

Carte storiche e foto aeree nello studio dell'evoluzione geomorfologica delle pianure costiere: il territorio a sud della Laguna di Venezia

Federica Rizzetto

Istituto di Scienze Marine, Consiglio Nazionale delle Ricerche
Arsenale - Tesa 104, Castello 2737/F, 30122 Venezia (Italy)
Phone: +39 041 2407948 - Fax: +39 041 2407940
e-mail: federica.rizzetto@ismar.cnr.it

Riassunto

Nel corso dell'Olocene la pianura costiera a sud della Laguna di Venezia ha subito molteplici trasformazioni morfologiche, condizionate soprattutto dall'attività dei tratti terminali dei fiumi Brenta, Bacchiglione, Adige e Po. Un notevole impulso alla conoscenza dell'evoluzione del territorio è stato dato dall'analisi della cartografia storica e dall'interpretazione di immagini aeree e satellitari. Mentre le foto scattate dagli anni '930 ad oggi hanno permesso di ricostruire in dettaglio le modificazioni recenti e di individuare chiaramente le tracce di paleoalvei, delta fluviali non più attivi e antichi cordoni litoranei, le mappe disponibili a partire dal 1500 hanno documentato i cambiamenti avvenuti negli ultimi secoli. Tutti i dati e le informazioni acquisite nel corso delle indagini sono stati gestiti mediante un sistema informatizzato GIS (*Geographic Information System*), che ha permesso di sovrapporre, confrontare ed elaborare carte ed immagini, individuando così i cambiamenti indotti sul territorio dai fattori naturali e dagli interventi antropici.

Abstract

During the Holocene, the geomorphological evolution of the coastal plain south of the Venice Lagoon has been largely influenced by the activity of the lower courses of the Brenta, Bacchiglione, Adige, and Po rivers. Paleo-river beds and ancient coastlines were detected on the aerial photographs taken since the 1930s, which also made an important contribution to the recognition of the recent coastal changes, whereas historical maps realized since the 1500s provided evidences of the evolution occurred in the last five centuries. The investigations were carried out using a Geographic Information System software, which gave the possibility to store, display, compare, and edit georeferenced data, analyze spatial information, and create maps. As a result, the modifications produced by natural and anthropogenic processes were clearly recognized.

Introduzione

L'analisi della cartografia storica e l'interpretazione di fotografie aeree ed immagini satellitari sono metodologie di indagine indispensabili per lo studio dell'evoluzione del territorio.

I documenti cartografici antichi rappresentano preziose testimonianze dell'assetto e delle caratteristiche del paesaggio in tempi antecedenti l'espansione urbana ed industriale e, per confronto, permettono di conoscere in che modo si sia evoluto il territorio nel corso degli ultimi secoli. Con riferimento ai decenni più recenti, un quadro molto più preciso e dettagliato è offerto, invece, dalle immagini telerilevate, in alcuni casi acquisite con frequenza tanto elevata da permettere di individuare le variazioni morfologiche di un'area con cadenza annuale o addirittura mensile. Lo studio geomorfologico delle fasce costiere ed il loro monitoraggio nel tempo trovano in tali metodologie un supporto fondamentale: infatti, per la notevole pressione antropica a cui sono

sottoposte e per la costante esposizione agli eventi meteomarinari, le zone litorali risultano essere sistemi molto dinamici e particolarmente vulnerabili.

L'obiettivo di questo lavoro consiste nel mostrare l'importanza dell'analisi e dell'interpretazione congiunta del materiale cartografico e delle immagini aeree e satellitari negli studi costieri, prendendo come esempio il settore di pianura a sud della Laguna di Venezia (Fig. 1).



Figura 1 - Area di studio e principali lineamenti geomorfologici individuati nel corso delle indagini. Linee rosse: paleovalvei. Linee gialle: direzioni degli antichi cordoni litoranei.

