

Il fotorilevamento per lo studio e il monitoraggio delle formazioni erbose rupicole calcicole o basofile dell'*Alyso-Sedion albi*

A. Velli (*), G. Pellis (*), G. Puppi (*), C. Ferrari (*), G. Pezzi (*)

*Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Università di Bologna,
Via Irnerio 42, 40126 Bologna,

Email: andrea.veli2; guido.pellis; giovanna.puppi; carlo.ferrari; giovanna.pezzi (@unibo.it)

Riassunto

Nel presente lavoro, attraverso l'impiego di photoplot e delle analisi basate sui Sistemi Geografici Informatizzati, si propone un metodo per implementare la qualità e la quantità dei dati utilizzabili per le analisi di tipo ecologico per la produzione di modelli sintetici che comprendano il maggior numero di parametri possibili: biologici, pedologici, idrologici e geomorfologici considerati nello spazio e nel tempo.

Un macroplot di 1,5x1,5 m è stato collocato in un Sito di Importanza Comunitaria caratterizzato dalla presenza dell'habitat prioritario 6110* - Formazioni erbose rupicole calcicole o basofile dell'*Alyso-Sedion albi*. Ogni quadrato è diviso in nove plot 50x50cm suddivisi ancora in 100 subplot 5x5cm. Di ogni plot è stata effettuata una fotografia digitale in posizione pseudozenitale (photoplot) ogni 20 giorni nella medesima posizione per un anno. In campo sono stati registrati la posizione delle singole specie vegetale in ogni subplot e una misura delle microquote del substrato. In ambiente GIS è stato generato il DEM di ogni plot derivando da esso tutti i parametri topografici utili. Sempre in ambiente GIS sono state digitalizzate le coperture di tutte le specie presenti e calcolati diversi indici spaziali. Attraverso il confronto dei photoplot nell'arco dell'anno sono stati ricavati dati sullo sviluppo temporale delle specie e il loro turnover.

Abstract

Through a study case in a Site of Community Importance in northern Appennino, is shown a monitoring method using jointly zenital photo survey (photoplot), GIS-based analysis and field sampling (species composition, phenology and micro-topography). A macroplot 1,5x1,5m has been placed and divided into nine 50x50 cm plot. Of each plot a photoplot have been taken and repeated every 20 days from March to October 2012. In field, three variables were recorded: plant species and their position, the phenology stage and a measure of the micro-topography of the substrate. Each frame were georeferenced and interpreted building the layers of species distribution and cover and a Digital Terrain Model. This method allows to obtain comparable data in space and time in a standardized way and it has been possibile to described the relationship between specific richness and ground heterogeneity, the essential role of the moss mat for the colonization dynamics and some phenological aspect of the sampled species.

Introduzione

Gli ecosistemi dei gessi carsici rappresentano una peculiarità di grande valore per la conservazione della biodiversità grazie all'elevato grado di adattamento espresso dalle specie vegetali in essi presenti.

Lo sviluppo di particolari formazioni vegetali è dovuto a determinate caratteristiche fisico-chimiche e morfologiche del gesso, che si esprimono in un'elevata microeterogeneità ambientale e in una

disponibilità limitata di nutrienti (Rubio e Escudero 2000, Escudero et al 2000, Guerriero – Campo 2002, Palacio et al 2006). E' noto, infatti, che l'eterogeneità dei fattori ambientali contribuisce al mantenimento della diversità biologica (Ricklefs 1977, Grime 1979, Tilman 1982, Palmer 1994). In particolare, in ambienti con importanti fattori limitanti, come nel caso degli affioramenti gessosi, gli effetti della diversità ambientale potrebbero pesare notevolmente sulla sua composizione specifica.

Lo studio proposto si focalizza sull'Habitat di interesse prioritario 6110 *Formazioni erbose rupicole dell'Alyso-Sedion albi*, non esclusivo degli affioramenti gessosi, ma che in Italia vi trova un'importante zona di rifugio per specie adattate ad ambienti così ostili. Le formazioni vegetali dell'Habitat comprendono comunità che si sviluppano su superfici ridotte caratterizzate da relazioni microambientali tra specie vascolari e muschi.

