: macroaree individuate nel delta del Po.

Le aree SIC/ZPS comprendono le valli da pesca arginate, le aree di foce, gli scanni e le lagune. Altre aree ad ampia valenza naturalistica sono quelle interessate dalla presenza di zone barenicole e le loro interfacce con il mare. Le lagune, ad acqua salmastra, sono difese dall'azione del mare dagli "scanni", isole sabbiose sottili ed allungate, che si estendono per decine di chilometri, cingendo tutto il Delta.

Un'estesa porzione delle zone umide del delta del Po - 50.240 ha - è compresa (Brunner *et al.*, 2002) nella lista delle Important Bird Areas, codificate come IBA070 - delta del Po e IBA070M - fascia marina del delta del Po (Figura 1): tra le specie a maggior valenza *Circus cyaneus, Circus pygargus, Caprimulgus europaeus, Lanius collirio, Lanius minor* (Fracasso *et al.*, 2003). Nell'area sono inoltre presenti la Riserva Naturale Bocche di Po, il Giardino Botanico di Porto Caleri e l'Oasi di Ca' Mello.

L'insieme di queste tipologie ambientali e le caratteristiche fisiografiche principali (es. argini dei corsi d'acqua principali, argini principali delle valli da pesca, linee di riva degli scanni, biotopi confinati, ecc.) consentono (Figura 2) la definizione, ad una scala spaziale superiore rispetto agli habitat, delle **macroaree** riportate nella Tabella 1.

Il valore della naturalità del Delta

L'ecologia applicata ha sviluppato due filoni metodologici per quantificare il valore ecologico di un ambiente: il primo, più semplice, si basa su tecniche di ordinamento cardinale di classi di indicatori di valore ecologico; il secondo, più complesso, si basa sulla modellizzazione matematica dell'ecosistema per ricavarne indici quantitativi del valore ecologico (Socco, 2008).

Nel presente lavoro, si sono utilizzate entrambe le tecniche, che sono diversamente utili alle differenti scale.

Lo stato delle conoscenze degli habitat del Delta è frammentario (Gariboldi *et al.*, 1997). Per una preliminare stima del valore di naturalità del Delta si è utilizzato, con un approccio simile a quello utilizzato da Corticelli *et al.* (2004) nel Parco Regionale del Po dell'Emilia-Romagna, il rilievo dell'uso del suolo della mappa 1:50.000 CORINE Land Cover 2000, fornita dal Ministero dell'Ambiente e dall'APAT nel sito http://www.clc2000.sinanet.apat.it.

La classificazione dell'uso del suolo, essenzialmente basata su fotointerpretazione, genera una struttura gerarchica che permette l'attribuzione di un valore di naturalità potenziale alle classi CORINE LC 2000 livello 4 (ad es. ambiti industriali = naturalità nulla; ambiti agricoli = naturalità bassa; zone umide = naturalità alta, ecc.).

Codice CORINE	Descrizione CORINE	ref1	ref2	ref3	ref4	Valore Naturalità Medio
1.1.2	Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado	1	1	1	2	1
1.2.1	Aree industriali o commerciali	1	1	1	1	1
1.3.1	Aree estrattive	1	1	1	1	1
1.4.1	Aree verdi urbane	1.75	1	1	3	2
1.4.2	Aree sportive e ricreative	1.75	1	1	3	2
2.1.2.1	Colture intensive	2.5	2.8	5.5	4	3
2.1.3	Risaie	2.5	2.8	5.5	5	3
2.2.2	Frutteti e frutti minori	2.5	2.8	5.5	4	3
2.2.4.1	Pioppeti	3.25	4.6	5.5	4	4
2.3.1	Prati stabili	5.5	4.6	5.5	6	5
3.1.1.1	Boschi di leccio	7	10	10	8	9
3.1.1.6	Bosco di specie igrofile	7	10	10	8	9
3.1.2.1	Bosco di pini mediterranei	8.5	10	10	7	9
3.2.1	Aree a pascolo naturale	8.5	10	10	7	9
3.2.4	Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione	8.5	10	10	8	9
3.3.1	Spiagge, dune, sabbie	nc	nc	10	9	10
3.3.3	Aree con vegetazione rada	nc	nc	10	9	10
4.1.1	Paludi interne	nc	nc	10	9	10
4.2.1	Paludi salmastre	nc	nc	10	8	9
4.2.3	Zone intertidali	nc	nc	10	10	10
5.1.1	Corsi d'acqua	nc	nc	10	9	9
5.2.1	Lagune	nc	nc	10	9	10
5.2.3	Mare	nc	nc	10	10	10

Tabella 2: punteggi del livello di naturalità attribuiti ai biotopi CORINE (livello 4), del Delta Veneto in base alle seguenti fonti: (ref1) Pizzolotto e Brandmayr (1996); (ref2) Mancebo Quintana *et al.* (2007); (ref3) Ayad (2005); (ref4) punteggi attribuiti alle classi CORINE in base ai criteri definiti da Machado (2004). L'indice di naturalità medio è ottenuto dalla media dei valori ref1, ref2, ref3, ref4. nc = non classificato.

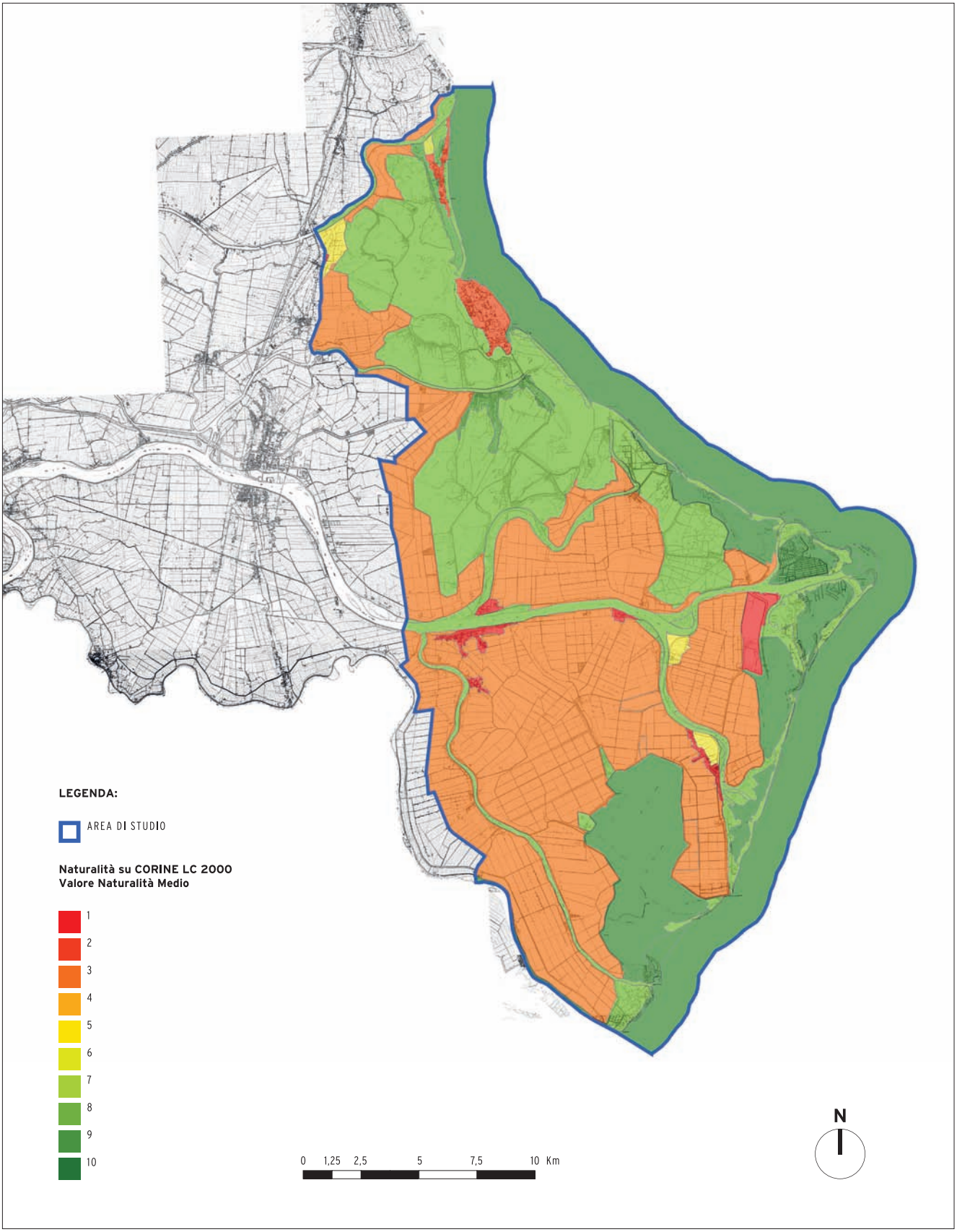


Figura 3: Valore di Naturalità Medio dell'area di studio stimato su base dati CORINE LC 2000.

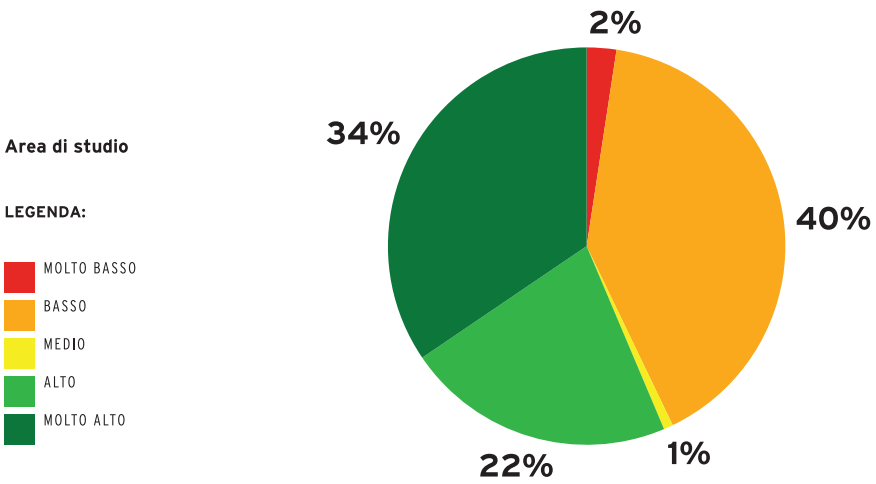


Figura 4: valori di copertura assoluti (in ettari) e relativi (in %) della naturalità ricavata su classi CORINE LC 2000 nell'area di studio.

Classe Naturalità	Area (ha)	Copertura (%)
MOLTO BASSA	1268	2%
BASSA	21311	40%
MEDIA	403	1%
ALTA	11525	22%
MOLTO ALTA	18166	34%
Totale	**52671**	

La mappa è stata ottenuta attribuendo ad ogni classe presente sul territorio un valore di naturalità in base alle descrizioni con cui vengono definite le classi CORINE LC (Pizzolotto & Brandmayr, 1996, Machado, 2004, Ayad, 2005, Mancebo Quintana *et al.*, 2007). I valori forniti dai diversi Autori sono stati standardizzati e mediati (Tabella 2).

L'uso del suolo separa nettamente l'ambiente urbano ed agricolo - quest'ultimo essenzialmente composto da seminativi intensivi - dall'ambiente lagunare-vallivo e deltizio, che ha caratteristiche più naturali e risente meno degli interventi antropici.

I valori di naturalità più elevati si trovano (Figura 3) nelle aree legate agli ambiti acquatici, nelle zone di interfaccia col mare (scanni e barene), nelle valli e nei rami del Po e golene fluviali.

I valori intermedi sono soprattutto nelle zone classificate come risaie. I valori bassi sono diffusi nelle aree agricole e nelle aree residenziali. Sono aree fortemente critiche l'area industriale della centrale di Porto Tolle e – in termini di uso del suolo - l'Isola di Albarella, classificata "area ricreativa o sportiva", categoria ad elevata influenza antropica che il metodo (Tabella 2) penalizza in termini di naturalità.

La Figura 4 riporta i valori di copertura (in ha ed in %) per classi di naturalità media, individuate raggruppando in "MOLTO BASSA" i valori di naturalità 1-2; "BASSA", 3-4; "MEDIA", 5-6; "ALTA", 7-8; "MOLTO ALTA", 9-10.

La determinazione delle tipologie di uso del suolo risente di imprecisioni, ma la mappa è di aiuto per stimare la naturalità del sistema sulle classi di riferimento. La Figura 3 evidenzia che la maggior parte degli ambiti valutati a naturalità più elevata sono contenuti all'interno dell'area di studio.

Il metodo di attribuzione dei valori (Tabella 2) è carente quando valuta le classi corrispondenti agli ambienti costieri. Valori di naturalità attribuiti a porzioni territoriali molto estese, quali quelle identificate dalle classi CORINE LC 2000, portano ad ampie approssimazioni nei risultati, accettabili solamente se l'analisi viene condotta su ampia scala (es. 1:250.000).

L'approccio presentato può risultare utile nella pianificazione a scala regionale, ma non porta contributi significativi alla definizione delle criticità ambientali legate alla presenza di habitat o specie protette. La tecnica delle scale cardinali è comunque una tecnica sufficientemente affidabile e di non eccessivo onere applicativo, utile per valutare progetti preliminari o dove vi sia il problema di confrontare rapidamente alternative di localizzazione.

Questa tecnica rivela però tutti i suoi limiti quando si passa a valutazioni più raffinate, quali quelle che devono accompagnare il progetto definitivo di un'opera: in questo caso ciò che si richiede è un vero e proprio indice del grado di naturalità, che non è altro che un modello matematico di una teoria della naturalità (Socco, 2008).

Il valore di naturalità dell'Isola della Donzella

L'area di studio è l'Isola della Donzella, il territorio compreso tra i corsi del Po di Gnocca a ovest, del Po di Venezia a nord e del Po di Tolle a est, oltre alle aree di foce comprese tra il Po di Gnocca e di Goro (Bonello Bacucco, oasi Gorino-Sullam e relativi scanni), e la Sacca degli Scardovari, per complessivi 15.857 ha.

La classificazione degli habitat dell'Isola della Donzella

Nell'Isola della Donzella si sono utilizzati i principali sistemi di codifica e classificazione territoriale ed ambientale riconosciuti dalla Comunità Europea, ottenendo informazioni su (a) la forma principale di uso del suolo, in base alle informazioni CORINE LC; (b) la presenza di habitat e/o specie di interesse comunitario ed il livello di priorità per la conservazione, in base alla presenza di habitat Natura 2000; (c) informazioni sulla tipologia dominante di vegetazione oppure sulle associazioni vegetazionali e/o sulle principali comunità animali, in base alla classificazione EUNIS (EUNIS, 2002).

La procedura di classificazione degli habitat è stata la seguente:

1. acquisizione ortofoto georeferenziate: Volo IT2003, Volo Agea 2006, Volo CDBPA 10/082008;
2. Acquisizione mappa dell'uso del suolo 1:50.000 CORINE Land Cover 2000, fornita dal Ministero dell'Ambiente e dall'APAT;
3. acquisizione mappe e codici Natura 2000, forniti dal Parco Regionale del Delta del Po Veneto;
4. applicazione criteri di classificazione EUNIS: riconoscimento visivo delle unità territoriali individuate in base alla omogenea copertura di una determinata tipologia di suolo o di vegetazione ed applicazione dei criteri di codifica ottenuti dal database online http://eunis.eea.europa.eu;
5. analisi corrispondenze codici EUNIS - CORINE LC – Natura2000, mediante l'uso del database online http://eunis.eea.europa.eu;
6. sopralluoghi a supporto dell'analisi territoriale: rilievi in campo da parte di esperti vegetazionisti e faunisti nel corso del 2008 e verifica sull'interpretazione delle ortofoto.

Il risultato di questo lavoro è riportato nei paragrafi che seguono: complessivamente si sono ottenute 81 tipologie di habitat.

Habitat degli ambiti semisommersi marini e lagunari

Sono i sistemi più dinamici e soggetti a modificazioni rapide su scale temporali di settimane. In questi ambiti sono elevati i valori per la diversità faunistica, meno quelli per la diversità floristica, ma sono tra gli habitat più rari a livello biogeografico e possiedono soprattutto una elevata funzione trofica per l'avifauna.

Si tratta di habitat di interfaccia tra il dominio terrestre e quello acquatico in cui lo stato di naturalità tende a valori molto elevati. I sedimenti sono prevalentemente sabbiosi o composti da sabbie miste a fanghi (Figura 5). La vegetazione è scarsamente presente e poco strutturata e offre scarso riparo alla fauna, ma per le caratteristiche ecologiche delle specie vegetali pioniere è caratterizzata da una elevata qualità floristica. La comunità di invertebrati che occupa i sedimenti sabbiosi e delle sabbie miste a fango sostiene una rete trofica molto ben strutturata che tende a supportare una elevata diversità di specie. I sedimenti più fini e coesi tendono ad ospitare meno specie per via della difficoltà alla penetrazione da parte dell'ossigeno. Le interazioni antropiche sono sporadiche. Sono compresi in questi habitat gli estesi canneti di *Phragmites australis*, che caratterizzano ampie zone salmastre di foce (Bonelli).

Cod EUNIS	Descrizione
A2.2	Sedimenti sabbiosi (sabbia > 75%) emergenti durante la bassa marea
A2.324	Stagni salmastri lagunari
A2.4	Sedimenti misti emergenti durante la bassa marea
A2.52	Fasce superiori degli stagni salmastri a *Spartina, Agropyron, Phragmites, Juncus*
A2.522	Stagni mediterranei salmastri a *Juncus maritimus* e *Juncus acutus*
A2.526	Praterie e fruticeti mediterranei (*Sarcocornetea fruticosi*)
A2.532	Praterie alo-psammofile mediterranee
A2.53C	Letti salmastri estuarini a *Phragmites*
A2.55	Vegetazione pioniera a *Spartina, Salicornia*
A2.5513	Vegetazione annua pioniera a *Salicornia* e specie delle zone fangose e sabbiose
A2.552	Comunità pioniere alo-nitrofile
A5.2	Sabbie sublitorali a debole copertura permanente di acqua marina
A5.21	Sabbie e sabbie fangose sublitorali in ambiente lagunare
A5.31	Fanghi e fanghi sabbiosi sublitorali in ambiente lagunare
A5.541	Vegetazione di acque salmastre dominata da *Phragmites australis*

Tabella 3: principali habitat marini e lagunari.

Figura 5: stagno salmastro contornato da *Sarcocornia fruticosa* a Scanno Palo (foto Danilo Trombin).

Habitat degli ambiti di spiaggia e dunali

Sono habitat costieri sopra al limite delle linee di marea sizigiali. Sono prossimi al mare e possono risentire di un moderato tenore di salinità per gli spruzzi trasportati dal vento. Le linee di deposito marine e le comunità pioniere delle dune sono ambiti di particolare pregio floristico, seppur non caratterizzate da elevata diversità e da vegetazione strutturata. La complessità della vegetazione generalmente aumenta dai cordoni dunosi spostandosi nelle aree retrodunali, ma non nel sito in indagine. In questi ambienti lo stress ambientale ha selezionato elementi vegetali (*Cakile maritima, Ammophila arenaria*) ed animali (l'anfipode *Talitrus saltator*, diverse specie di Coleotteri Carabidi) peculiari e specializzati, fortemente adattati e spesso presenti esclusivamente in questi habitat (Figura 6). Il valore naturalistico di questi popolamenti litoranei è dato proprio dalla coesistenza di molteplici elementi di origine differente, accomunati però da elevati livelli di specializzazione trofica, di esclusività e di fedeltà all'habitat, e quindi da comuni caratteristiche di buoni "indicatori" della complessiva qualità biologica degli ecosistemi in cui sono ancora presenti.

Sono tra gli habitat più rari a livello biogeografico e possiedono soprattutto una buona funzione trofica e in qualche caso sono essenziali per la nidificazione di alcune specie di interesse comunitario come il fraticello (*Sterna albifrons*). Le aree retrodunali sono un buon rifugio per l'avifauna, piccoli mammiferi e alcuni rappresentanti dell'erpetofauna.

Cod EUNIS	Descrizione
B1.1	Vegetazione annua delle linee di deposito marine
B1.2	Spiagge sabbiose sopra linea di battigia
B1.21	Sabbie non vegetate sopra la linea di battigia
B1.24	Margini delle spiagge sabbiose scarsamente vegetate
B1.31	Dune mobili embrionali
B1.32	Comunità ad *Ammophila* delle dune bianche e vegetazione linee di deposito marine
B1.74	Dune con foreste di *Pinus pinea* e *Pinus pinaster*

Tabella 4: principali habitat degli ambiti di spiaggia e di duna.

Figura 6: dune con *Ammophila arenaria* erba perenne che svolge un importante ruolo nella formazione e consolidamento delle dune (foto Emiliano Verza).

Habitat degli ambiti di acque interne, palustri e degli stagni

Le acque dolci interne non influenzate dalle acque marine includono una varietà di ambienti naturali o semi-naturali che supportano comunità, talvolta molto ricche, sia di piante sia di animali. Importanti da un punto di vista naturalistico sono i bacini d'acqua a volume variabile in prossimità degli alvei del Po nelle golene, caratterizzati da fauna e flora più ricche, soprattutto sui margini che possono ospitare numerose specie dell'erpetofauna.

Spesso i corpi d'acqua dolce anche nel delta del Po sono accompagnati dalla presenza della cannuccia di palude (*Phragmites australis*), con funzione di rifugio per l'avifauna e riproduttiva per alcune specie quali l'airone rosso (*Ardea purpurea*). Sono compresi in questa classe i bacini palustri dell'Oasi di Ca' Mello, uno dei punti di maggior valore conservazionistico nell'Isola della Donzella. Sono pure presenti bacini per l'acquacoltura, che sebbene a gestione antropica mantengono alcuni aspetti semi-naturali: tali habitat, caratterizzati da bassa diversità faunistico e floristica, possono avere funzione trofica e di rifugio per alcuni rappresentanti dell'avifauna.

Cod EUNIS	Descrizione
C1.3	Laghi e stagni eutrofici permanenti
C1.3	Laghi eutrofici naturali con vegetazione del *Magnopotamion* o *Hydrocharition*
C1.5	Laghi e stagni salini e salmastri permanenti
C3.2111	Letti di acqua dolce a *Phragmites*
J5.4	Canali artificiali (larghezza > 6m)
X01	Estuari

Tabella 5: principali habitat degli ambiti delle acque interne, palustri e degli stagni.

