

CARATTERIZZAZIONE DI AMBIENTI VALLIVI MEDIANTE INFORMAZIONI STORICHE E DATI TELERILEVATI

Francesco MANCINI(*), Massimiliano NURRA(**)

(*) Dipartimento di Architettura e Urbanistica, Politecnico di Bari, Via Orabona, 4 – 70125 Bari
f.mancini@poliba.it

(**) CIRSA, Università di Bologna, P.zza Kennedy, 12 – 48100 Ravenna
massimiliano.nurra@unibo.it

Riassunto

Il lavoro riguarda lo studio del sistema delle Valli di Comacchio attraverso l'analisi di documentazione storica e l'utilizzo di dati satellitari Landsat per la caratterizzazione di alcuni aspetti idrodinamici relativi al processo di mescolamento tra acque costiere ed interne. I risultati ottenuti consentono una quantificazione dei lineamenti evolutivi del sistema vallivo ed evidenziano un regime idrodinamico costiero e vallivo ampiamente confermato da indagini puntuali e precedenti studi.

Abstract

The paper deals with the evolution of the wetland ecosystem Valli di Comacchio by the use of historical maps, aerial imageries and Landsat satellite data. A particular interest is being focused over some hydrodynamic aspects related to the mixing of fresh and salt water forced by tides or man-induced. Results highlight conditions that are validated by local surveys and previous literature.

Introduzione

La tutela e valorizzazione di aree di elevato interesse ambientale e naturalistico, come quelli vallivi, deve prevedere una fase conoscitiva dei lineamenti storico-evolutivi e sulle principali caratteristiche idrodinamiche spesso regolate da opere idrauliche e fattori naturali. Una ricerca di questo tipo è stata condotta per il sistema delle Valli di Comacchio (Province di Ferrara e Ravenna), la cui genesi è legata alle trasformazioni dei rami deltizi del fiume Po e si intreccia con la serie storica delle bonifiche (a partire dal XV secolo e terminate anni '60) che hanno radicalmente modificato l'assetto del territorio e ridotto l'estensione dell'area sommersa. Questa è stata effettuata grazie alla serie del materiale storico che inizia con la carta napoleonica del 1814 e termina con i dati satellitari Quick Bird più recenti e relativi all'anno 2003. Questa documentazione ha consentito di quantificare l'estensione delle aree bonificate dopo la fase di georeferenziazione.

Definiti i principali lineamenti evolutivi dell'area, l'indagine è continuata con la caratterizzazione idrodinamica del sistema vallivo, elemento di interesse per la coesistenza di ambienti con acque di origine diversa (salmastre, salmastro-marine, di acquitrino e fluviali) in contatto tra loro attraverso meccanismi di scambio regolati in parte dal ciclo delle maree. L'analisi è stata effettuata attraverso le tecniche di classificazione non-supervisionata di immagini Landsat 4, 5 (TM) e 7 (ETM+), acquisite in un periodo compreso fra il 1986 ed il 1999. Le procedure di classificazione hanno fornito un quadro della situazione confermato anche dalle operazioni di monitoraggio ambientale condotte dagli Enti preposti oltre ad avere individuato interessanti fenomeni di natura idrodinamica difficilmente osservabili con le più tradizionali metodologie puntuali. Le maggiori difficoltà insorgono nella fase di interpretazione dei risultati, sempre legati a fattori locali e stagionali. A

queste si somma la necessità di una preliminare conoscenza delle fondamentali caratteristiche dell'ambiente studiato.