Area di indagine

La fascia di pianura costiera a sud della Laguna di Venezia presenta caratteristiche assai variabili. Il settore centro-occidentale è costituito da terreni prevalentemente agricoli che giacciono in gran parte sotto il livello del mare, raggiungendo quote inferiori a -4 m. Un sistema integrato di impianti idrovori e canali di scolo permette lo smaltimento delle acque che altrimenti allagherebbero l'area, ostacolandone la coltivazione.

Verso il litorale le quote aumentano per la presenza di sistemi di dune costiere, parzialmente conservate, recenti ed attuali, attestandosi su valori mediamente compresi tra 0 e 2 m s.l.m.

Il territorio indagato è attraversato a nord dai fiumi Brenta e Bacchiglione (Fig. 1): il primo giunge presso il margine meridionale della laguna scorrendo in direzione NO-SE e prosegue poi verso est fino a Porto di Brondolo, dove sfocia nel Mare Adriatico. Il secondo, invece, dopo avere seguito un percorso ONO-ESE, confluisce nel Brenta immediatamente a sud del bacino lagunare. Entrambi hanno ampiamente condizionato l'evoluzione geomorfologica e sedimentologica di questo tratto di pianura, al cui sviluppo sono stati dati contributi significativi anche da antiche direttrici di deflusso dei fiumi Adige e Po, i quali, attualmente, scorrono più a sud.

Materiali e metodi

Lo studio dell'evoluzione geomorfologica del territorio è stato condotto mediante l'analisi e l'interpretazione di informazioni e dati pregressi, integrati da rilievi diretti sul terreno e nuove indagini.

I documenti cartografici storici realizzati a partire dal 1500 hanno ben documentato lo sviluppo della fascia costiera. Pur con i loro limiti e le inevitabili imprecisioni di scala, essi hanno offerto preziose informazioni per la ricostruzione dell'assetto morfologico dell'area nei secoli passati e delle modificazioni subite in assenza della forte pressione antropica esercitata in periodi recenti. Talvolta la toponomastica e la simbologia utilizzate hanno fornito indicazioni relative a particolari morfologici, ora scomparsi, non rilevabili in altro modo.

Con riferimento agli ultimi ottant'anni, un supporto fondamentale è stato invece offerto dalle numerose fotografie aeree disponibili (localmente scattate già all'inizio degli anni '930) e dalle

immagini satellitari recenti. La buona risoluzione delle foto più vecchie ha consentito di individuare, con sufficiente grado di precisione, i principali lineamenti morfologici presenti nell'area. Queste fotografie sono state considerate documenti di particolare pregio poiché hanno permesso di riconoscere le effettive condizioni del territorio prima di essere alterato dalle intense attività antropiche condotte a partire dal secondo dopoguerra, in particolare la forte espansione urbana e turistica e le pratiche agricole esercitate negli ultimi decenni. Infatti, parte delle strutture riconosciute nelle vecchie immagini manca o appare meno evidente in quelle più recenti, le quali però, essendo generalmente caratterizzate da ottima risoluzione, rispetto alle prime hanno consentito di rilevare un maggior numero di dettagli.

Mappe e immagini disponibili in formato cartaceo sono state dapprima sottoposte a scansione. In seguito tutto il materiale è stato georeferenziato e inserito in un database GIS (*Geographic Information System*). Questo sistema ha permesso di gestire in modo efficace i dati e i documenti raccolti, di sovrapporre e confrontare basi cartografiche e foto acquisite di epoche diverse e di elaborare nuove mappe tematiche inerenti l'assetto e l'evoluzione del territorio.

Evoluzione geomorfologica olocenica della fascia costiera

L'analisi integrata delle antiche strutture geomorfologiche presenti in questo tratto di pianura e delle caratteristiche sedimentologiche e stratigrafiche dei depositi affioranti e sepolti ha permesso di ricostruire le complesse vicende che hanno contribuito allo sviluppo del territorio a partire dal tardo Pleistocene e di riconoscere i differenti tipi di ambiente che si sono succeduti nel tempo.