Le analisi di questo habitat sono state finora di tipo genericamente descrittivo basate su campionamenti con l'approccio fitosociologico (es. Ferrari C., 1974; Pezzi e Corazza 2011). Questi non considerano le relazioni spazio-temporali tra le popolazioni delle specie. Le modalità e i tempi con cui le comunità vegetali riescono ad insediarsi e a permanere in tali ambienti, e il ruolo della diversità micro-ambientale sulla distribuzione delle specie necessitano di altri livelli di indagine, che tengano conto della complessità morfologica dell'habitat e dei suoi effetti sulla distribuzione delle popolazioni.

Per questi scopi, l'analisi della vegetazione deve essere effettuata a livello di micro-scala. Tra gli strumenti disponibili, un ruolo cruciale spetta al fotorilevamento da integrare con osservazioni dirette in campo.

Il fotorilevamento consente la stima oggettiva delle coperture di specie o habitat e la possibilità di ricavare informazioni circa le reciproche posizioni e le relazioni con altri parametri spazialmente definiti. Alcuni tentativi di utilizzare riprese fotografiche a bassa quota sono stati eseguiti in passato per alcune aree umide italiane attraverso l'uso di palloni frenati (Ferrari, 1978), ed in genere attraverso l'uso di elicotteri e velivoli con comandi remoti (Remondino et al; 2011, Montagna et al, 2009). Il costo elevato delle tecnologie, che permettono riprese stabili di superfici fino ad alcune decine di metri quadri con risoluzione al decimetro, è oggi il maggior limite al fotorilevamento dettagliato di habitat e comunità vegetali. Per superare, almeno in parte, questa difficoltà può essere valutato l'uso di tali tecniche su micro-scala attraverso le riprese da terra.

Si propone un metodo di monitoraggio integrato dell'Habitat 6110*, tramite l'utilizzo di rilievi in campo, fotografici e tecnologie di elaborazione di immagine attraverso l'impiego di software GIS.

Area di studio

Le aree di campionamento rientrano all'interno della formazione geologica gessoso-solfifera ("Vena del Gesso") del Messiniano, di origine perlopiù evaporitica, che si estende nella fascia collinare del versante padano dell'Appennino settentrionale, da Bologna a Rimini. La "Vena del Gesso" è caratterizzata da affioramenti discontinui che nel complesso ricoprono meno di dieci chilometri quadrati. Da un punto di vista bioclimatico, l'area rientra nella fascia submediterranea con un periodo di aridità legato ai mesi estivi. Gli affioramenti sono esposti in estate ad alte temperature, con massimi di 40°C, mentre in inverno i fenomeni di continuo gelo e disgelo giornaliero unitamente a forte vento e precipitazioni, ostacolano l'instaurarsi della vegetazione boschiva e la formazione di composti umici strutturanti del suolo. La frammentazione dei siti e le loro piccole superfici, con una vegetazione ricca di entità mediterranee in condizioni extrazonali, hanno portato all'istituzione di Parchi regionali e di Siti di Importanza Comunitaria lungo tutta la Vena.

La stazione di campionamento è stata scelta all'interno di un Sito di Importanza Comunitaria (IT4070011 - Parco Regionale "Vena del Gesso Romagnola", Imola) con esposizione Sud-Ovest e una quota di 194 m s.l.m.

Il metodo

All'interno dell'Habitat 6110*, è stato individuato un quadrato (*macroplot*) di 1,5 x 1,5 m. suddiviso in 9 *plot* (50x50 cm) divisi a loro volta in 100 *subplot* (5x5 cm; Fig. 1).

Per ogni plot si esegue una fotografia digitale azimutale (*photoplot* Fig. 2 e 4) ad una distanza di 120 cm di altezza con macchina digitale con una lente di 24mm ed una risoluzione del sensore da 10.2 megapixel montata su un treppiede con clinometro. Da misurazioni di campo si è calcolato che 1 pixel equivale a 0,0062 cm². La ripresa



Figura 2. Esecuzione delle riprese azimutali del plot.

