

Evoluzione dell'area di foce del Po di Goro

Carlo Del Grande¹ e Umberto Tessari²

¹Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico Ambientali, Università di Bologna,
Via Zamboni 67 - 40127 Bologna

²Dipartimento di Scienze Geologiche e Paleontologiche, Università di Ferrara,
C.so Ercole I d'Este 32 - 44100 Ferrara

Riassunto

Viene analizzata la morfologia della foce del Po di Goro mediante l'utilizzo di foto aeree, satellitari e carte topografiche nell'intervallo di tempo compreso tra il 1949 e il 1998. Il carattere spiccatamente asimmetrico, riconoscibile a partire dagli anni '50, è posto in relazione con l'andamento della subsidenza e con la variazione degli apporti solidi fluviali. Lo scenario osservabile dalla morfologia sommersa ed emersa dell'area di foce, mette in evidenza la forma particolare che la barra assume in relazione alla corrente litorale esistente, che interagisce con la corrente fluviale.

Introduzione

Le condizioni che determinano l'attuale morfologia della foce sono da ricercarsi in due motivi fondamentali: la perdita di efficienza del Po di Goro in corrispondenza alla diminuzione degli apporti solidi ad iniziare circa dagli anni '50 in concomitanza dell'aumento dei tassi di subsidenza nello stesso periodo. La conseguenza principale di tali aspetti scaturisce in una dominanza degli agenti francamente marini. In particolare la corrente lungo costa diventa l'agente morfogenetico predominante e opera come principale fattore distributore e rimodellante dei sedimenti portati alla foce. In Figura 1 viene riportata un'immagine satellitare nella quale è evidente la direzione di propagazione principale degli apporti di sedimento dei vari rami deltizi del Po.

Diminuzione degli apporti solidi e subsidenza

Le variazioni delle caratteristiche idrologiche del fiume e dell'efficienza dei suoi cinque rami deltizi hanno condizionato lo sviluppo del territorio. Le portate liquide complessive del Po, tra il 1918 ed il 1991, presentano valori compresi tra 902 e 2620 m³/s, con medie di 1496 m³/s. Eventi di piena eccezionali possono verificarsi con cadenza pluriennale (piene del 1907, 1917, 1926, 1928), oppure nello stesso anno (maggio e novembre 1926) o nello stesso mese (novembre 1976). Sulla base dei dati disponibili (Idroser, 1994) non si evidenziano, nell'ultimo secolo, cospicue variazioni nella ripartizione delle acque tra i vari rami deltizi del Po.

Fino alla metà del 1900 vi è stato, per l'abbondanza degli apporti solidi, un accentuato protendimento in mare dell'area deltizia.

Nei decenni successivi s'instaura però una brusca inversione di tendenza determinata dal diminuito trasporto solido del Po: si passa da 12.8 Mt/y del periodo 1918-43 ai 4.7 Mt/y del 1986-91 (Simeoni et al., 1998). Sulla diminuzione degli apporti ha influito principalmente il prelievo d'inerti asportati dall'alveo del fiume (Bondesan e Dal Cin, 1975; Simeoni e Bondesan, 1997). Secondo alcune stime (Dal Cin, 1983) nel periodo 1958-1981 sarebbero stati effettivamente cavati dagli alvei del bacino del Po circa 700 Mm³ di materiale, costituito in assoluta prevalenza da sabbie e ghiaie (Dal Cin e

Simeoni, 1984). Nel solo tratto terminale del fiume nel periodo 1951-1981 sarebbero stati asportati 90-95 Mm³ di materiale sabbioso (Fig. 2). I fenomeni di abbassamento del suolo verificatisi nel territorio deltizio durante il XX Secolo sono da ascrivere sia a cause naturali, sia all'attività antropica. La subsidenza naturale sul margine della piana costale-deltizia è riconducibile essenzialmente alle strutture geologiche profonde, alla neotettonica ed alla compattazione dei terreni, in particolare delle argille. Durante il Quaternario si sono accumulati da 2000 a 3000 metri di sedimenti in un ambiente neritico-litorale in un bacino con una profondità di circa 100 metri (Selli, 1949; 1967). In questo lasso di tempo la subsidenza naturale ha prodotto un affondamento di entità equiparabile allo spessore dei sedimenti accumulati. Quindi, sulla base di questi dati, si può stimare che negli ultimi 2500 anni la subsidenza dell'area del delta del Po sia stata di circa 3 metri (valore medio; Ciabatti, 1966). Gli abbassamenti calcolati per la porzione orientale del territorio ferrarese si aggirano tra 1 e 2 mm/anno (Bondesan, 1988).