Figura 7: canneti nel Po di Gnocca (foto Danilo Trombin).

I corsi d'acqua principali sono rappresentate da canali irrigui o di bonifica che formano un reticolo molto sviluppato. Essi sostengono tutte le componenti trofiche (ittiofauna, erpetofauna, avifauna) ed hanno una fondamentale funzione di corridoi ecologici: a tali ambiti si sono associati valori funzionali elevati, accompagnati a valori bassi per la diversità floristica e medio-alti per la diversità faunistica. I canali artificiali sono caratterizzati dal regime di gestione umana che li colloca tra i sistemi "artificiali" (classe J della nomenclatura EUNIS). Anche se raramente presentano margini vegetati di buona qualità, possiedono una fauna ittica abbastanza ricca, ma depauperata ed alterata in quanto a composizione specifica. Le specie autoctone ecologicamente più esigenti si stanno rarefacendo sia in numero sia in abbondanza, mentre si stanno diffondendo specie alloctone più competitive e più resistenti alle varie forme di inquinamento (Castaldelli *et al.*, 2008). Anche i rami del Po costituiscono un'eccezione della nomenclatura EUNIS, che li classifica nella macroclasse "X" dedicata ai sistemi a mosaico complessi, e che include gli estuari. Ciò è dovuto alla complessità della distribuzione delle associazioni vegetazionali (Figura 7) ed alla loro localizzazione spesso variabile per via dell'alternarsi di periodi di secca e di piena del fiume, che genera microhabitat effimeri non cartografabili.

Habitat delle distese erbacee

Sono habitat di pregio naturalistico estremamente variabile. Da un lato sono presenti le steppe salate mediterranee, caratterizzate dalle associazioni delle piante degli ambienti ipersalini, variegate in base al gradiente di salinità. Sono di elevato valore conservazionistico non tanto per la diversità, limitata per via dello stress ambientale, quanto per le funzioni ecologiche soprattutto per l'avifauna, che le utilizza come siti di nidificazione e di nutrimento. Nelle steppe sono ben rappresentati anche i rettili che sono tolleranti alla salinità. Dall'altro lato, in questo gruppo sono comprese le comunità di erbe nitrofile antropogeniche, comuni negli ambiti più disturbati, come quelli vicini a strutture edificate o anche in aree industriali, ed i tappeti erbosi di giardini e parchi in contesti urbani e periurbani, entrambe situazioni caratterizzate da bassissimi valori di naturalità.

Di maggior valore sono invece le comunità di erbe delle frange umide erborate delle golene fluviali, e di valore medio i prati da sfalcio presenti soprattutto lungo agli argini del Po (Figura 8). Questi ambienti sono infatti preclusi a molti anfibi, mentre ospitano numerose specie di rettili, uccelli e mammiferi che in questi prati nidificano e si cibano di una ricca varietà di insetti e invertebrati.

Cod EUNIS	Descrizione
E2.22	Prati da sfalcio
E2.6	Tappeti erbosi di prati, giardini e parchi
E5.14	Comunità di erbe nitrofile antropogeniche
E5.43	Comunità di erbe delle frange umide arborate
E6.1	Steppe salate mediterranee
E6.112	Steppe salate mediterranee (*Limonietalia*)
E6.112, A2.2	Steppe salate mediterranee (*Limonietalia*) su sedimenti emegenti in bassa marea
E6.112, A2.522	Steppe salate mediterranee (*Limonietalia*) in associazione a *Juncus*

Tabella 6: principali habitat delle distese erbacee.

Figura 8: prati da sfalcio in prossimità degli argini del Po (foto Danilo Trombin).

Habitat degli ambiti arbustivi

In questa categoria di habitat, caratterizzati dal rovo (*Rubus ulmifolius*), sono comprese le specie arbustive autoctone o alloctone spesso plurispecifiche che si sviluppano spontaneamente soprattutto in ambienti mesofili. Costituiscono luoghi di rifugio per una ricca micro e macrofauna, nonché elementi indispensabili di raccordo della rete ecologica di pianura (Figura 9). I valori di diversità floristica sono medi così come quelli di diversità faunistica.

Cod EUNIS	Descrizione
F3.1	Cespuglieti decidui delle aree temperate
F9.313	Vegetazione arbustiva a *Tamarix*
FB.4	Vigneti

Tabella 7: principali habitat degli ambiti arbustivi.

Figura 9: cespuglieto dominato da *Amorpha fruticosa* L. in prossimità di una golena del Po di Gnocca (foto Danilo Trombin).

Habitat degli ambiti boschivi

Gli habitat degli ambiti boschivi comprendono i boschi igrofili ripariali delle golene del Po (Figura 10), in cui la struttura e la diversità della vegetazione del sottobosco offre riparo a molte specie dell'erpetofauna, dell'avifauna e di mammiferi. La valenza ecologica di questi ambiti è tendenzialmente molto alta, così come quella dei boschi meso-eutrofici in cui è incluso il Bosco della Donzella sul margine settentrionale della Sacca degli Scardovari. Nei rimboschimenti in ambito agrario, elementi in fase di evoluzione verso stadi più maturi, i valori per la diversità floristica e faunistica sono intermedi, pur mantenendo un valore funzionale elevato per la nidificazione e il rifugio.

Gli elementi a carattere più artificiale e lineare, come i filari di alberi lungo le strade sono caratterizzati da valori funzionali e di diversità floristica e faunistica bassi.

Cod EUNIS	Descrizione
G1.224	Boschi fluviali del Po a *Quercus, Fraxinus, Alnus*
G1.3	Boschi igrofili mediterranei
G1.A	Boschi meso-eutrofici a *Quercus, Carpinus, Fraxinus, Acer, Ulmus*
G1.C	Rimboschimenti
G1.C1	Piantagioni di *Populus*
G1.D4	Coltivazioni di piante da frutto
G5.1	Filari di alberi lungo le strade
G5.2	Alberature artificiali poco estese di latifoglie

Tabella 8: principali habitat degli ambiti boschivi.

Figura 10: bosco igrofilo con predominanza di *Salix alba* sulle rive del Po (foto Danilo Trombin).

Habitat degli ambiti agrari

Si tratta degli habitat dominanti per estensione (Figura 11). L'agricoltura intensiva sviluppatasi dall'inizio degli anni '70 ha portato alla realizzazione di terreni agricoli senza margini vegetati apprezzabili. Per questi motivi il loro valore dal punto di vista della diversità floristica è molto basso. Alcune specie di uccelli e piccoli mammiferi fruiscono della possibilità di alimentazione (granivori e loro predatori).

Sebbene nella nomenclatura EUNIS le risaie (I1.4) siano accorpate alla classe degli ambienti agrari, per le loro caratteristiche ecologiche è possibile accorparli ai corpi idrici degli stagni, dato che, pur se ambienti temporanei, sono soggetti a periodi di allagamento che li rendono estremamente peculiari. Il variare nel tempo delle condizioni idrologiche porta l'ambiente di risaia da una iniziale condizione di oligotrofia successiva all'inondazione sino ad una condizione di eutrofia elevata. Questa caratteristica li rende siti temporanei con valore di supplementarietà per l'elevata funzione trofica che svolgono per l'avifauna (Fasola & Ruiz, 1996), per l'erpetofauna e per la rete trofica in generale.

Cod EUNIS	Descrizione
I1.1	Seminativi intensivi
I1.2	Coltivazioni miste florovivaistiche e orticole
I1.4	Coltivazioni inondate, risaie
I1.5	Coltivazioni abbandonate e terreni smossi
I2.23	Aree verdi urbane

Tabella 9: principali habitat degli ambiti agrari.

Figura 11: gli ambiti agricoli coprono più del 60% del territorio del Delta (foto Andrea Bocchi).

Habitat degli ambiti urbani e altamente artificiali

In questi habitat il grado di antropizzazione è totale (Figura 12). Le superfici sono totalmente o in buona parte artificiali, le specie animali e vegetali sono introdotte oppure opportuniste sinantropiche. Il valore di naturalità e i valori generali di sostegno per le funzioni ecosistemiche sono minimi, se non nulli.

Cod EUNIS	Descrizione
J1.2	Centri abitati
J2.1	Aree residenziali a tessuto discontinuo
J2.4	Edifici rurali
J1.4	Aree industriali
J1.51	Aree abbandonate urbane e suburbane
H5.61	Strade sterrate non asfaltate
J4	Strade e altre superfici rigide artificiali
J5	Opere idrauliche
J2.53	Opere antropiche, dighe
J4.5	Aree portuali
J2.7	Cantieri in ambito rurale

Tabella 10: principali habitat degli ambiti urbani e altamente artificiali.

Figura 12: le superfici artificiali delle abitazioni e delle strade nei centri abitati (foto Danilo Trombin).

Il processo di mappatura degli habitat descritti nelle Tabelle 3 - 10 è stato eseguito mediante supporto GIS e ha portato alla digitalizzazione in formato vettoriale delle unità territoriali, ovvero delle singole porzioni di territorio contenenti le tipologie di habitat identificate. Complessivamente **la procedura ha portato alla digitalizzazione di 1944 unità territoriali**.

In base alla metodica di analisi descritta si è prodotta la mappa a scala 1:5.000 degli habitat dell'Isola della Donzella (Figura 13). Mediante il supporto GIS è stata valutata la copertura in ettari delle principali tipologie di habitat EUNIS corrispondenti al livello 1 della classificazione.

Gli habitat corrispondenti agli ambiti agricoli rappresentano oltre la metà del territorio, mentre gli habitat marini e costieri ne rappresentano il 29%. Da notare la scarsa presenza degli habitat delle classi B, D, F e H, che negli ambienti del delta del Po allo stato attuale sono relegati a fasce ecotonali.

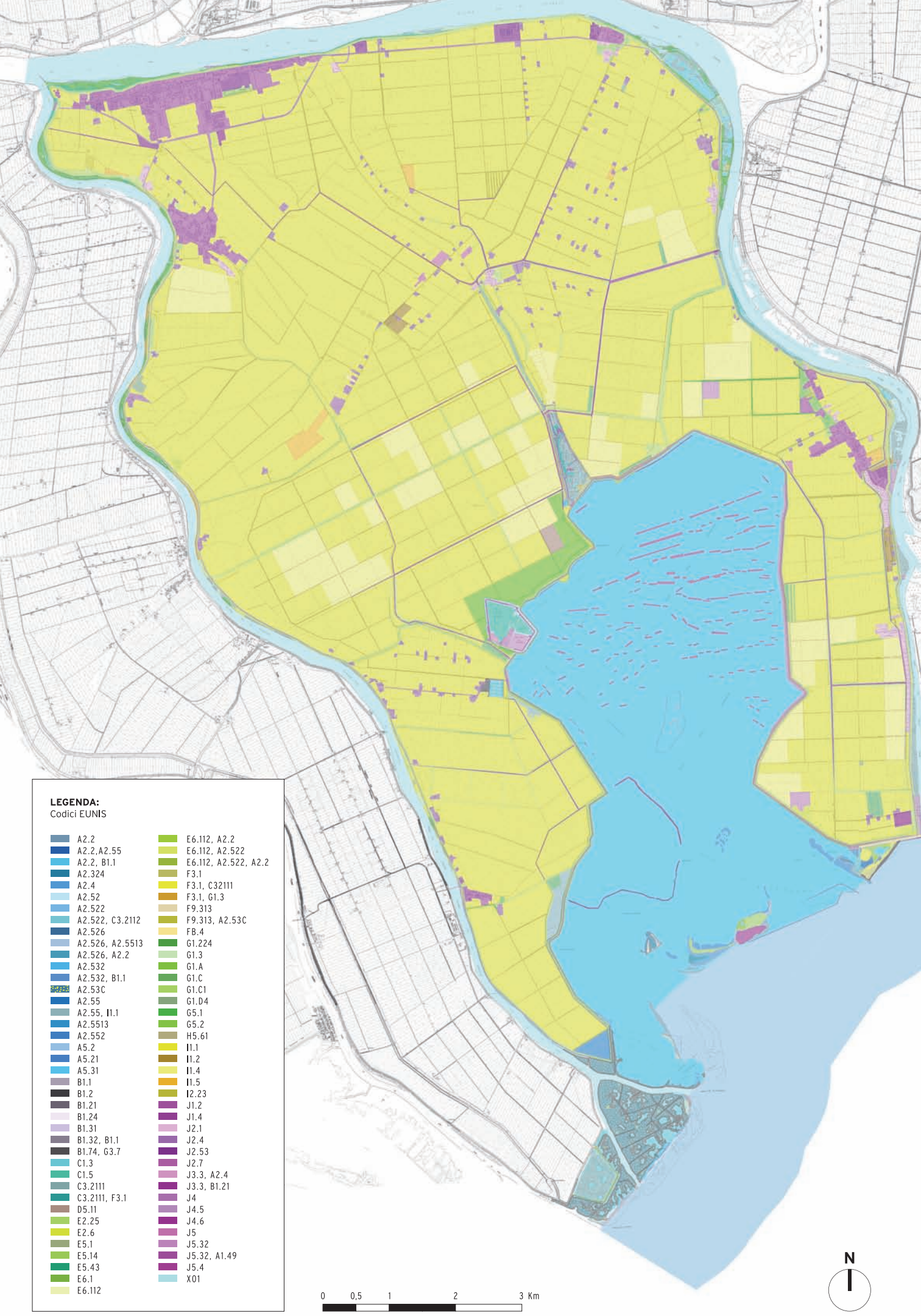
Il Valore di naturalità potenziale (VNP) dell'Isola della Donzella

L'identificazione e localizzazione degli habitat costituisce il primo passo per una valutazione del grado di naturalità del territorio. Alle tipologie di habitat individuate (Tabelle 3 - 10) è stato applicato un indice sintetico che stima il **Valore di Naturalità Potenziale (VNP)** costruito sulla base dell'approccio analitico messo a punto da Berthoud *et al.* (1989), con modifiche per applicarlo al territorio. La metodologia si basa sull'analisi critica della bibliografia preesistente, sull'esperienza di vegetazionisti e faunisti esperti delle varie componenti ecologiche e delle loro funzioni sul territorio, ed identifica i **fattori principali** (qualità, capacità e funzione) che contribuiscono a definire il valore ecologico di un habitat. Ciascun fattore è valutabile attraverso la stima di **parametri** (Tabella 12) scelti in base a criteri di semplicità operativa in modo da essere quantificabili mediante (i) osservazioni dirette, (ii) dati di letteratura e/o (iii) conoscenza dell'ambiente da parte di esperti faunisti e vegetazionisti.

Figura 13: habitat dell'Isola della Donzella per l'anno 2008 codificati secondo il sistema EUNIS. Per la descrizione dei codici fare riferimento alle Tabelle 3 - 10.

Classe EUNIS 1°livello	Definizione	Copertura (ha)	Copertura %
A	Habitat marini	4583	28.90%
B	Habitat costieri	15	0.10%
C	Acque interne di superficie	252	1.59%
D	Habitat fangosi, terreni paludosi, acquitrini	35	0.22%
E	Habitat a praterie e terreni dominati da muschi, licheni ed erbacee	464	2.93%
F	Brughiere, sterpaglie e tundra	69	0.44%
G	Boschi, foreste e terreni boscati	225	1.42%
H	Habitat non vegetati o scarsamente vegetati	2	0.01%
I	Habitat agricoli, orticoli e domestici regolarmente o recentemente coltivati	8543	53.87%
J	Habitat di costruzioni, industriali o artificiali	697	4.40%
X	Complessi di habitat	971	6.12%
	Totale	**15857**	

Tabella 11: copertura in ettari e copertura percentuale delle varie tipologie di habitat EUNIS 1° livello nell'Isola della Donzella.


LEGENDA:
Codici EUNIS
A2.2
A2.2,A2.55
A2.2, B1.1
A2.324
A2.4
A2.52
A2.522
A2.522, C3.2112
A2.526
A2.526, A2.5513
A2.526, A2.2
A2.532
A2.532, B1.1
A2.53C
A2.55
A2.55, I1.1
A2.5513
A2.552
A5.2
A5.21
A5.31
B1.1
B1.2
B1.21
B1.24
B1.31
B1.32, B1.1
B1.74, G3.7
C1.3
C1.5
C3.2111
C3.2111, F3.1
D5.11
E2.25
E2.6
E5.1
E5.14
E5.43
E6.1
E6.112
E6.112, A2.2
E6.112, A2.522
E6.112, A2.522, A2.2
F3.1
F3.1, C32111
F3.1, G1.3
F9.313
F9.313, A2.53C
FB.4
G1.224
G1.3
G1.A
G1.C
G1.C1
G1.D4
G5.1
G5.2
H5.61
I1.1
I1.2
I1.4
I1.5
I2.23
J1.2
J1.4
J2.1
J2.4
J2.53
J2.7
J3.3, A2.4
J3.3, B1.21
J4
J4.5
J4.6
J5
J5.32
J5.32, A1.49
J5.4
X01
0
0,5
1
2
3 Km
N

Parametro	Sigla	Range valori	Criterio
diversità vegetazionale	*DiV*	1-10	Stima della diversità della vegetazione con particolare riferimento alle specie protette dall'Allegati II, IV e V della Direttiva Habitat
diversità faunistica	*DiF*	1-10	Stima della diversità della fauna con particolare riferimento alle specie protette dall'Allegati II, IV e V della Direttiva Habitat
rarità	*Ra*	1-10	Stima della rarità dell'habitat nella regione biogeografica di riferimento, nel nostro caso corrispondente al bacino Alto Adriatico
struttura vegetazionale	*St*	1-4	Stima di complessità strutturale sulla base del tipo di vegetazionale prevalente nell'habitat (es. non vegetata, prativa, arbustiva, arborea)
superficie (m^2)	*Sp*	20-1.000.000	Calcolo dell'area mediante GIS
ecotono utile	*Ca1*	0-5	Stima della qualità dei margini in termini di recettività per flora e fauna
corridoio ecologico	*Ca2*	1-5	Stima della funzione di corridoio ecologico per il movimento delle specie animali
assenza di antropizzazione	*Ca3*	1-5	Stima del grado di assenza di perturbazioni antropiche
funzione di riproduzione	*FRi*	1-5	Stima della funzione di sito riproduttivo per le specie guida
funzione di rifugio	*FRf*	1-5	Stima della funzione di sito di rifugio per le specie guida
funzione trofica	*FNu*	1-5	Stima della funzione di sito trofico per le specie guida

Tabella 12: parametri descrittivi necessari per il calcolo del VNP di ogni tipologia di habitat. Sono riportate le sigle, i valori massimo e minimo attribuibili ad ogni parametro, il criterio di valutazione utilizzato per l'attribuzione dei valori.

Tabella 13: definizione degli indici di qualità (Q), capacità (C) e funzione (F) in base ai parametri definiti in Tabella 12.

	Q = Indice di Qualità	C = Indice di Capacità	F = Indice di Funzione
L'indice di VNP è: **VNP=∏ (Q,C,F)** in cui Q, C e F sono:	$Q=\frac{\sum(Di, Ra, Ca)}{3}$ con: Di= MAX (DiF, DiV) $Ca=\frac{\sum(Ca1, Ca2, Ca3)}{3}\cdot 2$	$C=\frac{Log_{10}(Sp \times St)}{6.6}\cdot 10$	$F=\frac{\sum(FNu,FRi,FRf)}{3}\cdot 2$

Qualità (Q), Capacità (C) e Funzione dell'habitat (F) hanno valore variabile tra un minimo di 1 e un massimo di 10. Questo porta a un indice di VNP che può assumere valore minimo 1 (minima naturalità) e 1000 (massima naturalità).

Alcuni parametri (*Ca1, Ca2, Ca3, Sp, FRi, FRe, FNu*) esprimono le caratteristiche topologiche dell'habitat, ovvero le proprietà spaziali intimamente legate alla sua posizione sul territorio (es. superficie occupata), nonché le relazioni tra habitat adiacenti (es. metri lineari di margini in comune tra due habitat) e le proprietà funzionali di una unità territoriale. La scelta di attribuire un valore di funzione ad ogni porzione del territorio vuole caratterizzare le dinamiche naturali ed ecologiche che non si distribuiscono omogeneamente solo in base alla copertura vegetazionale.

Una stessa tipologia di habitat "cespuglieto deciduo misto a canneto" può avere scarsa funzionalità in una porzione di territorio, mentre può avere elevato valore in un'altra (es. una garzaia). Per questi motivi la determinazione dei valori dei parametri *Ca1, Ca2, Ca3, Sp, FRi, FRe, FNu* avviene per ogni unità territoriale tenendo in considerazione la tipologia di habitat in essa contenuta e la possibile presenza di "specie guida".

Specie	Habitat preferenziale		
	Descrizione	Dir. 92/43/CEE	CLC
Ittiofauna			
Knipowitschia panizzae	lagune e valli e corpi idrici minori in gronda	1150*	521
Rutilus erythrophthalmus	acque dolci lente e ricche di vegetazione	3150 - 3260	
Erpetofauna			
Emys orbicularis	corpi idrici d'acqua dolce o moderatamente salina	3150	512
Natrix natrix	corpi idrici d'acqua dolce	3150	512
Teriofauna			
Suncus etruscus	dune fossili e boschi termofili	2270* -	3121
Micromys minutus	boschi igrofili e canneti	91E0* - 3150	512 - 3116 - 512 - 4111

Tabella 14: stralcio esemplificativo delle specie guida rappresentative per l'ittiofauna, l'erpetofauna e la teriofauna utilizzate per la valutazione delle funzionalità degli habitat.

Specie	Habitat preferenziale			Habitat per riproduzione	Habitat per rifugio stagionale	Habitat per nutrizione
	Descrizione	Cod. 92/43/CEE	CLC			
Gavia arctica	acque marine e lagunari	1150* - 1130 - 1110	521 - 523	TUNDRA ARTICA	1150*, 1130, 1110	1150*, 1130, 1110
Ardeola ralloides	fiumi e stagni d'acqua dolce	3150 - 91E0*	512 - 3116	91E0*	3150, 91E0*	3150
Haematopus ostralegus	vegetazione pioniera degli scanni	2110 - 2120	3311	2110, 2120	2110, 2120	1140, 1150*, 1310

Tabella 15: stralcio esemplificativo delle specie guida rappresentative dell'avifauna utilizzate per la valutazione delle funzionalità degli habitat.