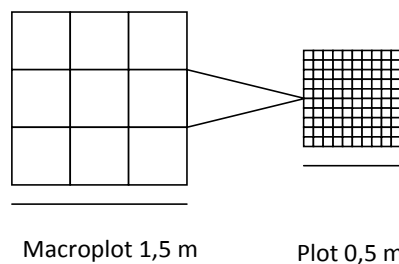


Figura 1. Macroplot e Plot del disegno di campionamento.

fotografica è stata ripetuta sui medesimi plot, ogni 20 giorni (da marzo a settembre) per valutare le variazioni temporali delle patch delle specie. Le prime analisi, qui presentate, sono state effettuate in due step temporali successivi (aprile-maggio) del macroplot considerato.

La Fig. 3 riassume la metodologia adottata. Per ogni plot sono stati registrati i seguenti dati: pendenza, esposizione locale, e un valore medio della profondità del suolo. A livello di subplot si è rilevata la quota relativa rispetto al piano del plot. Per valutare l'andamento topografico nell'immediato intorno del macroplot sono stati rilevati pendenza e micro-esposizione in 16 punti equidistanziati di 50cm dai margini.

Nei singoli subplot sono state rilevate le specie vascolari e briofitiche. Infine è stato registrato lo stadio fenologico di ogni specie nei vari step temporali secondo il metodo BBCH (Meier 1997).

Variabile	Descrizione	Livello
Coordinate	Coordinate geografiche in WGS 84	Plot
Pendenza	Pendenza misurata (gradi) al centro di ogni plot	Plot
Profondità media del suolo	Media eseguita su 10 valori presi casualmente all'interno del plot.	Plot
Microquote	Valore (cm) dell'altezza relativa del substrato dal plot misurata al centro di ogni subplot considerando il plot parallelo alla pendenza media del suolo	Subplot
Briofite *	Copertura (%)	Subplot
Specie vascolari *	Specie osservate in un subplot e relativa copertura (%)	Subplot
Stadio fenologico *	Stadio fenologico di ogni specie secondo lo standard BBCH	Macroplot

Figura 3. Le variabili misurate in campo con relativo livello di scala. * Rilievi eseguiti ogni 20 giorni.

Le immagini e i dati raccolti in campo sono stati inseriti, rielaborati ed implementati in ambiente GIS utilizzando il software ArcGis 9.3 (www.esri.com). Ogni photoplot è stato corretto da eventuali distorsioni del reticolo e mosaicato con quelli adiacenti per riprodurre il macroplot. Dall'immagine ottenuta (Fig. 4) si è eseguita una digitalizzazione ottenendo due strati tematici relativi alle coperture delle specie vascolari e alle "tipologie di substrato" (da adesso chiamati micrositi: tappeto muscinale, lettiera, suolo nudo, roccia nuda sfaticcio, con clasti >0.5mm, e sfaticcio fine, con clasti < 0.5 mm). Questa operazione è stata ripetuta per ogni step temporale.

In ambiente GIS, è stata costruita successivamente una griglia 0,5x0,5 cm della dimensione del macroplot in modo da suddividere ulteriormente i subplot in 100 celle. L'overlay della griglia con le patches dei differenti tematismi (specie e tipologie di substrato) ha consentito di generare valori di frequenza nei differenti subplot. Questo dato è stato usato per ricavare informazioni circa la distribuzione, i pattern spaziali delle patches di specie, la copertura relativa delle varie specie e le loro relazioni con la qualità del substrato. Il confronto delle frequenze nei vari stadi temporali, associato ai dati fenologici, permette inoltre di comprenderne le dinamiche ed eventuali turnover tra specie. La media del numero delle tipologie di substrato riscontrate in ogni subplot è, inoltre, da considerare come un indice di eterogeneità micro-ambientale del plot.