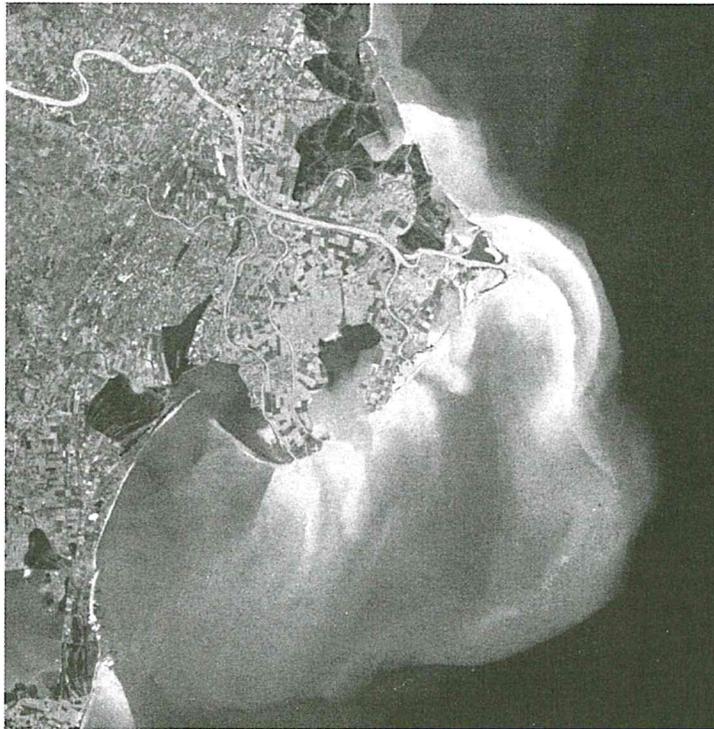


Figura 1 - Il Delta del Po ripreso dal satellite Nimbus nel 1984.

Tali valori non sono nemmeno raffrontabili con quelli riscontrati negli anni '50 e '60: infatti questi ultimi sono di entità assai maggiore, e da attribuirsi fondamentalmente ad una serie di cause antropiche:

- Abbassamenti del livello della falda freatica, collegati alle operazioni di bonifica, ad emungimenti e drenaggi di eccessiva entità, ad impermeabilizzazioni del terreno su vaste aree.
- Alterazioni del chimismo delle acque sotterranee causate dall'ingressioni di acque marine nella falda freatica, eccessive irrigazioni, dispersioni nel suolo di acque reflue dei centri urbani.
- Estrazioni di acque e di gas da falde profonde su vaste aree dalla bassa pianura padana, che sono state sottoposte ad emungimenti (per uso agricolo) di acque da falde sottostanti la falda freatica. E', però, stata soprattutto l'estrazione di acque metanifere dai giacimenti quaternari, praticata in questi territori fra il 1938 ed il 1961, a provocare gli abbassamenti maggiori.
- Fenomeni di subsidenza da sovraccarico dovuti agli agglomerati urbani, grandi rilevati, argini ed altri manufatti di un certo peso.

