

# STUDIO DELLE SUPERFICI A CANNETO DELLA SACCA DI GORO ATTRAVERSO IMMAGINI SATELLITARI AD ALTA RISOLUZIONE

*Bresciani Mariano*<sup>\*</sup>, *Montagna Martino*<sup>\*\*</sup>, *Giardino Claudia*<sup>\*\*\*</sup>, *Stroppiana Daniela*<sup>\*\*\*</sup> e *Fila GianLuca*<sup>\*\*\*\*</sup>

(\*) Stazione sperimentale CNR-IREA "Eugenio Zilioli" via Punta Staffalo 16 Sirmione (BS) tel. 030-916556, fax 030-916556, e-mail: [bresciani.m@irea.cnr.it](mailto:bresciani.m@irea.cnr.it)

(\*\*) Università degli Studi di Ferrara, Dipartimento di Biologia ed Evoluzione, Sezione Biologia Ambientale, 329-9659230, e-mail: [martinomontagna@virgilio.it](mailto:martinomontagna@virgilio.it)

(\*\*\*) Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente CNR via Bassini 15 Milano tel. 02-23699298, fax. 02-236999300, e-mail: [giardino.c@irea.cnr.it](mailto:giardino.c@irea.cnr.it)

(\*\*\*\*) Centro Rilevamento Ambientale del Comune di Sirmione, via Punta Staffalo 16 Sirmione (BS) tel. 030-916556, fax 030-916556, e-mail: [cra@sirmionebs.it](mailto:cra@sirmionebs.it)

## Sommario

Lo studio e la gestione ottimale delle aree a canneto risulta di primaria importanza poiché esse svolgono un fondamentale lavoro di assorbimento dei nutrienti e d'ossigenazione del sedimento proprio nelle aree con più scarso idrodinamismo. In questo lavoro, iniziato a prosecuzione dello studio delle aree a canneto della penisola di Sirmione sul Lago di Garda ci si concentra sull'analisi degli areali a canneto della Sacca di Goro attraverso le tecniche di Telerilevamento. La Sacca di Goro, laguna costiera posta nella parte sud del complesso deltizio del fiume Po, è, come tutti gli ambienti di transizione, soggetta a rapide dinamiche evolutive che la rendono a rischio di un'elevata possibilità di degrado con le ovvie ripercussioni sui numerosi ed interconnessi interessi che vi incalzano: pesca, molluschicoltura, turismo e conservazione ambientale. Tutto ciò può essere preservato solo con un costante e mirato intervento dell'uomo che trova nel Telerilevamento un potente mezzo di monitoraggio e pianificazione, nonché di valutazione dei risultati ottenuti nella gestione. In particolare, al fine di valutare lo stato di salute dei canneti e la loro evoluzione spaziale negli ultimi anni, in questo studio sono state utilizzate 4 immagini Quickbird. Dall'elaborazione e interpretazione delle immagini è stato possibile individuare l'areale a canneto e distinguerlo dalle altre associazioni vegetali ed è stato possibile valutare l'evoluzione subita dai canneti tra il 2003 ed il 2006. Le caratteristiche di vigore vegetativo di questi canneti sono state inoltre confrontate con quelle di aree a canneto presenti nella penisola di Sirmione e nei laghi di Mantova per capire quanto le caratteristiche delle acque e la diversità d'ambienti condizioni la risposta della specie.

## Abstract

Common reed areas are an extremely valuable component of the aquatic ecosystem as they have well recognised ecological functions. They stabilise and oxidise sediments, enhance nitrification and denitrification coupling, act as nursery areas for fishes and invertebrates, produce oxygen in the bottom water and control the concentration of dissolved nutrients through roots and leaf uptake and conversion in recalcitrant biomass. This study, which follows other recent remote sensing-based investigations on common reed areas located in the Sirmione Peninsula (Lake Garda), is focused on common reed areas of Sacca di Goro. Sacca di Goro, a coastal lagoon located in the Po river mouth, like all the transition environments, is a fragile ecosystem. It is characterised by a high degree of change that strongly influencing the economy of the entire area (based on aquaculture, fishery, tourism), besides the ecosystem conservation. In such a context, remote sensing techniques may result powerful for better management of the entire area. Four high resolution Quickbird images have been hence analysed to detect the variation of common reed areas from 2003 to 2006. In order

to understand the impact of water quality on common reed, the vegetation status of the Sacca di Goro common reeds has been compared to other common reed areas located in the Sirmione Peninsula and in Mantua lakes, respectively.

