

Cecilia Soldatini

PROPOSTA METODOLOGICA PER UNA CARTOGRAFIA TEMATICA  
DELLA LAGUNA DI VENEZIA  
SULLA BASE DELLA DISTRIBUZIONE E DELLA CONSISTENZA  
DEGLI UCCELLI ACQUATICI SVERNANTI

**Abstract.** *A new methodology for a thematic cartography of the Venice lagoon based on the density and distribution of wintering water-bird.*

We selected statistical approaches putting in evidence sets of species with common ecological needs, in order to understand environmental factors influencing waterfowl distribution in the Lagoon of Venice. We clustered lagoon sites according to environmental characteristics and waterfowl presence. Comparing the thematic maps obtained and considering how water-birds distribute in the lagoon we can gather which sites need conservative intervention and, according to their characteristics and vulnerability, we can fix limits to human activities.

INTRODUZIONE E AREA DI STUDIO

La Laguna di Venezia (circa 58.000 ettari) è la più vasta zona umida del complesso costiero dell'Adriatico nord occidentale. Il bacino è delimitato verso il mare dal cordone litoraneo che congiunge le foci dei fiumi Sile a Nord-Est e Brenta a Sud-Ovest, e verso l'interno, da una linea quasi continua di fiumi e canali. La profondità del bacino lagunare è fortemente variabile: nelle bocche di porto e nei principali canali di navigazione giunge fino a 15-20 metri, sulla gran parte degli specchi acquei oscilla tra 1 e 3 metri, e nelle aree di "velma" e "barena" passa da poche decine di centimetri a superfici completamente emerse, coperte da vegetazione alofila. La zona è soggetta a forti escursioni di marea, tra le più elevate del Mar Mediterraneo (circa 1 metro durante i periodi di sizigia). Circa 1/6 dell'intera superficie risulta separata dal resto della laguna da una serie quasi continua di robusti terrapieni. Nei bacini così delimitati, detti "valli da pesca", viene praticata l'attività di piscicoltura estensiva.

Nell'area di studio considerata, a partire dal gennaio 1993, vengono condotti dei regolari censimenti dell'avifauna acquatica svernante. La standardizzazione dei metodi ha permesso delle prime analisi relative soprattutto alla gestione faunistica, alla distribuzione e al confronto con la realtà nazionale e internazionale (BON e CHERUBINI, 1998; BACCETTI *et al.*, 2002). Mancano, a tutt'oggi, tentativi di una più approfondita elaborazione statistica e di una correlazione con i dati ambientali. Questo lavoro vuol essere soprattutto un primo tentativo di approccio metodologico al fine di poter distinguere all'interno di questa vasta zona umida la localizzazione, l'entità e l'importanza degli ambienti che compongono il delicatissimo sistema lagunare, nei confronti dell'avifauna acquatica.

MATERIALI E METODI

Sono stati utilizzati i dati relativi ai censimenti dell'avifauna svernante nella laguna di Venezia effettuati dal 1993 al 2001 (BON e CHERUBINI, 1998 e aggiornamenti inediti). Oggetto dei censimenti sono tutte le specie di uccelli acquatici secondo ROSE e SCOTT (1997) a cui vanno aggiunte alcune specie di *Accipitriformes* e *Strigiformes*, ecologicamente dipendenti dalle zone umide.

L'area di studio considerata corrisponde alla totalità della laguna di Venezia, comprendente i litorali e il mare subito al di fuori delle bocche di porto fino a tre chilometri dalla costa. L'intera superficie è stata suddivisa in 44 unità territoriali (BACCETTI e SERRA, 1994 e successivi aggiornamenti inediti): tali zone costituiscono le unità di rilevamento per lo svolgimento dei censimenti dell'avifauna acquatica.

Sono state selezionate le 35 specie più importanti, sulla base della loro abbondanza; da queste sono state escluse le specie certamente sottostimate a causa del loro comportamento elusivo (ad es. *Gallinula chloropus* o *Rallus aquaticus*) o per la loro distribuzione al di fuori delle zone umide (ad es. i *Laridae*, a causa dello spiccato pendolarismo verso l'entroterra). Alla fine sono state considerate 28 specie, elencate in ordine decrescente di presenza numerica nella tabella 1.