Le specie guida sono state selezionate sia per la loro funzione di indicatori ecologici sia per la appartenenza a liste di specie protette (ad es. Direttiva Habitat, Allegato II). Tra le specie selezionate 7 appartengono all'erpetofauna, 7 all'ittiofauna e 6 alla teriofauna (Tabella 14).

Per l'avifauna, tipicamente in grado si sfruttare in maniera estremamente specializzata differenti habitat in diversi momenti per le esigenze del ciclo vitale, sono state scelte 18 specie guida per ciascuna delle quali, oltre all'habitat preferenziale, si sono valutati anche separatamente gli habitat potenzialmente utili per le funzioni trofica, riproduttiva e di rifugio (Tabella 15).

Nelle classi EUNIS A5.2, A5.21, A5.31, trattandosi di ambienti sommersi sarà applicato, nel paragrafo che segue, un altro metodo di valutazione della qualità, appositamente messo a punto per gli ambienti lagunari. Ai parametri sono stati attribuiti valori in base alla tipologia di uso del suolo prevalente, ad aspetti di ricettività faunistica, all'esperienza in campo degli esperti interpellati ed a ricerche bibliografiche, ed è stato ottenuto per ogni habitat e quindi per ogni unità territoriale il Valore di Naturalità Potenziale per l'anno 2008 (Figura 14).

I valori di VNP sono stati classificati in un gradiente di 20 classi utilizzando l'algoritmo dei "natural breaks" fornito in ArcGIS per determinare la miglior separazione dei valori in classi comparando iterativamente la somma delle differenze quadratiche tra i valori osservati in ogni classe e la media di ogni classe.

In questo modo è possibile ottenere una suddivisione delle classi compatibile con una rappresentazione grafica ottimale (Jenks & Coulson, 1963). I valori più bassi di VNP (espressi dalle tonalità del rosso) appartengono soprattutto ambiti urbani e ambiti agricoli, mentre i valori più elevati (espressi dalle tonalità del verde) sono distribuiti sulle golene del Po, nel Bonello Bacucco, nell'Oasi Gorino-Sullam, nell'Oasi di Ca' Mello e nel Bosco della Donzella.

I valori assoluti più elevati sono nei canneti del Bonello Bacucco (VNP=881). Il valore teorico massimo (VNP=1000) non è stato raggiunto in nessun ambito. In Figura 15 é riportata la distribuzione dei valori di VNP calcolati sul territorio dell'Isola della Donzella.

La distribuzione è caratterizzata da frequenze molto elevate per valori inferiori a 600 e frequenze molto basse per valori superiori. Ciò è essenzialmente dovuto al fatto che gli habitat appartenenti ad ambiti agricoli e antropizzati (classi I e J di EUNIS), a basso valore di naturalità, costituiscono una porzione molto estesa del territorio analizzato (Tabella 11).

Il peso degli ambiti agricoli nell'analisi del VNP aumenta ulteriormente dal momento che il risultato non tiene conto delle classi corrispondenti agli ambiti a copertura acquatica (classi A e X), che costituiscono 5345 Ha (33.7% del territorio), che sono analizzate con un altro metodo nel paragrafo successivo.

Figura 14: Valore di Naturalità Potenziale degli habitat contenuti in ogni porzione di territorio per tutta l'Isola della Donzella relativamente alla situazione del 2008. Sono esclusi dall'analisi i corpi idrici.

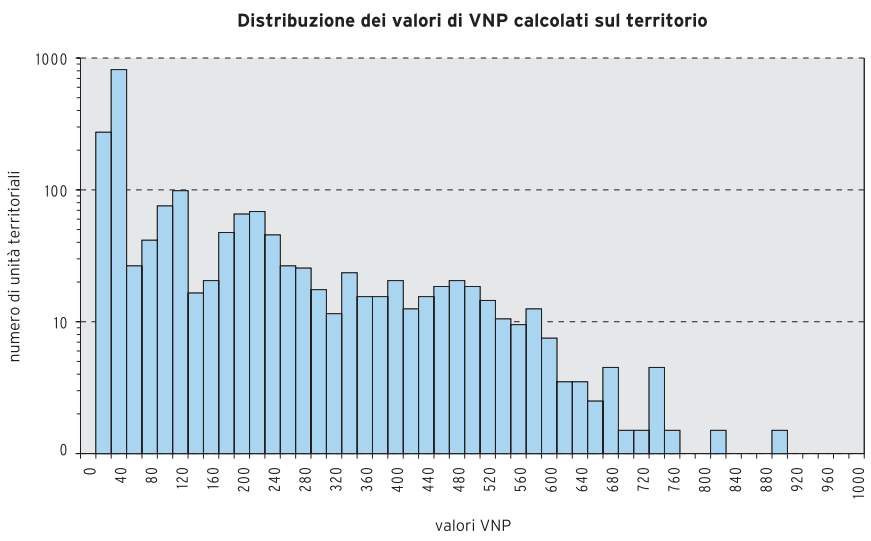
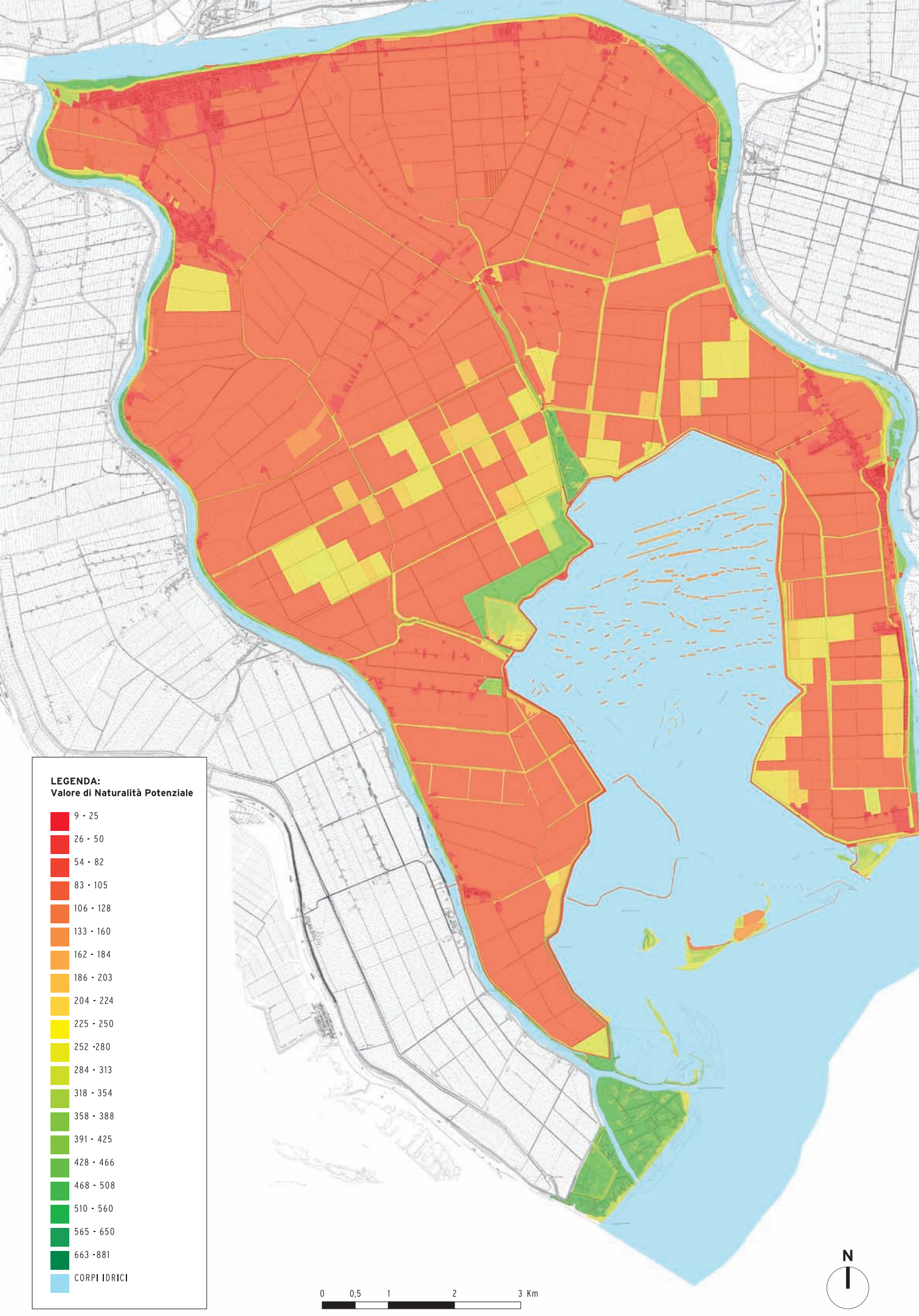


Figura 15: distribuzione su scala logaritmica dei valori del VNP calcolati per ogni unità territoriale nell'area di studio pilota.


LEGENDA:
Valore di Naturalità Potenziale
9 - 25
26 - 50
54 - 82
83 - 105
106 - 128
133 - 160
162 - 184
186 - 203
204 - 224
225 - 250
252 -280
284 - 313
318 - 354
358 - 388
391 - 425
428 - 466
468 - 508
510 - 560
565 - 650
663 -881
CORPI IDRICI
0
0,5
1
2
3 Km
N

La stima del valore di qualità potenziale (VQP) dei sistemi lagunari

Il metodo di calcolo del Valore di Naturalità Potenziale di Berthoud (VNP) richiede parametri che mal si adattano alla valutazione della qualità delle acque di transizione. Per la stima della qualità di queste ultime al momento non esiste ancora una metodologia standard, ed il tema è ancora oggetto di ampio dibattito nella letteratura scientifica (Magni *et al.*, 2009, Mistri *et al.*, 2009; Uriarte e Borja, 2009).

In ogni caso, il DL 152/06 recepisce la direttiva europea (Water Framework Directive, WFD; 2000/60/EC) che, al fine di raggiungere un "buono stato" delle acque entro il 2015, richiede agli Stati Membri la valutazione dello stato ecologico dei corpi d'acqua (Ecological Quality Status, EcoQ), definita come il rapporto tra le condizioni di riferimento e le condizioni dello stato attuale del corpo d'acqua (Heiskanen *et al.*, 2004).L'EcoQ sarà quantificato (Vincent *et al.*, 2003) in base alle caratteristiche biologiche, idromorfologiche e fisico-chimiche: nelle acque di transizione, in particolare, gli elementi biologici da considerare sono il fitoplancton, le macroalghe, le angiosperme, il benthos e l'ittiofauna.

Non essendo ancora disponibile un metodo di riferimento, nel presente articolo si utilizza una metodica semplificata, basata sui dati raccolti nella Sacca degli Scardovari da centraline che monitorano in continuo i principali parametri di qualità dell'acqua, e sui dati della bibliografia disponibile a partire dagli anni '80 (Ceccherelli *et al.*, 1983, 1985, Rossi *et al.*, 1984, Casellato & Caneva, 1992, Franzoi *et al.*, 1993, Fornasari *et al.*, 1995, Munari & Mistri, 2008).

Il dato di letteratura (mappe, grafici, tabelle, ecc.) è stato interpretato per ricostruire i trend spazio/temporali dei principali parametri mediante georeferenziazione dei punti di campionamento, cui sono stati associati i dati disponibili. L'interpolazione spaziale ha usato tecniche geostatistiche (p. es. kriging) ed ha prodotto mappe della probabile distribuzione spaziale del dato, cui è stato applicata una gradazione di colore per analizzare il trend generale del dato stesso. Nei casi in cui la distribuzione spaziale non fosse interpretabile è stata eseguita un'analisi sull'andamento temporale dei parametri nella porzione settentrionale e meridionale della sacca.

Il modello di valutazione della qualità delle acque utilizzato in questo lavoro ha potuto tener conto solo dei parametri per i quali sono già disponibili dati, discussi qui di seguito.

Idrodinamismo: il modello idrodinamico generale messo a punto da IPROS per il Consorzio di Bonifica Delta Po Adige quantifica la velocità delle correnti superficiali in entrata ed in uscita dalla laguna in assenza di vento e in condizioni di marea sizigiale. Il modello non tiene conto di fenomeni locali, come per esempio la presenza di idrovore o di altri elementi che sono all'origine di idrodinamismi localizzati. La Figura 16 riporta la mappa dei campi di velocità espressi in m/s con marea in entrata.

Il tasso di ricambio delle acque è uno dei fattori limitanti principali nelle zone più confinate dei corpi d'acqua transizionali. Un basso idrodinamismo si ripercuote non solo sulle caratteristiche della colonna d'acqua (ossigeno disciolto, salinità, temperatura, ecc.) ma anche sulla tessitura dei sedimenti. La porzione più settentrionale della laguna risente in maniera molto limitata dei movimenti delle correnti mareali. Questo aumenta i tempi di residenza delle acque e si ripercuote negativamente sui processi ecologici della colonna e dei sedimenti.

La parte settentrionale appare più vulnerabile ed esposta a fenomeni distrofici che si possono verificare nei mesi estivi quando è fisiologico un aumento della temperatura. La situazione nella parte meridionale invece appare più dinamica con uno scambio e riciclo delle acque che consente una maggiore vivificazione.

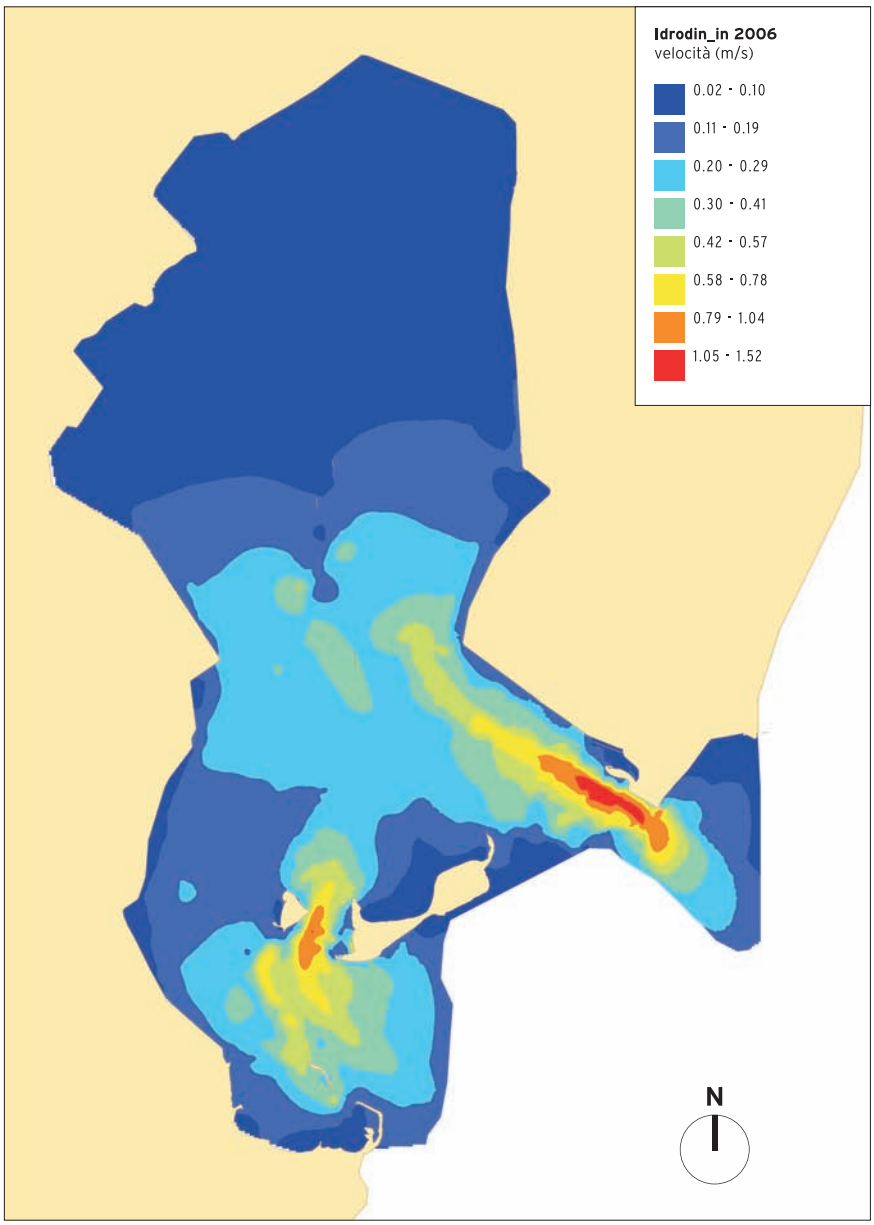


Figura 16: modello idrodinamico bidimensionale della Sacca degli Scardovari: situazione di marea sizigiale entrante al momento di flusso massimo.

Profondità: : i rilievi batimetrici (marzo 2008) sono stati corretti al momento dell'acquisizione dei dati con riferimento al mareografo di Diga Sud Chioggia, gestito da Apat. Sono state evidenziate le fasce batimetriche corrispondenti a zone sommerse di 0.5, 1.0 e 1.5 m rispetto al livello del medio mare, che, a seconda delle condizioni di marea, vento e pressione atmosferica, possono temporaneamente emergere e costituiscono interfacce di rilevante importanza che contribuiscono alla qualità degli specchi acquei (Figura 17).

Nell'area meridionale, in corrispondenza delle bocche a mare, la dinamica costiera crea estese zone di interfaccia, soprattutto attorno allo Scanno Centrale ed in corrispondenza del semisommerso Scanno della Bottonera. Nella parte centrale sono presenti alcune velme affioranti originate da residui di scavo di origine antropica, ma nonostante questo, in via di rinaturalizzazione e di pregio ecologico. Nella parte settentrionale, a seguito della costruzione dell'argine di difesa lungo tutto il bordo, tali aree di interfaccia sono quasi completamente assenti.

Granulometria dei sedimenti: la granulometria dei sedimenti (Figura 18) è stata investigata nel periodo 1976-1982 da Ceccherelli *et al.* (1985) e nel 2005 da Mistri *et al.* (2007).

Salinità: i periodi di campionamento nella stazione interna e in quella a mare risultano sovrapponibili solo parzialmente. Nel corso di 3 anni, i valori della stazione interna mostrano una buona stabilità, oscillando tra un minimo di 16 ppt nel maggio 2008 e valori prossimi alla salinità dell'acqua di mare durante i mesi più caldi. Al contrario, la stazione sulla bocca a mare risente dell'apporto

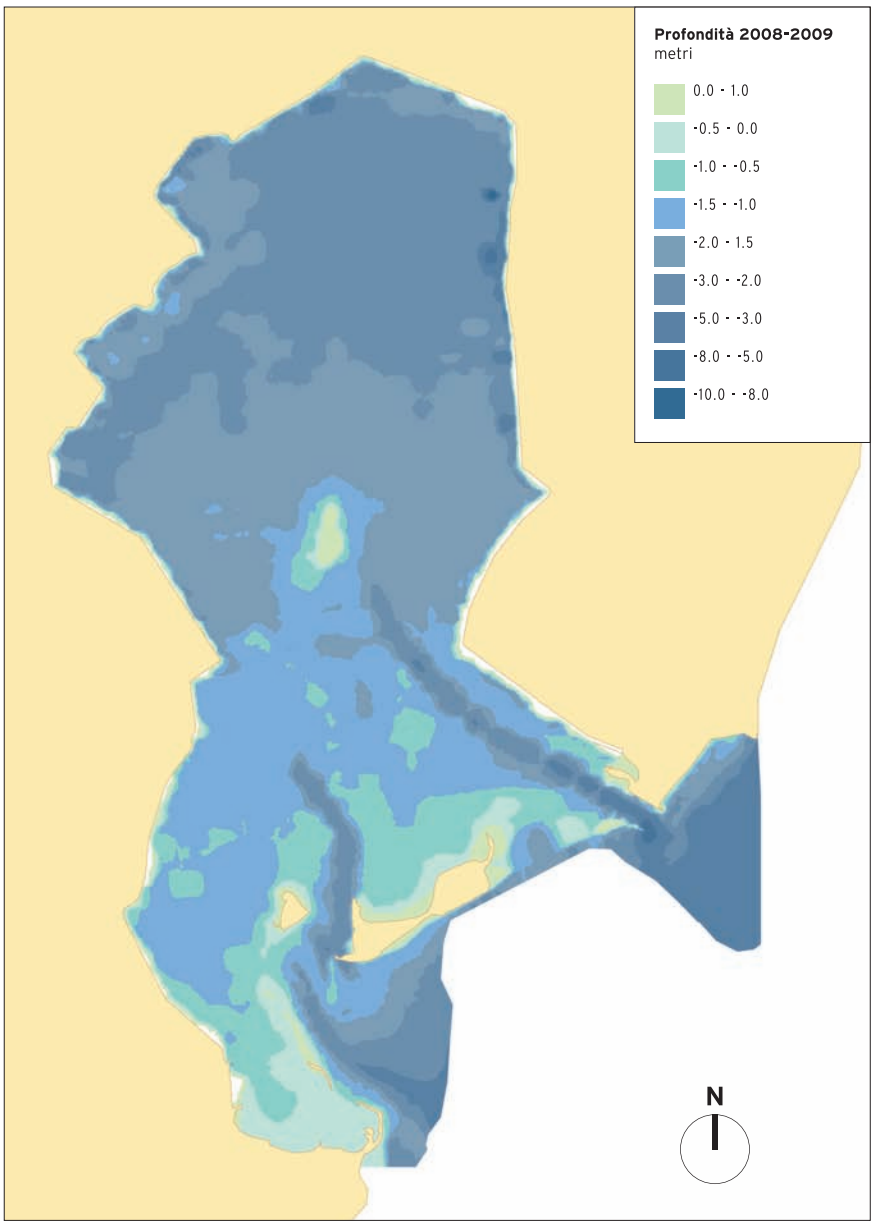


Figura 17: profondità della Sacca degli Scardovari rilevata tra marzo 2008 e marzo 2009. Sono evidenziate le aree a debole copertura di acqua, sede di importanti processi ecologici.

di acqua dolce della foce del Po di Tolle e mostra fluttuazioni più accentuate, anche nel periodo estivo, con minimi prossimi a 5 ppt durante la primavera 2008.