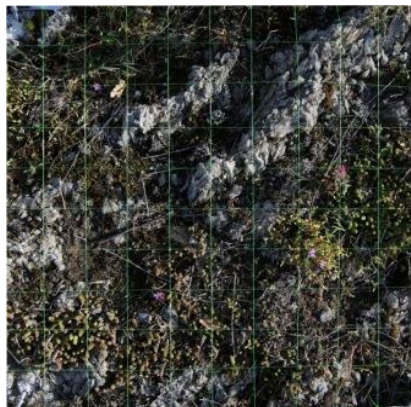


Figura 4. Esempio di photoplot.
Sono visibili i subplot.

Si ottiene infine un *Modello Digitale del Terreno (DEM)* a partire dai valori delle microquote standardizzate sottraendo ad ogni valore la media delle quote per il plot di appartenenza. La deviazione standard delle quote standardizzate rappresenta l'indice di eterogeneità topografica per ogni plot. Il DEM di ogni plot viene infine generato utilizzando l'algoritmo di interpolazione del Nearest Neighbour.

Campionamento della vegetazione, analisi dei dati e primi risultati

Nel macroplot sono state campionate 12 specie tracheofite la cui copertura complessiva non supera il 20% della superficie totale.

A partire dalla ricchezza (numerosità) e copertura delle specie è stata misurata la diversità entro ciascun microsito mediante l'indice di Shannon e Weaver (1949). L'equipartizione (J) delle coperture relative delle varie specie, considerando i macroplot nel complesso, risulta molto sbilanciata a favore delle specie di *Sedum rupestre* che rappresenta quindi la specie dominante di questi ambienti.

Considerando i diversi tipi di substrati (micrositi) si evince una netta superiorità del numero di specie presenti in due dei 6 micrositi considerati: il tappeto muscinale e lo sfaticcio superiore al 0,5 mm, con una presenza preponderante di *Sedum spp.* (Fig. 5).

	Briofite	Lettiera	Suolo nudo	Roccia nuda	Sfaticcio >0.5mm	Sfaticcio <0.5 mm
Shannon	0,558	0,000	0,000	0,151	0,474	0,162
Evenness	0,268	0,000	0,000	0,072	0,228	0,078

Figura 5. Valori di ricchezza e di equipartizione per i diversi micrositi.

Considerando il tipo casmofitico di molte specie presenti, risulta molto complesso in campo risalire al punto di radicamento iniziale delle varie specie. Una delle prime elaborazioni è stata quindi quella di visualizzare la mappa delle coperture delle specie nei singoli subplot per evidenziare i

possibili punti di origine delle varie patch (Fig. 6). La conversione in raster e la riclassificazione di queste mappe secondo il metodo fitosociologico (Braun-Blaquet, 1964) ha permesso di suddividere le patch delle specie di interesse in una zona di radicazione (classe di copertura 4-5) e di propagazione (classe di copertura 1-3). Questa riclassificazione permette di analizzare spazialmente i parametri scelti dalla pianta per la colonizzazione dell'ambiente attribuendone pesi diversi.

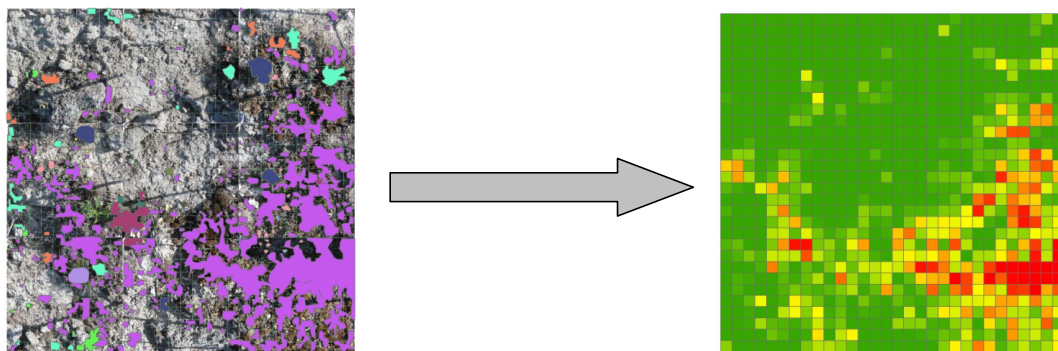


Figura 6. Creazione della mappa di densità per *Sedum rupestre*. Le colorazioni rosso e arancione rappresentano i subplot con una copertura dal 50 al 75% della specie mentre nei subplot verde scuro la specie è assente.