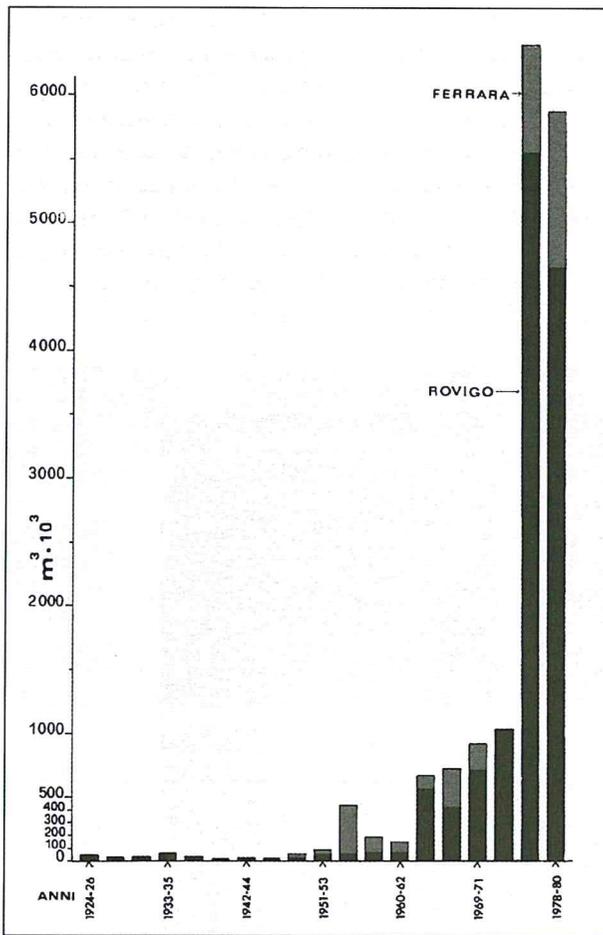


Figura 2 - Estrazione di materiali inerti in alveo per il fiume Po (da Dal Cin, 1983, mod.).

E' comunque da rilevare una forte riduzione della subsidenza indotta occorsa negli ultimi vent'anni, grazie soprattutto alla cessazione dell'attività estrattiva di acque metanifere nell'area. Attualmente gli abbassamenti maggiori (Fig. 3), dovuti principalmente alla presenza di sedimenti in via di costipamento o alla riduzione dei volumi dei terreni prosciugati di recente, si riscontrano nella porzione sud-orientale del delta, in corrispondenza della penisola del Po di Goro, di Donzella e di Tolle (Bondesan et al., 1990).

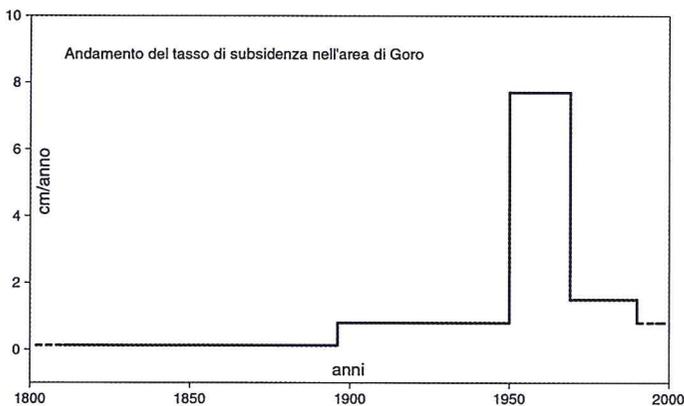


Figura 3 - Andamento del tasso di subsidenza limitatamente all'area di Goro per il periodo tra il 1811 e il 1996.

Corrente litorale

Uno dei fattori responsabili della particolare forma della foce è rappresentato dalla corrente che persiste lungo questo tratto di costa. Da una elaborazione d'immagine applicata ad esempio alle foto aeree del 1992 e del 1998, nella quale vengono messe in rilievo le variazioni cromatiche legate alla concentrazione del sedimento in sospensione (Figg. 4 e 5), è possibile ricavare ulteriori conferme, oltre a quelle reperibili in bibliografia (Dal Cin, 1994, Idroser, 1984), della presenza di una corrente lungo costa con direzione NNE-SSO che appare dalla curvatura del *plume* davanti al Po di Goro che risulta più o meno accentuata ma sempre verso la destra della foce (Fig. 6). Nella Figura 5 è, altresì, evidente come la direzione di dispersione del flusso uscente dal canale artificiale posto in destra foce sia concorde con quella della corrente litoranea.



Figura 4 - Foto aerea del 1992.



Figura 5 - Foto aerea del 1998.