Temperatura: il ridotto numero di punti di misurazione non consente l'interpolazione dei valori sull'area della Sacca. I dati mostrano un andamento comparabile nel corso degli anni con il picco di temperatura del mese di luglio, sia nella stazione interna sia a mare. La temperatura assoluta risulta più elevata nella parte interna della Sacca rispetto alla parte a mare, con una differenza media di +2 °C.

Ossigeno disciolto: anche per questo parametro il ridotto numero di punti di misurazione rende difficile estrapolare i dati sull'area della Sacca. Si evidenzia un fenomeno di anossia nel corso del giugno 2006 che ha interessato la parte interna della Sacca, ma non la bocca a mare.

Macroalghe: la bibliografia riporta la presenza di estesi letti di *Ulva* sp. e *Gracilaria* sp., soprattutto nei mesi più caldi, ma non sono disponibili dati di biomassa e copertura. L'importanza del comparto macroalgale ne raccomanda comunque il monitoraggio.

Fanerogame: all'interno di lagune, valli da pesca e canali del delta del Po sono presenti letti delle fanerogame *Zostera marina, Zostera noltii, Cymodocea nodosa*, ma non nella Sacca degli Scardovari (Marchini *et al.*, 2008; D. Trombin, pers. comm.). Anche, la ricerca bibliografica non ha prodotto evidenze della loro presenza negli ultimi 30 anni.

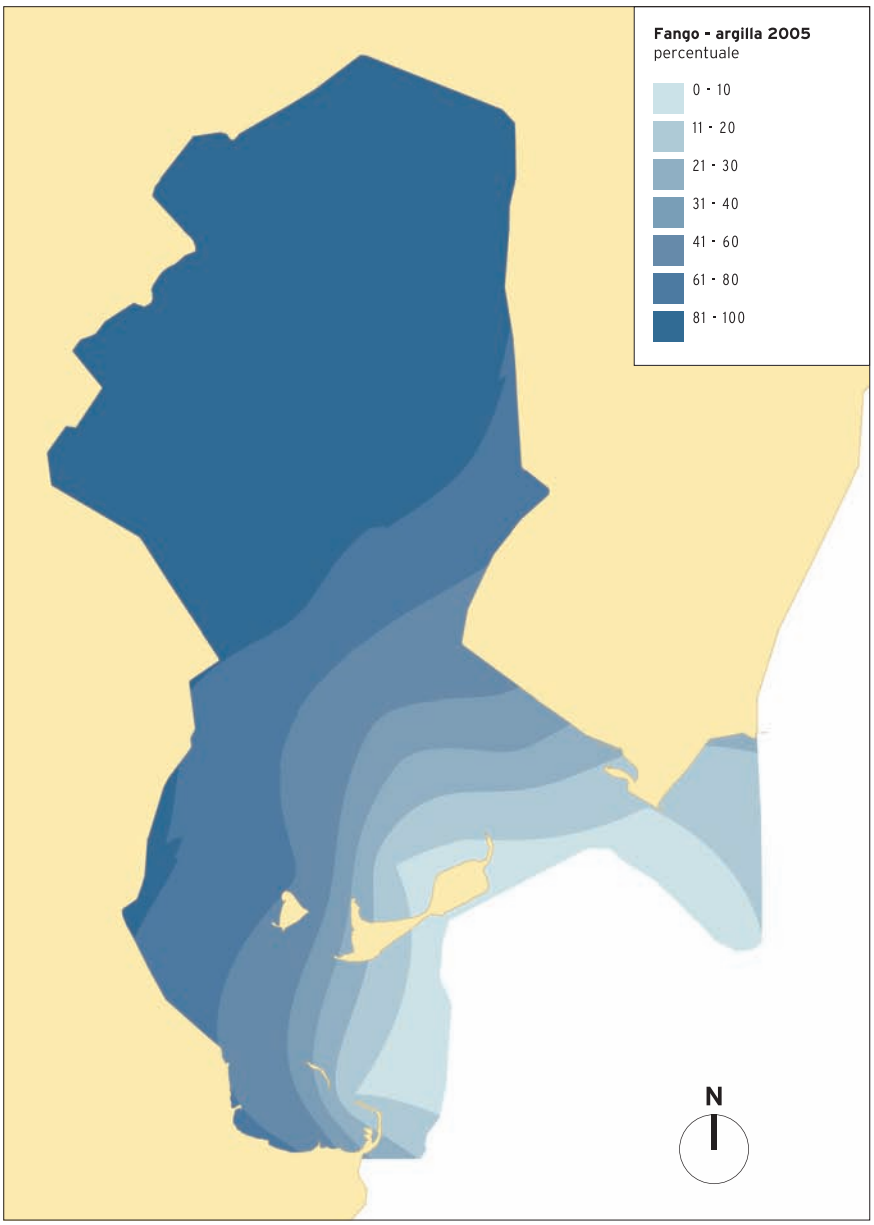


Figura 18: distribuzione dei fanghi e argille all'interno della Sacca degli Scardovari nel 2005 (da Mistri *et al.*, 2007).

Fauna ittica: dati della fauna ittica sono riportati da Rossi *et al.* (1984), che ha sottolineato per la Sacca la funzione di area di nursery per gli avannotti delle specie eurialine. Dati più recenti sono quelli della Carta ittica della Provincia di Rovigo (Bettini *et al.*, 2006, Mistri *et al.*, 2007, 2008).

Bentos: i dati disponibili sono di Ceccherelli *et al.* (1985), Munari & Mistri (2008) e quelli prodotti nell'ambito della realizzazione della Carta ittica della Provincia di Rovigo (Bettini *et al.*, 2006, Mistri *et al.*, 2007, 2008).

Attività di molluschicoltura: al momento non sono disponibili dati cartografabili su vasta scala, ma solamente indicazioni di attività puntiformi di venericoltura e mitilicoltura. Sono facilmente localizzabili da ortofoto le reste di accrescimento di *Mytilus galloprovincialis*.

Per questo articolo Graziano Caramori e Giulio De Leo hanno prodotto, con le stesse modalità riportate per la Sacca di Goro da Vincenzi *et al.* (2006), la mappa (Figura 19) che rappresenta, in termini di produzione potenziale, la vocazionalità produttiva per la vongola verace delle diverse aree della Sacca degli Scardovari. Aldilà di altre considerazioni, i limiti della rappresentazione riguardano l'attuale disponibilità dei data sets, in particolare per la mancanza di modelli idrodinamici che tengano conto di fenomeni locali, per le misure di granulometria risalenti al 2003 e con pochi punti nella zona nord. Per l'ossigeno e la salinità si è fatto riferimento a dati raccolti dalle due boe posizionate in Sacca nel 2008.

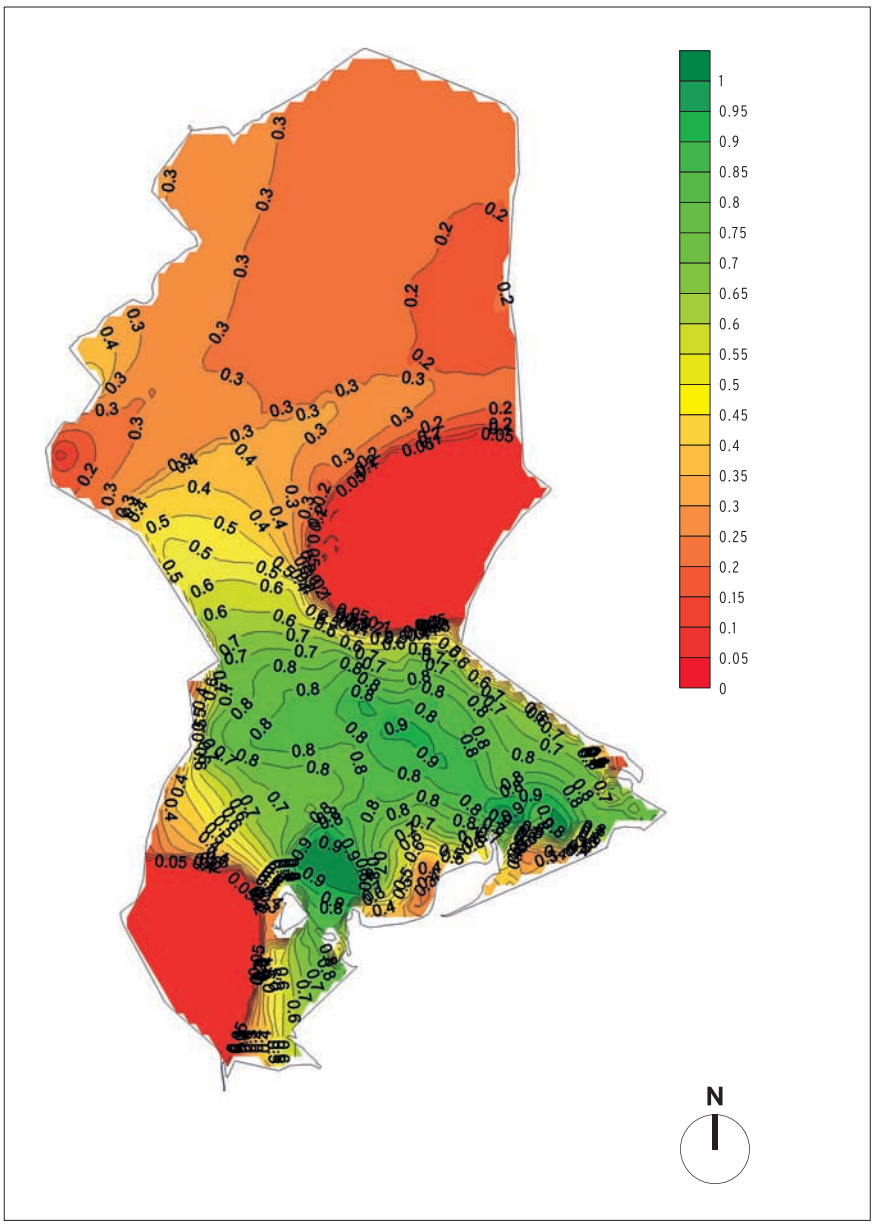


Figura 19: vocazionalità produttiva per la vongola verace: il grado di vocazione varia tra zero (vocazionalità nulla) e 1 (vocazionalità massima).

Modello valutativo della qualità delle acque

La messa a punto del modello valutativo della qualità dell'ambiente lagunare, fra i parametri sopra elencati ha tenuto conto dei 3 - idrodinamismo, profondità e granulometria - ritenuti i più indicativi, escludendo quelli a variabilità temporale più marcata e quelli per la utilizzazione dei quali la comunità scientifica non ha ancora raggiunto un condiviso punto di vista.

Per i tre parametri individuati si sono definiti gli intervalli di valori che producono effetti ben individuabili su componenti ambientali, biotiche e/o abiotiche. La determinazione dei valori soglia su cui definire le classi ordinali del parametro è basilare per la struttura del modello, che deve ancora tenere presente che spesso i fattori ambientali modificano le caratteristiche dell'ambiente con processi non-lineari (Turner, 1989).

Idrodinamismo: il livello di soglia che determina l'erosione degli strati superficiali del sedimento varia da 0.1 a 0.7 N/m^2 a seconda della tipologia di sedimento (Paterson & Black, 1999), che corrisponde a un range di velocità del flusso tra 0.3 – 0.5 m/s per le sabbie medie (Soulsby, 1998).

Il valore soglia di 0.1 m/s è il limite al di sotto del quale i processi di erosione nel sedimento avvengono con probabilità molto bassa, indipendentemente dalla tessitura granulometrica. La velocità di flusso di 1 m/s è quella sopra alla quale i fenomeni di erosione si verificano con altissima probabilità, qualunque sia la tessitura del sedimento lagunare. I valori di soglia che determinano le tre classi sono indicati nella Tabella 16.

Profondità: gli habitat semi-sommersi sono importanti ecotoni per le specie di invertebrati bentonici e costituiscono siti trofici per gli uccelli limicoli e l'avifauna in generale (Erwin, 1996). Nonostante sia chiara l'importanza del fattore profondità in tali ambienti, è altrettanto difficile stabilire precisi limiti spaziali agli effetti indotti sui fattori abiotici (grado di stratificazione, diffusione dell'ossigeno, penetrazione della luce), biotici (sviluppo di microfilm algali e batterici) ed ecologici (Padis & Reynolds, 2005).

I valori soglia sono stati scelti ponderando la profondità di sedimenti che, al variare della marea nel delta del Po, possono essere esposti all'aria oppure rimanere comunque sommersi da un sottile strato d'acqua (< 0.5 m) anche in condizioni di marea sizigiale (Tabella 16).

Granulometria dei sedimenti: i valori selezionati per separare le tre classi sono stati scelti in corrispondenza dei valori limite presenti nel diagramma di Shepard, che dal punto di vista ecologico sono indicativi delle condizioni generali del sedimento (grado di coesione, ossi-

		Intensità del parametro misurato		
Parametro	**Unità di misura**	**BASSO**	**MEDIO**	**ALTO**
Idrodinamismo	m/s	< 0.1	0.1 – 1.0	> 1.0
Profondità	m	< 0.5	0.5 – 1.5	> 1.5
Granulometria sedimenti	% fanghi-argille	< 25%	25% - 75%	> 75%

Tabella 16: le tre classi di intensità dei parametri, definite per ciascuna unità di misura in base agli effetti principali sull'ecologia e sul sedimento e stimate in base a dati di letteratura.

genazione, contenuto organico, ecc.) e delle comunità bentoniche associate.

La scala ordinale di 3 classi ottenuta per ogni fattore è stata sovrapposta alla mappa della Sacca degli Scardovari individuando 3 tipologie di aree funzionali per ogni fattore.

Ad ogni livello di intensità dei parametri principali è stato attribuito un valore, da 1 a 3, determinato in base a funzioni che descrivono il livello di qualità ambientale in rapporto ai livelli di intensità del singolo parametro. La Figura 20 esprime quindi il **contributo potenziale del fattore alla qualità dell'ambiente lagunare**.

Solo per la profondità la qualità è stata assunta inversamente proporzionale alle classi di intensità. Per gli altri parametri le funzioni non sono lineari. Per l'idrodinamismo viene assunto che un livello BASSO porti un contributo basso alla qualità ambientale (pari a 1), ma al crescere della velocità dell'acqua la qualità dell'area migliori sensibilmente (idrodinamismo MEDIO, qualità massima, pari a 3), mentre quando la velocità diventa troppo elevata e possono verificarsi problemi di erosione del fondale la qualità dell'ambiente si abbassi (idrodinamismo ALTO, qualità media, pari a 2).

Per la % di fanghi ed argille si è assunto che una prevalenza di fanghi produca un ambiente mediamente ricco; una prevalenza di sabbia un ambiente mediamente povero, mentre la situazione migliore, in termini di flora e fauna si ha con % di sabbia ed argilla intermedie.

La scala ordinale di 3 classi di qualità ottenuta per ogni fattore è stata sovrapposta alle mappe della Sacca degli Scardovari relative ad idrodinamismo

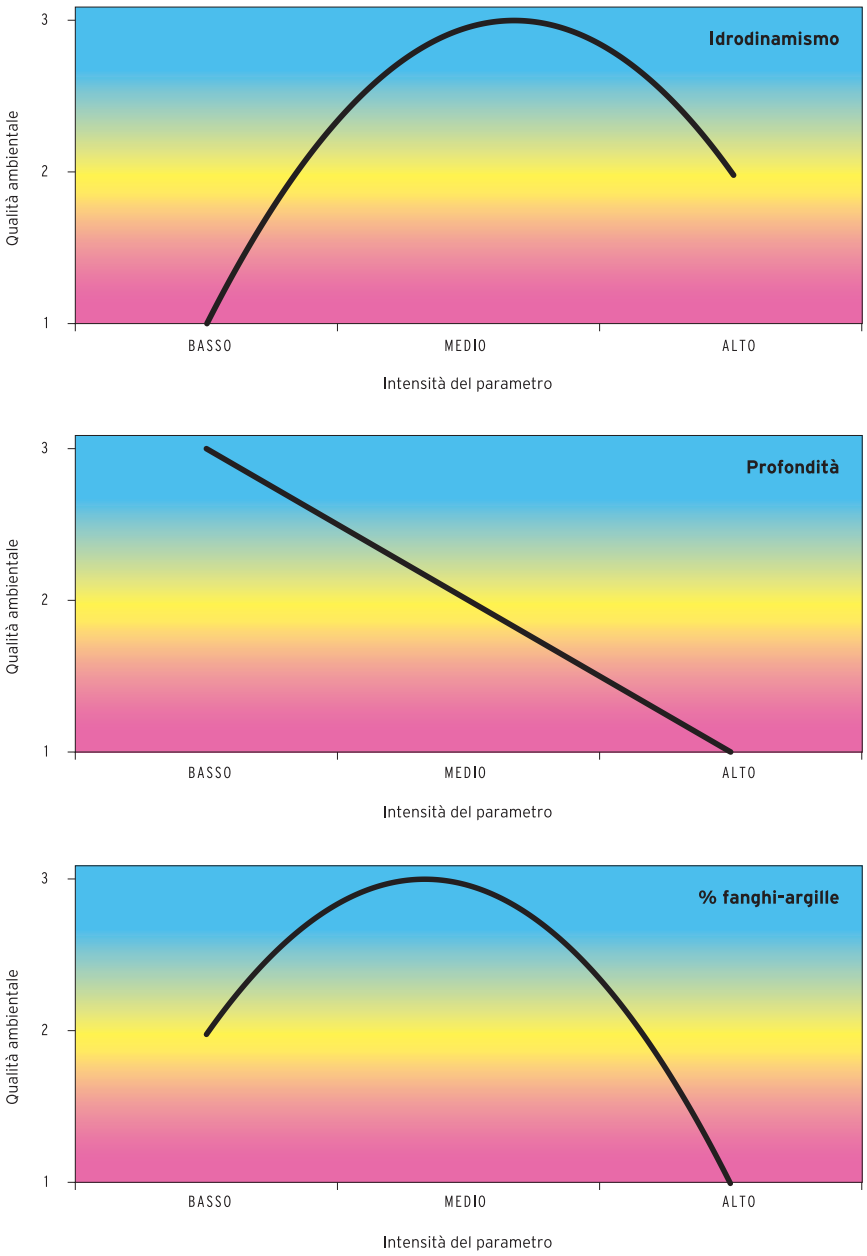


Figura 20: funzioni di qualità ambientale utilizzate per i livelli di intensità dei parametri del modello (Tabella 16).

(Figura 16), profondità (Figura 17) e tipologia del sedimento (Figura 18): il Valore di Qualità Potenziale è la somma dei valori di contributo alla qualità ambientale dei singoli parametri in ogni punto del corpo acqueo (Figura 21).

Suddividendo in 5 classi di uguale ampiezza la distribuzione dei valori ottenuti, compresi tra un minimo di 3 e un massimo di 9, si sono ottenute le classi di Qualità Potenziale (VQP) così definite: (i) MOLTO BASSO = valori da 3 a 4.2; (ii) BASSO, da 4.2 a 5.4; (iii) MEDIO, da 5.4 a 6.6; (iv) ALTO, da 6.6 a 7.8; (v) MOLTO ALTO, da 7.8 a 9.

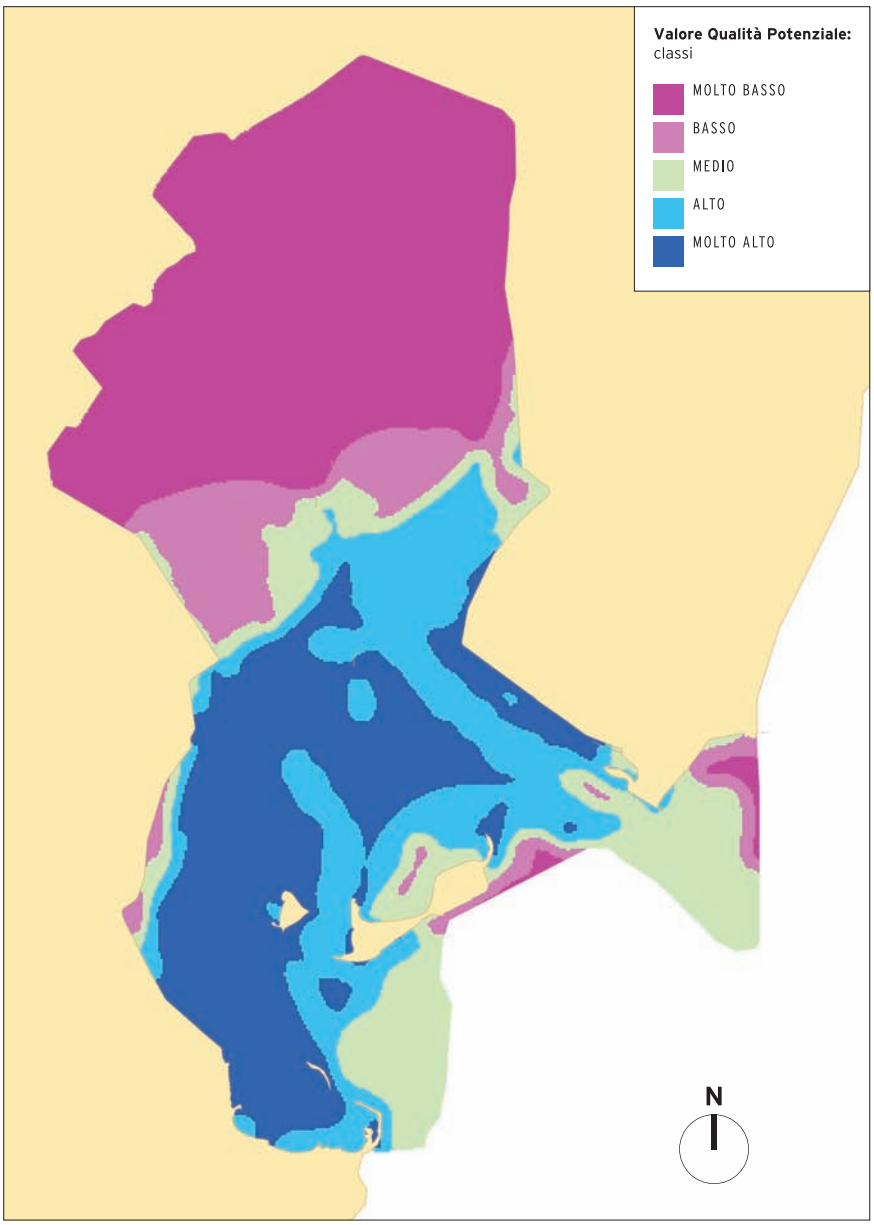


Figura 21: Valore di Qualità Potenziale dei corpi acquei all'interno della Sacca degli Scardovari basata sulla somma delle valutazioni dei fattori idrodinamici, batimetrici e granulometrici.

