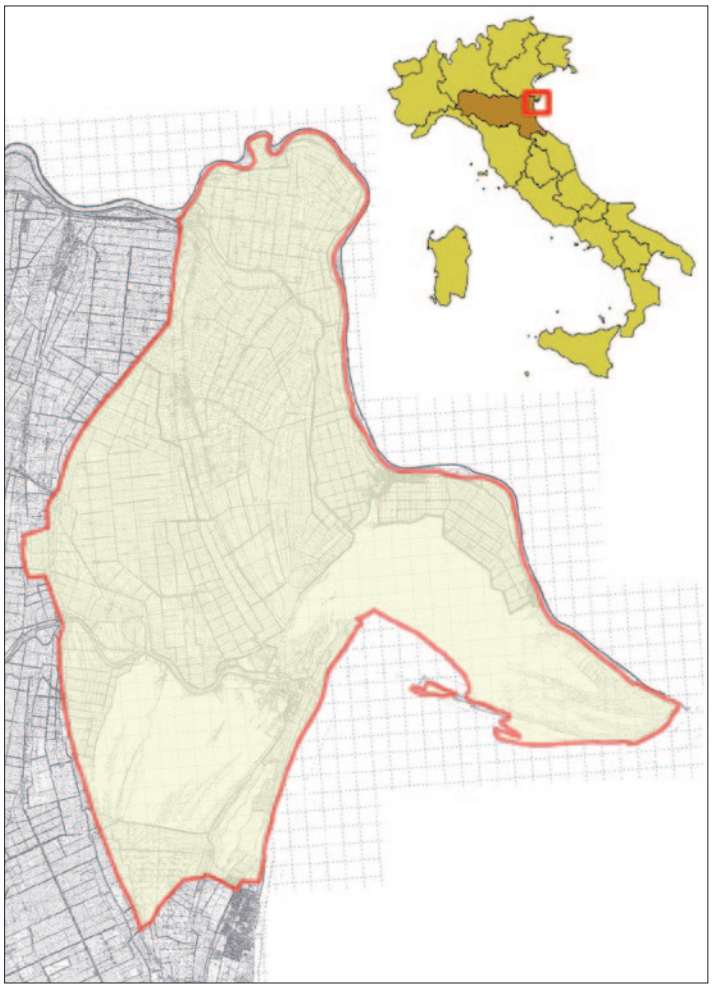
Il Valore di Naturalità Potenziale nelle analisi territoriali

L'applicazione dell'indice VNP risulta particolarmente efficace nelle aree protette ad alta antropizzazione ed elevata biodiversità

di Gian Andrea Pagnoni, Fabio Bertasi, Manorama Croppo, Mauro Pellizzari, Riccardo Santolini, Remigio Rossi

INTRODUZIONE

La tutela del territorio, al di là delle motivazioni ecologiche, è ormai entrata a far parte della cultura contemporanea e il concetto di sostenibilità ambientale (Bruntland, 1987) viene sempre più spesso inserito nelle normative legate alla pianificazione territoriale e va spesso incontro alla richiesta sociale locale. Per far fronte a queste esigenze gli interventi o le pianificazioni che comportano una modifica della qualità territoriale devono essere precedute da metodi valutativi adatti a costruire scenari utili ai decisori per indirizzare le scelte (Wood, 1995; Hockings, 1998). Tali azioni devono comunque essere accompagnate da misure compensative in modo che il sistema territoriale mantenga la sua funzionalità di base ed il bilancio tra perdita e guadagno ambientale sia almeno in pareggio.
La quantificazione della qualità territoriale permette di misurarne le modifiche in seguito a sviluppi progettuali puntiformi o a pianificazioni strategiche (ampliamenti urbani, riallagamenti, forestazioni, ripascimenti, ecc.). Per misurare e valutare componenti ambientali quali l'aria, l'acqua o il suolo, lo standard è solitamente rappresentato dalla normativa in vigore, che specifica i parametri da misurare e le relative soglie di qualità. Per altre componenti più complesse (biotopi e paesaggio), la formulazione di un giudizio di qualità risulta più problematica, in quanto le metodologie di misura e di valutazione sono diverse (cfr Battisti & Romano, 2007) e non sono consolidate soprattutto a livello normativo.



Il grado di naturalità di un ambiente, inteso come una serie di condizioni che concorrono a mantenere gli equilibri interni di un ecosistema in uno stato organizzato e funzionale, è uno degli aspetti che contribuiscono maggiormente a definirne la qualità (Machado, 2004). In questo studio viene proposto un indice di naturalità del territorio, definito Valore di Naturalità Potenziale (VNP, modificato da Berthoud *et al.*, 1989), che integra l'applicazione di strumenti GIS e il giudizio di esperti vegetazionisti e faunisti. Ne è stata valutata la performance in modo da ottimizzare la loro applicazione per l'analisi territoriale e per quantificare modifiche e misure compensative in ambiti protetti ad alta antropizzazione.

Per misurare e valutare componenti ambientali complesse (ad esempio biotopi e paesaggio), la formulazione di un giudizio di qualità risulta problematica, in quanto le metodologie di misura e di valutazione sono diverse e non consolidate a livello normativo

AREA DI STUDIO

L'area di studio si colloca all'interno del Parco del Delta del Po Emilia Romagna, un complesso di ambienti naturali a mosaico tra ambiti a forte antropizzazione, caratterizzato da elementi molto dinamici (linea di costa, gestione idraulica degli ambienti umidi) e statici (ambiti urbani, argini di difesa). L'attività umana è parte integrante delle dinamiche ecologiche e, insieme alle forze naturali, concorre a strutturare il territorio e a regolare il delicato equilibrio degli assetti idrogeologici. La presenza di spazi naturali di elevato valore conservazionistico impongono all'attività dell'uomo oltre che attenzione agli equilibri ambientali anche il mantenimento dei valori ad essi legati.
L'area di studio è la Stazione 1, "Volano, Mesola, Goro" (figura 1) che ha un'estensione 13.730 ha, in cui circa il 70% è caratterizzato da sistemi antropici (20% aree urbane e 50% seminativi), il rimanente è costituito da aree boscate (7,7%), da bacini di acqua salmastra (28,66%) e da boschi e sistemi dunosi (13,73%). All'interno dell'area di studio ricadono 2 Riserve Naturali Statali, 3 zone umide Ramsar e 6 Siti Natura 2000 (SIC/ZPS).