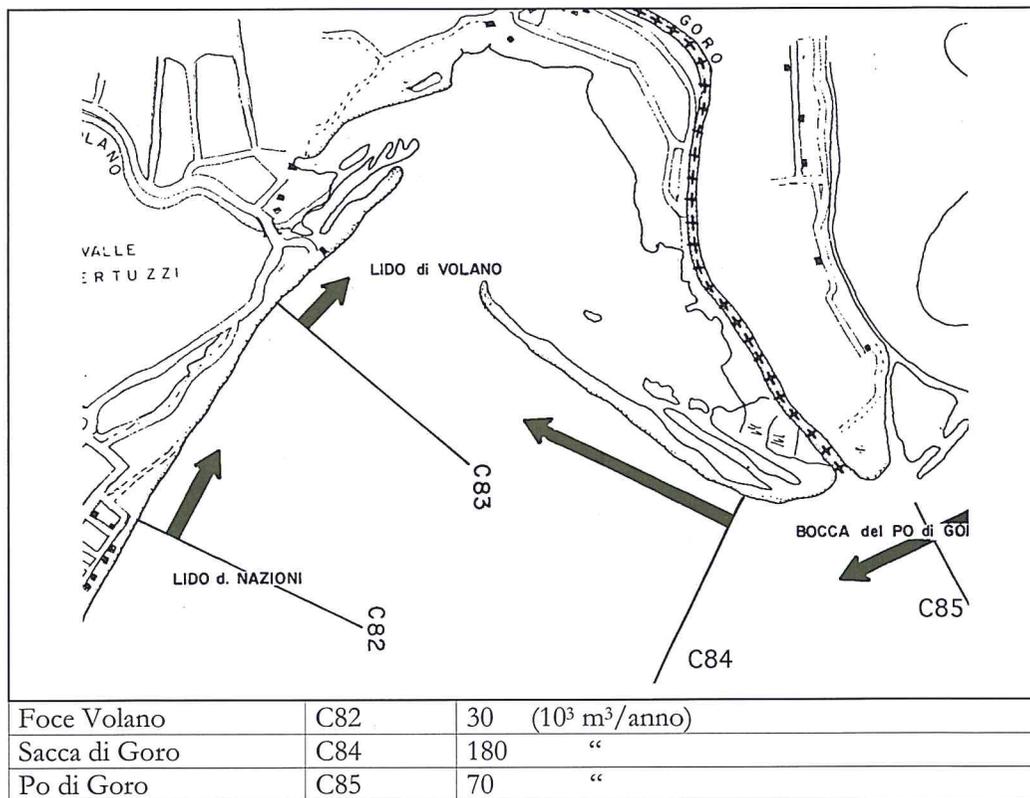


Figura 6 - Schema che indica la direzione e la stima del trasporto solido litoraneo: valore del trasporto medio annuo (IDROSER, 1984, mod.).

Evoluzione della foce

L'analisi delle foto aeree fornisce un utile strumento per osservare la variazione morfologica della foce dal 1949 al 1998. Lo sviluppo asimmetrico della foce è uno degli aspetti più evidenti. Questo fenomeno comincia ad apparire dagli anni 50 come mostrano le foto aeree del 1949 (Fig. 7) e del 1955 (Fig. 8). La geometria considerata diventa ancora più evidente durante le due successive decadi (Figg. 9, 10 e 11). L'ultimo decennio (Figg. 12, 13 e 14) riporta un andamento concorde a quello indicato mettendo però in evidenza una minore variabilità, sempre nell'ambito della geometria asimmetrica, che è da ricercare in un ulteriore calo dell'efficienza del Po di Goro.

L'asimmetria morfologica della foce del Po di Goro è dovuta, principalmente, al continuo accrescimento della spiaggia sul lato sopra corrente con conseguente avanzamento della linea di riva verso mare. Sul lato sotto corrente la posizione arretrata della linea di riva è conseguenza della diminuzione degli apporti solidi del Po di Goro riscontrata negli ultimi decenni, soprattutto dovuta all'ingente estrazione di materiali inerti in alveo (Fig. 2).

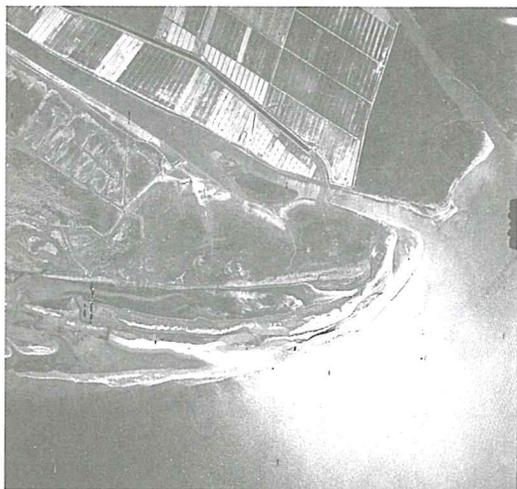


Figura 7 - Foto aerea del 1949 IGM.