Dossi limoso-sabbiosi, separati da aree depresse caratterizzate da terreni organici o argilloso-limosi, hanno permesso di riconoscere agevolmente la disposizione delle direttrici fluviali estinte, soprattutto nel settore centro-occidentale dell'area. Ulteriori dettagli sulle antiche direzioni di deflusso sono stati forniti da evidenti tracce di paleoalvei, in genere ben definite e molto sinuose (Fig. 1).

I numerosi allineamenti sabbiosi hanno permesso di identificare le progressive fasi di avanzamento del litorale avvenute nel corso dell'Olocene. Attualmente tali cordoni conservano un parziale rilievo solo nella parte orientale del territorio, dove le strutture sono più recenti. Altrove, invece, appaiono completamente spianati. L'apparato costiero più interno identificato in quest'area mediante l'analisi delle fotografie aeree corrisponde alla posizione assunta dal litorale probabilmente circa 4.500 anni B.P. (Fig. 2). Non sono state invece rilevate le tracce della massima ingressione, avvenuta probabilmente nel corso dell'Atlantico medio (Bondesan et al., 1995): essa, infatti, si è spinta più ad ovest (Fig. 2), fermandosi in corrispondenza della linea X segnata in Fig. 3, nella quale sono state indicate anche le principali successive fasi di avanzamento del litorale.

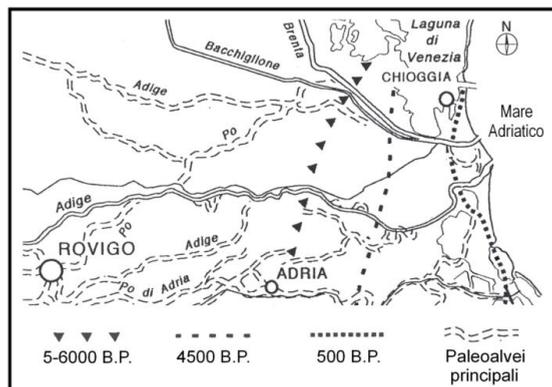


Figura 2 - Variazioni della linea di costa nel corso dell'Olocene e tracce dei principali paleoalvei (da Bondesan et al., 2001, modificata).



Figura 3 - Rappresentazione delle variazioni della linea di costa in un'immagine satellitare ASTER: (X) 5-6.000 anni B.P.; (Y) 4.500 anni B.P.; (Z) 3.000 anni B.P.; (W) 2.500 anni B.P. (da Rizzetto et al., 2003, modificata).

Importanza delle fotografie aeree per lo studio geomorfologico del territorio

L'analisi delle fotografie aeree e delle immagini satellitari ha permesso non solo di identificare i lineamenti geomorfologici e le strutture attive presenti attualmente sul territorio, ma anche di distinguere le variazioni tessiturali del terreno, indispensabili per individuare le tracce dei paleoalvei e delle antiche linee di costa.

I paleocordoni litoranei sabbiosi assumono spesso l'aspetto di strisce lunghe, sottili e pressoché continue (Fig. 4a). Appaiono chiare per effetto del maggior potere riflettente dei loro sedimenti, più grossolani rispetto a quelli dei terreni circostanti, i quali sono caratterizzati, invece, da granulometrie fini, limoso-argillose, o ricche di sostanza organica; il contrasto appare generalmente migliore nelle immagini in bianco e nero che in quelle a colori.