Per individuare le classi di aggregazione relative alle specie di uccelli e alle unità territoriali è stata effettuata una *cluster analysis* utilizzando un metodo di cluster gerarchico aggregativo. L'analisi gerarchica conduce ad una partizione dei dati da analizzare ordinabile; le unità statistiche si possono riunire partendo da nuclei iniziali in funzione di criteri di scelta. In particolare è stato utilizzato il metodo del legame completo *Complete linkage* o *Furthest neighbour* (RIZZI, 1989). Le misure della distanza adottate sono state: la distanza euclidea, la distanza del coseno e il complementare alla *r* di Pearson (1-Pearson *r*). Dall'elaborazione dei dati si sono ottenuti i raggruppamenti delle specie e quelli delle unità territoriali, sia sulla base delle specie presenti, sia in riferimento alla copertura vegetale, rappresentati sotto forma di dendrogrammi.

Per l'analisi dei dati sono stati utilizzati i software: STATISTICA e SYNTAX; per l'analisi dell'immagine satellitare è stato impiegato il software ENVI e per la produzione delle carte tematiche il GIS ArcView 3.2.

## RISULTATI

### CLUSTER ANALYSIS DELL'AVIFAUNA

È stata applicata una *cluster analysis* alle abbondanze medie rilevate per le 28 specie selezionate. Le 28 variabili sono state raggruppate in sei cluster principali.

<i>SPECIE</i>	<b>CODICE</b>	<b>Media (1993-2001)</b>
	<b>IWRB</b>	
1. <i>Fulica atra</i> , Folaga	FULAT	31516
2. <i>Calidris alpina</i> , Piovanello pancianera	CALAL	21476
3. <i>Anas crecca</i> , Alzavola	ANACR	12987
4. <i>Anas platyrhynchos</i> , Germano reale	ANAPL	10559
5. <i>Anas penelope</i> , Fischione	ANAPE	3836
6. <i>Anas acuta</i> , Codone	ANAAC	2804
7. <i>Anas clypeata</i> , Mestolone	ANAACL	2759
8. <i>Podiceps nigricollis</i> , Svasso piccolo	PODNI	2501
9. <i>Phalacrocorax carbo</i> , Cormorano	PHACA	1847
10. <i>Podiceps cristatus</i> , Svasso maggiore	PODCR	1818
11. <i>Egretta garzetta</i> , Garzetta	EGRGA	1007
12. <i>Ardea cinerea</i> , Airone cenerino	ARDCI	826
13. <i>Numenius arquata</i> , Chiurlo maggiore	NUMAR	749
14. <i>Aythya ferina</i> , Moriglione	AYTFE	554
15. <i>Tadorna tadorna</i> , Volpoca	TADTA	472
16. <i>Cygnus olor</i> , Cigno reale	CIGOL	433
17. <i>Casmerodius albus</i> , Airone bianco magg.	EGRAL	357
18. <i>Tringa totanus</i> , Pettegola	TRITO	347
19. <i>Mergus serrator</i> , Smergo minore	MERSE	280
20. <i>Recurvirostra avosetta</i> , Avocetta	RECAV	261
21. <i>Pluvialis squatarola</i> , Pivieressa	PLUSQ	236
22. <i>Tachybaptus ruficollis</i> , Tuffetto	TACRU	230
23. <i>Bucephala clangula</i> , Quattrocchi	BUCCL	208
24. <i>Anas strepera</i> , Canapiglia	ANAST	121
25. <i>Charadrius alexandrinus</i> , Fratino	CHAAL	93
26. <i>Circus aeruginosus</i> , Falco di palude	CIRAE	89
27. <i>Tringa erythropus</i> , Totano moro	TRIER	69
28. <i>Nycticorax nycticorax</i> , Nitticora	NYCNY	65

Tabella 1 – Elenco delle specie di avifauna acquatica svernante considerate nell'elaborazione statistica.

I cluster ottenuti dovrebbero individuare gruppi di specie con esigenze ecologiche simili. Ad esempio, il primo cluster raggruppa lo Svasso piccolo, lo Svasso maggiore, il Cormorano e lo Smergo minore, specie che frequentano, soprattutto per esigenze trofiche, le acque libere della laguna aperta. A questo gruppo sono associati, ad una maggior distanza, il Chiurlo e la Pettegola, caradriformi che frequentano le barene della laguna

aperta piuttosto che le valli confinate. Questo cluster definisce quindi una tipologia ambientale che potrebbe essere individuabile nella laguna aperta, area caratterizzata da acque mediamente più profonde, salinità medio-alta, presenza di praterie di barena e disturbo antropico medio.