Una prima ipotesi è quella che vede il tappeto muscinale e lo sfaticcio come substrati preferiti nella colonizzazione di questo ambiente da parte perlopiù del genere dominante. Una verifica parziale di questa ipotesi è stata attuata utilizzando le mappe di copertura per le specie con una copertura significativa (>3%) confrontandole con le mappe dei micrositii attraverso l'algoritmo *Zonal statistics* (ArcGIS).

Questa analisi esplorativa mostra come la zona di radicazione ricada prevalentemente ed esclusivamente sul tappeto muscinale mentre la zona di propagazione abbia un range più vasto con preferenze sia per il muschio che per lo sfaticcio (Fig 7).

Le stesse analisi sono state eseguite sui layer dei diversi parametri topografici: pendenze, curvatura e microquote senza però riscontrare particolari preferenze fatta eccezione per la mappa delle curvature in cui le zone a densità maggiore di *S. rupestre* mostrano una leggera preferenza per zone più convesse.

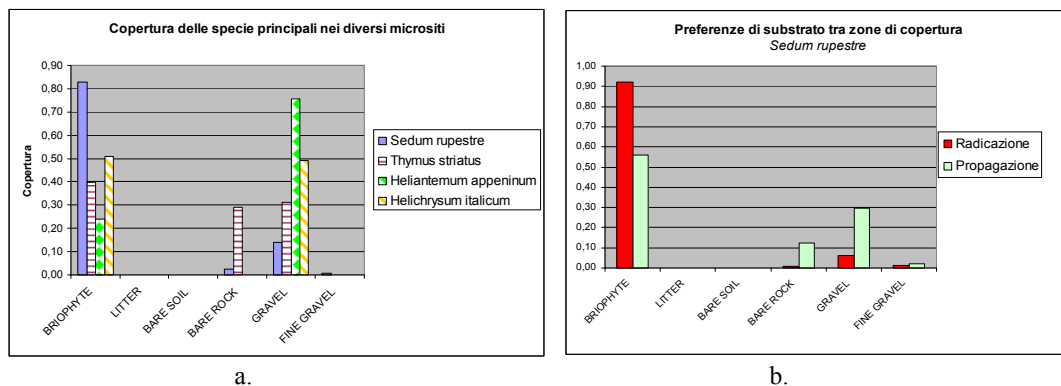


Figura 7. Il grafico (a) mostra la copertura delle varie specie nei diversi micrositii. Il grafico (b) considera le due zone individuate nella mappa di densità relazionate ai micrositii.

L'analisi temporale ha mostrato che lo stesso macroplot, fotografato dopo 20 giorni, mostra un aumento della copertura di quasi tutte le specie dal 10 al 160% fatta eccezione per il *S. rupestre* che ha subito una contrazione del 23%.

Per quanto riguarda i micrositi si è notato un arretramento dei muschi del 33% circa e un avanzamento della copertura di sfaticcio. Nel complesso il 72% di tutto il *S. rupestre* si mantiene su muschio mentre rispetto al primo step un 10% passa su sfaticcio. Questa quota è rappresentata prevalentemente da residui delle zone di propagazione. Anche le altre specie presentano alcune variazioni: in particolare *Thymus striatus* il cui substrato passa da muschio a sfaticcio (Fig 8)

	Briofite		Lettiera		Suolo nudo		Roccia nuda		Sfaticcio > 0.5 mm		Sfaticcio < 0.5mm	
	Step I	Step II	Step I	Step II	Step I	Step II	Step I	Step II	Step I	Step II	Step I	Step II
<i>Sedum rupestre</i>	0,83	0,72	0,00	0,03	0,00	0,00	0,03	0,01	0,14	0,22	0,01	0,02
<i>Thymus striatus</i>	0,40	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29	0,05	0,31	0,78	0,00	0,00
<i>Helianthemum appeninum</i>	0,24	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,76	0,80	0,00	0,00
<i>Helichrysum italicum</i>	0,51	0,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,49	0,55	0,00	0,00

Figura 8. Confronto con le coperture delle varie specie ripartite per micrositi nei due step temporali (aprile e maggio).