Le Valli di Comacchio: lineamenti evolutivi storici

La genesi delle valli di Comacchio è legata alle trasformazioni dei rami deltizi del Po, alle caratteristiche della pianura alluvionale da lui stesso costituita e all'evoluzione della linea di costa. Alla base della formazione di tali specchi d'acqua sta la subsidenza che i fiumi, in condizioni naturali, tendevano a compensare depositando gran parte dei loro sedimenti prima dello sbocco a mare. Fu in seguito alla crisi e successiva estinzione dell'Eridano (VI–VII sec. d.C.) che si originarono le Valli di Comacchio. Infatti a causa della diminuzione dell'apporto sedimentario proveniente dal fiume, venne a mancare l'azione di compensazione alla subsidenza naturale. Inoltre l'antico delta romano arrestò il suo sviluppo, ed il successivo rimaneggiamento delle barre di foce sabbiose ad opera del moto ondoso, provocò l'interclusione di alcuni bracci di mare fra le penisole costruite dall'avanzamento delle foci fluviali, isolandoli, assieme agli stagni preesistenti, dal mare. Con questo nuovo assetto idrografico, le aree di piana e fronte deltizia subirono un rapido sprofondamento per il costipamento dei giovani corpi sedimentari, che non poteva essere bilanciato dalle ridotte portate fluviali e le zone di catino interfluviali, con drenaggio insufficiente, venivano sommerse (Bondesan, 1990). Seguì quindi un periodo in cui l'azione antropica di bonifica cominciò a modificare l'assetto del territorio. Fra il XV ed il XVIII secolo il prosciugamento di paludi e valli salmastre avveniva unicamente grazie alla pendenza naturale del terreno. Le acque torbide dei torrenti venivano condotte verso la valle da bonificare e da queste attraverso dei canali di scolo, le acque chiare venivano condotte verso il mare (bonifica per colmata). Laddove la forza di gravità era insufficiente a garantire un regolare deflusso, in prossimità della alla costa, la bonifica non era possibile. A metà dell'Ottocento l'introduzione della macchina idrovora segna una svolta, consentendo per la prima volta di muovere le acque contro la forza di gravità. Attraverso le bonifiche XIX e XX secolo fino anni '60 (bonifica della Valle del Mezzano) si arriva agli attuali 12.146 ettari circa (Nurra, 2005).

Una rivisitazione dell'evoluzione del sistema vallivo è evidenziata nella Figura 1. L'immagine sintetizza l'evoluzione relativa al periodo 1814 – 2003 in seguito alle operazione di bonifica.

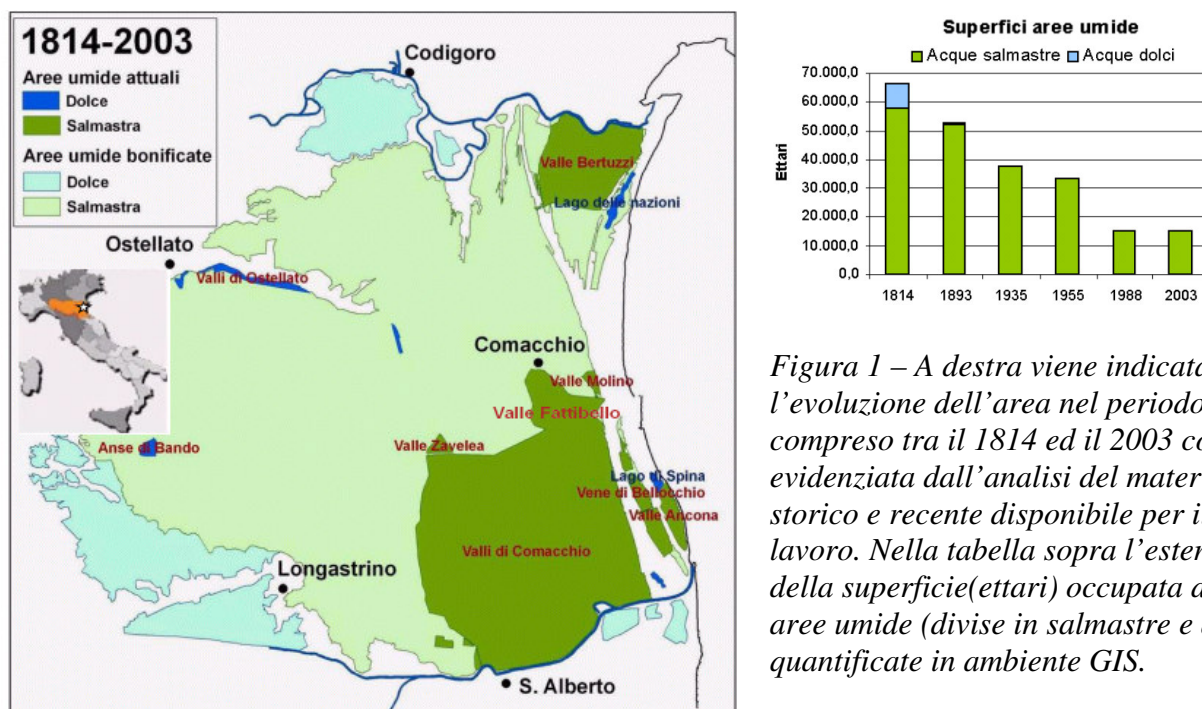


Figura 1 – A destra viene indicata l'evoluzione dell'area nel periodo compreso tra il 1814 ed il 2003 come evidenziata dall'analisi del materiale storico e recente disponibile per il lavoro. Nella tabella sopra l'estensione della superficie(ettari) occupata dalle aree umide (divise in salmastre e dolci) quantificate in ambiente GIS.