Il secondo cluster evidenzia il collegamento tra il Tuffetto e il Falco di palude, specie collegate ad ambienti di confine tra terraferma e laguna, con copertura vegetale a canneto.

Il terzo cluster associa alcune specie di caradriformi, come la Pivieressa, il Piovanello pancianera e il Fratino, particolarmente legati alle distese fangose soggette a marea; a queste specie è associata anche la Garzetta, elemento ad ampio spettro ecologico che però privilegia per l'alimentazione le aree caratterizzate dalla presenza di barene e velme.

Nel quarto cluster si nota una distanza minore tra Nitticora e Canapiglia dovuta alla preferenza di queste specie per zone umide ricche di vegetazione ripariale; ad una distanza poco superiore c'è l'Airone bianco maggiore, anch'esso legato agli ambiti vallivi. A queste specie si collegano Codone e Mestolone, occupanti zone umide ampie e aperte, ambienti che coincidono in parte con i precedenti.

#### *CLUSTER ANALYSIS DELLE ZONE UMIDE*

Questa cluster analysis seleziona le unità territoriali della laguna di Venezia (BACCETTI e SERRA, 1994) sulla base delle presenze avifaunistiche relative ai nove anni di censimento. Affinché l'analisi sia ripetibile e confrontabile con eventuali altre zone umide, il procedimento è stato effettuato utilizzando una matrice riportante la densità media delle specie in ogni unità territoriale. Prima di effettuare la cluster analysis si è ricorsi all'analisi fattoriale ed in particolare all'analisi delle componenti principali.

Le distinzioni principali ottenute sono tra la laguna aperta, i litorali e i tratti fluviali da una parte, e tra le valli da pesca confinate e le casse di colmata dall'altra. All'interno del primo gruppo si distinguono le zone interessate da un maggiore disturbo antropico - acque profonde nella laguna centrale e i litorali centro meridionali - dalle zone di laguna aperta meno profonde e meno interessate dal traffico dei natanti; a queste zone si associano anche alcune valli da pesca dove è maggiore il tasso di salinità. Nel secondo gruppo si possono notare delle distinzioni tra le valli, imputabili forse ai diversi tipi di gestione delle acque e dell'attività venatoria. In ogni modo la distinzione principale tra le zone lagunari e quelle vallive è dovuta, oltre che alla diversa copertura vegetale, ad alcuni fattori che possono influire sulla presenza delle diverse specie tra cui la profondità dei fondali, i diversi gradienti di salinità, che influiscono direttamente sulla vegetazione emersa e sommersa, l'attività di ittiocoltura che può essere motivo di attrazione per alcune specie ittiofaghe.

#### *ANALISI DELL'IMMAGINE SATELLITARE*

Per effettuare la cluster analysis delle unità territoriali sulla base della vegetazione, ci si è avvalsi della classificazione della copertura vegetale ottenuta dall'analisi di un'immagine satellitare della laguna di Venezia. L'immagine utilizzata è stata ripresa dal satellite Landsat 5 il 10 Agosto 1998, con l'uso di uno scanner multispettrale, il Thematic Mapper (TM) operante nel visibile e nell'infrarosso. La ripresa è stata effettuata da

un'altezza nominale di 705 km e l'immagine ottenuta, la cui dimensione è 90 km, ha una risoluzione spaziale (m) di 30X30, (un pixel equivale a 30 m).

Al fine di produrre una mappa tematica dell'area di studio, sono state applicate le tecniche di telerilevamento utilizzando il programma ENVI; la realizzazione di tali mappe passa attraverso varie fasi fra cui la ripresa dei dati, l'elaborazione e l'interpretazione. I punti di partenza per l'elaborazione sono la rettificazione dell'immagine, in maniera da georeferenziarla secondo le coordinate del reticolo U.T.M., e la classificazione del territorio in superfici corrispondenti alle categorie scelte nella legenda della mappa tematica.