Le prime analisi esplorative mostrano, in sintesi, un macroplot dominato da una sola specie, *S. rupestre*, accompagnato da specie con coperture inferiori al 5%. La principale relazione riscontrata è quella con il tappeto muscinale che sembra svolgere un ruolo fondamentale nella colonizzazione di questa porzione di ambiente. Le relazioni tra la flora vascolare e quella briofitica sono già note in molti ambienti, ma i reciproci ruoli tra i due attori non sono gli stessi nei vari casi. Talvolta sembra esserci una facilitazione dovuta alla ritenzione di sostanze nutritive e umidità, mentre in altri casi sono noti fenomeni allelopatici, soprattutto nei confronti dei semi delle cormofite.

Nel caso degli affioramenti gessosi non sono pervenuti lavori che testimonino questa relazione in ambienti xerici, sarà quindi interessante approfondire questo aspetto che pone anche la relazione con gli elementi topografici, che qui sembrano non avere grande rilevanza, su un piano e una scala diversa.

Considerazioni sul metodo

L'impiego delle tecniche di analisi di immagine ed elaborazione di strati tematici, tipiche della Landscape Ecology su ampia scala, calibrate sulle dimensioni delle specie vegetali oggetto di studio, permettono un approccio standardizzato e quantitativo anche di habitat di esigue dimensioni. Uno dei vantaggi più consistenti del metodo integrato allo studio delle comunità è la possibilità di elaborare modelli di sintesi contenenti il maggior numero di fonti di variazione possibile e modelli previsionali di espansione delle specie che rappresenterebbero strumenti efficaci nei programmi di monitoraggio e di conservazione di habitat minacciati.

I risultati presentati hanno valore dimostrativo e non ambiscono ad una generalizzazione delle evidenze fin qui riscontrate né a livello di specie né tanto meno di habitat. Il lavoro continua con l'analisi di altri macroplot nelle medesime aree per poter affrontare con strumenti statistici e geostatistici un insieme di dati significativo.