### **Area di Studio**

La Sacca di Goro, situata nella provincia di Ferrara, è la laguna più meridionale del Delta del Po; di forma approssimativamente triangolare, ha un'estensione di 26 km<sup>2</sup>, con una profondità media di 1.5 m. È delimitata a nord dal ramo del Po di Goro, ad ovest dal Bosco della Mesola e a sud, a mare, da un imponente sistema di scanni sabbiosi che si protendono da est ad ovest e sono soggetti a continui e cospicui rimaneggiamenti sia per le azioni del mare che per le opere di consolidamento attuate dall'uomo. La Sacca riceve apporti d'acque dolci da parte del Po di Volano (un ampio canale di cui è tributario l'intero bacino idrografico del Burana-Volano), dal Canal Bianco e dal Po di Goro, in particolare nei periodi di grande piovosità. Nella Sacca sono anche versate direttamente, da tre impianti di sollevamento (Giralda, Romanina e Bonello), le acque reflue delle aree agricole circostanti. Le variazioni degli apporti di acque dolci, unite alla ciclicità, giornaliera e stagionale, dei flussi di marea, determinano ampie fluttuazioni dei parametri fisico-chimici delle acque. In base alle caratteristiche biologiche, chimico-fisiche e all'idrodinamica è possibile suddividere la Sacca in tre zone: zona occidentale, influenzata dal Po di Volano con rapide variazioni di salinità sia spaziali che temporali; zona centrale, caratterizzata da ampi e continui scambi con il mare aperto, quindi a salinità certamente marina; zona orientale, in gran parte identificabile con la valle di Gorino, fortemente confinata e influenzata dal Po di Goro, caratterizzata da acque relativamente dolci, da una flora e una fauna caratteristiche oltre che da uno scarso idrodinamismo.

Questa laguna è un'importante area sia per ragioni ambientali che economiche. Le zone orientali ed occidentali, in quanto aree di transizione tra ambienti diversi, risultano essere aree di ampio interesse ecologico per la grande quantità di specie animali e vegetali che le popolano (479 ha di Riserva naturale di popolamento animale istituita con Decreto 18 Novembre 1982, 1.330 ha di zona umida di importanza internazionale istituita con Decreto 13 Luglio 1981). L'importanza economica è legata alla produzione di pesci e molluschi che danno lavoro a più di 5000 persone. Questa area risente notevolmente del grande apporto di nutrienti, derivanti in massima parte dal bacino scolante di tipo agricolo, unitamente allo scarso ricambio idrico (dovuto alla bassa profondità e il lento ricambio idrico) predispongono questo ambiente all'eutrofia, ossia ad elevati valori di produzione primaria, sostenuti sia da microalghe che da macrofite.

Le altre aree considerate in questo studio sono localizzate nella penisola di Sirmione del lago di Garda e sul perimetro dei laghi di Mantova. La zona a canneto di Sirmione è da anni soggetta a studi di Telerilevamento nell'ambito di RIZOMA, un progetto appena concluso ed atto alla divulgazione per la sensibilizzazione degli ecotoni a *Phragmites australis*, nonché alla loro gestione (Bresciani, 2007). I canneti dei laghi di Mantova sono stati scelti per la particolarità di questi ambienti, nei confini del Parco del Mincio nonché più ampia area umida italiana. Inoltre, le tre aree considerate, presentano particolarità utili per approfondire le conoscenze dei canneti e le tecniche di studio: i canneti del lago di Garda crescono nelle zone costiere di un lago oligo-mesotrofico caratterizzato da un ridotto grado d'inquinamento ma con un notevole disturbo antropico, non presenta fenomeni d'interramento e dunque d'eccessiva sedimentazione costiera; i canneti dei laghi di Mantova crescono in prossimità di acque ipertrofiche; i canneti del delta del Po sono invece bagnati da acque caratterizzate da un non trascurabile contenuto salino.