Figura 1 – L'area di studio sovrapposta alla CTR scala 1:25.000. L'area corrisponde alla Stazione 1 del Parco del Delta del Po Emilia Romagna.

MATERIALI E METODI

In questo articolo con il termine *naturalità* si intende tutto ciò che rende possibile la vita e il suo mantenimento con la minore influenza antropica. Sebbene il concetto di *habitat* in ecologia sia riferibile agli aspetti fisico-strutturali dell'ambiente in cui vive la singola specie, in questo contesto si è utilizzato il termine *habitat* (EUNIS, 2002) quale sinonimo di *biotopo* secondo l'accezione espressa da Blondel (1979, 1995) per cui si intende *"Estensione topografica omogenea e le sue componenti fisiche* (es. suolo, clima, disponibilità e qualità dell'acqua) *e biotiche considerate alla scala del fenomeno studiato*. Gli habitat presi in considerazione in questo studio occupano una superficie di almeno 20 m^2, senza un limite superiore di superficie. Le diverse tipologie di habitat sono definite dalle caratteristiche vegetazionali (es. canneti a Phragmites) o del substrato (es. comunità delle sabbie intertidali) oppure da una combinazione di entrambe.

L'ambito territoriale caratterizzato da una tipologia di habitat omogeneo e riconoscibile a livello di scala 1:25.000 viene definito "unità territoriale". Ad esempio un habitat che si ripropone 5 volte sul territorio, è rappresentato da 5 unità territoriali.

Considerato che la prima ottimizzazione di una pianificazione è quella relativa ai costi, abbiamo utilizzato materiale che le aree protette hanno spesso come già reperibile: la carta degli habitat o la carta della vegetazione. È stata acquisita la Carta della Vegetazione Emilia Romagna (Piccoli, 1999) con i codici identificativi delle principali tipologie di habitat. All'interno dell'area di studio, sono state individuate 64 tipologie di habitat cui sono stati associati, quando possibile, i codici di classificazione corrispondenti secondo Natura 2000, CORINE Land Cover 2000 ed EUNIS (codici rev. 2006/11) (tabella 1).

Le tipologie di habitat sono state digitalizzate in formato vettoriale (shapefile) portando all'individuazione di 1182 unità territoriali (poligoni), ovvero singole porzioni di territorio contenenti le tipologie di habitat identificate. Le principali tipologie di habitat (copertura complessiva del territorio superiore al 95%) sono state riportate su mappa tematica (figura 2).

Il Valore di Naturalità Potenziale (VNP)

L'indice di Valore di Naturalità Potenziale (VNP) proposto da Berthoud *et al.* (1989), appartiene alla famiglia degli Indici Ecologici; VNP è il prodotto di tre fattori ambientali:

Qualità (Q), caratterizzata da parametri quali la diversità floristica e faunistica, la rarità di un biotopo, la ricchezza in specie rare e lo stato naturale dell'ambiente;

Funzione (F), costituita da le possibilità di rifugio, riproduzione, di risorse alimentari e la possibilità di scambio con biotopi vicini;

Capacità (C), caratterizzata dalla superficie dell'elemento e la ricchezza di elementi strutturanti.

Una volta definito il VNP di un habitat, il valore viene applicato a tutti i medesimi habitat presenti nell'area di studio. Si parla di "potenzialità" in quanto, in una determinata unità territoriale, si va a stimare il massimo grado di funzionalità, qualità e capacità dell'habitat che la caratterizza indipendentemente dalla reale condizione di integrità dell'habitat stesso. L'indice secondo Berthoud *et al.* (1989) è stato modificato per applicarlo al territorio di studio, caratterizzato da unità territoriali di grandi

Tabella 1 – Tipologie di habitat presenti nell'area di studio sulla base della Carta della Vegetazione; per ciascuna tipologia (identificata dalla sigla contenuta nella Carta della Vegetazione dell'Emilia Romagna) sono riportati i corrispondenti i codici Natura 2000, CORINE LC ed EUNIS