Integrazione dei metodi Valore Naturalità Potenziale (VNP) e Valore di Qualità Potenziale (VQP)

Per ottenere una visione globale sullo stato degli ecosistemi acquatici e terrestri all'interno dell'Isola della Donzella sono state unificate le mappe del Valore di Naturalità Potenziale (VNP) per gli habitat emersi (Figura 14), e del Valore di Qualità Potenziale (VQP) per gli habitat acquatici (Figura 21). Per uniformare le due scale (5 livelli di qualità per il VQP contro 20 classi di valori per il VNP), queste ultime sono state raggruppate a 4 a 4.

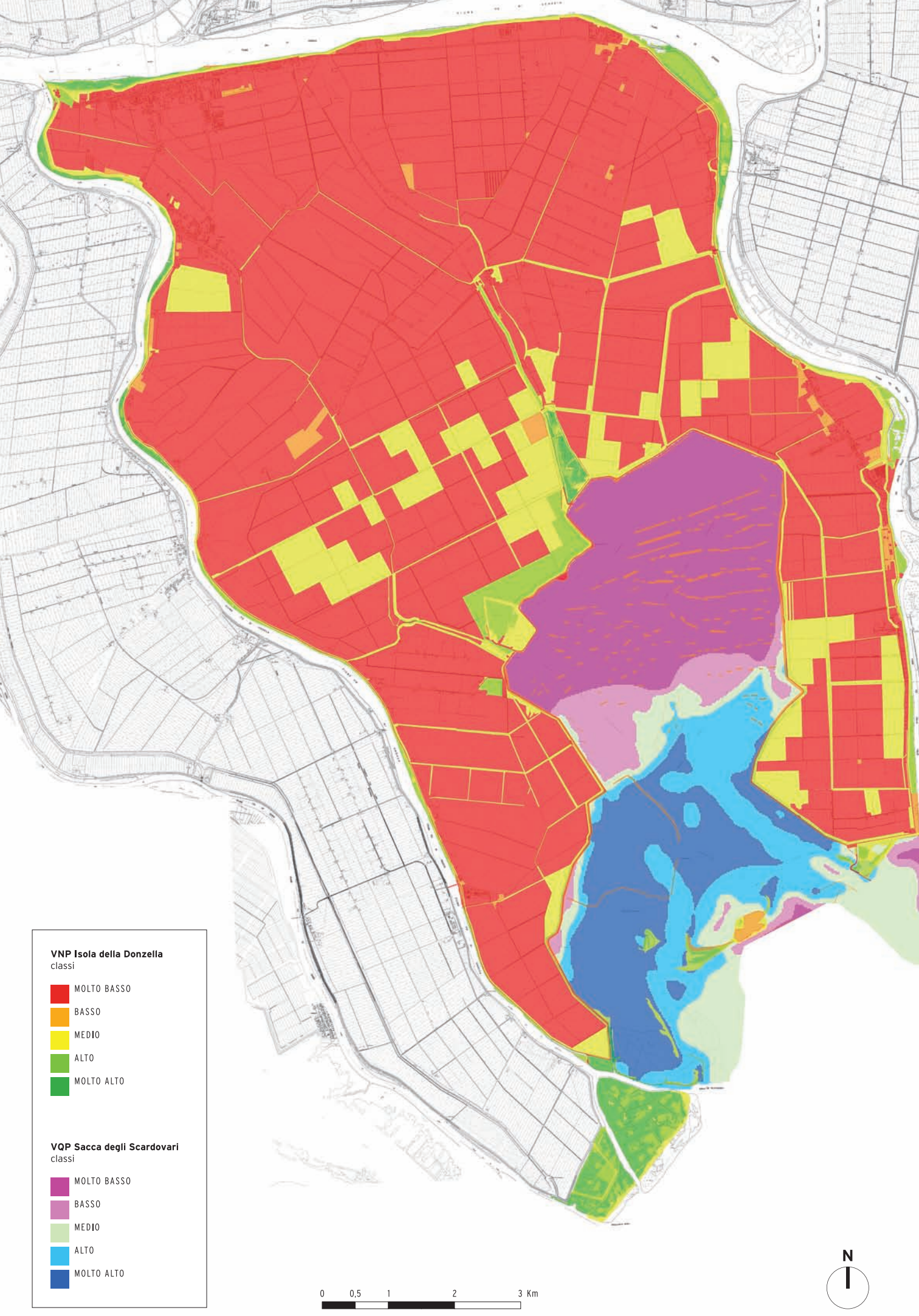
Le classi di qualità per il VNP e il VQP sono state evidenziate secondo due gradazioni di colore differenti per indicare tipologie di ambiente emerso o sommerso (Figura 22). Bisogna tenere in considerazione il fatto che i due metodi non sono direttamente confrontabili tra di loro, per cui la rappresentazione grafica di Figura 22 è mirata unicamente a dare una visione d'insieme delle valenze ecologiche presenti sul territorio e negli specchi acquei dell'area di studio.

La maggior parte dei contributi scientifici degli ultimi 30 anni è concorde nel definire la Sacca degli Scardovari un sistema costituito da tre sottosistemi il cui stato ecologico è influenzato principalmente dall'idrodinamismo. Il bacino settentrionale nella sua parte più orientale è caratterizzato da sedimenti limosi e da un ridotto idrodinamismo, in quanto la circolazione dell'acqua è essenzialmente caratterizzata da un'azione di spostamento in avanti ed indietro della medesima massa. Nella parte mediana sono sporadicamente presenti sedimenti a tessitura sabbiosa, e comunità bentoniche che sembrano risentire di un minore disturbo da carichi organici ed un ricambio più marcato delle masse d'acqua.

Il bacino sud ha invece una caratterizzazione più marina. I fondali contengono una mescolanza d'argilla e sabbia in percentuali variabili a seconda delle zone. Il ricambio idrico è intenso e l'ambiente risente costantemente dell'azione di flusso e riflusso della marea. Vi è inoltre un'azione di modificazione naturale periodica dell'imboccatura della laguna in relazione all'azione meccanica dovuta allo spostamento dei banchi di sabbia prodotto dal moto ondoso.

In termini di qualità ambientale non vi è comunque dubbio che la parte della Sacca degli Scardovari con maggiori qualità ecosistemiche sia quella meridionale, grazie alla maggiore dinamica presente.

Figura 22: classi di qualità del VNP per gli habitat terrestri e del VQP per gli habitat lagunari.


VNP Isola della Donzella
classi
MOLTO BASSO
BASSO
MEDIO
ALTO
MOLTO ALTO
VQP Sacca degli Scardovari
classi
MOLTO BASSO
BASSO
MEDIO
ALTO
MOLTO ALTO
0
0,5
1
2
3 Km
N

Evoluzione storica del Valore di Naturalità nel delta del Po

Lo strumento di valutazione della qualità ambientale territoriale (VNP) è stato utilizzato con opportuni adattamenti e semplificazioni, per stimare l'evoluzione del valore di naturalità degli habitat dell'Isola della Donzella negli ultimi 130 anni. L'analisi storica dell'evoluzione del territorio è stata condotta essenzialmente sulla cartografica. Lo studio delle mappe IGM della fine dell'Ottocento e dei primi anni del Novecento ha consentito di identificare le principali tipologie di uso del suolo presenti nel passato ed ha permesso la ricostruzione di mappe digitalizzate, nonché la definizione della tipologia di habitat prevalente. L'area di riferimento include l'attuale Sacca degli Scardovari ed alcune macroaree di interesse (Ca' Mello, Biotopo Bonello, Pineta di Cassella) ed è stata scelta per la disponibilità dei dati cartografici sull'intero arco temporale analizzato.

L'analisi storica della qualità dell'ambiente è stata applicata solamente agli ambienti emersi, per la quasi totale assenza di informazioni sull'evoluzione degli ambiti sommersi. Sono state analizzate le seguenti mappe:
I.G.M. 1877 – scala 1:75.000
I.G.M. 1893 – scala 1:25.000 uso del suolo
I.G.M. 1911 – scala 1:25.000 uso del suolo
I.G.M. 1936 – scala 1:25.000 uso del suolo
Ortofoto volo I.G.M. 1949
Ortofoto volo G.A.I. 1955
Ortofoto volo I.G.M. 1977
Ortofoto volo ReVen PD-RO 1983
Ortofoto volo Consorzio Delta Po Adige 2008.

Ogni mappa ed ogni ortofoto è stata georeferenziata in base a capisaldi identificabili sul territorio (incroci delle strade principali, ponti, edifici storici). Per le mappe degli anni 1877, 1893, 1911 e 1936, l'interpretazione dei tematismi riportati sulle mappe ha fatto riferimento anche al lavoro di Dalpasso (1990).

Tipologie di uso suolo

La tipologia di uso del suolo deve necessariamente tener conto di incertezze di interpretazione dei dati, soprattutto nei periodi antecedenti il 1949 in cui non è possibile convalidare l'interpretazione con immagini aeree. Per consentire i confronti sull'intera scala temporale di analisi, le varie tipologie di habitat (Tabelle 3 - 10) sono state ridotte di dettaglio accorpandole in **macroclassi** generiche mediante due passaggi successivi, uno per il periodo 1949-2008 ed uno per il periodo 1877-1936.

L'interpretazione dell'uso del suolo in macroclassi per il periodo **1949-2008** ha previsto (i) l'accorpamento delle tipo-

Figura 23: interpretazione della mappa IGM 1877 (non in figura) secondo le macroclassi di uso del suolo (periodo 1877-1936).

logie di habitat individuate allo stato attuale (Tabelle 3 - 10) in un set di macroclassi (Tabella 17); (ii) l'interpretazione dell'uso suolo ricavato dalle mappe storiche (ortofoto 1949-2008), e la creazione degli shapefile (uno per ogni mappa) contenenti i tematismi.

Per il periodo **1877-1936** il set di macroclassi 1949-2008 è stato ulteriormente ridotto (Tabella 17) e l'uso del suolo ricavato dalle mappe storiche. Le Figure dalla 23 alla 31 riportano le mappe di uso del suolo relative alle mappe storiche I.G.M. ed alle ortofoto dall'anno 1877 all'anno 2008. Soprattutto nella mappa relativa all'anno 1877 (Figura 23) si nota che il grado di incertezza e di approssimazione spaziale dovuta all'imprecisione delle mappe dell'epoca è elevato.

Nonostante ciò è possibile constatare la scarsissima presenza di ambiti territoriali antropizzati e la predominanza di aree palustri e barenicole ad evoluzione completamente naturale.

Nel corso degli anni successivi, grazie all'aumentata affidabilità degli strumenti cartografici, le mappe riportano più fedelmente le tipologie di uso del suolo unitamente ad un più preciso posizionamento geografico. Nonostante ciò rimane difficoltosa l'attribuzione delle macroclassi di uso suolo per gli habitat a maggiore naturalità.

Habitat 1893

Figura 24: interpretazione della mappa IGM 1893 (non in figura) secondo le macroclassi di uso del suolo (periodo 1877-1936).

Habitat 1911

Figura 25: interpretazione della mappa IGM 1911 (non in figura) secondo le macroclassi di uso del suolo (periodo 1877-1936).

Habitat 1936

Figura 26: interpretazione della mappa IGM 1936 (non in figura) secondo le macroclassi di uso del suolo (periodo 1877-1936).

LEGENDA:
macroclassi 1949-2008

- acquitrini
- aree barenicole e palustri
- arenili (non veget.)
- arenili (veget. rada)
- arenili (veget. densa)
- boschi igrofili
- boschi planiziari
- canali artificiali
- centri abitati
- dossi dunosi
- estuari
- golene fluviali
- isole fluviali
- lagune
- mare
- paludi interne
- pioppeti
- prati arginali
- prati stabili
- risaie
- seminativi
- terreni di bonifica
- valli da pesca

N

0 0,5 1 2 Km

Habitat 1949

a

b

Figura 27:
(a) ortofoto volo IGM 1949 e (b) relativa interpretazione secondo le macroclassi di uso del suolo (periodo 1949-2008).

Habitat 1955

a

b

Figura 28:
(a) ortofoto volo GAI 1955 e (b) relativa interpretazione secondo le macroclassi di uso del suolo (periodo 1949-2008).

Habitat 1977

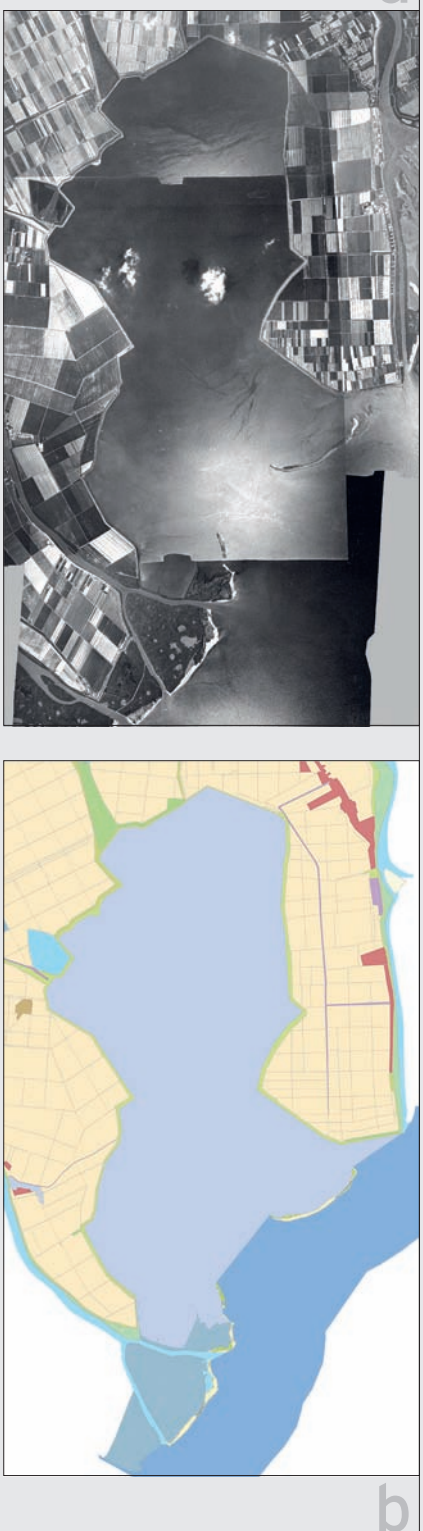


Figura 29:
(a) ortofoto volo IGM 1977 e (b) relativa interpretazione secondo le macroclassi di uso del suolo (periodo 1949-2008).

Habitat 1983

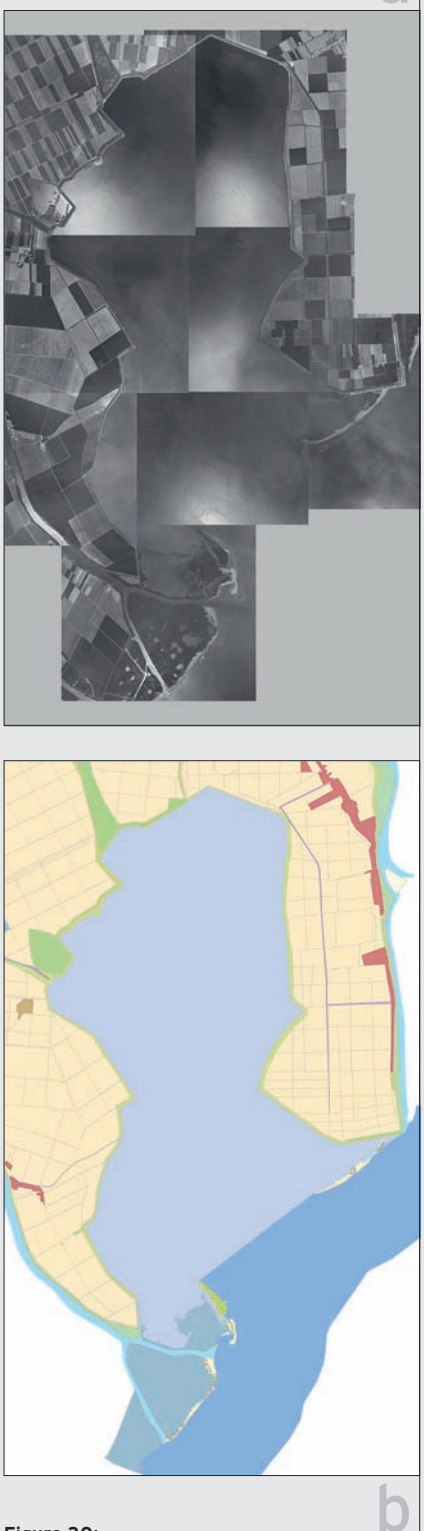


Figura 30:
(a) ortofoto volo Reg. Veneto 1983 e (b) relativa interpretazione secondo le macroclassi di uso del suolo (periodo 1949-2008).

Habitat 2008

Figura 31:
(a) ortofoto volo Delta Po Adige 2008 e (b) relativa interpretazione secondo le macroclassi di uso del suolo (periodo 1949-2008).

Habitat 2008	Macroclassi 1949-2008	Macroclassi 1877-1936
Spiagge sabbiose sopra linea di battigia	Arenili (non vegetati)	Arenili
Sabbie non vegetate sopra la linea di battigia		
Depositi litorali artificiali di sedimenti misti		
Sedimenti sabbiosi (sabbia >75%) emergenti durante la bassa marea		
Sedimenti misti emergenti durante la bassa marea		
Vegetazione annua delle distese fangose o sabbiose intertidali		
Praterie e fruticeti mediterranei su sedimenti emegenti in bassa marea		
Praterie alo-psammofile mediterranee	Arenili (vegetazione rada)	
Dune mobili embrionali		
Vegetazione annua alo-psammofila delle linee di deposito marine		
Vegetazione annua delle linee di deposito marine		
Margini delle spiagge sabbiose scarsamente vegetate		
Praterie alo-psammofile mediterranee		
Comunità ad *Ammophila* delle dune bianche e vegetazione linee di deposito marine	Arenili (vegetazione densa)	
Dune con foreste di *Pinus pinea* e *Pinus pinaster*		

Tabella 17: esempio di accorpamento delle tipologie di habitat delle Tabelle 3 - 10 per la creazione delle macroclassi utilizzate per gli anni 1949-2008 e per gli anni 1877-1936.

Confrontando le carte relative agli anni 1893, 1911 e 1936 (Figure da 24 a 26), si nota una rapida evoluzione delle aree palustri di interfaccia tra il mare e la Sacca degli Scardovari, all'epoca più nettamente divisa in una porzione settentrionale e in una meridionale (Sacca della Bottonera). A fronte dell'espansione del territorio del Delta seguono le attività di bonifica che recuperano porzioni sempre più significative di territorio. L'attività di bonifica inizia con la regimazione delle valli da pesca, il recupero/trasformazione di aree umide in risaie, e termina con la trasformazione definitiva in terreni agricoli.

A partire dagli anni 1949 e 1955, grazie alle tecniche fotografiche di ripresa aerea, è possibile approfondire il dettaglio degli elementi territoriali e attribuire con maggior precisione le classi di uso del suolo (Figure 27 e 28). Nel 1949 l'evoluzione geomorfologica dello scanno mostra una tendenza all'allungamento della freccia litoranea fino alla parziale chiusura della bocca a mare della Sacca della Bottonera. Nell'intervallo di tempo tra il 1949 e il 1955 le attività di bonifica proseguono trasformando in risaie e terreni agricoli buona parte del territorio che cinge i due lati della laguna. Permangono tuttavia ampie aree palustri non bonificate e soggette a processi naturali nelle aree in prossimità della bocca a mare della sacca ed alla foce del Po della Donzella.

Nel periodo compreso tra il 1955 ed il 1977 le attività di bonifica ed il processo di antropizzazione del territorio diventano prevalenti rispetto alle dinamiche naturali. Il risultato è la completa trasformazione ad uso agricolo del territorio nell'area di studio (Figura 29), in cui rimangono solo alcuni isolati residui di aree salmastre alla foce del Po della Donzella ed alcune aree relitte (valli da pesca del Biotopo Bonello e paludi dulcicole dell'Oasi di Ca' Mello).

Da segnalare che la perdita delle aree barenicole e palustri è determinata in larga parte dal fenomeno della subsidenza (Figura 32), che proprio negli anni '60-'70 ha raggiunto i massimi livelli. La definitiva sommersione e perdita delle aree barenicole avviene in corrispondenza del catastrofico evento alluvionale del 1966. Dal 1977 la situazione si è mantenuta pressoché inalterata negli anni seguenti (Figura 30) fino alla situazione attuale (Figura 31).

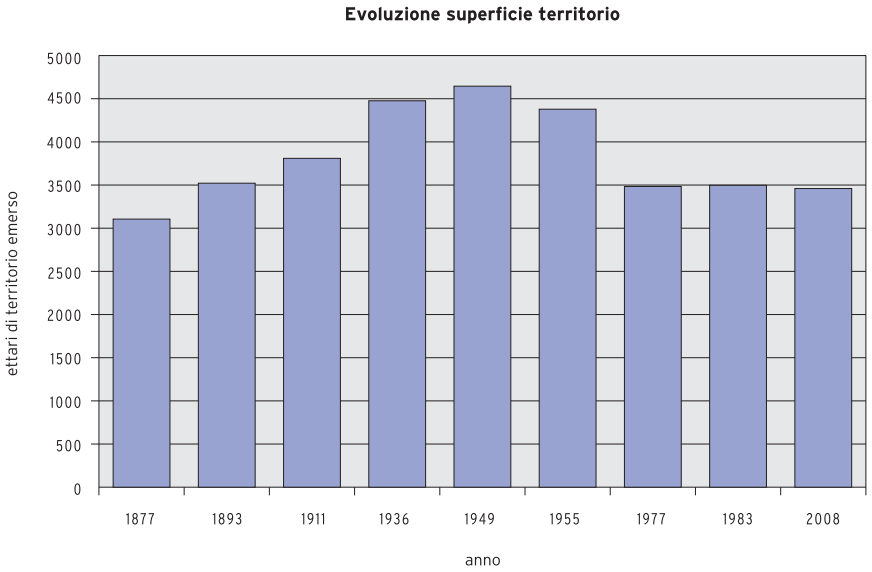


Figura 32: evoluzione delle superfici emerse nell'area di studio. La tendenza alla crescita del Delta nell'area di studio si mantiene inalterata fino al 1949; nel ventennio successivo i fenomeni di subsidenza portano a una perdita di terreni emersi e alla interruzione del processo di progradazione del Delta. Dal 1977 al 2008 la situazione appare sostanzialmente stabile.