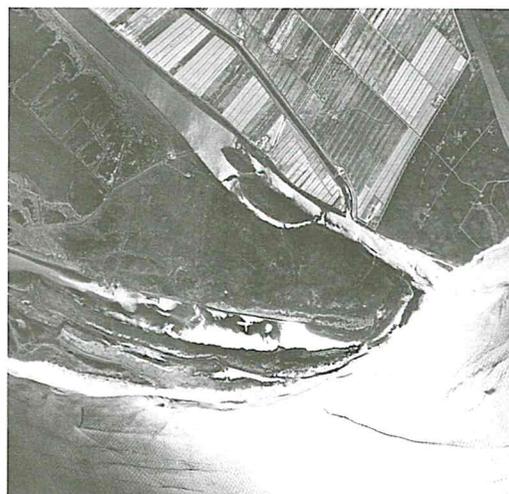


Figura 8 - Foto aerea del 1955 IGM.

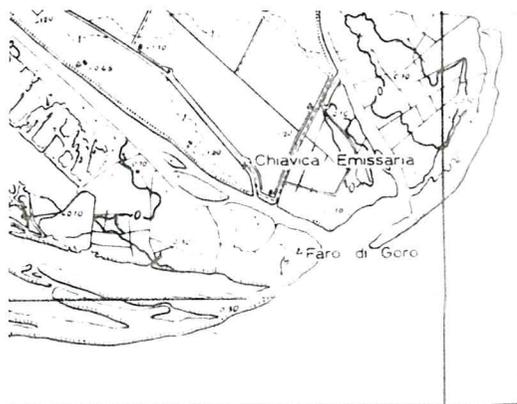


Figura 9 - Particolare della foce tratto dalla Tavoletta IGM 1964.



Figura 10 - Foto aerea del 1977 (Regione Emilia Romagna CTR).

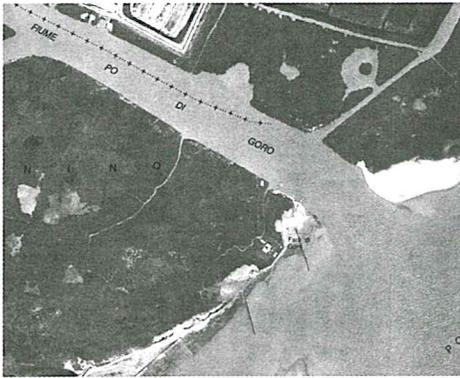


Figura 11 - Foto aerea del 1980 (Atlante costa ER).



Figura 12 - Foto aerea del 1992 (Terraserver).

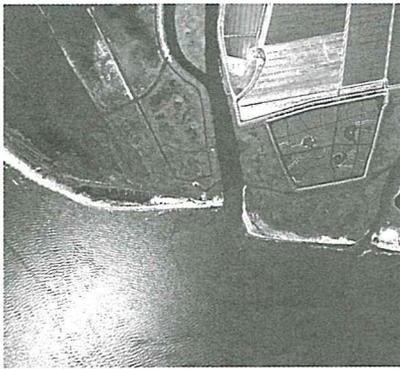


Figura 13 - Foto aerea del 1995 (Provincia di Ferrara).

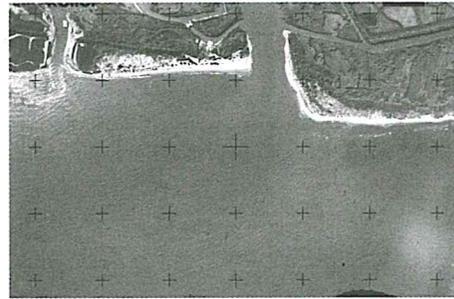


Figura 14 - Foto aerea del 1998 (Lab Gis.)

Morfologia della barra di foce

Nelle Figure 15 e 16 sono riportati due rilievi batimetrici che mostrano l'assetto del fondale in due anni diversi; il quadro composto ha permesso di avere informazioni sulla morfologia sommersa della foce e conoscere l'andamento delle isobate fino a circa 6 m di profondità.

In entrambe le figure è mappata anche la posizione della soglia dell'alveo fluviale che risulta molto ripida raggiungendo velocemente la profondità di 4 metri che diventano 5 in prossimità della prima isola fluviale (Fig. 16). In prossimità della foce del Po di Goro (Fig.15) si osserva come la barra di foce assuma una forma stretta ed allungata verso Sud - Ovest e termini in un'area in cui il fondale è molto irregolare. La presenza di barre in questa posizione può essere indicativa dell'attività del sistema foce-freccie litorali.