### **Metodologia**

La prima parte del lavoro si è concentrata sull'elaborazione di 4 immagini Quickbird acquisite sulla Sacca di Goro, rispettivamente il 10-02-03, 06-08-04, 24-09-05 e 23-01-06. I dati, già parzialmente preprocessati all'origine, sono stati forniti proiettati e geocodificati nel sistema di UTM 32. La dimensione del pixel era fissata pari a 0.70 m per il pancromatico e pari a 2.8 m per il multispettrale.

Le nostre elaborazioni hanno riguardato la fusione pansharpening per portare il dato multispettrale a quattro bande alla massima risoluzione spaziale utilizzando la tecnica detta Gramm-Schmidt sharpening, la georeferenziazione e infine la classificazione. Per quest'ultima abbiamo adottato una tecnica di tipo automatico "hard" individuando, per fotointerpretazione, delle Region of Interest (ROI) che hanno guidato il classificatore Maximum Likelihood nel riconoscere l'appartenenza dei singoli pixel a 5 classi definite in partenza (acque profonde, acque basse, altra vegetazione, canneto e suolo nudo).

La seconda parte del lavoro è stata invece orientata al confronto delle caratteristiche fisiologiche dei canneti della Sacca di Goro, rispetto a quelli di Sirmione e dei laghi di Mantova, allo scopo di ricercare e valutare differenze e/o similitudini. Sulla base del Progetto RIZOMA, questo confronto è stato effettuato anche per comprendere meglio le potenzialità del Telerilevamento nello studio e quindi in una migliore gestione delle aree a canneto. A tal fine, nel corso dell'estate del 2007, sono state condotte delle attività sperimentali di campo sulle tre differenti aree a canneto. I rilievi erano mirati alla stima dell'Indice di Area Fogliare o Leaf Area Index (LAI), definito come l'area di superficie fogliare vivente per area di superficie di suolo ed utile indicatore della densità della chioma e della biomassa (Rouse, 1973).

Per aumentare la consistenza delle stime, i rilievi sono stati condotti con due differenti strumentazioni: un ceptometro (AccuPAR LP-80) ed una camera emisferica (Nikon Coolpix E 990). Lo strumento AccuPAR stima il LAI a partire da misure di radiazione fotosinteticamente attiva, o Photosynthetic Active Radiation (PAR), eseguite simultaneamente con due appositi sensori, posti rispettivamente sotto e sopra la chioma. Oltre al LAI, lo strumento è in grado di fornire le misure di altre variabili relative all'architettura della chioma ed alla posizione del sole, fornendo informazioni utili all'interpretazione del dato.

La camera emisferica è invece una macchina fotografica dotata di lente con angolo di vista di 180° (fisheye), che produce una fotografia come proiezione di una semisfera sul piano orizzontale. Collocando la macchina sotto la chioma ed inquadrando dal basso verso l'alto si eseguono le fotografie necessarie per la stima del LAI. Questa si basa su misure di trasmittanza (gap fraction) calcolate in base ad una classificazione binaria (vegetazione/cielo) dell'immagine. In particolare, per calcolare la gap fraction dalle singole immagini ci si è avvalsi del programma `can_eye_3.2` (Baret, 2004), che a partire dalla stima della trasmittanza permette di risalire al LAI (Zaffaroni, 2005).