Evoluzione del Valore di Naturalità Potenziale (VNP)

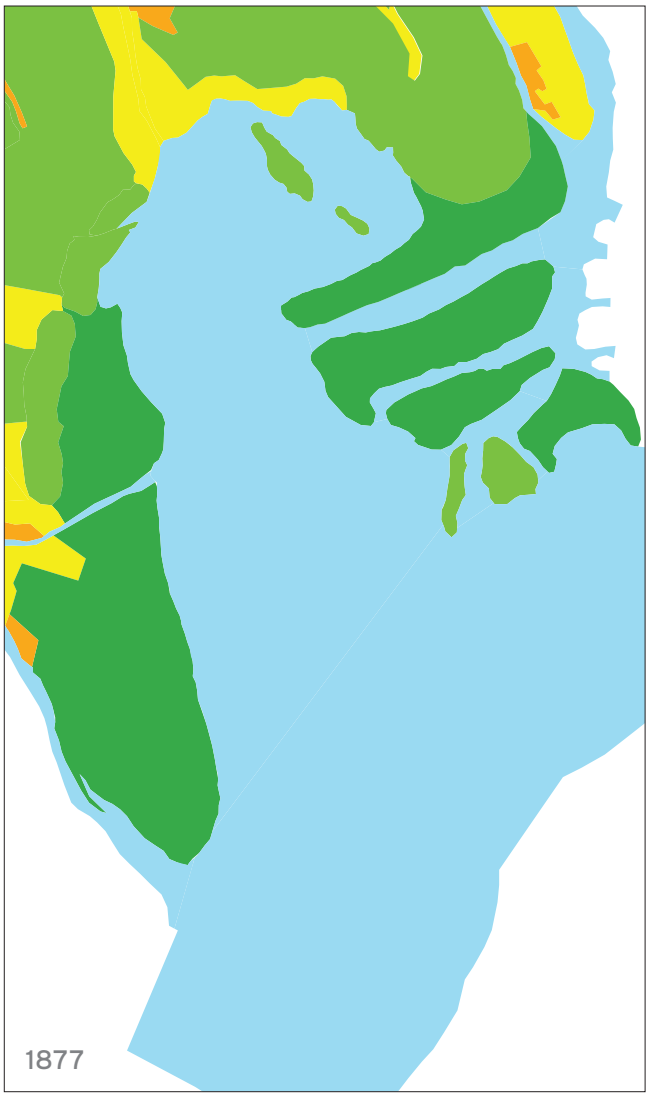
Analogamente allo studio condotto per valutare lo stato di naturalità dell'assetto territoriale attuale, si è realizzata una carta del Valore di Naturalità Potenziale con le macroclassi di uso del suolo identificate per ogni mappa storica. In questo modo si è ottenuta una stima dell'evoluzione del VNP sul territorio dell'area di studio nel corso dell'ultimo secolo. Le matrici di valutazione per il calcolo del VNP delle macroclassi individuate per il periodo di riferimento 1949-2008 e per il periodo 1877-1936 sono state ottenute associando a ogni macroclasse i valori dei parametri necessari per il calcolo del VNP (*DiV, DiF, Ra, St, Ca1, Ca2, Ca3, FRi, FRf, FNu*). Tali valori sono stati attribuiti considerando le macroclassi di habitat al loro massimo grado di evoluzione floristica, faunistica, strutturale e funzionale.

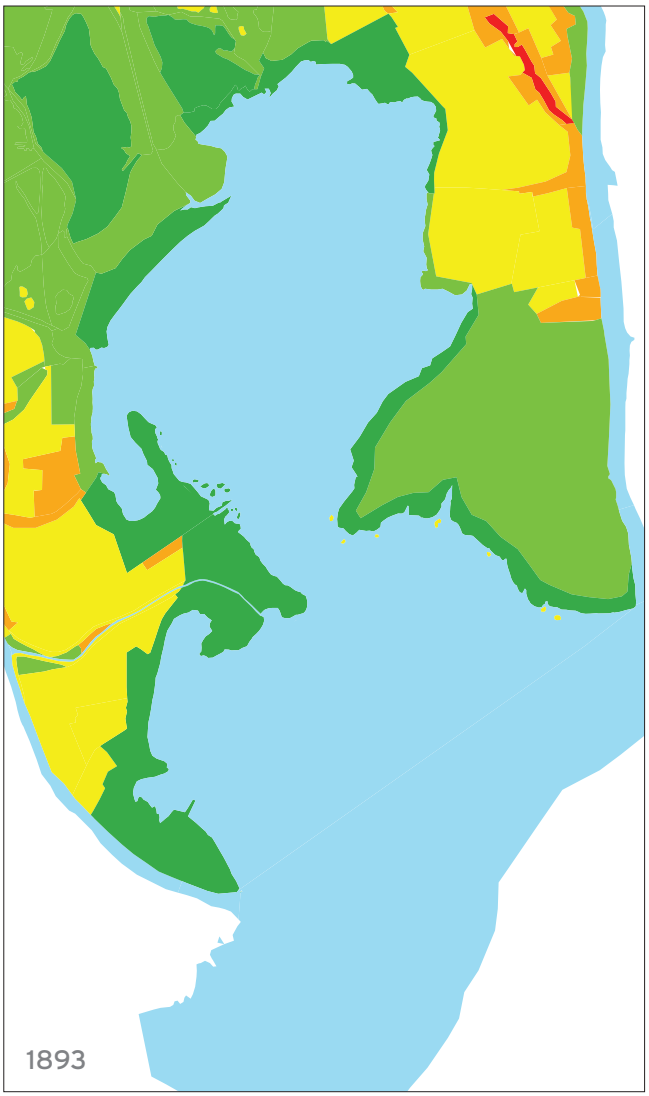
Sulla base delle matrici di valutazione è stato applicato l'algoritmo di calcolo del VNP a ciascuna mappa. Le classi di qualità VNP sono state individuate sulla base del metodo precedentemente illustrato. Le mappe prodotte sono rappresentate in Figura 33 e Figura 34.

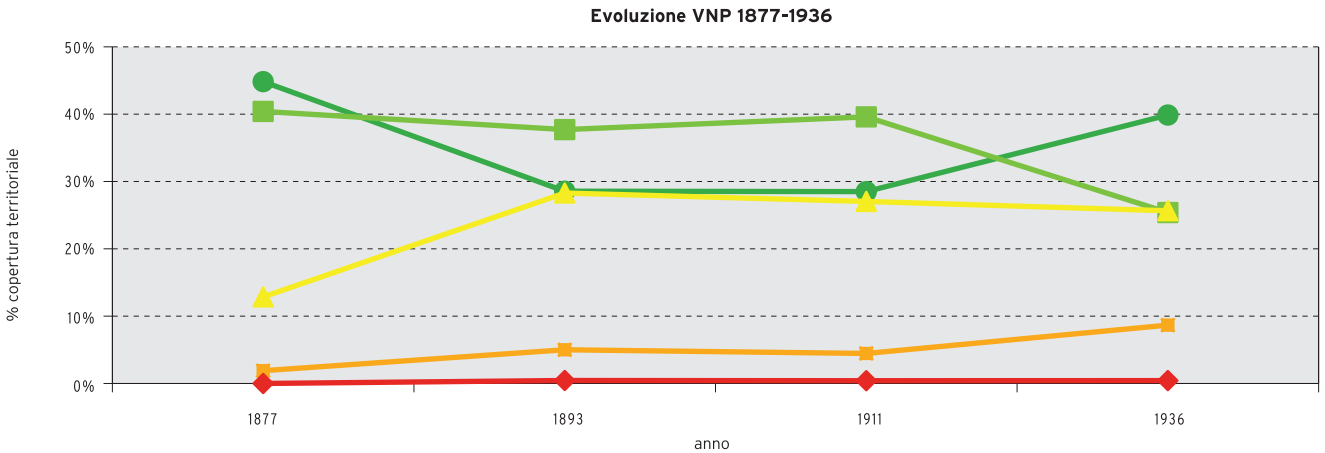
Per ogni mappa si è risalito alla percentuale di copertura delle varie classi di qualità VNP ed al giudizio complessivo dello stato di naturalità dei macrohabitat indagati. La mappa dell'anno 1877 (Figura 33) mostra una situazione di quasi assoluta predominanza delle dinamiche naturali sul territorio dell'area di studio. Le macroclassi di maggior pregio occupano l'85% del territorio, ma il grado di incertezza spaziale della mappa è elevato, così come è approssimativa la definizione delle macroclassi di habitat. Nonostante ciò è evidente la scarsissima presenza di ambiti territoriali antropizzati e la predominanza di aree palustri e barenicole ad evoluzione completamente naturale.

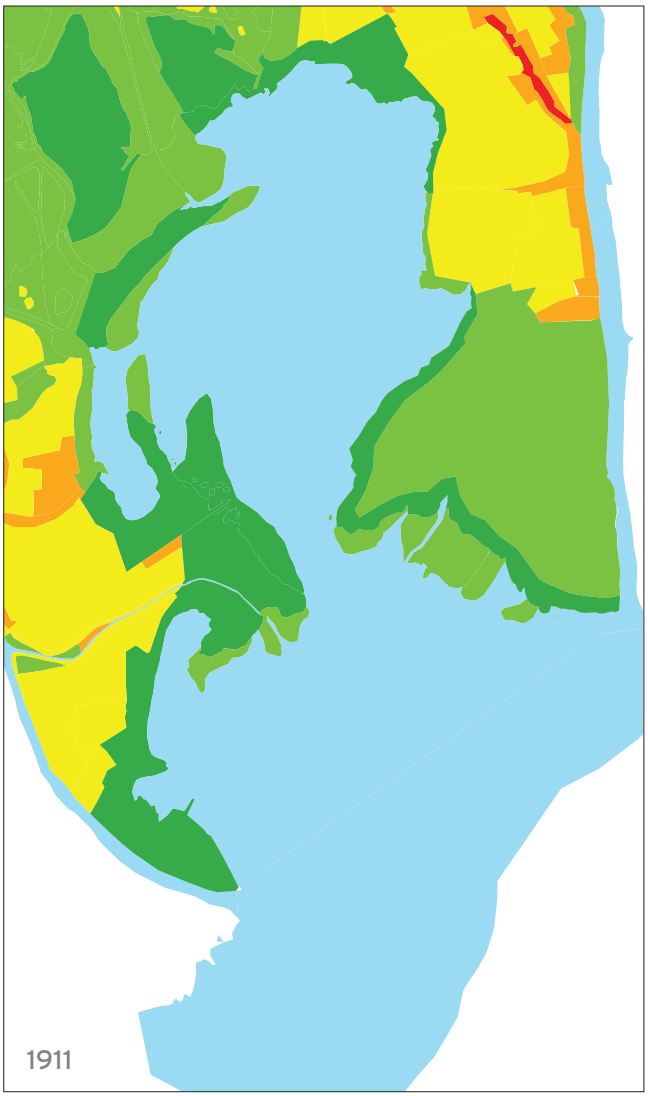
Nel corso degli anni successivi, 1893, 1911 e 1936 (Figura 33) per via delle attività di bonifica e della trasformazione di ampie porzioni di territorio in risaie, aumentano le classi di qualità intermedie. Le attività di bonifica, comunque, non pregiudicano il permanere di un buon grado di naturalità complessivo, grazie anche alle dinamiche naturali di deposizione sedimentaria che permettono il recupero di ampie porzioni di territorio in corrispondenza delle foci dei fiumi e della bocca a mare della laguna.

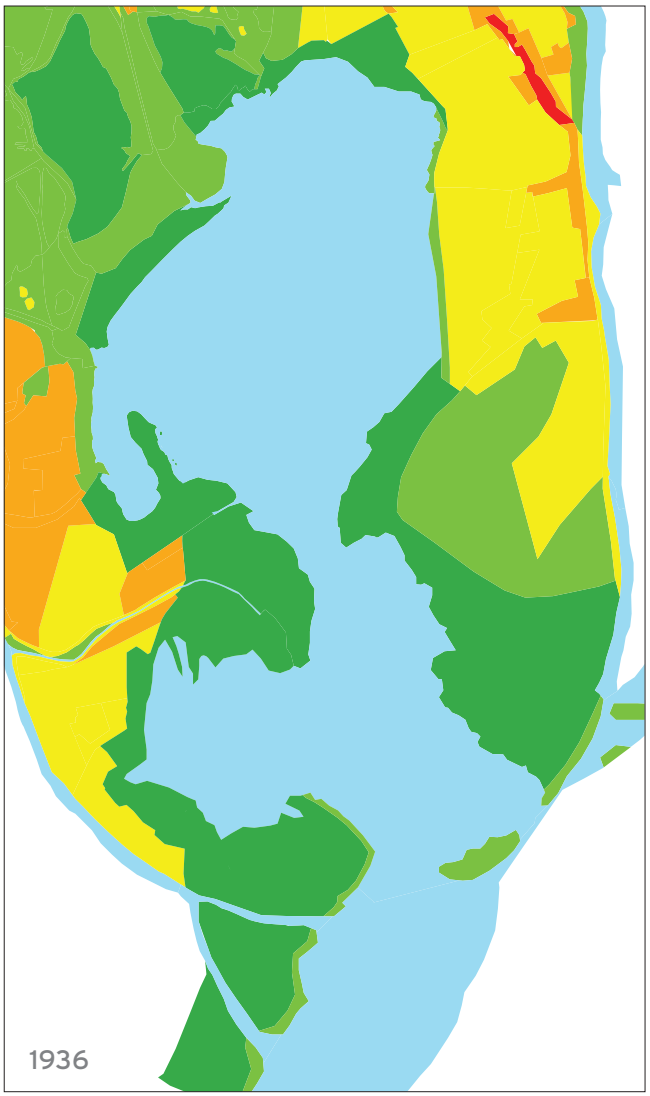
Nel corso degli anni successivi (1949 e 1955, Figura 34) mentre guadagnano spazio le zone agricole, la perdita del valore di naturalità è sempre più intensa. La situazione peggiora negli anni antecedenti al 1977, momento in cui in cui si registra la più drastica riduzione degli spazi naturali rispetto al periodo precedente, in parte trasformati dall'attività umana, in parte distrutti dai fenomeni legati alla subsidenza. Un miglioramento rispetto alla situazione del 1977-1983 sembra evidenziarsi durante gli ultimi anni grazie all'istituzione di aree protette e alle azioni di recupero e ripristino ambientale di alcuni biotopi (es. Bosco della Donzella), tese a limitare scelte gestionali del passato.


1877


1893


Evoluzione VNP 1877-1936
50%
40%
30%
20%
10%
0%
% copertura territoriale
1877
1893
1911
1936
anno





LEGENDA:
VNP macroclassi 1877-1936

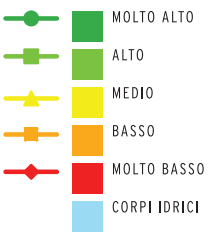
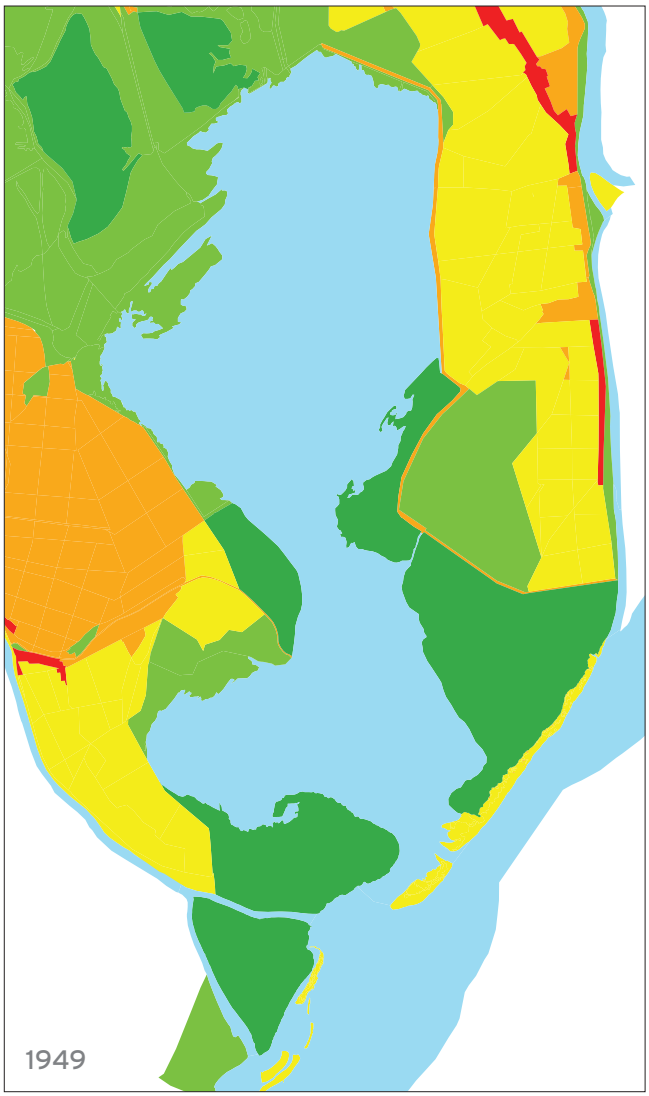
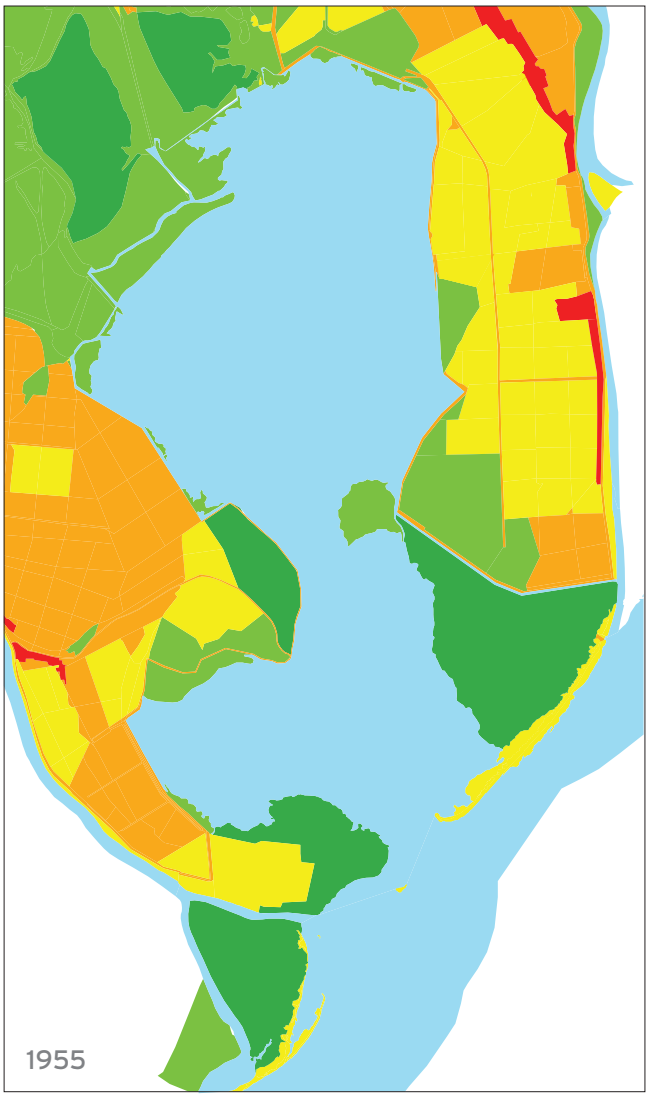
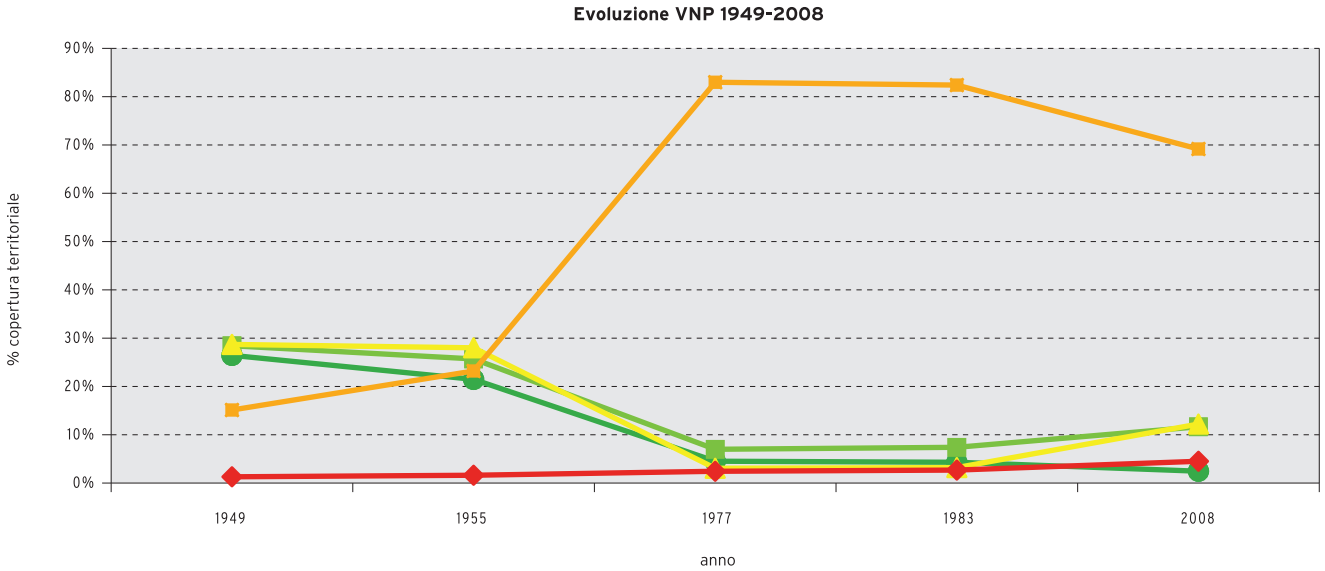
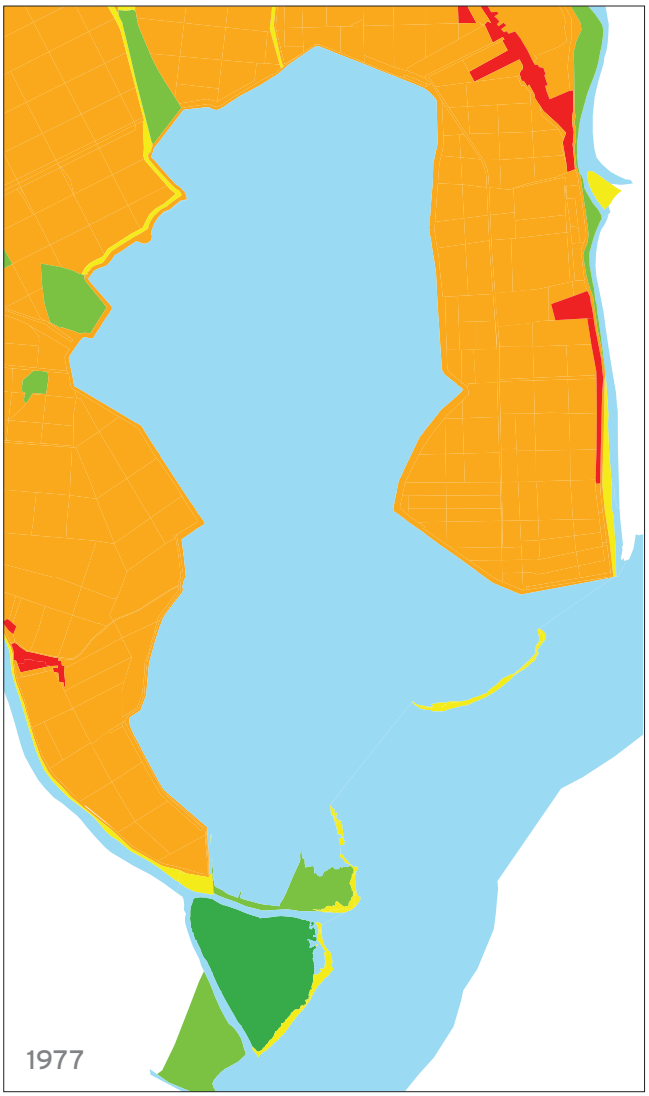


Figura 33: qualità di VNP per gli anni 1877, 1893, 1911 e 1936 nell'area di studio. Nel grafico è riportata l'evoluzione della copertura territoriale delle classi di qualità.