Sigla veg. ER	N2000	Corine LC	EUNIS	Descrizione
Ae	1410	4.2.1	A2.524	Praterie dense dominate da Elytrigia atherica (Agropyron pungens auct.)
Al	3270	5.1.1	C2.3	Alvei e greti fluviali
Am	2110 e 2120	3.3.1	B1.3	Vegetazione delle dune vive
Aq	91E0*	3.1.1	G1.41-52	Boschi caratterizzati da Populus alba, Frangula alnus, Ulmus minor, ecc. su suolo con falda elevata in stazioni depresse
Au		1.1.2	J1.2, J1.3, J1.4	Aree urbanizzate
Ba	9540	3.1.2	G3.73	Boschi artificiali di conifere
Bp	2130	3.3.1	B1.4	Vegetazione su sabbie consolidate
Br	2130	3.3.1	B1.4	Vegetazione che si sviluppa sui pendii degli argini in condizioni di marcata aridità estiva
Cd	91E0*	3.1.1	G1	Boschi igrofili misti
Cm	7210*	4.1.1	C3.28	Vegetazione di elofite (canneti, scirpeti) in acque salmastre
Cp		3.1.1	G1.C1	Pioppeti colturali
Cx		3.3.1	B1.1	Vegetazione su sabbie prossime alla battigia
Ec	2120	3.3.1	B1.3	Comunità su dune rilevate dominate da Ammophila littoralis
Er	6420	4.1.1	C3.31	Praterie a Erianthus ravennae, Schoenus nigricans e Juncus litoralis
Fg		4.1.1	C3.27	Canneti di taglia elevata, dominati dalla canna di palude
Fr		2.2.2	G1.D4	Frutteti
Gv	1150	5.2.1	X02	Comunità di macrofite a dominanza di Gracilaria verrucosa
Ho	6420	3.2.1	E3.1	Praterie dense di Ciperacee e Graminacee su suoli prevalentemente sabbiosi
Ia	1410	4.2.1	A2.522	Prati salmastri a Juncus maritimus e Juncus acutus
Ig	1410	4.2.1	A2.523	Prati a Carex extensa e Juncus gerardi
Im	1410	4.2.1	A2.523	Prati salsi a giunchi e graminacee
Iv		2.4.2	I1.2	Vegetazione di orti, parchi e giardini
La		5.1.2	C1.3	Acque libere da invasi artificiali (laghi e laghetti)
Lm	1410	4.2.1	A2.524	Comunità ad Artemisia coerulescens e Limonium serotinum
Lp		5.1.2	C1.512	Popolamenti sommersi di Lamprothamnium papulosum
Mn	3150	5.1.2	C1.13, C1.24, C1.34, C1.43, C1.69	Vegetazione di idrofite radicanti al fondo ma con foglie e fiori galleggianti in superficie
Mp		4.1.1	C3.27	Vegetazione di elofite (canneti, scirpeti) in acque salmastre
Ne		4.2.1	A2.532	Popolamenti di neofite erbacee
Oq	9340	3.2.3	F5.11	Macchie e boschi di sempreverdi xerofili
Pe		4.1.1	D5.21	Prati umidi a Carex acutiformis su suoli argillosi ricchi in sostanza organica
Ph		4.1.1	D5.11	Vegetazione di elofite in acque dolci, canneti, tifeti e cladieti
Pi	1410	4.2.1	A2.543	Prati salsi a Juncus maritimus dominante
Pl	1410	4.2.1	A2.54	Prati salsi dominati da Aeluropus litoralis
Pp	1410	4.2.1	A2.543	Praterie dominate da Puccinellia palustris
Pr		4.1.1	D5.11	Vegetazione dominata dalla canna di palude
Ps	2160	3.2.2	B1.6, B1.61	Arbusteti, siepi e macchie con Prunus spinosa, Crataegus monogyna, Ligustrum vulgare, Cornus sanguinea, ecc
Qr		3.1.1	G1.73	Boschi termofili a prevalenza di Quercus robur, Carpinus betulus e C. orientalis
Ra		3.1.2	G3.F	Rimboschimenti di conifere
Rl		3.1.1	G1.C	Rimboschimenti a latifoglie
Rm		3.1.3	G4.F	Rimboschimenti misti di conifere e latifoglie
Rp		5.1.2	C1.521	Praterie sommerse di Ruppia cirrhosa in acque salmastre, con componente algale più o meno consistente
Rr		3.1.1	G1.C3	Boscaglie di latifoglie naturalizzate (Robinia, Ailanthus, Amorpha, ecc.).
Rt		3.2.1	E1.26	Vegetazione con aspetto di prateria a prevalenza di specie annuali
Rv		5.1.2	C1.521	Praterie sommerse in acque salmastre di Ruppia cirrhosa prive di componente algale
Sd		2.1.2	I1.5	Vegetazione post-colturale correlata al set-aside
Se		2.3.1	I1.1	Seminativi e campi arati
Sh	1310	4.2.1	A2.551	Comunità di alofite annuali caratterizzate da Salicornia patula
Sk	1310	4.2.1	A2.513	Comunità di alofite annuali dominate da Suaeda maritima e Bassia hirsuta
Sp	92A0	3.1.1	G1.112	Arbusteti e boscaglie alveali a salici
Sr	1420	4.2.1	A2.526	Vegetazione alofila perenne caratterizzata da Arthrocnemum perenne
St	1320	4.2.1	A2.554	Vegetazione di alofite perenni
Sv	1310	4.2.1	A2.551	Comunità di alofite annuali pioniere a predominanza di Salicornia veneta
Sw	1420	4.2.1	A2.526	Vegetazione alofila perenne dominata da Arthrocnemum fruticosum
Tn		3.3.1	H5.32	Sabbie prive di vegetazione per cause naturali
Tr	3150	5.1.2	C1.13, C1.24, C1.34, C1.43, C1.69	Vegetazione di idrofite, dominata da Trapa natans, accompagnata di solito da Ceratophyllum demersum
Tu		3.3.1	B1.21	Sabbie prive di vegetazione per cause antropiche
Ty		4.1.1	D5.13	Vegetazione dominata da Typha angustifolia e da poche altre specie igrofile
Um	2110	3.3.1	B1.3	Comunità su dune embrionali dominate da Agropyron junceum
Uv	1150	4.1.1	X02, X03	Comunità di macrofite a dominanza di alghe verdi dell'ordine Ulvales
Vi		2.2.1	FB.4	Vigneti
Vs	1150	4.1.1	X02, X03	Vegetazione scarsa o nulla di "valli salse" inondate tutto l'anno

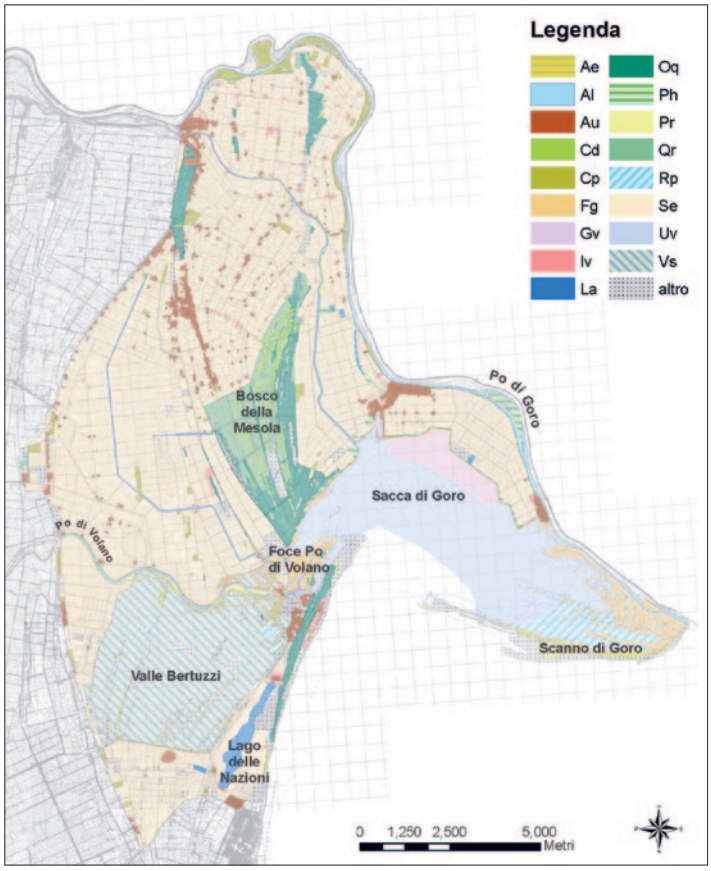


Figura 2 – Principali tipologie di habitat presenti all'interno dell'area di studio individuate sulla base della Carta della Vegetazione. Per la descrizione delle sigle si veda tabella 1; in "altro" sono raggruppati tutti i rimanenti habitat con copertura territoriale complessiva inferiore al 5%.