Nel riquadro di destra compare l'estensione delle aree umide nei periodi in cui è disponibile documentazione cartografica o fotogrammetrica dell'area. Tutti i documenti sono stati digitalizzati e successivamente vettorializzati in ambiente GIS. In questo modo, dopo la fase di georeferenziazione dei documenti sulla base di elementi noti, il confronto e l'analisi evolutiva diventa immediata. È evidente come, nel periodo citato, l'estensione totale delle aree umide si sia ridotta di 50000 ettari.

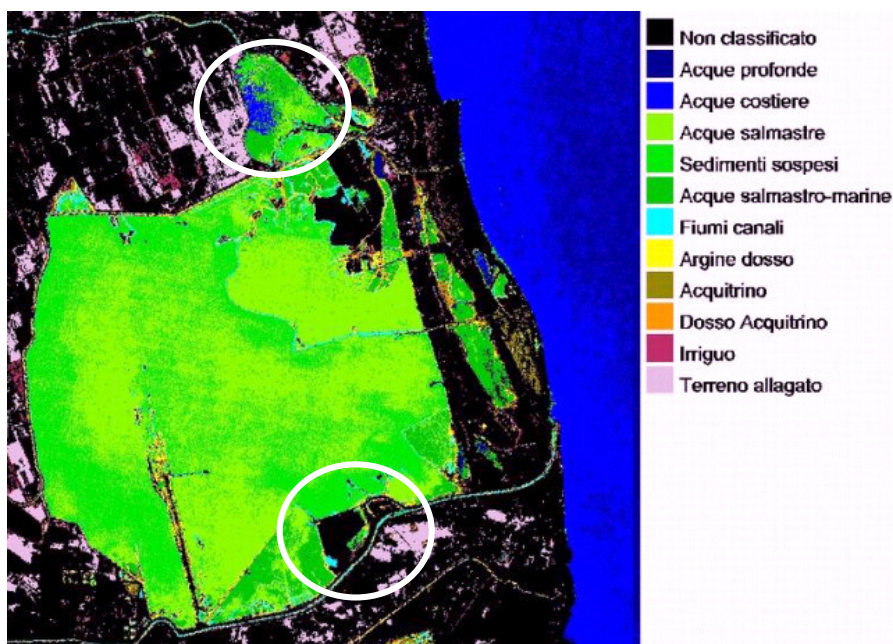
I dati satellitari Landsat per la caratterizzazione dell'ambiente vallivo

La disponibilità di dati satellitari acquisiti dal sensore Landsat, operativo nelle diverse generazioni dai primi anni settanta, consente di effettuare indagini di interesse naturalistico ed ambientale a completamento dell'analisi storico-evolutiva del sistema vallivo. Per questo lavoro sono stati utilizzati i dati dei sensori Landsat 4, 5 TM (Thematic Mapper) e 7 ETM+ (Enhanced Thematic Mapper) relativi al periodo 1986-1999. I dati disponibili sono i seguenti: L4 (ID4192029009121110, del 30 luglio 1991); L5 (ID5192029008628510, del 12 ottobre 1986) e L7 (ID7192029009928150, del 8 ottobre 1999). Nell'ambito dello stesso lavoro sono stati impiegati anche dati del sensore TERRA-ASTER che non saranno discussi nel seguito del lavoro ma che forniscono numerose conferme ai risultati ottenuti. Tali dati sono stati utilizzati per effettuare una classificazione delle acque all'interno, nei corpi idrici adiacenti, e nell'area costiera antistante le Valli di Comacchio, ed analizzare eventuali rapporti tra di esse. Per il trattamento dei dati è stato utilizzato il software ENVI 3.5 della RSI. Dal *frame* completo è stata ritagliata un'area di 750×620 pixel comprendente l'area in esame, mostrata nella figura 2, per la quale sono disponibili le 7 bande caratteristiche del sensore.