1949


1955


Evoluzione VNP 1949-2008
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
% copertura territoriale
1949
1955
1977
1983
2008
anno



LEGENDA:
VNP macroclassi 1949-2008

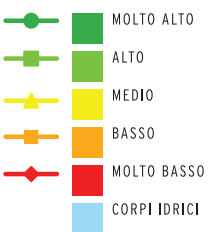


Figura 34: qualità di VNP per gli anni 1949, 1955, 1977 e 2008 nell'area di studio. Nel grafico è riportata l'evoluzione della copertura territoriale delle classi di qualità.

Conclusioni

La carta degli habitat scala 1:5.000 dell'Isola della Donzella, il metodo di rilievo e classificazione degli habitat e delle unità territoriali in base alle più recenti direttive europee, la realizzazione della banca dati ed il metodo di valutazione del grado di naturalità degli habitat (VNP) sono un contributo alla realizzazione di uno strumento di gestione del delta del Po Veneto a partire dalle sue prioritarie potenzialità ecologiche.

Lo strumento ha il pregio di essere facilmente consultabile e comprensibile, in sede di progettazione interdisciplinare. La sua applicazione tramite GIS consente inoltre l'aggiornamento rapido delle informazioni permettendo di seguire le modifiche dell'assetto del territorio nel tempo e lo sviluppo delle conoscenze scientifiche, in particolare per quanto riguarda gli aspetti faunistici e floristici.

Il metodo di calcolo del VNP attribuisce un valore alle tipologie di uso del suolo consentendo una stima degli impatti sul territorio dovuti a interventi di gestione delle aree critiche degli ecosistemi nel Delta. Lo strumento qui sviluppato può essere utilizzato come elemento di riferimento anche per altri interventi nel Delta, favorendo in tal modo la sua continua implementazione. La quantificazione della perdita di Valore di Naturalità Potenziale legata agli habitat costituisce una valida base per la definizione di interventi di compensazione in ambiti a elevata valenza ecologica.

Il metodo consente, infine, la possibilità di dare un giudizio sulla qualità degli habitat e si può proporre come indice di qualità generale e di grado di conservazione dell'assetto ecologico degli ambienti del Delta.

Dal punto di vista pratico il modello fornisce uno strumento operativo a supporto delle scelte progettuali e gestionali in materia di lagune. È già stata più volte sottolineata l'importanza dei fenomeni evolutivi, che ci consegnano un Delta a naturalità ridotta, rispetto al passato. Parallelamente però si rilevano forti potenzialità di recupero, dal momento che alcune pressioni ambientali, come l'inquinamento delle acque causate dall'agricoltura, sono destinate ad alleviarsi con una più puntuale applicazione delle direttive europee.

La valutazione della qualità ambientale ha mostrato che i valori ecosistemici più alti si concentrano nelle aree umide e di transizione, malgrado siano questi i contesti sottoposti alle maggiori modifiche nel corso degli ultimi decenni. Nel predisporre piani di manutenzione nelle lagune, il primo indirizzo gestionale è quindi quello di operare per la tutela dei biotopi o anche semplicemente degli habitat ecotonali, che rappresentano gli elementi di transizione con funzioni multiple tra aree agricole ed aree vallivo-lagunari e costiere (es. barene).

Il secondo indirizzo è di operare per la conservazione, se non per l'aumento, dei corridoi ecologici che limitano la frammentazione e la compartimentazioni degli habitat. A monte degli interventi di manutenzione, ogni progettazione di altre attività nelle lagune deve avere la caratteristica della sostenibilità ambientale, considerata la natura a volte irreversibile di pressioni indirette sul sistema lagunare (subsidenza, cuneo salino, centrale di Polesine Camerini, nautica di diporto, ecc.). In quest'ottica i processi di VAS dovrebbero tener conto degli impatti cumulativi, assicurando una corretta gestione del patrimonio naturale esistente e futuro.

Preso atto che i valori di naturalità del Delta sono oggi ridotti rispetto al passato, l'obiettivo minimo, in un'ottica di sostenibilità debole (Socco, 2008) per qualsiasi nuovo intervento infrastrutturale o gestionale nell'area del Delta e delle sue lagune deve essere quello di non ridurre ulteriormente i valori di naturalità esistenti e le potenzialità di recupero. Ma ancora meglio, in un'ottica di sostenibilità forte – quella che non considera l'ambiente un valore residuale – l'obiettivo è che qualsiasi intervento aumenti il valore complessivo della naturalità del sistema. Questo obiettivo si ottiene se ogni progetto o piano di gestione utilizza un modello di analisi come quello proposto in questo articolo, che prevede nella fase di preparazione stessa del progetto oltre a misure di mitigazione, l'identificazione e la quantificazione anche economica di adeguate misure di compensazione.

Sul modello di altri stati europei (p.es. Olanda) vanno promossi (Pileri, 2007) i principi del no unless ("nulla a meno che": nulla viene trasformato senza condizionarlo a una contropartita ambientale e senza una valutazione sull'irreversibilità dell'opera e sulla necessità o meno di rinunciare all'opera, un principio appartenente alla VIA); e no-net-loss of ecological values ("nessuna perdita secca di valori ecologici": ogni trasformazione produce irrimediabilmente un danno ambientale ed ecologico da contrastare con misure di (A) mitigazione e quando non sufficienti da misure di (B) compensazione per i danni residui).

Come indicazioni conclusive valgono le seguenti considerazioni:

A) Le mitigazioni servono a ridurre i danni reversibili agli habitat di maggiore valore naturalistico: vanno integrate nel processo progettuale, che deve evitare

Tipo di compensazione	Ambito spaziale (area di riferimento Delta)	
	In loco	Esterne all'area di intervento definito
Compensazione reale	Ripristino	Sostituzione
Compensazione con/in altri habitat, Valorizzazione habitat esistenti	Creazioni nuovi ambienti Valorizzazione ambienti esistenti Gestione di ambienti specifici	Creazioni nuovi ambienti Valorizzazione ambienti esistenti Gestione di ambienti specifici

Tabella 18: sintesi delle tipologie di compensazione applicabili agli ambiti del delta del Po.

qualsiasi danno irreversibile, sviluppare scenari differenziati e tener conto di necessità di gestione differente nei diversi periodi annuali.

B) Le compensazioni vanno organizzate tenendo presenti le variabili spazio e tempo.

Spazialmente vanno prioritariamente privilegiati i ripristini, cioè le compensazioni di ambienti di alto valore naturalistico in loco. Solo secondariamente si deve ricorrere alla sostituzione, cioè alla compensazione in altre aree di valore naturalistico, o migliorando – sotto il profilo dei contenuti o delle funzioni – altri habitat potenzialmente interessanti; o, infine, creando ex-novo habitat di valore.

La Tabella 18 riassume le alternative realizzabili. Con riferimento all'aspetto temporale le indicazioni riguardano (i) la necessità che le compensazioni vengano definite all'interno del progetto e (possibilmente) realizzate prima degli interventi che provocano una riduzione del valore ecologico; (ii) poiché ad esempio una azione di piantumazione necessita di periodi lunghi per il raggiungimento del climax, si deve sempre operare in una ottica di sovracompensazione degli impatti, in termini ad esempio di superficie piantumata e/o numero di essenze messe a dimora.

Come detto più volte, mitigazione e compensazione devono appartenere al processo di progettazione in tutti i suoi aspetti siano essi di sviluppo delle alternative, di valutazione degli impatti (VIncA, VIA), di coerenza e coordinamento con le altre attività nel territorio (VAS) e di preventivo dei costi. Dal punto di vista pratico il progetto deve assicurare il superamento delle principali difficoltà, dalla verifica delle proprietà delle aree alla concreta possibilità di intervenire in esse, dalla coerenza con altre pianificazioni e progetti alla disponibilità di adeguate risorse finanziarie.

In conclusione il lavoro presentato si propone come un contributo – aperto ad implementazioni - offerto a chi a vario titolo opera nel Delta. Poiché tratta del valore della naturalità, potrebbe innanzi tutto risultare utile al Parco Regionale Veneto del Delta del Po, ma contiene elementi utili anche agli Amministratori, sia per i grandi interventi in essere o previsti a breve, come il degasificatore di Porto Levante o la Centrale di Porto Tolle, sia per gli aspetti pianificatori territoriali.

In questo contesto, la provocazione finale è la richiesta agli Amministratori di valutare la proposta di dichiarare il Delta come area di compensazione regionale attraverso, per esempio, l'avvio di un'esperienza di mitigation bank (sul modello USA) oppure di area di compensazione ecologica preventiva (sul modello tedesco). Il Laboratorio di ricerca di Cà Vendramin promosso dalle Università del territorio è lo strumento per la realizzazione di questa progettualità.

Bibliografia

Ayad Y.M., 2005. Remote sensing and GIS in modeling visual landscape change: a case study of the northwestern arid coast of Egypt. *Landscape and Urban Planning*, 73, 307-325.

Berthoud G., Duelli P., Burnard J.D., Theurillat J.P., Gogel R., Wiedemeier P., Hanggi A., 1989. Méthode d'evalutation du potentiel écologique des milieux, *Rapport 39 du programme national SOL, Programme national de recherche*, Bern, pp 129.

Bettini P., Milia M., Sanavio G., Dall'Ara B., Lionello M., 2006. Carta ittica provinciale area lagunare valliva. Provincia di Rovigo. La Grafica Faggian, Padova, pp 131.

Brunner A., Celada C., Rossi P., Gustin M., 2002. Sviluppo di un sistema nazionale delle ZPS sulla base della rete delle IBA (Important Bird Areas), LIPU. Bird Life Italia, pp 730.

Bruntland G., 1987. Our common future: The World Commission on Environment and Development. Oxford University Press, Oxford.

Casellato S., Caneva F., 1992. Studio comparato della macrofauna bentonica di alcuni ambienti del delta del Po, *Atti del 5° congresso nazionale della SITE*, Milano, 21-25 settembre, 457-467.

Castaldelli G., Lanzoni M., Rossi R., 2008. La fauna ittica del tratto terminale del fiume Po ieri e oggi. Il Pesce, 6/2008, 99-109.

Ceccherelli V.U., Colombo G., Ferrari I., Gaiani V., Rossi R., 1985. Ricerche ecologiche nella Sacca di Scardovari. *Nova Thalassia*, 7, 341-363.

Ceccherelli V.U., Gaiani V., Ferrari I., 1983. The trophic status of a deltaic lagoon in the northern Adriatic Sea: the role of the filter feeders. In: Kotzias D, Lahaniatis ES, Weiss U, Bergheim W, Politzki G, Viswanathan R, Moza PN, Wolff S, Mansour M (eds), *Environmental pollution and its impact on life in the mediterranean region*, Heraklion, Crete, 355-373.

Corticelli S., Garberi M.L., Guandalini B., Marvasi G., 2004. La cartografia della vegetazione come strumento per la pianificazione e la gestione delle aree protette: il Parco del Delta del Po. *Documenti del Territorio*, 55, 13-16.

Dalpasso S., 1990. Piano territoriale paesistico ambientale. Delta del Po: dall'Adige al Volano. Pubblicazioni Delta, Papozze (Ro), pp 125.

Erwin R.M., 1996. Dependence of Waterbirds and Shorebirds Shallow-Water Habitats in the Mid-Atlantic Coastal Region: An Ecological Profile and Management Recommendations *Estuaries*, 19, 213-219.

EUNIS, 2002. EUNIS Habitat Classification. European Environment Agency.

Fasola M., Ruiz X., 1996. The Value of Rice Fields as Substitutes for Natural Wetlands for Waterbirds in the Mediterranean Region. *Colonial Waterbirds*, 19, 122-128.

Fornasari D., Reggiani G., Ceccherelli V.U., 1995. Il macrobenthos della Sacca di Scardovari (delta del Po) nel 1976 e nel 1989: variazioni di struttura delle comunità ed alterazioni ambientali. *Biologia Marina Mediterranea*, 2, 97-101.

Fracasso G., Verza E., Boschetti E., 2003. Atlante degli uccelli nidificanti in Provincia di Rovigo. Artigrafiche Urbani, Sandrigo, Vicenza.

Franzoi P., V. G., Trisolini R., Rossi R., 1993. Distribuzione spaziale e variazioni nictimeralidella comunità ittica riparia nella sacca di Scardovari (delta del Po). *Biologia Marina Mediterranea* 1, 297-298.

Gariboldi A., Lambertini M., Tallone G., 1997. Delta del Po: Verso un futuro sostenibile, Piano per la conservazione della natura del delta del Po (sintesi) Unione Europea DG XI, Ministero dell'Ambiente Servizio Conservazione Natura, LIPU, Parma, pp 112.

Heiskanen A.S., van de Bund W., Cardoso A.C., Nõges P., 2004. Towards good ecological status of surface waters in Europe - interpretation and harmonisation of the concept. *Water Science & Technology*, 49, 169-177.

Jenks G.F., Coulson M.R., 1963. Class intervals for statistical maps. *International Yearbook of Cartography*, 3, 119-134.

Machado A., 2004. An index of naturalness. *Nature Conservation*, 12, 95-110.

Magni P., Tagliapietra D., Lardicci C., Balthis L., Castelli A., Como S., Frangipane G., Giordani G., Hyland J., Maltagliati F., Pessa G., Rismondo A., Tataranni M., Tomassetti P., Viaroli P., 2009. Animal-sediment relationships: Evaluating the 'Pearson–Rosenberg paradigm' in Mediterranean coastal lagoons. *Marine Pollution Bulletin*, 58, 478-486.

Mancebo Quintana S., Ortega Pérez E., Martín Ramos B., Otero Pastor I., 2007. Nuevo modelo de cartografía de calidad ambiental de España para su uso en evaluaciones de impacto: Biodiversidad. *Actas del IV Congreso Nacional de Impacto Ambiental*, Madrid, 25-27 aprile 2007.

Marchini A., Munari C., Mistri M., 2008. Functions and ecological status of eight Italian lagoons examined using biological traits analysis (BTA). *Marine Pollution Bulletin*, 56, 1076–1085.

Mistri M., Basset A., Casazza G., Borja A., 2009. The implementation of the Water Framework Directive in Italy: state of the art on benthic indicators and European experiences. *Marine Ecology*, 30, 212-213.

Mistri M., Castaldelli G., Lanzoni M., Rossi R., Munari C., Balasso E., Cordella N., Franzoi P., Zucchetta M., Caramori G., Turolla E., 2007. Carta ittica lagunare della Provincia di Rovigo. Relazione delle attività per l'anno 2007, Provincia di Rovigo, pp 149.

Mistri M., Munari C., Balasso E., Ferro R., Castaldelli G., Lanzoni M., Franzoi P., Zucchetta M., Caramori G., 2008. Carta ittica lagunare della Provincia di Rovigo. Relazione delle attività per l'anno 2008, Provincia di Rovigo, pp 150.

Munari C., Mistri M., 2008. The performance of benthic indicators of ecological change in Adriatic coastal lagoons: Throwing the baby with the water? *Marine Pollution Bulletin*, 56, 95-105.

Padis J., Reynolds C.S., 2005. Shallow lakes: the absolute, the relative, the functional and the pragmatic. *Hydrobiologia*, 506–509, 11.

Paterson D.M., Black K.S., 1999. Water flow, sediment dynamics and benthic ecology. In: Nedwell DB, Raffaelli DG (eds) *Advances in ecological research: estuaries*, Vol 29. Academic Press, 155-193.

Pileri P., 2007. Compensazione ecologica preventiva, Roma.

Pizzolotto R., Brandmayr P., 1996. An index to evaluate landscape conservation atae based on land-use pattern analysis and Geographic Information System techniques. *Coenoses*, 11, 37-44.

Rossi R., Ceccherelli V.U., Ferrari I., Gaiani V., Carnacina L., Colombo G., 1984. Management of aquaculture and fishing in the Scardovari fishery (Po River Delta, Italy). In: Kapetsky JM, Lasserre G (eds) *Management of coastal lagoon Fisheries*, Vol 61. General Fisheries Council for the Mediterranean Studies and Reviews, 441-459.

Socco C., 2008. Gli indicatori di sensibilità ambientale. OCS. DITER, Università e Politecnico di Torino, WP 02/08, pp 23.

Soulsby R., 1998. Dynamics of marine sands. Thomas Telford Ltd, pp 272.

Turner M.G., 1989. Landscape ecology: the effect of pattern on process. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 20, 171-197.

Vincent C., Heinrich H., Edwards A., Nygaard K., Haythornthwaite J., 2003. Guidance Document No 5: Transitional and Coastal Waters – Typology, Reference Conditions and Classification Systems, CIS Working Group 2.4 (Coast), *Common Implementation Strategy of the Water Framework Directive*, European Commission, pp 116.

Vincenzi S., Caramori G., Rossi R., De Leo G.A., 2006. Estimating clam yield potential in the Sacca di Goro lagoon (Italy) by using a two-part conditional model. *Aquaculture*, 261, 1281–1291.

Sgarza ciuffetto (*Ardeola ralloides*) in abito nuziale.

Avocetta (*Recurvirostra avosetta*) frequenta le zone poco profonde delle valli salmastre interne.

Le dune mobili embrionali e le dune mobili ad *Ammophila arenaria* sono habitat di interesse comunitario che caratterizzano la fascia litoranea retrostante la battigia.

***Salicornia veneta*, specie di interesse comunitario presente nelle barene salmastre saltuariamente inondate.**

Il fenicottero rosa (*Phoenicopterus roseus*) trova nelle valli da pesca del Delta l'habitat ideale per la sua alimentazione.

Fioritura di *Limonium* sp., pianta che caratterizza alcuni tipi di habitat di interesse comunitario presenti nel Delta.

Ginepro (*Juniperus communis*) specie che caratterizza le dune consolidate.

ASSOCIAZIONE DELTA MED

MANEL MASIÁ MARSÁ
Presidente dell'Associazione Delta Med

LINO TOSINI
Comitato tecnico dell'Associazione Delta Med

Che cos'è Delta Med?

Delta Med è un'associazione nata su iniziativa della *Comunidad General de Regantes del Canal della Derecha del Ebro* (Spagna) e del *Consorzio di Bonifica Delta Po Adige* di Taglio di Po (Italia). Essa raggruppa persone giuridiche rappresentanti dei delta e delle zone umide litoranee del Mediterraneo con lo scopo di scambiare esperienze e conoscenze sulle problematiche del territorio, dell'ambiente e dell'agricoltura sostenibile.

L'attivazione dell'Associazione Delta Med avvenne il 6 dicembre 2002 con la firma dello Statuto presso l'*Istituto Agroambiental de les Terres de l'Ebre* di Amposta (Spagna).