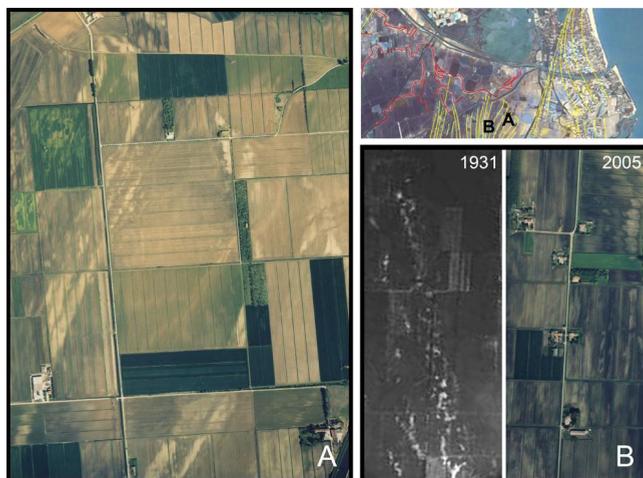


Figura 4 - Tracce di antiche linee di costa. A: immagine del 2005, in cui i cordoni litoranei assumono l'aspetto di strisce chiare continue. B: confronto tra una foto del 1931 e una del 2005; nella prima i cordoni sono caratterizzati da allineamenti di macchie biancastre, probabili antiche forme di modellamento eolico, le quali invece appaiono mal definite o assenti nella foto più recente.

A volte la presenza di questi cordoni è semplicemente testimoniata da allineamenti di macchie biancastre, alcune delle quali, per morfologia e dimensioni, rappresentano probabilmente antiche

forme di modellamento eolico (Fig. 4b). In genere si distinguono con maggiore facilità sulle immagini più vecchie, mentre invece appaiono mal definite o assenti nelle foto recenti, a causa del rimaneggiamento del terreno causato negli anni dalle attività agricole. In tal caso, infatti, la continua rielaborazione dei depositi superficiali e subaffioranti può avere determinato una cancellazione parziale o totale delle strutture originali e di conseguenza il cordone sabbioso assume l'aspetto di una striscia continua abbastanza omogenea.

I paleoalvei sono in genere ben evidenti. Appaiono come fasce sinuose chiare, rappresentative degli antichi argini naturali composti da sedimenti grossolani (generalmente sabbiosi), percorse al centro da tracce scure, indicative del canale fluviale caratterizzato da granulometrie più fini e da materiale organico (entrambi con basso potere riflettente) deposti durante le fasi terminali di attività del corso d'acqua fino alla sua totale estinzione (Fig.5).



Figura 5 - Tracce di paleoalvei in una foto del 2005.

La cartografia storica per la ricostruzione dell'evoluzione del paesaggio

Importanti testimonianze sull'assetto e sulle modificazioni del territorio negli ultimi secoli sono state fornite dai documenti cartografici storici. Questi, in particolare, hanno permesso di riconoscere in che modo il settore di pianura si sia evoluto dopo l'immissione del Bacchiglione nel Brenta (1507) e la deviazione artificiale del tratto terminale del Brenta (1540) volta a spostarne la foce dalla laguna al Mare Adriatico, in località Brondolo, a sud di Chioggia. E' possibile osservare i cambiamenti complessivi subiti dalla fascia costiera dalla realizzazione di tali opere fino ad oggi confrontando la carta di Cristoforo Sabbadino del 1556 con la situazione attuale (Fig. 6). Tra questi, particolare rilevanza assumono l'avanzamento del litorale (prevalentemente per effetto degli apporti solidi del sistema Brenta-Bacchiglione), lo smantellamento dei cordoni dunosi cinquecenteschi per permettere le attività agricole e le modifiche subite dai corsi d'acqua. In quest'ultimo caso un esempio è dato dal canale Brentone, presente nella parte settentrionale del territorio (Fig. 7). Le tracce dei paleoalvei individuate nel settore centro-occidentale della fascia costiera, provenienti da SO e dirette verso il margine meridionale della laguna, sono probabili evidenze di antiche direttrici di deflusso dell'Adige.