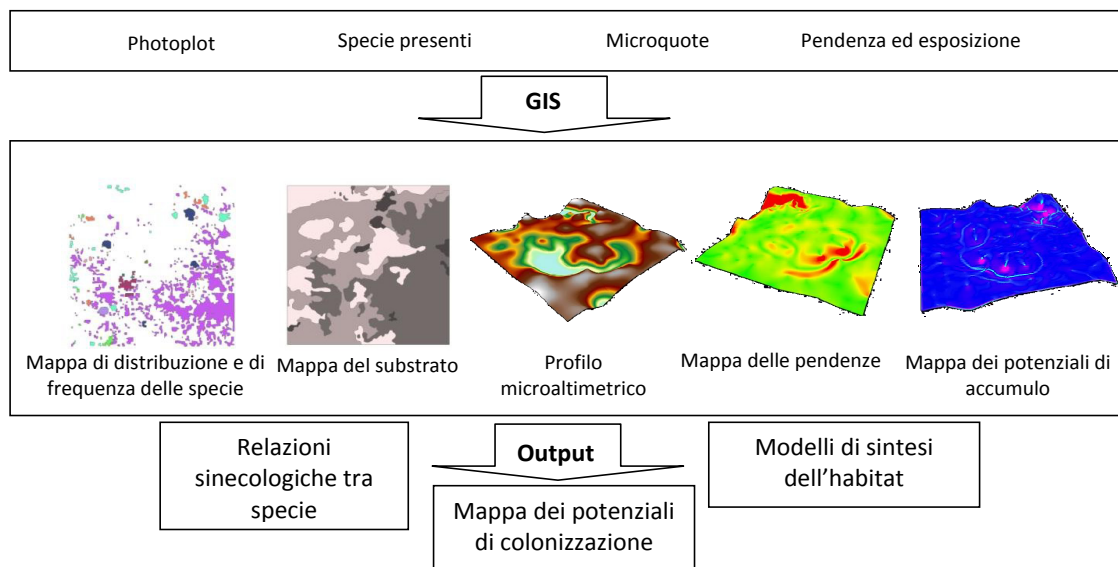


Figura 9. Sintesi della metodologia proposta: i dati rilevati in campo vengono elaborati e implementati in ambiente GIS utilizzando le tecniche della Landscape Ecology su ampia scala con la produzione di strumenti di previsione applicabili nella conservazione dell'Habitat 6110*.

Riferimenti Bibliografici

- BRAUN-BLANQUET J., 1964, Pflanzensozologie. Grundzüge der Vegetationskunde. 3rd ed., Springer, Berlin.
- ESCUERO A., IRIONDO J. M., OLANO J. M., RUBIO A., SOMOLINOS R. C., 2000, Factors affecting establishment of a gypsophyte: the case of *Lepidium subulatum* (Brassicaceae). *American Journal of Botany* 87(6): 861–871.
- FERRARI C., 1974, La vegetazione delle rupi gessose di Miserazzano e della Croara (Bologna). *Not Fitosoc.* 8: 65-74.
- FERRARI C., MANDRIOLI P., RINALDI A., 1978, Integrazioni tra il rilevamento fotoaereo a bassa quota e il rilevamento fitosociologico per la cartografia vegetazionale di un biotopo palustre. *Not. Fitosoc.* 13: 1-11.
- FERRARI C., PEZZI G., CORAZZA M., 2011, PROGETTO Life 08 NAT/IT/000369 "Gypsum": Monitoraggio di alcuni habitat di interesse comunitario di superficie associati agli affioramenti gessosi di alcuni Siti Natura 2000 dell'Emilia Romagna. Relazione tecnica, pp 1-51.
- GRIME J. P. 1979, Plant strategies and vegetation processes. *New York: John Wiley and Sons Ltd. Chichester.*
- GUERRERO-CAMPOA J., ALBERTO F., HODGSON J., GARCÍA-RUIZA J. M., MONTERRAT-MARTÍ G., 1999, Plant community patterns in a gypsum area of NE Spain. I. Interactions with topographic factors and soil erosion. *Journal of Arid Environments* Volume 41(4): 401–410.
- MEIER U., 1997, BBCH- Monograph Growth stages of plants. *Blackwell*, Berlin und Wien: 622 pp.
- MONTAGNA M., RIGON P., BRESCIANI M., FILA G.L., 2009, Monitoraggio dei canneti di Sirmione tramite drone MD4-200. XIII Conferenza Nazionale ASITA, 1 – 4 dicembre 2009, Bari, Italia.
- MOORE I.D., GRAYSON R.B., LADSON A.R. 1991, Digital terrain modeling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications. *Hydrol Process* 5:3–30.
- PALACIO S., ESCUERO A., MONTERRAT-MARTÍ G., MAESTRO M., MILLA R. ALBERT M. J., 2006, Plants Living on Gypsum: Beyond the Specialist Model. *Annals of Botany* 99: 333–343.

- PALMER N.W., WHITE P.S., 1994a - Scale dependence and the species-area relationship. *The American Naturalist*, 144: 717-740.
- RICKLEFS R.E. 1977, Environmental heterogeneity and plant species diversity: a hypothesis. *The American Naturalist*, 111, 376–381.
- REMONDINO F., BARAZZETTI L., NEX F., SCAIONI M., SARAZZI D., 2011. UAV photogrammetry for mapping and 3D modelling – Current status and future prospective – International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 28 : 1 - C22.
- RUBIO A., ESCUDERA A., 2000, Small-scale spatial soil-plant relationship in semi-arid gypsum environments. *Plant and Soil* 220: 139–150.
- SHANNON C., WEAVER W., 1949, The mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press, Urbana, Illinois.
- TILMAN D. 1982, Resource competition and community structure. *Princeton University Press*.