superficie, molto diverso da quello in cui è stato sviluppato l'algoritmo originale (ambienti seminaturali montani e collinari). Il metodo identifica nei tre fattori principali, Qualità, Capacità e Funzione, gli elementi che contribuiscono a definire il valore ecologico di un habitat. Ciascun fattore è valutabile attraverso la stima di parametri (tabella 2) scelti in base a criteri di semplicità operativa in modo da essere quantificabili mediante (i) osservazioni dirette, (ii) dati di letteratura e/o (iii) conoscenza dell'ambiente da parte di esperti faunisti e vegetazionisti esperti delle varie componenti ecologiche.

Il grado di naturalità di un ambiente, inteso come una serie di condizioni che concorrono a mantenere gli equilibri interni di un ecosistema in uno stato organizzato e funzionale, è uno degli aspetti che contribuiscono maggiormente a definirne la qualità

L'indice di VNP è:

VNP2 = ∏ (Q, C2, F)

in cui Q, C e F sono definiti nella tabella 3.

I fattori Qualità (Q), Capacità (C) e Funzione (F) dell'habitat assumono valori variabili tra un minimo di 1 e un massimo di 10. Ciò implica che l'indice di VNP può variare tra un minimo di 1 (minima naturalità) e un massimo di 1000 (massima naturalità).

Alcuni parametri (Ca1, Ca2, Ca3, Sp, FRi, FRe, FNu) esprimono le caratteristiche topologiche dell'habitat, ovvero le proprietà spaziali intimamente legate alla sua posizione sul territorio (es. superficie occupata), nonché le relazioni tra habitat adiacenti (es. metri lineari di margini in comune tra due habitat) e le proprietà funzionali di una unità territoriale. La scelta di attribuire un valore di funzione ad ogni porzione del territorio vuole caratterizzare le dinamiche naturali ed ecologiche che non si distribuiscono omogeneamente solo in base alla copertura vegetazionale. Ad esempio, una stessa tipologia di habitat "cespuglieto deciduo misto a canneto" può

Q = Indice di Qualità	C = Indice di Capacità	F = Indice di Funzione
$Q = \frac{\sum(Di, Ra, Ca)}{3} \cdot 2$	$C = \frac{Log_{10}(Sp \times St)}{6.6} \cdot 10$	$F = \frac{\sum(FRi, FRf, FNu)}{3} \cdot 2$
con $Di = MAX(DiF, DiV)$ $Ca = \frac{\sum(Ca1, Ca2, Ca3)}{3} \cdot 2$		

Tabella 3 – Definizione degli indici di qualità (Q), capacità (C) e funzione (F). Per la definizione dei singoli parametri si veda la Tabella 2 .

Parametro	Sigla	Range valori	Criterio
Diversità vegetazionale	DiV	1-10	Stima della diversità della vegetazione con particolare riferimento alle specie protette dall'Allegati II, IV e V della Direttiva Habitat
Diversità faunistica	DiF	1-10	Stima della diversità della fauna con particolare riferimento alle specie protette dall'Allegati II, IV e V della Direttiva Habitat
Rarità	Ra	1-10	Stima della rarità dell'habitat nella regione biogeografica di riferimento, nel nostro caso corrispondente al bacino Alto Adriatico
Struttura vegetazionale	St	1-4	Stima di complessità strutturale sulla base del tipo di vegetazionale prevalente nell'habitat (es. non vegetata, prativa, arbustiva, arborea)
Superficie (m2)	Sp	20-1.000.000	Calcolo dell'area mediante GIS
Ecotono utile	Ca1	0-5	Stima della qualità dei margini in termini di recettività per flora e fauna
Corridoio ecologico	Ca2	1-5	Stima della funzione di corridoio ecologico per il movimento delle specie animali
Assenza di antropizzazione	Ca3	1-5	Stima del grado di assenza di perturbazioni antropiche
Funzione di riproduzione	FRi	1-5	Stima della funzione di sito riproduttivo per le specie guida
Funzione di rifugio	FRf	1-5	Stima della funzione di sito di rifugio per le specie guida
Funzione trofica	FNu	1-5	Stima della funzione di sito trofico per le specie guida

Tabella 2 – Parametri descrittivi utilizzati per il calcolo del VNP di ogni tipologia di habitat. Sono riportate le sigle, i valori massimo e minimo attribuibili ad ogni parametro e il criterio di valutazione utilizzato per l'attribuzione dei valori.

avere scarsa funzionalità in una porzione di territorio, mentre può avere elevato valore in un'altra (es. una garzaia). Per questi motivi la determinazione dei valori dei parametri Ca1, Ca2, Ca3, Sp, FRi, FRe, FNu avviene per ogni unità territoriale tenendo in considerazione la tipologia di habitat in essa contenuta e la possibile presenza di "specie guida". Le specie guida sono state selezionate sia per la loro funzione di indicatori ecologici sia per la appartenenza a liste di specie protette (ad es. Direttiva Habitat, Allegato II).

In questo studio viene proposto un indice di naturalità del territorio, definito Valore di Naturalità Potenziale che integra l'applicazione di strumenti GIS e il giudizio di esperti vegetazionisti e faunisti

Valutazione qualitativa del VNP

Sulla base del valore di naturalità misurato dal VNP è possibile esprimere un giudizio di qualità dell'unità territoriale in indagine. Una ripartizione dei valori del VNP in classi di qualità è ottenibile considerando la distribuzione di frequenza teorica dei valori di VNP e applicando i quintili per individuare le soglie corrispondenti alle classi di qualità. Il metodo è così sinteticamente descrivibile:

generazione di una serie di habitat fittizi (n = 65000) in cui valori dei parametri (DiV, DiF, Ra, Ca1, Ca2, Ca3, St, FRi, FRf, FNu) sono stati generati casualmente da un calcolatore, mentre le aree (Sp) sono state estratte casualmente tra quelle realmente misurate nelle unità territoriali;

calcolo dei valori teorici di VNP ottenuti dagli habitat fittizi;

calcolo della distribuzione di frequenza dei valori teorici di VNP e determinazione dei quintili (figura 3);

determinazione delle soglie di 5 classi di qualità di VNP sulla base dei valori dei quintili (tabella 4).