La presenza di dossi lasciati dai corsi d'acqua estinti ha assunto un ruolo fondamentale per l'uso urbano del territorio: osservando le carte storiche, essi appaiono, infatti, luogo preferenziale per strade ed insediamenti. Lo sfruttamento agricolo ed urbanistico delle bassure interposte, particolarmente depresse, è stato invece possibile solo previa bonifica. Le carte storiche inserite in Fig. 7 sono particolarmente interessanti anche perché mostrano il progressivo risanamento delle valli, aree ampiamente palustri fino alla prima metà dell'800 (Fig. 7B), poi sottoposte a bonifica attraverso la realizzazione di impianti idrovori e di un'adeguata rete di canali di scolo, che è stata significativamente ampliata soprattutto a partire dalla fine del XIX secolo (Figg. 7C e 7D).



Figura 6 - Evoluzione della fascia costiera dal '500 ad oggi, rilevata dal confronto tra la carta di Cristoforo Sabbadino del 1556 (A) e l'assetto attuale del territorio (B) già mostrato in Fig. 1. Per facilitare la stima dell'avanzamento del litorale sono stati evidenziati in azzurro due canali presenti in entrambi i documenti (1: Canale delle Bebbe; 2: Canale di Valle).

Il maggiore sviluppo degli insediamenti urbani si è verificato nel settore orientale della fascia costiera, caratterizzato da valori altimetrici prossimi o superiori al livello del mare per la presenza di cordoni litoranei "storici", in parte ancora conservati, accresciuti in seguito alla deviazione cinquecentesca del basso corso del Brenta. Nella Carta di Sabbadino, infatti, il cordone più interno allora esistente era localizzato immediatamente ad est del Canale delle Bebbe (1 in Fig. 6A), circa 7 km ad ovest dell'attuale linea di costa (Fig. 6B).

Una rappresentazione storica molto precisa delle caratteristiche del territorio alla fine del '700 è stata offerta dalla "Kriegskarte", la carta topografica commissionata dall'Impero austriaco per fini bellici e realizzata tra il 1798 e il 1805 sotto la direzione del generale Anton von Zach (Fig. 8). Ben definita appare tutta la parte terminale del sistema Brenta-Bacchiglione, con il Taglio Nuovissimo (l'inalveazione realizzata nel 1610, separata dalla laguna di Chioggia mediante un argine) e la Conca di Brondolo per far defluire le acque in Adriatico. Tale situazione venne modificata nel 1840 con la nuova immissione della foce del Brenta nella laguna meridionale per ridurre l'eccessiva lunghezza del tratto finale del suo corso, ritenuta responsabile dei disastrosi allagamenti del territorio verificatisi nel 1816 e nel 1839 (Favero et al., 1988). Ma poiché nell'arco di pochi decenni questo intervento portò allo sviluppo di un esteso delta endolagunare, nel 1896 si decise di estromettere definitivamente la foce dalla laguna e di spostarla in Adriatico, a Brondolo, attraverso un taglio diretto O-E (Fig. 7D).

Considerazioni conclusive

Nel corso dei millenni la pianura costiera a sud della Laguna di Venezia è stata sottoposta a notevoli modificazioni morfologiche condizionate soprattutto dall'attività dei tratti terminali dei fiumi Brenta, Bacchiglione, Adige e Po.

L'evoluzione storica relativa agli ultimi secoli è ben documentata sia nelle mappe disponibili a partire dal 1500, sia nelle numerose foto aeree acquisite a partire dagli anni '930.

Attraverso la fotointerpretazione sono stati riconosciuti importanti elementi utili per ricostruire l'assetto e l'evoluzione tardo-pleistocenica ed olocenica del territorio. Sono state individuate, infatti, chiare tracce di antichi paleoalvei, delta fluviali e cordoni litoranei, la cui presenza ha dato origine a bassure e rilievi che hanno avuto importanti ripercussioni sullo sfruttamento agricolo, sull'espansione urbana e sullo sviluppo turistico dell'area.