Analisi dei dati multispettrali: metodi e verifica dei risultati

Dopo la prima fase di ricampionamento geometrico delle immagini è stata effettuata un'analisi non supervisionata, utilizzando l'algoritmo *K-Means*. Esso calcola delle classi medie uniformemente distribuite nello spazio e, successivamente, effettua la clusterizzazione, assegnando ogni pixel alla classe con la media più vicina. La stessa media viene poi ridefinita. Il processo termina quando non vengono più effettuati riarrangiamenti di pixel e le medie rimangono le medesime, o quando vengono effettuate tutte le interazioni precedentemente impostate. La classificazione non supervisionata ha permesso anche la realizzazione di una libreria di firme spettrali relative ai particolari ambienti costituenti il complesso sistema vallivo. Nella fase di post-classificazione la separazione tra le classi è stata ulteriormente affinata. Con tale metodo è stato possibile riconoscere non solo i vari tipi di acque, ma anche quei particolari elementi paesaggistici caratterizzanti gli ambienti umidi costieri ad elevato grado d'umidità, quali: acquitrini, argini e dossi.

La figura 2 riporta la classificazione restituita da ENVI successivamente al processo di post classificazione, sull'area delle Valli di Comacchio evidenziata nella figura 1; in essa sono evidenziate sei tipologie di acque marine e continentali sulla base delle differenti risposte spettrali: acque profonde, costiere, salmastre, salmastro-marine, acque con alto contenuto di sedimenti sospesi, corpi idrici di fiume e canale. È stato possibile identificare altre cinque classi d'informazione relative ad ambienti di transizione e continentali: acquitrini, argini-dossi, dossi-acquitrino, irriguo e terreno allagato. Dall'analisi delle firme spettrali (non riportate) si osserva, molto nettamente, la crescente risposta nelle bande 4 e 5 per gli ambienti umidi continentali, a causa soprattutto della presenza di vegetazione affiorante o in ambiente misto.



Risulta chiaro come l'interpretazione dei risultati in ambienti di questo tipo debba essere fortemente correlata all'epoca di acquisizione dei dati. Si consideri infatti che lo scambio di acque tra ambienti marini, fluviali e continentali avviene non solo in modo naturale ma anche attraverso l'azione di canali di comunicazione e sifoni. Nel mese d'ottobre, ad esempio, i canali di comunicazione con il mare vengano utilizzati in fase di carico.

Figura 2 – Risultato della classificazione ottenuta utilizzando i dati L7 (ID7192029009928150, del 8 ottobre 1999) per le sole aree umide.

Si vede allora come solamente la Valle Fattibello (l'area cerchiata più settentrionale nell'immagine) risenta dell'effetto diretto della marea, mentre le restanti porzioni vallive ricevono scarsi apporti di acque marine attraverso canali controllati da chiuse (Bucci, 1993).

Nel complesso delle Valli Meridionali (area cerchiata meridionale) alcune aree utilizzate per l'allevamento ittico estensivo privato risultano non classificate in quanto prosciugate nel periodo di riferimento, ma qui si riscontra la presenza di acque fluviali, derivanti dalla naturale infiltrazione dal fiume Reno e dall'approvvigionamento per scopi ittici. In quest'area si può notare anche l'immissione di acqua fluviale ad opera dei sifoni collocati alla base della penisola di Boscoforte. Anche nelle lagune salmastre collocate tra i cordoni sabbiosi che separano le Valli dall'Adriatico, sono maggiormente presenti delle acque classificate come salmastro-marine. La più vasta zona ad acquitrino è stata riscontrata nell'area a sud del canale Bellocchio, dove fino agli anni '60 era presente la foce del Reno.

L'analisi eseguita con la stessa metodologia sull'immagine Landsat -5 (Figura 3), ha restituito una classificazione con alcune differenze rispetto all'immagine precedente. In tale immagine pur applicando gli stessi parametri per l'algoritmo di clusterizzazione, le aree non classificate risultano essere nettamente inferiori, questo ha permesso l'individuazione di nuove classi d'informazione relative a terreni umidi: terreno argilloso-torbo, in corrispondenza di aree di sedimentazione, non soggette all'azione costruttrice del mare o dei fiumi (ambienti a bassa energia); terreno umido sabbioso, in corrispondenza di cordoni litoranei soggetti all'azione del moto ondoso (ambienti ad alta energia, Bondesan et al., 1999; Lenzi, 1993). Tale caratteristica è dovuta sostanzialmente ad un elevato contenuto d'umidità dei territori inquadrati nella scena, derivante, probabilmente, dalla maggiore quantità di precipitazioni verificatesi nell'autunno 1986 rispetto all'autunno 1999 (RER, 1995).