Successivamente, i valori reali di VNP calcolati in ogni unità territoriale sono stati attribuiti alla classe di qualità adeguata e restituiti sulla mappa applicando loro il colore corrispondente.

Il limite dell'indice di VNP risiede nel fatto che, quando applicato a casi reali di studio, le aree più grandi, con habitat poco rilevanti da un punto di vista di naturalità (es. vasti ambiti agricoli), ottengono punteggi più elevati o comparabili rispetto ad aree più pregiate di ridotta estensione. Il problema risiede nel fatto che nel VNP il valore di Capacità (C) dipende unicamente dall'area (Sp) e dalla tipologia di vegetazione (St), mentre non tiene conto di altri parametri che possono aumentare l'effettiva capacità del sistema. Abbiamo quindi modificato l'algoritmo originario relativamente al calcolo

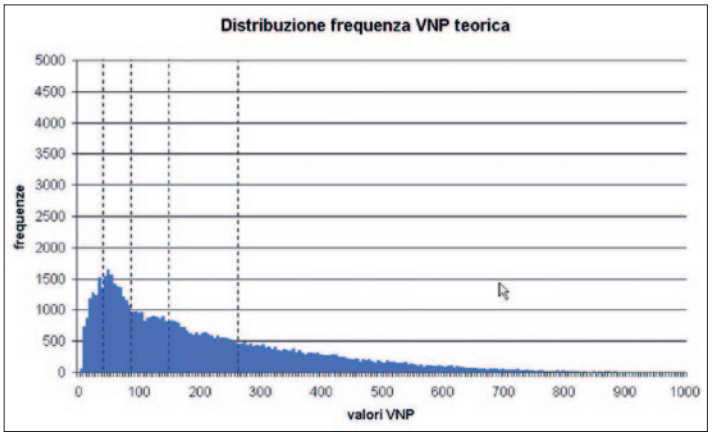


Figura 3 - Distribuzione di frequenza dei valori teorici di VNP. Le linee tratteggiate evidenziano i valori corrispondenti ai quintili della distribuzione.

del fattore Capacità (denominato C2) con l'inserimento del grado di antropizzazione (Ca3) come esponente dell'area dell'habitat considerato. Il nuovo indice viene chiamato VNP2 ed ha la seguente formulazione:

$$VNP2 = \prod (Q, C2, F)$$

in cui C2 è:

$$C2 = 1 + \frac{\mathrm{Log}_{10}\left(Sp^{\frac{Ca3}{3}}\right) \times St}{4.4}$$

Qualità (Q), e Funzione dell'habitat (F) hanno la stessa formulazione riportata in tabella 3. Dato che il valore di Ca3 varia tra un minimo di 1 (minima naturalità, es: habitat urbani e industriali) e un massimo di 5 (massima naturalità, es: habitat completamente naturali al climax), si è deciso di dividere tale valore per il numero fisso 3. In tale modo per gli habitat a scarsa naturalità il valore di Capacità rimane basso al crescere dell'area (valore esponente < 1), mentre per gli habitat ad elevata naturalità il valore di Capacità si eleva al crescere dell'area (valore esponente > 1).

Il fattore Capacità (C2) ha valore variabile tra un minimo di 1 e un massimo di 10, per cui l'indice di VNP2 assume valore minimo 1 (minima naturalità) e 1000 (massima naturalità).

Per ottenere la suddivisione del VNP2 in classi di qualità si è seguito il metodo sopra descritto, ottenendo la distribuzione di frequenza teorica del VNP2 (figura 4), i valori dei quintili e le classi di qualità corrispondenti (tabella 5). Per la elaborazione geografica-informativa dei dati è stato utilizzato il software ArcGis (ESRI).

RISULTATI

Sul territorio analizzato sono presenti 64 habitat diversi distribuiti in 1182 unità territoriali, ovvero singole porzioni di territorio contenenti

Valori soglia del VNP	Classe di qualità	Legenda mappa
0-37	MOLTO BASSA	Rosso
37-78	BASSA	Arancio
78-142	MEDIA	Giallo
142-262	ALTA	Verde chiaro
262-1000	MOLTO ALTA	Verde scuro

Tabella 4 – Definizione delle classi di qualità del VNP sulla base dei valori dei quintili ottenuti dalla distribuzione di frequenza dei valori teorici (Figura 3)

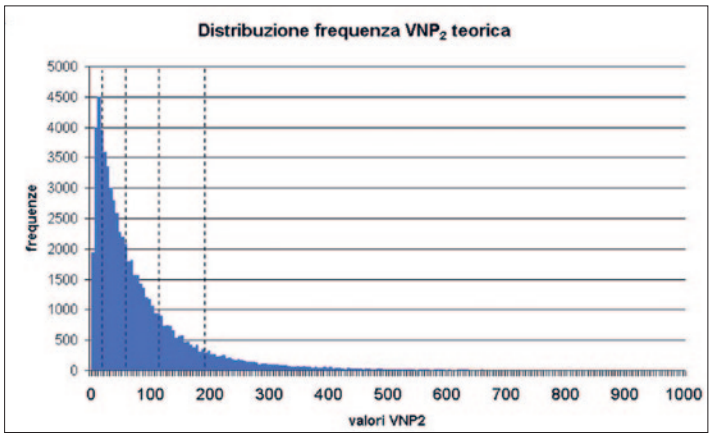


Figura 4 - Distribuzione di frequenza dei valori teorici del VNP2. Le linee tratteggiate evidenziano i valori corrispondenti ai quintili della distribuzione