Si osserva un andamento irregolare anche sul versante esterno (verso mare) della barra di foce che termina in corrispondenza dell'isobata dei 3.5 metri. Al di sotto dei 4 m di profondità si nota come il fondale assuma un andamento più regolare: la fascia più profonda, infatti, è meno soggetta rispetto alle altre a variazioni significative dovute alle correnti lungo costa e all'effetto del moto ondoso. Utilizzando gli elementi della morfologia subacquea e subaerea possono essere individuate le logiche che ne determinano l'assetto.

Nella situazione in esame, la barra di foce sommersa, costruita dai sedimenti fluviali, sembra funzionare, in maniera del tutto paragonabile all'azione delle similari strutture artificiali, da "pennello" bloccando il sedimento nel lato sopra corrente. Komar (1973), usando un modello di simulazione al computer, in una situazione di questo genere, ha concluso che il fiume funziona da barriera per le

sabbie trasportate dalla corrente lungo costa comportandosi effettivamente come un pennello, non permettendo inoltre alla barra di foce di espandersi verso il lato sopra corrente.

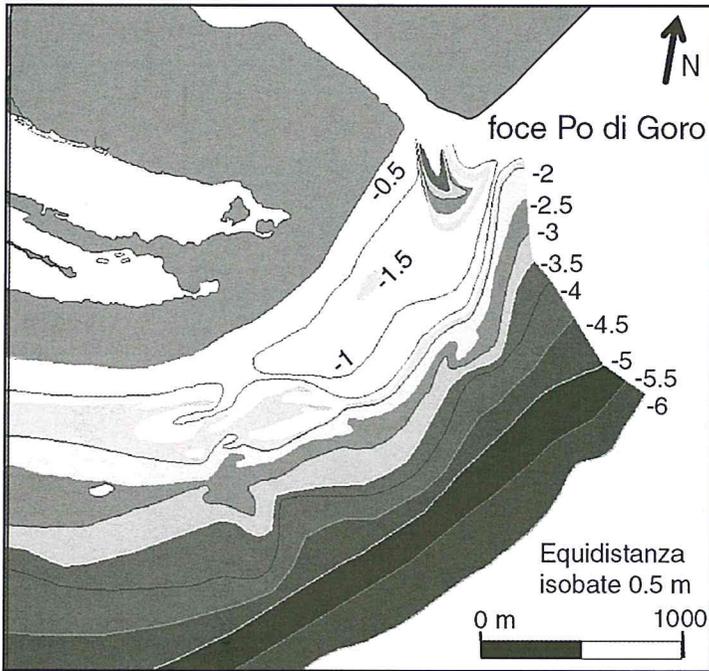


Figura 15 - Batimetria 1998 dell'area di foce.

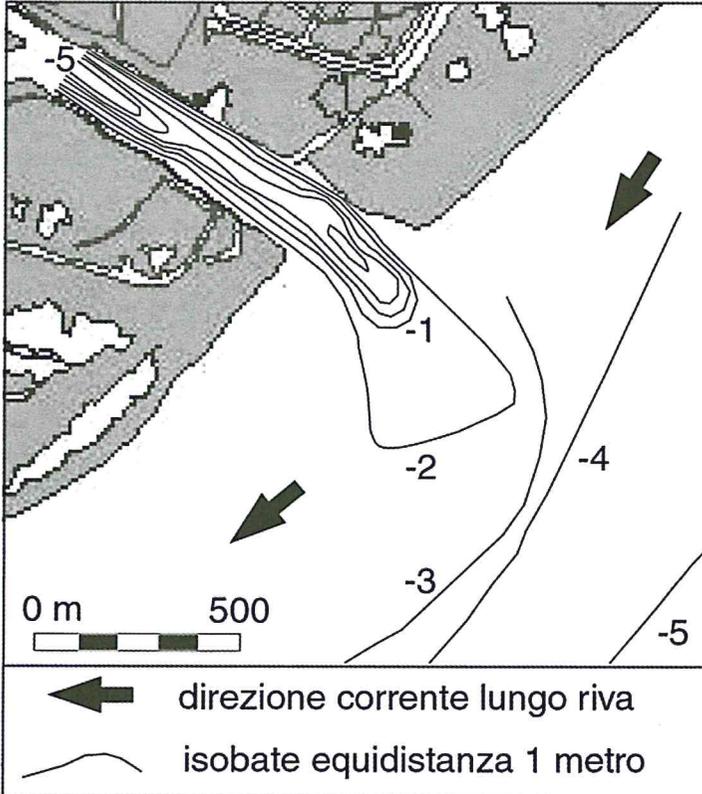


Figura 16 - Rilievo batimetrico 1996.