Le acque della Valle Fattibello e dei bacini di ripulsa limitrofi appaiono sostanzialmente differenti, sia da quelle degli altri specchi vallivi, evidenziandone gli scarsi ricambi idrici esistenti; sia dalla classificazione precedente, mostrando in questo caso, caratteristiche delle acque costiere.

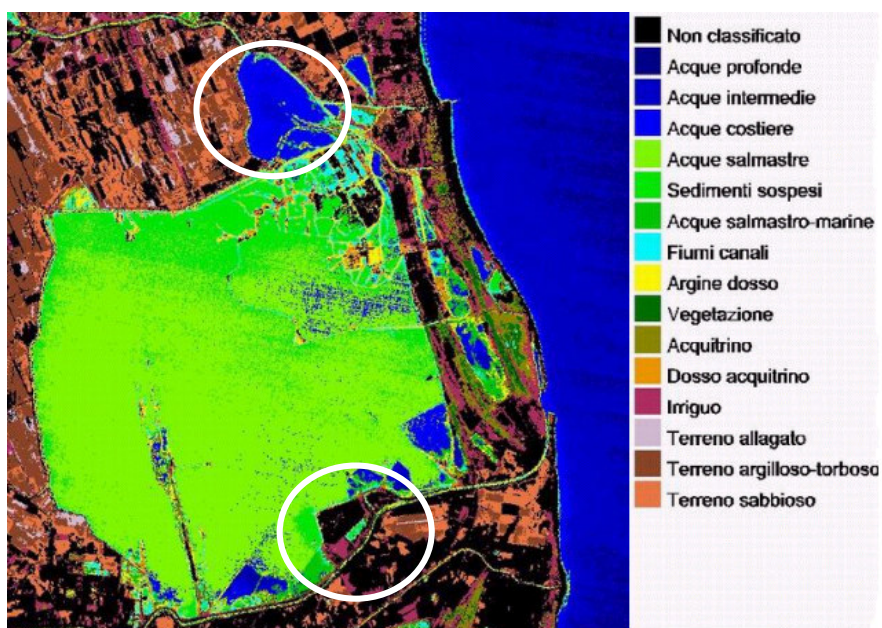


Figura 3 – Risultato della classificazione ottenuta utilizzando i dati L5 (ID5192029008628510, del 12 ottobre 1986) per le sole aree umide.

Sono inoltre facilmente distinguibili i terreni sedimentari con tessitura argillosa-torbosa da quelli sabbiosi, grazie alla loro differente capacità di trattenere l'acqua, che ristagna nei primi e percola più rapidamente nel sottosuolo nei secondi. Ulteriori differenze sono emerse dall'analisi eseguita con la stessa metodologia sull'immagine L4. Qui aumenta l'estensione dell'area non classificata probabilmente a causa del minore contenuto di umidità dei suoli. La scena infatti è relativa al periodo estivo (luglio 1991) in condizione di aridità dei suoli.

Non disponendo, per l'ambiente studiato, di aree di istruzione a terra come nella classificazione supervisionata, si possono verificare i risultati ottenuti dall'analisi dei dati sulla base delle numerose informazioni disponibili per l'area negli studi multisettoriali condotti ed alle procedure di monitoraggio dei parametri chimico-fisici. Poiché le immagini sono relative agli anni: 1999, 1991 e 1986, sono state consultate diverse fonti bibliografiche per tale periodo. Non vi è qui lo spazio per illustrare tutte queste informazioni che comunque vengono riassunte e riorganizzate da Nurra, 2005. Dal punto di vista geologico, geomorfologico e sedimentario i risultati ottenuti in questo studio risultano in linea con gli studi svolti da: Bondesan, 1990; Lenzi, 1993; Valpreda, 1993; Bondesan et al., 1999; Amorosi et al., 2003.

Conferme per quel che riguarda l'assetto idrografico ed idrogeologico rilevati vengono dagli studi di: Bondesan, 1989; Barili et al., 1993; Bucci, 1993; Viaroli & Giordani, 1997; Costa, 1999.

Le principali caratteristiche chimico-fisiche e di qualità delle acque riscontrate risultano in linea con gli studi svolti da: Sorokin e Bilio, 1981; Olivieri et al., 1991; Laguna, 1996; Sorokin et al. 1996; ARPA, 2002. Verifiche sulle variazioni climatiche e sulla forte stagionalità del sistema vallivo sono state invece condotte analizzando gli studi: R.E.R., 1995 e ARPA 1997.