Per operare una classificazione delle classi vegetazionali presenti in laguna, sono state scelte le bande: RGB 453 (falsi colori) e RGB 321 (colori reali). Analizzando gli istogrammi spettrali si possono distinguere i picchi corrispondenti ai vari tipi di vegetazione ed escludere le lunghezze d'onda riguardanti le altre classi (es.: acqua, no vegetation). Dopo questa prima visione d'insieme si procede alla classificazione propriamente detta in modalità supervised. Tale classificazione si basa sulla conoscenza al suolo di alcune aree campione rappresentative delle classi di superfici della futura mappa tematica, note e ben localizzate sulle immagini. Per applicare questa metodologia si è fatto riferimento, oltre che all'esperienza sul campo, a carte tematiche realizzate sulla vegetazione delle casse di colmata B e D/E e alle orto-foto carte della provincia di Venezia, ricavate da riprese aeree.

L'accuratezza generale della classificazione è del 73,44%, valore considerato soddisfacente vista la risoluzione spaziale dell'immagine. Dall'analisi dell'accuratezza delle classi e dell'errore d'inclusione risulta che le classi la cui classificazione si è rivelata meno accurata sono anche quelle poco presenti in laguna (vegetazione arborea), o la cui distribuzione sul territorio rende difficile il campionamento (ad es. i canneti e la vegetazione arginale che hanno una larghezza inferiore a 30 m).

Sovrapponendo i poligoni, corrispondenti alle 44 unità territoriali, alla classificazione della vegetazione ottenuta dall'analisi dell'immagine satellitare, si ottiene il file che costituisce il punto di partenza per le ulteriori analisi. A questo punto, infatti, è possibile ottenere un file tabulare nel quale è indicata, zona per zona, la copertura del territorio in riferimento alle otto classi, definite in metri quadri, e le relative percentuali, oltre all'ampiezza d'ogni zona.

Le classi che distinguono per grandi linee le tipologie vegetali caratteristiche degli ambienti lagunari sono: acqua (zone completamente sommerse); vegetazione erbacea; vegetazione arborea; canneti; vegetazione di barena; arenile; canneti-arbusti.

Sulla base di questi dati si può affrontare un'analisi di tipo statistico. Il primo passo è quello di analizzare la matrice in cui le variabili sono le otto classi e i casi le 43 zone, attraverso l'analisi fattoriale e in particolare l'analisi delle componenti principali. Sulla base dei tre fattori ottenuti si compie una *cluster analysis*, applicando il metodo del *complete linkage* e misurando la distanza col metodo del coseno, il cui risultato è riportato nella carta tematica in figura 4. In questo caso il raggruppamento in classi è avvenuto sulla base della copertura vegetale e sulla percentuale sommersa della zona.

Osservando la carta tematica ottenuta e analizzando la tabella riportante le percentuali delle classi vegetazionali e delle tipologie territoriali, si può distinguere quali siano i fattori che hanno portato a questa divisione in cluster.

Si nota, infatti, come al cluster distinto dal grigio scuro (ad es. aree 19 e 23) appartengano tutte le superfici caratterizzate da una presenza elevata di acqua (> 67%) e dove la seconda classe per abbondanza è sempre la barena, pur rimanendo su percentuali basse (max: 19.98%). Questo cluster raggruppa, infatti, la laguna aperta e le acque antistanti i litorali, mentre le valli da pesca sono raggruppate in altri sei cluster a seconda della loro copertura vegetale e della percentuale di zona sommersa.

Ad esempio nel cluster bianco (aree: 20, 24, 29, 41, 42, 44) sono raggruppate zone la cui copertura vegetale che può variare da canneti, arbusti, dall'erba agli alberi, e la percentuale della zona occupata dall'acqua è inferiore al 40% e si registra una consistente presenza di barene (dal 23,12% al 48,03%).

#### LIMITI DEL METODO

Un limite in cui si è incorsi durante il percorso metodologico descritto è quello riguardante la precisione e l'errore di inclusione nella classificazione dell'immagine satellitare. In questo caso la causa dell'errore può essere la definizione dell'immagine, non adeguata per la classificazione di alcune tipologie individuate come classi. Si è sopperito a tale mancanza di precisione facendo riferimento, nell'interpretazione dei risultati ottenuti, all'esperienza sul campo.