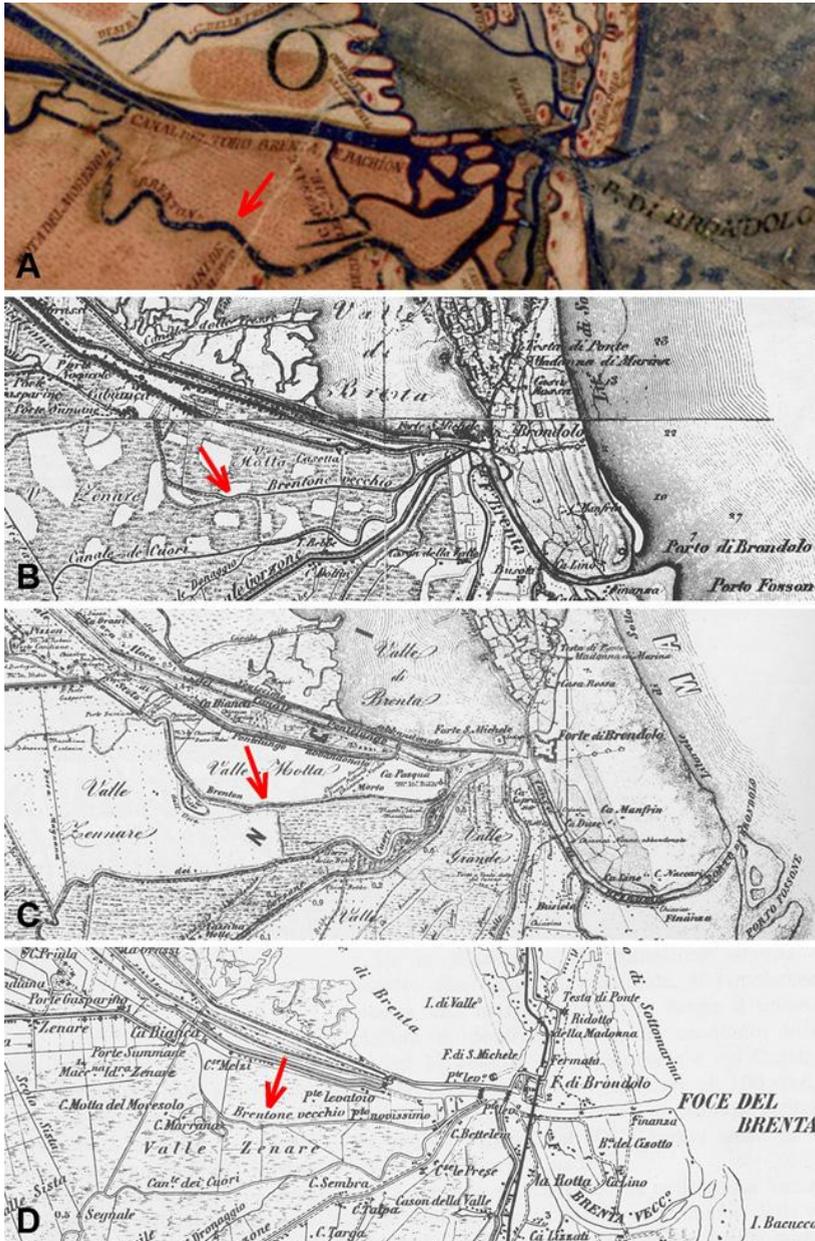


Figura 7 - Evoluzione dell'area costiera dal 1556 alla fine del XIX secolo, evidenziata dal confronto di carte storiche. A: Carta di Cristoforo Sabbadino del 1556; B: Carta del Regno Lombardo-Veneto del 1833; C: Carta della Deputazione Provinciale di Padova del 1882; D: carta topografica del I.G.M.I. (Istituto Geografico Militare Italiano) del 1896 (B, C, D sono state tratte da Zumica, 1981). La freccia rossa indica il percorso del Canale Brentone.

Le indagini multidisciplinari condotte sul territorio hanno permesso di realizzare mappe tematiche geomorfologiche in grado di mostrare l'evoluzione olocenica della fascia costiera.

La rappresentazione finale è stata resa particolarmente efficace dalla gestione dei dati e dei documenti raccolti all'interno di un sistema informatizzato e georeferenziato che ha pertanto permesso di individuare i cambiamenti indotti dai fattori naturali ed antropici.