## **Risultati**

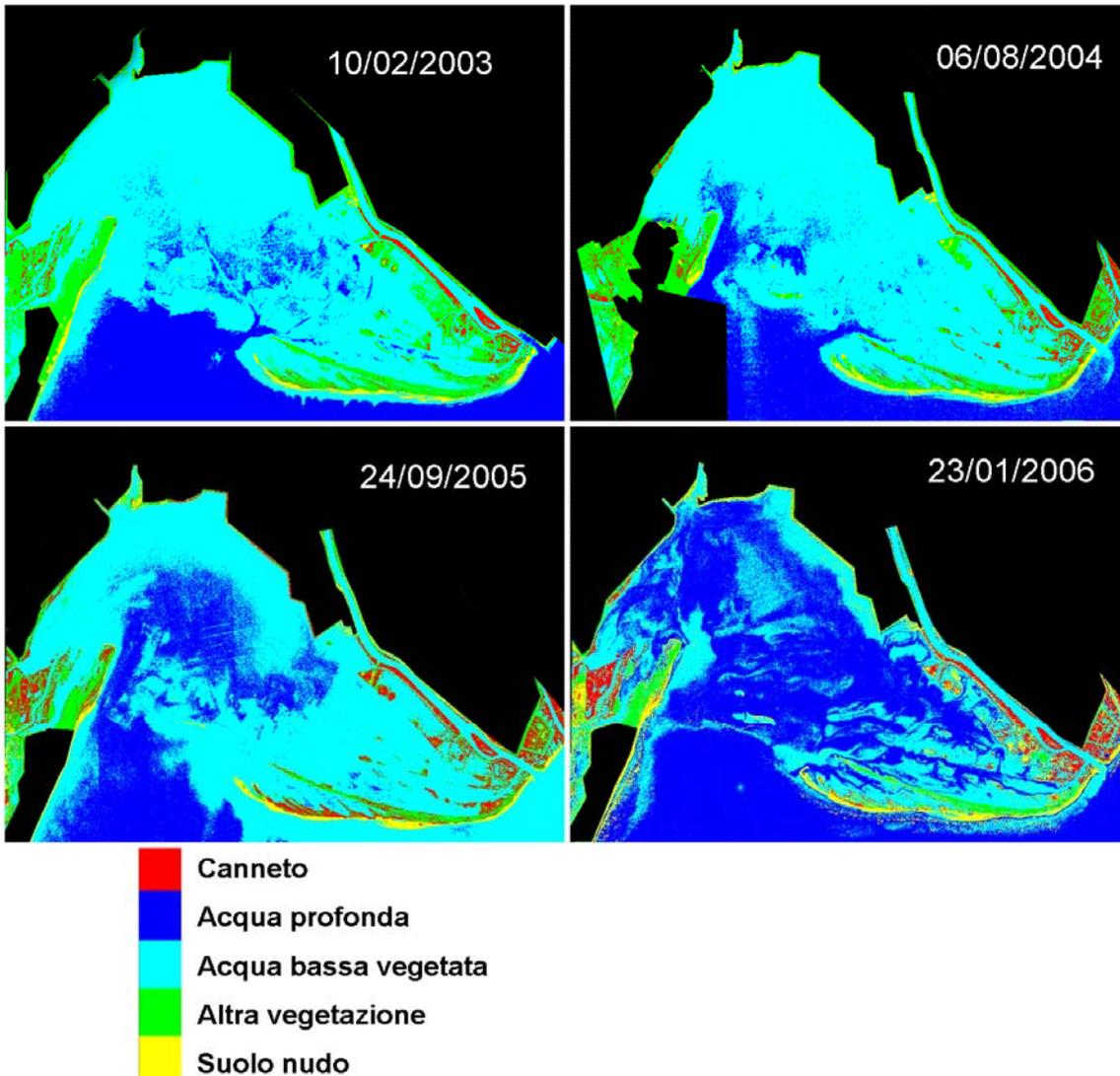
### **Costruzione delle mappe da immagini Quickbird**

Nell'immagine dell'agosto 2004 non è stato possibile valutare l'area a canneto di Volano a causa della copertura nuvolosa sull'immagine.

Le mappe hanno permesso di evidenziare la dislocazione degli areali a canneto che sono posizionati nelle zone della Sacca caratterizzate da scarso apporto d'acqua marina e moderato idrodinamismo; queste aree sono poste nella parte ovest a ridosso del Po di Volano e ad est nella Valle di Gorino e nei tratti finali ed estuari del Po di Goro.

La classificazione utilizzata permette una buona discriminazione del canneto rispetto alle altre specie erbacee palustri come *Salicornia ramosissima* o *Suaeda maritima* si trova invece in difficoltà a discriminare alcune specie arbustive come ad esempio *Amorpha fruticosa* e *Arundo donax* che presentano un'altezza e caratteristiche spettrali comparabili.