Un altro limite riguarda il tipo di gestione faunistica attuata in diversi settori del territorio lagunare. Approfondendo quest'ultimo punto, va detto che la laguna di Venezia si distingue in due settori se si fa riferimento alla gestione faunistico-venatoria: le valli da pesca, infatti, sono Aziende Faunistico Venatorie caratterizzate da un prelievo venatorio concentrato nei week-end, dal foraggiamento di anatidi e folaga, dalla creazione di zone di acqua dolce artificiale, ecc. Nel resto del comprensorio lagunare la caccia è praticata con maggiore frequenza, non ci sono particolari interventi di gestione e il disturbo antropico è generalmente più elevato. Questi due tipi di gestione incidono fortemente sulla distribuzione dell'avifauna acquatica; soprattutto nel periodo invernale, in cui si svolgono i censimenti, le scelte delle specie ornitiche - in particolare di quelle cacciabili, principalmente anatidi - possono aver risentito di un "fattore sicurezza" (TAMISIER E DEHORTER, 1999).

#### CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Per meglio comprendere i fattori ambientali che influenzano la distribuzione degli uccelli acquatici svernanti in Laguna di Venezia, si sono individuati dei procedimenti statistici che hanno evidenziato i gruppi di specie accomunati da esigenze ecologiche simili (fig. 1). Dall'analisi dettagliata di tali gruppi emerge che, sommando tra loro le nicchie ecologiche individuate, queste corrispondono all'insieme dell'ambiente lagunare. Dall'associazione di questi ultimi risultati emerge l'importanza che l'intera laguna ricopre per le popolazioni di avifauna svernante; infatti è possibile rintracciare in ogni gruppo ottenuto con la cluster analysis specie che superano il livello dell'1% dell'intera popolazione paleartica (ROSE E SCOTT, 1997).

Sempre in riferimento alla distribuzione delle specie di avifauna acquatica, sono state fatte anche delle analisi dei gruppi degli ambienti lagunari, ottenendo una distinzione delle zone secondo la distribuzione delle specie di avifauna. Dall'analisi parallela delle carte tematiche ottenute, e considerando come le specie ornitiche si associano nell'ambiente lagunare, si può dedurre quali siano le aree che necessitano di interventi di conservazione e, in base alle caratteristiche delle specie presenti e alla loro vulnerabilità, stabilire i limiti per le attività umane.

#### RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano per la disponibilità Giuseppe Cherubini dell'Ufficio Gestione Faunistica della Provincia di Venezia, Nicola Baccetti, Lorenzo Serra e Marco Zenatello dell'Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica, Luigi Alberotanza del C.N.R. Grandi Masse di Venezia, Alain Tamisier del C.N.R.S. di Montpellier.

#### Bibliografia

- BACCETTI N., DELL'ANTONIA P., MAGAGNOLI P., MELEGA L., SERRA L., SOLDATINI C., ZENATELLO M., 2002. Risultati dei censimenti degli uccelli acquatici svernanti in Italia: distribuzione, stima e trend delle popolazioni nel 1991-2000. *Biol. Cons. Fauna*, 111: 1-234.
- BACCETTI N., SERRA L., 1994. Elenco delle zone umide italiane e loro suddivisione in unità di rilevamento dell'avifauna acquatica. *INFS, Doc. tec.* 17.
- BON M., CHERUBINI G. (eds.), 1999. I censimenti degli uccelli acquatici svernanti in provincia di Venezia, pp.108. *Provincia di Venezia – Associazione Faunisti Veneti*, Martellago (Venezia).
- BON M., SOLDATINI C., 2001. Distribuzione di Anatidi e Folaga nelle valli da pesca della laguna di Venezia, *Avocetta* 25:85.
- OWEN M., BLACK J.M., 1990. Waterfowl ecology, pp. 194. *Blackie*, Glasgow.
- RIZZI A., 1989. Analisi dei dati, applicazioni dell'informatica alla statistica, pp. 227. *La Nuova Italia Scientifica*, Roma.
- ROSE P.M., SCOTT D.A., 1997. Waterfowl population estimates. Second Edition. *Wetlands International Publication* no.44, 106 pp., Wetlands International, Wageningen, the Netherlands.
- TAMISIER A., DEHORTER O., 1999. Camargue Canard et Foulques fonctionnement et devenir d'un prestigieux quartier d'hiver, pp.369. *Centre Ornithologique du Gard*, Nimes.

#### Indirizzo dell'autore:

Cecilia Soldatini: Università Ca' Foscari di Venezia, Dip.to di Sc. Ambientali, Castello 2737/b - 30122 Venezia.  
e.mail: [cecil@unive.it](mailto:cecil@unive.it)



Figure 1. Carte tematiche raffiguranti i raggruppamenti delle aree campione in base alla presenza di avifauna acquatica (a), e in base alle classi vegetazionali e alle tipologie territoriali (b).