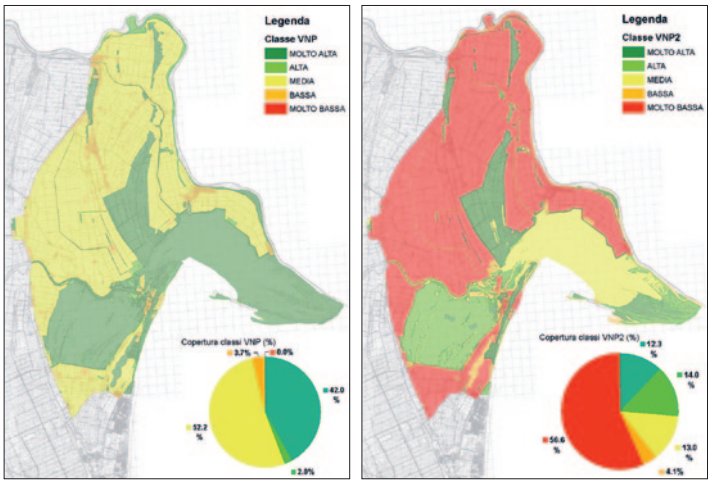


Figura 5 - Mappa del grado di naturalità nella Stazione 1 del Parco del Delta del Po. Le classi di naturalità sono individuate sulla base dei valori del VNP (a sinistra) e VNP2 (a destra) calcolati sugli habitat presenti nelle varie unità territoriali.

uno o più habitat (figura 2). I valori di naturalità calcolati per ogni unità territoriale mediante VNP e VNP2 sono stati raggruppati in 5 classi di qualità come indicato in tabella 4 e tabella 5. Le mappe che rappresentano la distribuzione dei valori di VNP e VNP2 sul territorio sono riportate in figura 5. Con il VNP meno del 4% della superficie territoriale presenta valori bassi e molto bassi, soprattutto in corrispondenza di ambiti urbani. Oltre il 52% della superficie ha valori di naturalità intermedi, in corrispondenza soprattutto di seminativi, relitti delle bonifiche effettuate nel secolo scorso. Gli ambiti a naturalità alta e moto alta sono rispettivamente circa il 2% e il 42%. All'interno di questo gruppo sono presenti aree moto diverse tra loro sia dal punto di vista ambientale sia della naturalità: aree lagunari (Sacca di Goro), vallive (Valle Bertuzzi) e boschive (Bosco della Mesola).
Applicando il VNP2 (figura 5) la distribuzione delle cinque classi di valori di naturalità mostra una più omogenea ripartizione. Oltre il 56% del territorio presenta valori molto bassi, in corrispondenza di habitat antropizzati (urbani) e semi antropizzati (agricoli), i valori bassi e medi sono rispettivamente circa il 4% e il 13% e corrispondono ad aree lagunari e bacini salmastri (Sacca di Goro, Lago delle Nazioni, porzioni di Valle Bertuzzi) e porzioni di aree boschive all'interno del Bosco della Mesola. Il territorio a naturalità elevata e molto elevata è rispettivamente circa il 14% e il 12%, in corrispondenza delle zone ecologicamente più strutturate di ambiti lagunari o vallivi (come alcuni dossi con vegetazione di elevata importanza conservazionistica della Valle Bertuzzi e della Sacca di Goro) e di alcune aree boscate di maggior pregio.
Per confrontare i risultati dei due algoritmi VNP e VNP2 sono stati considerati e analizzati alcuni tra gli habitat più caratteristici dell'area di studio (tabella 6). Dal confronto tra i valori medi di naturalità degli habitat presenti nelle diverse unità territoriali ottenuti con le due metodologie di calcolo emergono significative differenze (tabella 6). A livello generale il VNP2 tende a fornire valori di naturalità inferiori per tutte le tipologie di habitat, confermemente ai valori attesi in base alle distribuzioni teoriche dei due indici (figura 3 e figura 4).

Valori soglia del VNP2	Classe di qualità	Legenda mappa
0 - 28	MOLTO BASSA	Rosso
28 - 59	BASSA	Arancio
59 - 108	MEDIA	Giallo
108 - 194	ALTA	Verde chiaro
194 - 1000	MOLTO ALTA	Verde scuro

Tabella 5 - Definizione delle classi di qualità del VNP2 sulla base dei valori dei quintili ottenuti dalla distribuzione di frequenza dei valori teorici (Figura 4).

Sigla	Habitat	UT	ha	VNP medio	Classe VNP	VNP2 medio	Classe VNP2	Variazione %
Qr	Boschi termofili	19	23,7	726	MOLTO ALTO	610	MOLTO ALTO	-16 %
Fg	Fragmiteto	56	8,2	409	MOLTO ALTO	134	ALTO	- 67%
Im	Cariceti alofili	13	1,2	456	MOLTO ALTO	240	MOLTO ALTO	- 47 %
Uv	Ulvetalia	4	476	259	ALTO	66	MEDIO	- 74 %
Au	aree urbane	202	2,5	41	BASSO	9	MOLTO BASSO	- 78 %
Fr	frutteti	21	2,4	64	BASSO	13	MOLTO BASSO	- 79 %
Se	seminativi	22	397,2	96	MEDIO	17	MOLTO BASSO	- 82 %

Tabella 6 – Confronto tra i risultati dell'analisi per alcune tipologie di habitat nell'area di studio. Sono riportati i valori di naturalità media di ogni habitat ottenuti mediante VNP e VNP2, le corrispondenti classi di qualità e la variazione percentuale del valore di naturalità medio tra i due indici. UT = nr. unità territoriali nell'area di studio; ha = superficie media delle unità territoriali appartenenti all'habitat considerato.

Gli habitat "boschi termofili" e "cariceti alofili" risultano avere un valore di naturalità con il VNP2 , rispettivamente del 16% e 47% in meno rispetto al VNP, ciononostante rimangono nella classe di qualità "molto alta" per entrambi gli indici. Il valore di naturalità dell'habitat "fragmiteti" si riduce del 67% e passa dalla classe di qualità "molto alto" ad "alto". L'habitat "ulvetalia" si riduce del 74% e passa dalla classe di qualità "alta" a "media".
Gli habitat "aree urbane" e "frutteti" si riducono rispettivamente del 78 % e 79% e passano dalla classe "bassa" a "molto bassa". Per quello che riguarda i seminativi (Se), si registra la maggior riduzione percentuale del valore di naturalità (82%) con conseguente passaggio dalla classe "media" a "molto bassa".