Il getto della corrente fluviale del ramo di Goro determina uno sbarramento fisico per la corrente lungo costa che conferisce alla barra di foce una forma inizialmente allungata sul lato sovracorrente che successivamente si piega verso sud-est. Questo fenomeno è chiamato “effetto pennello” in quanto presenta caratteristiche analoghe a quelle delle barriere artificiali di protezione costiera. Il rimaneggiamento della barra di foce determina la formazione di isole o cordoni sabbiosi che hanno come origine la riva destra della foce (Fig. 17): il sistema di frecce litorali che costituiscono lo scannone di Goro.

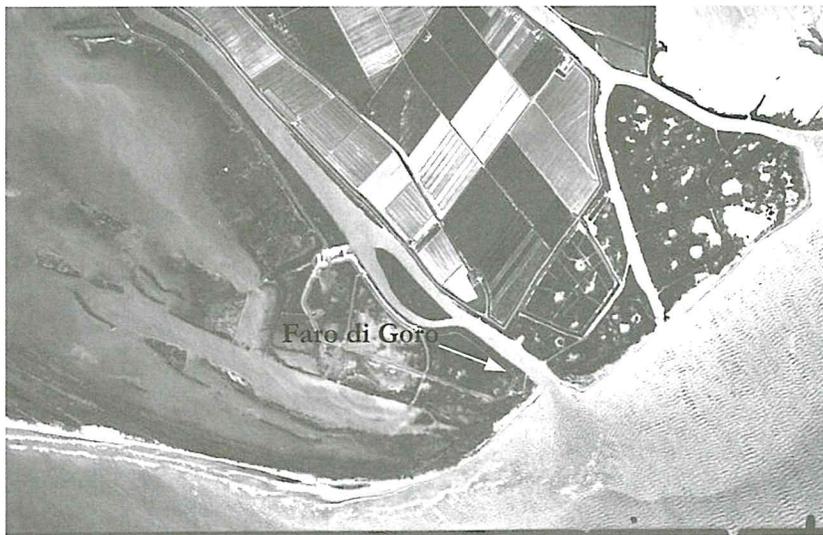


Figura 17 - Foto aerea del 1994 (Provincia) da cui è visibile una chiara asimmetria della foce e la curvatura del flusso fluviale.

Conclusioni

Gli aspetti considerati nell'analisi della morfologia della foce del ramo di Goro, mettono in luce come si sia instaurata dall'inizio degli anni '50 una dinamica che rimane complessivamente inalterata. Il risultato che ne deriva è costituito da una marcata asimmetria della foce.

Le condizioni che hanno innescato quest'assetto sono da ricercarsi nell'andamento della subsidenza registrata nell'area meridionale del Delta del Po durante la seconda metà del secolo scorso e dalle stime riguardanti l'attività estrattiva e il trasporto solido fluviale.

La somma delle condizioni “negative” indotte dalla subsidenza e dal diminuito apporto solido fa sì che la morfologia della foce abbia un controllo marino dominante: infatti l'aumento della ricettività sedimentaria che non viene compensata, non permette al fiume di contrastare i processi costiero-marini, in particolare le correnti sottocosta e la conseguente deriva litoranea.

Sulla sinistra foce (sopracorrente) si manifesta una progradazione maggiore rispetto alla destra (sottocorrente). Il lato sopra corrente è caratterizzato da una spiaggia che presenta un maggiore equilibrio rispetto all'altro, sotto corrente, il quale è invece caratterizzato da una spiaggia molto ridotta interessata da fenomeni di erosione piuttosto che deposizione. Questa condizione ha determinato, per la salvaguardia di questo tratto di costa in cui è sito il Faro di Gorino, la necessità mettere in atto opere di protezione ad iniziare dalla fine degli anni '70 (Idroser, 1994).

La presenza di una barra ben sviluppata, orientata verso sud-ovest, determina il perdurare della spiccata asimmetria della foce e controlla l'alimentazione sedimentaria della porzione orientale dello Scanno, mantenendo al contempo un'alimentazione indipendente del lato in sinistra della foce, che trae sedimento dalla redistribuzione lungo costa degli apporti provenienti dal Po di Donzella e, secondariamente, dal Po di Tolle.