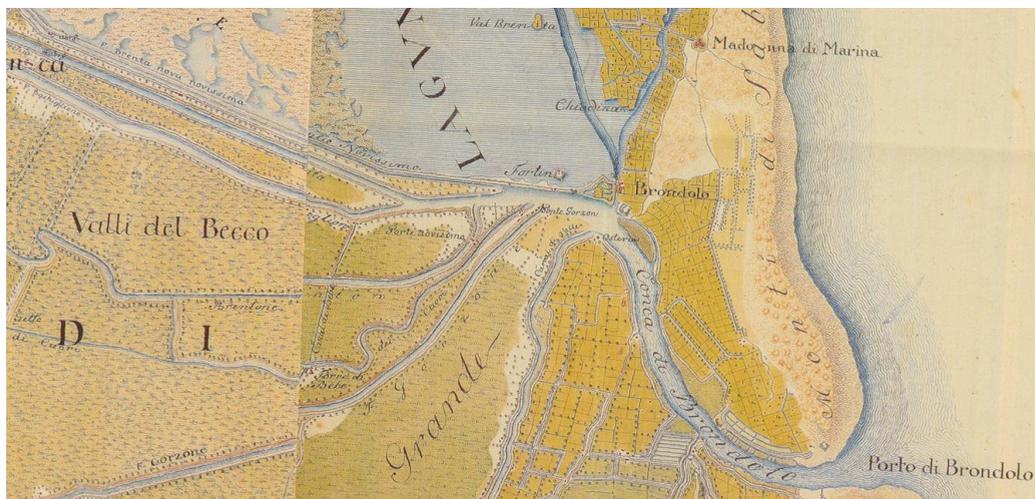


Figura 8 - Stralcio della "Kriegskarte", la carta topografica realizzata tra il 1798 e il 1805 sotto la direzione del generale Anton von Zach.

Ringraziamenti

Questo lavoro è stato sviluppato nell'ambito dell'Accordo di Cooperazione Scientifica Internazionale tra CNR e CSIC (biennio 2009-2010) e successivamente approfondito nel Progetto Bandiera RITMARE - La Ricerca Italiana per il Mare - Coordinato dal Consiglio Nazionale delle Ricerche e finanziato dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca nell'ambito del Programma Nazionale della Ricerca 2011-2013. Parte delle carte storiche utilizzate per questo studio è stata gentilmente concessa dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Magistrato alle Acque - tramite il suo concessionario Consorzio Venezia Nuova. Le foto aeree sono state rese disponibili dalla Regione del Veneto - L.R. n. 28/76 Formazione della Carta Tecnica Regionale - presso il sito web http://mapserver.iuav.it/website/foto_aeree.

Riferimenti bibliografici

- Bondesan M., Elmi C., Marocco R. (2001), "Forme e depositi di origine litoranea e lagunare". In: Castiglioni G.B., Pellegrini G.B. (eds), "Note illustrative della Carta Geomorfologica della Pianura Padana", *Suppl. Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, 4: 105-118.
- Bondesan M., Favero V., Vinals M.J. (1995), "New evidence on the evolution of the Po-delta coastal plain during the Holocene", *Quat. Int.*, 29/30: 105-110.
- Favero V., Parolini R., Scattolin M. (eds) (1988), *Morfologia storica della laguna di Venezia*, Arsenale Editrice, Venezia, 80 pp.
- Rizzetto F., Tosi L., Carbognin L., Bonardi M., Teatini P. (2003), "Geomorphological setting and related hydrogeological implications of the coastal plain south of the Venice Lagoon (Italy)". In: Servat E., Najem W., Leduc C., Shakeel A. (eds), "*Hydrology of Mediterranean and Semiarid Regions*", IAHS Publication, 278: 463-470.
- Zunica M. (ed), 1981, *Il territorio della Brenta*, Cleup, Padova, 260 pp.