L'area di studio si trova nel Parco del Delta del Po, complesso di ambienti naturali a mosaico tra ambiti a forte antropizzazione, caratterizzato da elementi molto dinamici (linea di costa, gestione idraulica degli ambienti umidi) e statici (ambiti urbani, argini di difesa)

DISCUSSIONE

L'indice "Valore di Naturalità Potenziale" proposto da Berthoud *et al.* (1989) si fonda sulle seguenti caratteristiche:

- è basato sul "sistema esperto", ovvero si avvale del parere di consulenti e tecnici (vegetazionisti e faunisti) che assegnano punteggi basati sulla personale competenza ed esperienza (Linstone & Turoff, 1975);
- è basato sulla componente vegetazionale (habitat) e sulla naturalità (espressa come funzione del numero di strati e della superficie dell'habitat);

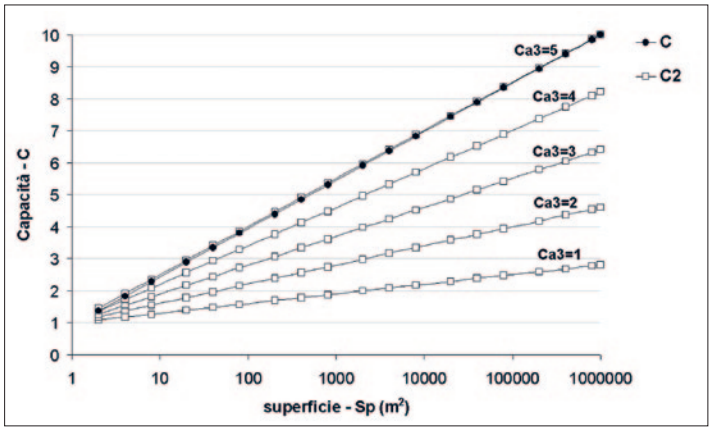


Figura 6 - Andamento del rapporto tra superficie di un habitat (Sp) e capacità nell'indice VNP (C) e VNP2 (C2) in funzione del grado di antropizzazione (Ca3). Per Ca3 = 1 si ha il massimo grado di antropizzazione (habitat urbani), per Ca3 = 5 il minimo grado (habitat molto naturali). Nel VNP all'aumento della superficie di un habitat aumenta la sua capacità indipendentemente dal grado di antropizzazione. Nel VNP2 all'aumento del grado di antropizzazione si riduce progressivamente il valore massimo di capacità dell'habitat.

- tiene in considerazione la funzione degli habitat (fattore F) per la fauna, in termini di utilizzo per nutrimento, riproduzione e rifugio.

Inoltre si basa sui seguenti assunti:
che ad una certa tipologia di habitat siano associate determinate specie animali che lo utilizzano per proprie funzioni;
che non vi siano interazioni tra le specie, ovvero una volta attribuito al determinato habitat un certo numero e tipo di specie, queste sono considerate tutte potenzialmente presenti qualunque sia la superficie di territorio interessata da quell'habitat;
In queste assunzioni risiede il significato di "potenziale" associato all'indice, in quanto si valuta l'habitat per le funzioni che potrebbe esprimere in condizioni ottimali, e non per le sue funzioni effettive. Pertanto l'indice non rileva l'effettivo stato di conservazione puntiforme di una determinata unità territoriale, ma fornisce il grado di qualità potenziale in assenza di interferenze.
Nel fattore C (capacità degli habitat) l'area ha un peso molto rilevante dato che, diversamente dall'andamento lineare degli altri fattori (Q e F), fa alzare il VNP in modo esponenziale. Ne consegue che habitat antropizzati o semi antropizzati (es. seminativi) ricevono valori di naturalità elevati semplicemente per essere molto estesi. Per questo motivo è stata sviluppata la variante VNP2 all'algoritmo, in cui il fattore capacità viene influenzato dal valore del parametro Ca3 (uno dei parametri che definiscono il fattore Q). All'aumentare dell'area, i valori di Ca3 superiori a 3 (ambiti più naturali) fanno cresce più velocemente la capacità (C2) rispetto ai valori inferiori a 3 (ambiti più antropizzati, figura 6). Di conseguenza, applicando VNP2 all'area di studio il valore complessivo di naturalità di ambiti antropizzati molto estesi acquisisce meno rilievo di quanto non avvenga per ambiti più naturali. Ad esempio gli estesi ambiti agricoli risultano di minor qualità nel VNP2 rispetto al VNP.
L'applicazione del VNP2 porta a un generalizzato abbassamento dei valori medi di naturalità degli habitat rispetto al VNP (tabella 6), il che permette di discriminare meglio le valenze all'interno degli ambiti. Ad esempio, le aree boschive (es. Bosco della Mesola) e le aree emerse in ambiti acquatici (es. dossi, scanni della Sacca di Goro), con il VNP presentano un valore di naturalità omogeneo e molto elevato, mentre con il VNP2 si differenziano in diversi gradi di naturalità. Lo stesso avviene in alcuni contesti a mosaico complesso (foce del Po di Volano) dove l'applicazione del VNP2 rende evidente la diversificazione del grado di naturalità di alcuni elementi (prati, dossi, zone lagunari) consentendo analisi più dettagliate sulla loro effettiva importanza e funzionalità ecologica.
Analizzando più in dettaglio i singoli habitat, nel caso dei cariceti alofili (habitat 1410 di interesse comunitario), la riduzione del valore appare relativamente elevata (-47%), rispetto ai boschi termofili (-16%), ma entrambi rimangono nella classe a naturalità molto alta. I fragmiteti, che hanno un maggior grado di disturbo antropico, presentano con il VNP2 una riduzione più consistente (-67%) rispetto al VNP, e scendono nella della classe di qualità "alta". Nel caso dei seminativi la cospicua riduzione del valore di naturalità (-82%), che porta tali ambiti dalla classe di qualità "media" del VNP a quella "molto bassa" del VNP2, appare coerente con il grado di disturbo antropico di questi sistemi artificiali, soprattutto come elementi di frammentazione della matrice