Bibliografia

- Bondesan M. (1988) - *Aspetti e problemi geomorfologici del territorio deltizio padano: 2a Escursione - Delta del Po*. In: Bondesan M., Elmi C., Nesci O., Dal Cin R. e Veggiani A. (a cura di), Guida alle escursioni. Gruppo Nazionale di Geografia Fisica e Geomorfologia, riunione annuale: Riccione - Delta del Po, 21-24 giugno 1988. pp. 31-58.
- Bondesan M. e Dal Cin R. (1975) - *Rapporti fra erosione lungo i litorali emiliano-romagnoli e del delta del Po e attività estrattiva negli alvei fluviali*. In: Cave e assetto del territorio, Italia Nostra - Regione Emilia Romagna. pp 127-137.
- Bondesan M., Minarelli A. e Russo P. (1990) - *Analisi dei movimenti verticali del suolo avvenuti nel periodo 1970-1978 lungo l'asta del Po ad est di Polesella e nel delta*. In: PO AcquAgricolturaAmbiente, vol 2°: L'alveo e il delta; Il Mulino Ed., Bologna. pp. 385-407.
- Ciabatti M. (1966) - *Ricerche sull'evoluzione del Delta Padano*. Giornale di Geologia, XXXIV, fascicolo II: 1-27.
- Dal Cin R. (1983) - *I litorali del delta del Po e alle foci dell'Adige e del Brenta: caratteri tessiturali e dispersione dei sedimenti, cause dell'arretramento e previsioni sull'evoluzione futura*. Boll. Soc. Geol. It., 102: 9-56.
- Dal Cin R. (1994) - *Lo scannone di Goro nel Delta del Po: evoluzione morfologica e possibili interventi per conservare l'ambiente della laguna retrostante*. In: Bencivelli S., Castaldi N. & Finessi D. (a cura di) Sacca di Goro: Studio integrato sull'ecologia in relazione ai problemi dell'inquinamento, della conservazione e dello sviluppo - 2° anno di ricerche, FrancoAngeli Ed., Provincia di Ferrara. pp. 291-303.
- Dal Cin R. e Simeoni U. (1984) - *Variazioni volumetriche del delta padano nell'ultimo secolo, distribuzione dei sedimenti nei rami deltizi e caratteri granulometrici dei materiali cavati nel basso Po*. In: Atti del 2° Convegno di Idraulica Padana, Parma 15-16 luglio 1984. pp. 255-279.
- Idroser (1984) - *Piano progettuale per la difesa della costa Adriatica, Emiliano-Romagnola*. Regione Emilia Romagna, vol. II-III-IV, pp. 636.
- Idroser (1994) - *Aggiornamento ed integrazione del Piano progettuale per la difesa della costa adriatica emiliano-romagnola*. Relazione generale, Regione Emilia-Romagna, Bologna. 276 pp.
- Komar P. D. (1973) - *Computer Models of Delta Growth Due to Sediment Input from Rivers and Long-shore Transport*. Geological society of America Bulletin, 84: 2217-2226
- Selli R. (1949) - *Le conoscenze geologiche sul quaternario gassifero del polesine e del ferrarese settentrionale*. Estratto dagli atti del convegno nazionale per il metano, Padova 14-16 giugno. Succ. Penada Stampatori, Padova. pp. 26.
- Selli R. (1967) - *The Pliocene-Pleistocene boundary in italian marine sections and its relationship to continental stratigraphies*. In "Progress in oceanography" (volume 4). Pergamon Press - Oxford & New York. pp.67-86.
- Simeoni U., Ciavola P., Fontolan G., Gabbianelli G., Mazzini E., Tessari U. e Zamariolo A. (1997) - *Evoluzione dello Scannone di Goro (Delta del Po)*. In: Abstracts of GEOITALIA 97-FIST, CLEUP Ed., Padova. pp.43-44.
- Simeoni U., Borghesi A., Calderoni G., Ciavola P., Fontolan G., Gatti M., Gonella M., Tessari U. e Zamariolo A. (1998) - *Analisi previsionale dell'evoluzione dello Scanno e della Sacca di Goro. Relazione finale*. R.E.R., Ass. Agricoltura, Servizio Sviluppo Agro-alimentare, Bologna. pp 273.

Manoscritto ricevuto il 20/1/2000, accettato il 20/3/2000.