Conclusioni

Nel lavoro si è visto come, a fianco del materiale cartografico ed aerofotogrammetrico, i dati satellitari possano essere utilizzati per la caratterizzazione di ambienti complessi come quelli vallivi-costieri sia per aspetti relativi ai lineamenti evolutivi sia per la determinazione di fattori idrodinamici. Tuttavia, la disponibilità solo episodica dei dati satellitari rende questo tipo di indagine necessariamente complementare ad altre, come i monitoraggi in situ, fornendo però quella visione complessiva ed estesa, tipica del rilevamento da remoto, che amplia la capacità di interpretazione dei fenomeni in atto.

Bibliografia

Amorosi A., Centineo C., Colalongo M.L., Pasini G., Sarti G., Vaiani S.C., (2003), "Facies Architecture and latest Pleistocene-Holocene depositional history of the Po delta (Comacchio area)", Italy, Journal of Geology, 111, 39-56.

- ARPA, Sezioni Provinciali di Ferrara e Ravenna, (1997), "Qualità ambientale nel Parco Del Delta del Po – Principali fonti di emissione in atmosfera e parametri meteorologici" Ghigli E., Strocchi V. ed., Atti della giornata di studio, Comacchio.
- ARPA, 2002, Stato del litorale emiliano-romagnolo all'anno 2000, Bologna, 9, 32-39.
- Barili L., Lenzi G., Mazzone N., Moretti L., Olivieri P., Tesini E., Valpreda E., Vincenzi D., (1993), "Ricerche idrogeologiche nelle Valli di Comacchio", ENEA, Bologna.
- Bondesan M., (1989), "Condizioni e problemi attuali del territorio ferrarese, da Terre ed acqua – Le bonifiche ferraresi nel delta del Po", 235-236
- Bondesan M., (1990), "L'area deltizia padana: caratteri geografici e geomorfologici" in "Il Parco del Delta del Po, studi e immagini, vol.1 - L'ambiente come risorsa", 9-48, Spazio Libri ed., Ferrara
- Bondesan M., Calderoni G., Cattani L., Ferrari M., Furini A.L., Serandrei Barbero R., Stefani M., (1999), "Nuovi dati stratigrafici, paleoambientali e di cronologia radiometrica sul ciclo trasgressivo-regressivo olocenico nell' area deltizia padana", Annali Univ. Ferrara, 8, 34.
- Bucci M., (1993), "Bilancio idrologico delle Valli di Comacchio", Atti del seminario su: Attività in campo idrologico, idrogeologico e geologico, ENEA, Bologna, 137-155.
- Lenzi G., (1993), "Ricostruzione del modello geologico del sottosuolo nelle Valli di Comacchio sulla base dei sondaggi eseguiti all'interno ed al contorno delle residue Valli, considerazioni stratigrafiche, litologiche, geotecniche e mineralogiche", ENEA, 123 p., Bologna.
- Nurra M., (2005), "Evoluzione geomorfologica delle Valli di Comacchio mediante tecniche di telerilevamento", Tesi di Laurea in Scienze Ambientali, Università di Bologna.
- Olivieri P., Barilli L., Mazzone N., Silingardi D., Tesini E., Zanini G., Malaguti A., Gness A., (1991), Qualità delle acque nelle Valli di Comacchio, ENEA, 55 p., Bologna.
- REGIONE EMILIA-ROMAGNA, Servizio Meteorologico Regionale, (1995), "I numeri del clima della Regione Emilia-Romagna", a cura di G. Di Dio, S.E.L.C.A., Firenze, 120p.
- Sorokin Y. I., Bilio M., (1981), "Studies of microbial sul fate reduction and microplankton in the fish culture ponds of Comacchio region, Biology of the sea", Vladivostok, 2, 50 – 58.
- Sorokin Y. I., Dallochio F., Gelli F., Pregolato L., (1996), "Phosphorus metabolism in anthropogenically transformed lagoon ecosystem: the Comacchio lagoons (Ferrara, Italy)", Journal of sea research, 35(4), 243 – 250.
- Valpreda E., (1993), "I depositi quaternari costituenti l'acquifero freatico delle Valli di Comacchio", in Atti del seminario su: Attività in campo idrologico, idrogeologico e geologico, ENEA, Bologna, 60-87.
- Viaroli P., Giordani G., (2001), "Valli di Comacchio, North Adriatic Coast of Italy", LOICZ R&S, 19, 46-49.