naturale in cui le specie animali si muovono (Saunders *et al.*, 1991).
Una analisi a parte va fatta per gli ambiti esclusivamente acquatici. La Sacca di Goro, caratterizzata nella sua intera estensione dall'habitat sommerso Ulvetalia (Uv), assume un valore omogeneamente "molto alto" con il VNP e "medio" con il VNP2. Analisi ambientali condotte da diversi anni in Sacca di Goro evidenziano come le componenti ambientali siano, in realtà, molto variabili all'interno della laguna (Bencivelli e Castaldi, 1991) portando a una diversificazione di habitat acquatici difficilmente riassumibile con un unico valore omogeneo. Pertanto sia il VNP sia il VNP2 sembrano interpretare in modo semplificato la realtà ecologica della Sacca di Goro. Gli habitat acquatici della Valle Bertuzzi, sito che per la ricchezza di aspetti naturalistici e l'avifauna presente è riconosciuto come uno delle zone umide più importanti d'Italia (ARPA, 2006), caratterizzati da "Vegetazione scarsa o nulla di valli salse inondate tutto l'anno" (Vs), assumono valori "molto alti" con il VNP e "alti" con il VNP2. In questi habitat acquatici la bassa strutturazione della vegetazione (parametro St) porta ad un relativo abbassamento dei valori di qualità, nonostante il generale valore del sito nel suo complesso. L'omogeneità delle valenze degli habitat acquatici evidenziata in Sacca di Goro e Valle Bertuzzi è dovuta alla struttura del modello che si basa sull'approccio di analisi territoriale dei sistemi terrestri, in cui la vegetazione costituisce la base per la individuazione e la valutazione degli habitat. Ciò evidenzia come negli ambienti acquatici, in cui la valutazione dei parametri idrologici, fisico-chimici e biologici assume un aspetto prevalente (Diaz *et al*., 2004), il modello non soddisfi completamente i requisiti per un'analisi di dettaglio della qualità ambientale.

CONCLUSIONI

Dal punto di vista pratico il modello presentato fornisce uno strumento operativo a supporto delle scelte gestionali in materia di aree protette. Il VNP può essere utilizzato come strumento di valutazione in quanto permette di quantificare il Valore di Naturalità Potenziale degli habitat presenti su un territorio. Il VNP2 si presenta come uno strumento alternativo, applicabile dove ambiti ad elevata influenza antropica siano presenti su un'estesa porzione dell'area di studio. La valutazione dei risultati a livello puntiforme, ha mostrato che entrambe le varianti del modello hanno una bassa performance in ambiti a prevalenza acquatica (es. Sacca di Goro e Valle Bertuzzi).
L'applicazione dei due algoritmi mediante il supporto GIS consente di realizzare database georeferenziati sull'evoluzione del grado di naturalità del territorio. Il modello può essere applicato a diverse tipologie di progetto o intervento che modifichino le caratteristiche degli habitat, consentendo valutazioni quantitative della variazione del grado di naturalità in fase *ante* e *post operam*. Se correttamente applicato, il Valore di Naturalità Potenziale degli habitat costituisce una valida base per evidenziare al meglio criticità ed opportunità funzionali alla localizzazione di opere, alla individuazione di misure di mitigazione o compensazione. In tal senso lo strumento fornisce una valida integrazione agli strumenti di pianificazione e gestione territoriale, in quanto ha il pregio di essere di rapida applicazione, nonché facilmente consultabile e comprensibile in sede di discussione multidisciplinare.

ABSTRACT
Lo sviluppo e l'applicazione di metodi di valutazione, atti
The development and application of assessment methods that serve to quantify the positive qualities and problematic areas of local ecological functions has taken on increasing importance in planning processes. A given area's level of naturalness, though difficult to quantify, is one of the aspects that determines its overall ecological quality.
We developed a model (Value of Potential Naturalness, VNP) to quantify an area's level of naturalness. The method was applied within a station of the Parco del Delta del Po park in Emilia-Romagna. Its positive qualities and weaknesses were evaluated. The results led to a critical revision of the method and a proposal for a variation of the original algorithm (VNP2) that keeps in consideration the presence of strongly human-shaped living environments and their areas. The case study shows the potentials of using the method as an operational tool to support studies and design and management choices, particularly in protected areas heavily affected by human activity.

Autori
Gian Andrea Pagnoni, Fabio Bertasi, Manorama Croppo, Mauro Pellizzari, Riccardo Santolini, Remigio Rossi

Bibliografia

ARPA, 2006. Annuario regionale dei dati ambientali. Acque di transizione, pp 337. http://www.arpa.emr.it/dettaglio_documento.asp?id=250&idlivello=216
Battisti C., Romano B. 2007. Frammentazione e connettività: dall'analisi ecologica alla pianificazione ambientale. Città Studi, Milano.
Bencivelli, S. Castaldi, N., 1991. Studio integrato sull'ecologia della Sacca di Goro. , Franco Angeli srl, Milano 263 pp.
Berthoud G., Duelli P., Burnard J.D., Theurillat J.P., Gogel R., Wiedemeier P., Hanggi A. 1989. Méthode d'evalutation du potentiel écologique des milieux, Rapport 39 du programme national SOL, Programme national de recherche, Bern, pp 129.
Blondel J. 1979. Biogéographie et écologie. Masson, Paris.
Blondel J. 1995. Biogéographie. Approche écologique et évolutive. Masson, Paris.
Bruntland G. 1987. Our common future: The World Commission on Environment and Development. Bruntland G (ed). Oxford University Press, Oxford.
EUNIS. 2002. EUNIS Habitat Classi?cation. European Environment Agency. http://eunis.eea.eu.int
Diaz, R.J., Solan, M., Valente, R.M. 2004. A review of approaches for classifying benthic habitats and evaluating habitat quality. Journal of Environmental Management, 73: 165-181.
Hockings M. 1998. Evaluating management of protected areas: integrating planning and evaluation. Environmental Management 22, 337-345.
Linstone, H. A. & Turoff, M. (1975) The Delphi Method: Techniques and Applications (New York: Addison-Wesley).
Machado A. 2004. An index of naturalness. Nature Conservation, 12, 95-110.
Piccoli F. 1999. Carta della vegetazione - Parco regionale del Delta del Po - Stazione Volano - Mesola - Goro. Regione Emilia-Romagna. http://archiviocartografico.regione.emilia-romagna.it
Saunders D.A., Hobbs R.J., Margules C.R. 1991. Biological Consequences of Ecosystem Fragmentation: A Review. Conservation Biology, 5 (1): 18-32
Saunders D.A., Hobbs R.J., Margules C.R. 1991. Biological Consequences of Ecosystem Fragmentation: A Review. Conservation Biology, 5 (1): 18-32
Wood C. 1995. Environmental Impact Assessment: A Comparative Review. Longman Scientific & Technical, pp 337.