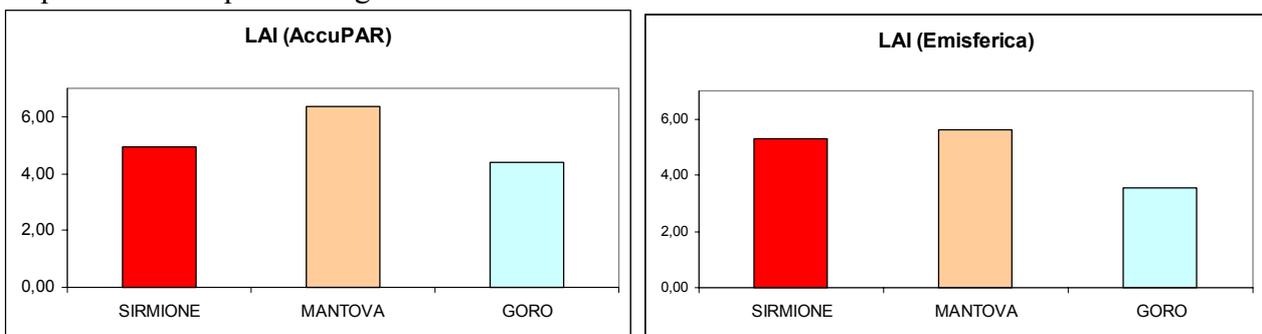
Nelle immagini 2005 e 2006, rispetto agli anni precedenti, si evidenzia l'aumento della copertura a canneto, in particolare l'aumento è evidente in corrispondenza delle aree soggette a piantumazione, effettuata allo scopo di creare un'area di fitodepurazione.



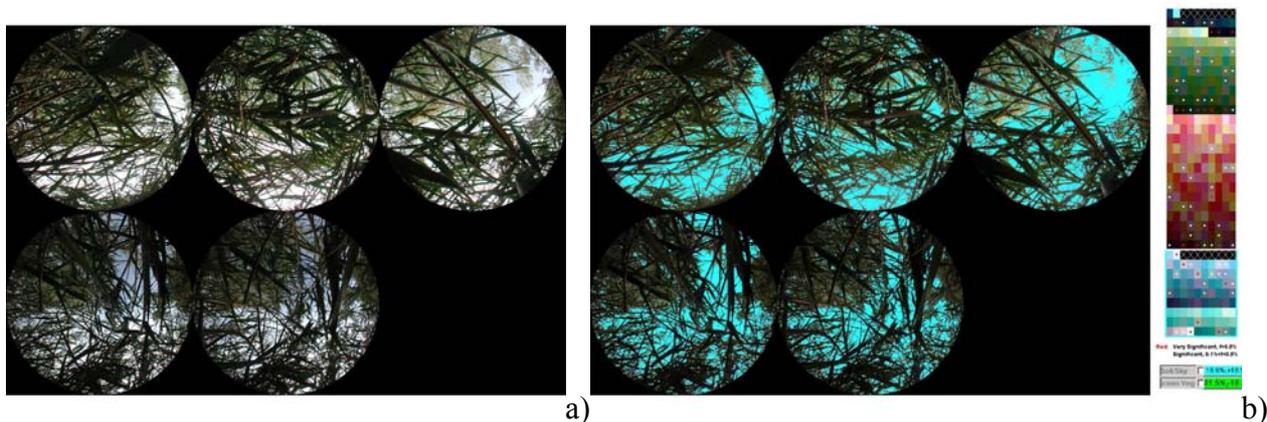
**Fig. 1** Mappe delle aree a canneto ottenute dai dati Quickbird (ogni scena è larga approssimativamente 12 km).

### Confronto tra tre differenti aree a canneto attraverso le tecniche di Telerilevamento

Il confronto tra i valori di LAI ottenuti sia tramite ceptometro AccuPAR, sia tramite camera emisferica Nikon Coolpix E 990 sono risultati tra loro consistenti, con una sottostima da parte della camera emisferica. Entrambi i set di misure hanno evidenziato alcune differenze tra le tre associazioni vegetali. I grafici di figura 2 evidenziano come i valori di LAI siano più alti nei canneti delle coste dei laghi di Mantova e più bassi in quelli della valle di Goro, in accordo alle condizioni di qualità dell'acqua dei singoli ecosistemi.