I principali obiettivi che si pone Delta Med riguardano:

- l'organizzazione di incontri e convegni per trattare, a livello scientifico interdisciplinare, le problematiche proprie dei delta e delle zone umide;
- la formulazione, per tali ambiti, di proposte adeguate per soluzioni dei problemi di regressione ed erosione costiera, di subsidenza, di salinizzazione, di cambiamento climatico, di degrado ambientale;
- il sostegno e la promozione di proposte da parte di associazioni, fondazioni e organizzazioni che svolgano la loro attività nei delta e nelle zone umide costiere, con la finalità di favorire lo sviluppo sostenibile delle attività economiche e migliorare la qualità della vita;
- l'elaborazione di proposte, progetti, piani e programmi riguardanti lo sviluppo sostenibile delle zone deltizie e delle aree umide litoranee richiesti da qualsiasi organismo o amministrazione pubblica che abbia conseguenze sulle zone medesime;
- il consolidamento di una rete organizzativa d'interscambio fra i soci di Delta Med e fra questi e altre realtà territoriali similari in Europa e nel mondo.

Delta dell'Ebro (Spagna).

Problematiche comuni dei Delta e progetti in corso

Le problematiche comuni più importanti dei delta del Mediterraneo sono :

- gestione delle risorse idriche e della qualità dell'acqua;
- cuneo salino e salinizzazione delle falde;
- erosione costiera;
- subsidenza ed eustatismo marino;
- salvaguardia delle zone umide e delle lagune;
- agricoltura sostenibile;
- conservazione dell'ambiente e sviluppo sostenibile.

Particolare attenzione si sta accentrando nei vari delta ai fenomeni della subsidenza e dell'erosione (o regressione) costiera fra loro interconnessi nei rapporti di causa ed effetto. I membri dell'Associazione hanno presentato diversi progetti nell'ambito dei programmi europei ed è in corso di istruttoria un progetto *"Cooperazione per la pianificazione e per lo sviluppo delle attività socio economiche e la promozione della buona gestione dell'ambiente nel bacino mediterraneo".*

Un primo obiettivo raggiunto è la denominazione, da parte dell'UE, del riso come coltivazione ambientale di interesse speciale. Questa richiesta, avanzata dall'associazione, pone le basi per la tutela e valorizzazione dei 450.000 ha coltivati a riso nel bacino Mediterraneo, considerato che la coltivazione sostenibile del riso rende possibile la conservazione di una grande varietà di ambienti e comporta una garanzia per la ricchezza territoriale e paesaggistica.

Il riso, coltivazione ambientale di interesse speciale.

Il Laboratorio internazionale delta e lagune Ca' Vendramin: sede tecnico-scientifica di Delta Med

I membri dell'associazione hanno identificato nel *Laboratorio internazionale delta e lagune Cà Vendramin*, l'organo operativo e la sede tecnico-scientifica.

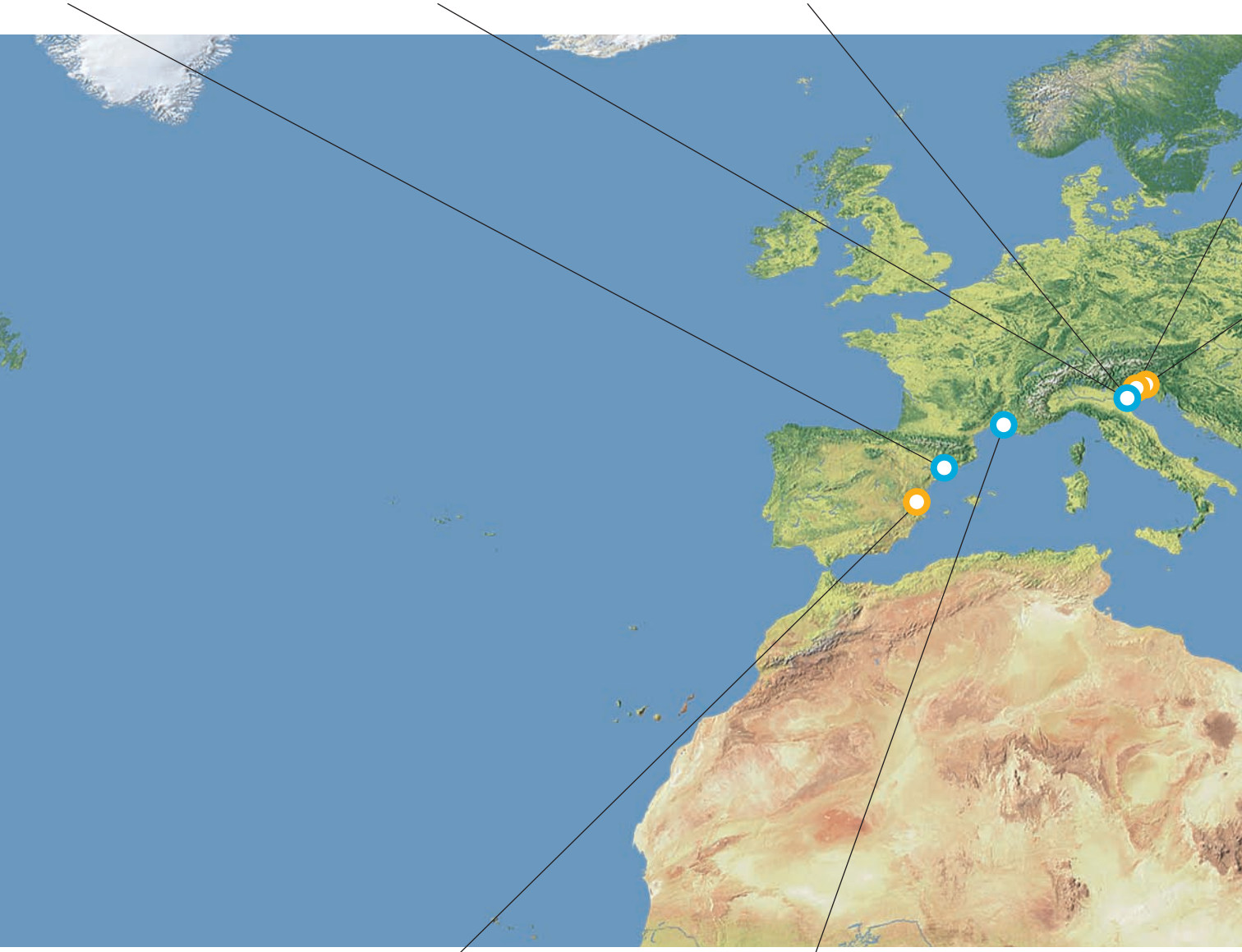
Il Laboratorio, grazie alla propria rete di università e professionalità competenti, potrà assicurare un efficace interscambio di problematiche e di esperienze provenienti da tutti i delta e le lagune, nonché da tutte le altre realtà riconducibili a delta fluviali, lagune o zone umide costiere di varie parti del mondo, le cui problematiche si possano assimilare a quelle delle aree rappresentante in Delta Med.

Museo della bonifica Ca' Vendramin.

Delta dell'Ebro (Spagna)
Superficie: 33.000 ha
Rappresentato dall'*Istituto Agroambiental de les Terres de l'Ebre (IATE)*, dalla *Comunidad General de Regantes del Canal de la Derecha del Ebro* e dalla *Comunidad de Regantes Sindacato Agricola del Ebro*.

Ca' Vendramin (Italia), sede tecnico-scientifica dell'Associazione Delta Med.

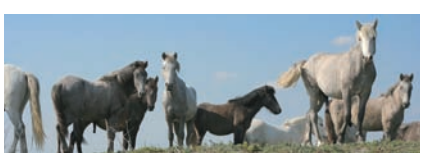
Delta del Po (Italia)
Superficie: 150.000 ha
Rappresentato dal *Consorzio di Bonifica Delta Po Adige* di Taglio di Po (Rovigo), dal *Consorzio di Bonifica I Circondario* e dal *Consorzio di Bonifica II Circondario* di Ferrara.



I MEMBRI DI DELTA MED

- Delta
- Zone umide costiere

Albufera di Valencia (Spagna)
Superficie: 20.000 ha
Rappresentata dalla *Comunidad de Regantes de Sueca Y la Acquia Real del Jùcar*.



Delta del Rodano (Francia)
Superficie: 86.300 ha
Rappresentato dal *Syndacat des Riziculteurs de France e Filiére*.

Laguna di Venezia (Italia)
Superficie: 50.000 ha
Rappresentata dal *Consorzio di Bonifica Venezia Nuova* e dal *Consorzio di Bonifica Dese Sile* di Mestre.

Laguna di Caorle (Italia)
Superficie: 3.000 ha
Rappresentata dal *Consorzio Pianura Veneta* di Portogruaro (Venezia).

Delta del Danubio (Romania)
Superficie: 580.000 ha
Rappresentato dal *Danube Delta Biosphere Reserve Authority*.

Delta del Nilo (Egitto)
Superficie: 622.000 ha
Rappresentato dal *Field Crops Research Institut and Research Program*.

Delta dell'Evros (Grecia)
Superficie: 20.000 ha
Rappresentato dalla *Association for the Protection & Promotion of Evros Delta y Evros Prefecture*.

IL PROGETTO FAO-IMOLA SULLA LAGUNA DI HUE - VIETNAM

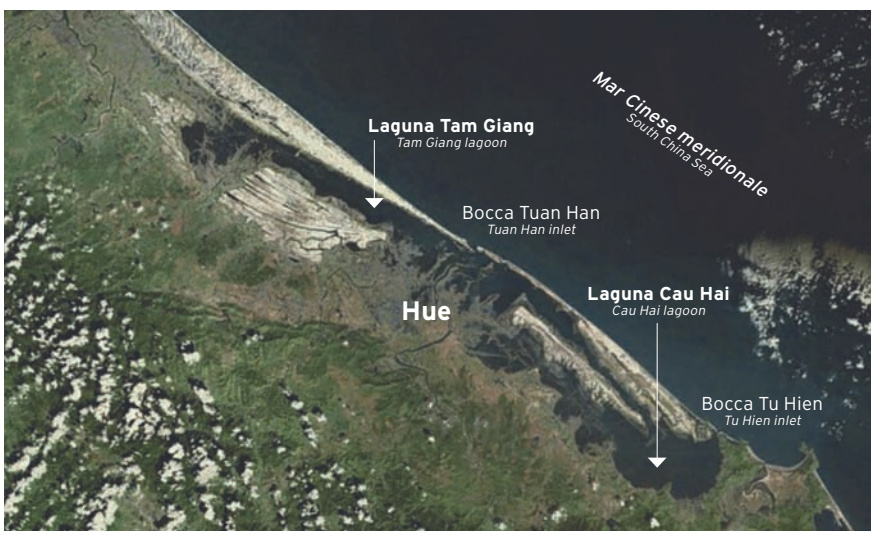
A cura del Comitato Scientifico

Nel 2006 il Consorzio di Bonifica Delta Po Adige ha ricevuto la visita di una delegazione vietnamita, composta dai rappresentanti della Provincia di Thua Thien Hue, dove si trova la laguna di Tam Giang-Cau Hai. Questa laguna, situata nel Vietnam centrale alla foce del Fiume dei Profumi, è il più vasto sistema lagunare del sud est asiatico con i suoi quasi 70 km di estensione lungo la costa e circa 22.000 ha di specchi d'acqua. Essa costituisce un sistema complesso ed instabile, utilizzato per la coltivazione del riso, l'acquacoltura e la pesca, che fornisce sostentamento a circa 300.000 abitanti, pari a quasi un terzo della popolazione della Provincia di Thua Thien Hue. Tuttavia l'ambiente lagunare è degradato e l'uso delle risorse naturali è precario ed insufficiente per un insieme di fattori tra cui il rischio di inondazioni, le rapide trasformazioni idro-morfologiche legate all'azione dei fiumi e delle mareggiate, lo sfruttamento intensivo e disordinato dell'agricoltura e della pesca.

Questi problemi sono accresciuti negli ultimi anni, vista la maggiore pressione sulla laguna da parte di un programma di sostegno governativo all'acquacoltura che ha avuto forti influssi sulla crescita delle attività con conseguente riduzione eliminazione delle aree di mangrovie e perdita di qualità dei margini lagunari.

La Provincia di Hue nel Vietnam centrale.

Le Autorità vietnamite hanno manifestato grande interesse per le pratiche di gestione e gli interventi in atto sulle lagune del delta del Po esprimendo l'intenzione di avviare un rapporto di collaborazione con l'Italia, ed in particolare con la Regione del Veneto, al fine di avvalersi delle esperienze maturate nelle lagune Venete e ricevere un supporto finalizzato al miglioramento della gestione lagunare e alla protezione ambientale.



La laguna di Tan Giam - Cau Hai.

Il Consorzio di Bonifica Delta Po Adige, che per conto della Regione gestisce le lagune deltizie, è a sua volta interessato ad avviare la collaborazione richiesta, da una parte per conoscere le peculiarità dell'esperienza vietnamita, dall'altra per promuovere l'utilizzo di metodi e modelli di monitoraggio ambientale avvalendosi del *Laboratorio internazionale delta e lagune Ca' Vendramin*. In questo quadro le Autorità vietnamite, tramite il Prof. Massimo Sarti, responsabile del progetto per la gestione integrata della zona lagunare di Hue (IMOLA project), avviato nel 2005 e finanziato dal ministero degli Affari Esteri tramite la FAO, hanno richiesto la visita di una delegazione italiana in Vietnam.

Nel periodo 27 giugno - 3 luglio 2009 è stata perciò effettuata una missione da parte di una delegazione composta da esponenti della Regione Veneto, da rappresentanti della FAO, del Consorzio di Bonifica Delta Po Adige, dell'Associazione Delta Med e della *Generalitat de Catalunya*. Nel corso della missione sono state effettuate due giornate di sopralluogo alla foce del Fiume dei Profumi (Song Huong) e alle due bocche lagunari di Thuan Han e Tu Hien, dove i rappresentanti del progetto IMOLA hanno illustrato caratteristiche e problematiche di gestione del sistema lagunare di Hue, con particolare riferimento alle inondazioni, all'eccessivo sfruttamento della pesca, alla scarsa qualità delle acque e alla precaria stabilità delle bocche a mare.

A seguito delle visite in campo è stato organizzato un incontro tecnico al quale, oltre alla delegazione italiana e ai responsabili del Progetto IMOLA, sono intervenuti i responsabili della locale Amministrazione Provinciale, Diparti-

Reti da pesca nella laguna di Cau Hai.

La bocca di Tu Hien.

mento per l'Agricoltura e Sviluppo Rurale. La sessione tecnica ha consentito un proficuo scambio di esperienze e conoscenze relativo alla realtà delle rispettive regioni. I rappresentanti vietnamiti hanno dimostrato particolare interesse nella presentazione della Delegazione che ha illustrato le esperienze positive portate a termine nella gestione di lagune e zone umide nel delta del Po, nella Laguna di Venezia e nelle lagune facenti capo all'Associazione Delta Med. Essi si augurano che l'iniziativa italiana possa concretizzarsi in un progetto di rilevante valenza etica ed ambientale che si avvantaggi della esperienza Veneta.

Firma della Dichiarazione d'Intesa.

Nel corso di un incontro ufficiale presso la sede della Provincia di Thua Thien Hue, la delegazione ha invitato ufficialmente la Provincia vietnamita ad entrare a far parte del network dell'Associazione Delta Med e di partecipare al 1° Convegno Internazionale sulle Lagune che si terrà sul delta del Po nell'ottobre 2009, per presentare l'esperienza della laguna di Hue. L'autorità provinciale ha espresso grande interesse al riguardo e ha stabilito di inviare propri delegati per partecipare ad entrambe le iniziative.

La delegazione ha stabilito inoltre un proficuo contatto con la *Hue University of Agriculture and Forestry*, incontrando il Vice Rettore ed illustrando le finalità della missione e l'attività del *Laboratorio internazionale delta e lagune Ca' Vendramin*. La collaborazione tra il Laboratorio e l'Università di Hue, che ha recentemente avviato importanti programmi di monitoraggio e di studio, soprattutto nel campo delle risorse ittiche, potrà fornire un fondamentale supporto ai futuri progetti di cooperazione.

La conclusione della missione è stata suggellata il 2 luglio, presso la sede della Provincia, con la cerimonia della firma della Dichiarazione di Intenti tra Mr. Andrew Speedy Rappresentante della FAO, Mr. Nguye Van Cao, Vice presidente della Provincia di Thua Thien Hue e l'arch. Giancarlo Conta, Assessore della Regione del Veneto. Il documento stabilisce l'intenzione di intraprendere le iniziative per una cooperazione culturale e tecnologica tra la Provincia di Thua Thien Hue e la Regione Veneto, e di attivare una collaborazione nei settori di mutuo interesse.

Il 3 luglio la delegazione ha potuto incontrare nella capitale Hanoi, sia l'ambasciatore italiano in Vietnam Andrea Perugini, sia l'ex Ambasciatore vietnamita in Italia, Nguyen Van Nam. Entrambi i diplomatici hanno espresso grande apprezzamento per l'iniziativa italiana, sottolineando in particolare l'importanza di intraprendere progetti di cooperazione e sviluppo nel campo delle infrastrutture e della protezione ambientale. Essi hanno illustrato da un lato le grandi potenzialità dell'economia vietnamita, dall'altro le rilevanti opportunità attuali per le imprese e gli investitori italiani, che attualmente giocano tuttavia un ruolo marginale.

DICHIARAZIONE D'INTESA

I Rappresentati dell'Organizzazione per l'Agricoltura e l'Alimentazione (FAO), della Provincia di Thua Thien Hue e della Regione del Veneto,

- preso atto dell'evoluzione del Progetto Imola realizzato tra FAO, Governo italiano e Governo del Vietnam, finalizzato a promuovere la gestione integrata delle attivita' lagunari nell'area costiera della Laguna di Tam Giang Cau Hai;

- preso atto che la FAO e la Provincia di Thue Thien Hue hanno accolto favorevolmente la disponibilità ad un diretto coinvolgimento nel Progetto Imola del Consorzio di Bonifica Delta Po Adige, che operando nell'ambito di un comprensorio in cui sono presenti aree umide e bacini lagunari ha acquisito da molti anni notevole esperienza nella realizzazione di investimenti nella gestione di tali aree;

- preso atto dei positivi risultati realizzati nella missione congiunta FAO/Regione del Veneto, dei sopralluoghi effettuati alla foce della Laguna di Thuan An, degli incontri ufficiali del 29 giugno con il Vice-Chairman Nguyen Van Cao del Comitato del PPC della Provincia di Thua Thien Hue e del meeting operativo con rappresentanti del PPC in data 1 luglio 2009;

- preso atto dell'interesse emerso riguardo alle iniziative ed alle attivita' dell'Associazione internazionale Deltamed e del Laboratorio internazionale dei delta e delle lagune in corso di costituzione a Ca' Vendramin in Provincia di Rovigo;

condividono

l'intenzione di avviare, nel rispetto degli ordinamenti nazionali italiano e vietnamita, le procedure per la sottoscrizione di una Intesa tra la Regione del Veneto e la Provincia di Hue, per lo sviluppo della collaborazione nei settori di attività di reciproco interesse, ivi incluse quelle attinenti al citato Progetto Imola, con particolare attenzione all'identificazione di attività nell'ambito del Programma di Cooperazione Decentrata Italia/ FAO.

Hue, 2 luglio 2009

For the Food and Agricultural Organization of the United Nations

.....
Mr Andrew Speedy
FAO Representative in Vietnam

People's Committee of the Thua Thien Hue Province

.....
Mr Nguyen Van Cao
Vice-Chairman

Veneto Region of Italy

.....
Mr Giancarlo Conta
Regional Councillor

1 . 2 . 3 Ottobre 2009
Museo Ca' Vendramin - Taglio di Po (Rovigo)

1° Convegno internazionale sulle lagune

REGIONE DEL VENETO

CONSORZIO DI BONIFICA
DELTA PO ADIGE

QUADERNI CA' VENDRAMIN

Periodico del Laboratorio internazionale delta e lagune Ca' Vendramin
Numero 0 - ottobre 2009

REGIONE DEL VENETO

CONSORZIO DI BONIFICA
DELTA PO ADIGE

FONDAZIONE CA' VENDRAMIN

100%
From well-managed forests
www.fsc.org Cert no. XXX-XXX-XXXX
© 1996 Forest Stewardship Council
FSC

© 2009 Consorzio di Bonifica Delta Po Adige.
Tutti i diritti riservati: nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta in alcuna forma, tramite stampa, fotocopia o qualsiasi altro mezzo, senza autorizzazione scritta dell'editore.

È stato fatto ogni sforzo per contattare i detentori dei diritti d'autore relativi al materiale incluso nella presente pubblicazione. Per i casi in cui non sia stato possibile, invitiamo a contattare l'editore.

Editore:
Consorzio di Bonifica Delta Po Adige
via Pordenone, 6 45019 Taglio di Po (Rovigo)
Tel. +39 0426 349711 - Fax +39 0426 346137

Comitato Scientifico:
Prof. Luigi D'Alpaos, Università di Padova
Prof. Francesco Donati, Università di Udine
Ing. Fabio Galiazzo, direttore Distretto Idrografico Adige-Po-Canalbianco
Prof. Pippo Gianoni, IUAV Venezia
Prof. Remigio Rossi, Università di Ferrara
Prof. Pietro Traverso, Università Ca' Foscari di Venezia
Ing. Lino Tosini, direttore Consorzio di Bonifica Delta Po Adige
Ing. Giancarlo Mantovani, vice direttore Consorzio di Bonifica Delta Po Adige

Produzione del volume e progetto collana:
Deltaplanning Srl

Progetto grafico e impaginazione:
Dasler comunicazione

Coordinamento e assistenza alla redazione:
Maria Saccon

Traduzioni:
Stephen Trollip
(eccetto pagine 56-57 e 98-99)

Consulente tecnico:
Maurizio Tezzon

Stampa:
TE.MA Progetti
Tipografia Papergraf Spa

Contributi testuali:
Marialuisa Coppola
Riccardo De Gobbi
Fabrizio Ferro
Lino Tosini
Bruno Mattichio
Gian Andrea Pagnoni
Fabio Bertasi
Pippo Gianoni
Remigio Rossi
Luigi D'Alpaos
Manel Masiá Marsá

Contributi fotografici:
Archivio TE.MA Progetti
Bruno Matticchio
Gian Andrea Pagnoni
Andrea Bocchi
Danilo Trombin
Emiliano Verza
Associazione Delta Med
Danube Delta Biosphere Reserve Authority
www.istockphoto.com/fanelliphotography
www.istockphoto.com/TommyIX
www.istockphoto.com/janrysavy

FONDAZIONE CA' VENDRAMIN