**Fig. 2** Confronto tra i valori di LAI misurati con l'AccuPAR e con la camera emisferica nei tre siti a canneto.



**Fig.3 Esempio di fotografie digitali acquisite per la stima del LAI con camera emisferica (a) e classificazione ottenuta con il software CAN-EYE (b).**

### Conclusioni e prospettive future

L'elaborazione delle immagini Quickbird ha permesso il riconoscimento delle aree a canneto della Sacca di Goro, discriminandole dalle altre forme vegetali. Dall'elaborazione automatica delle immagini multitemporali è emerso che nei mesi invernali, quando sia la cannuccia di palude sia le altre specie vegetali sono secche, la classificazione risulta più difficile rispetto ai mesi estivi. Nel periodo di massimo vigore le caratteristiche spettrali della specie ne permettono il più facile riconoscimento dalle altre specie vegetate. Da un'ispezione visuale delle mappe si evince una tendenza all'incremento della copertura delle aree a canneto.

Il confronto tra le differenti aree a canneto ha evidenziato come le caratteristiche delle acque condizioni le caratteristiche delle aree a canneto. Infatti, nei canneti in cui le acque sono ricche di nutrienti (Mantova) i valori di LAI sono molto elevati, invece nei canneti in cui le acque sono tendenzialmente salmastre i valori sono molto più ridotti. Risulta quindi evidente che garantire un'efficiente circolazione delle acque nella Sacca di Goro può divenire di fondamentale importanza per la tutela delle aree a canneto, che danno un importante contributo all'equilibrio ecologico di tutta l'area.

In prospettiva futura, per meglio conoscere le caratteristiche di LAI dei tre differenti canneti in un contesto areale più ampio, saranno utilizzate altre immagini ad alta risoluzione, acquisite in questo caso attraverso il sensore iperspettrale aviotrasportato Multispectral Infrared and Visible Imaging Spectrometer (MIVIS). I dati MIVIS saranno elaborati per produrre delle mappe di Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), per le tre aree oggetto di studio. Attraverso un'analisi statistica si verificherà il grado di correlazione tra i dati NDVI da MIVIS e le stime di LAI da terra in precedenza descritte. Se la correlazione risulterà significativa, si potranno produrre delle mappe che risulteranno utili nell'analisi del LAI dell'intero areale a canneto, nell'estate del 2007 per la Sacca di Goro e i laghi di Mantova e nell'estate del 2005 per la penisola di Sirmione.

### Ringraziamenti

Si desidera ringraziare la Provincia di Ferrara per le immagini Quickbird e per l'imbarcazione messa a disposizione nella campagna a terra del 27-07-07. Per questa siamo inoltre grati a Giancarlo Grigatti e a Fabrizio Chisoli. Le immagini MIVIS sono state acquisite da CISIG-CGR Parma. Desideriamo infine ringraziare i colleghi del CNR-ISMAR di Venezia e Marco Bartoli dell'Università degli Studi di Parma, per la loro preziosa collaborazione a questo studio.

### Bibliografia

- Baret F., Weiss M., (2004). *Software CAN-EYE 3.2*. Istituto Nazionale di Ricerca Agronomica di Avignone ([http://www.avignon\\_inra.fr/can\\_eye/page3.htm](http://www.avignon_inra.fr/can_eye/page3.htm)).

- Bresciani M., Fila G.L., Giardino C. e Stroppiana D. (2007). *Common reed management and monitoring with radiometric data in the Lake Garda and divulgation activities: the project Rizoma*. International Conference on Multi Functions of Wetland Systems, June 26-29 2007, Legnaro (Pd) - Italy
- Rouse J.W.R., Haas H., Schell J.A. and D.W. Deering, (1973) “*Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS*”, *Third ERTS Symposium, NASA SP-351 I, 1973, 309-317*.
- Zaffaroni P., (2005). *Stima dell'evoluzione stagionale dell'indice di area fogliare (LAI) mediante immagini satellitari MODIS e misure al suolo nella Valle di Gressoney*. Università Politecnico di Milano, Facoltà di Ingegneria Civile, Ambientale e Territoriale - Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio, Anno Accademico 2004-2005.