

Un indicatore multidimensionale per la valutazione della distribuzione spaziale dei servizi agro-ecosistemici nei territori periurbani

Massimo Rovai (*), Debora Agostini (**), Massimo Carta (***), Laura Fastelli (****),
Bruno Giusti (*****), Fabio Lucchesi (*****), Francesco Monacci (*), Fabio Nardini (*****),
Sandra Paterni (**)

(*). Dip. di Scienze Agrarie Alimentari e Agro-ambientali (Di.S.A.A.A.) - Università di Pisa (massimo.rovai@unipi.it)

(**) Provincia di Lucca (d.agostini@awn.it)

(***) MHC – Spin-Off dell’Università degli studi di Firenze, (carta.massimo@gmail.com)

(****) Dip. di Ingegneria dell’Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni (D.E.S.T.e.C.) - Università di Pisa
(laura.fastelli@for.unipi.it)

(*****). Dip di Architettura (DIDA) – Università degli Studi di Firenze (fabio.lucchesi@unifi.it)

Riassunto

Il contributo riferisce delle elaborazioni realizzate durante la redazione del PTC della Provincia di Lucca in merito alla qualificazione dello spazio aperto come strategia per il contenimento del consumo di suolo e dei fenomeni di abbandono del territorio. Viene presentata in particolare un’elaborazione cartografica che, a partire da un modello di valutazione multidimensionale dei servizi eco-sistemici forniti dall’agricoltura periurbana (funzione produttiva, funzione protettiva, funzione ricreativa e culturale), visualizza la distribuzione dello spazio sia del carattere specifico, sia del valore assoluto di tali servizi. L’elaborazione è stata utilizzata all’interno del PTC come strumento di supporto alla spazializzazione delle politiche di valorizzazione dei servizi eco-sistemici dei territori rurali (politiche di sostegno alla produzione di cibo locale, politiche di miglioramento della biodiversità, politiche di valorizzazione dell’agricoltura sociale).

Abstract

The paper illustrates the elaborations carried out during the drafting of the PTC of the Province of Lucca as regards the classification of the open space as territorial strategy to contain the land consumption and the widespread abandonment. In particular, we present a cartographic elaboration starting from a model of multidimensional assessment of the ecosystem services it provides peri-urban agriculture (production function, a protective function, a recreational and cultural). The cartography shows the spatial distribution the specific characters and of the absolute value of these services. The results of processing have been used within the PTC as an effective tool to support the spatialization of policies for the valorisation of ecosystem services in rural areas (policies for supporting the local food production, policies that improve biodiversity, enhancement policies of social farming).

Premessa: consumo di suolo, ruolo degli spazi aperti e Ecosystem Services

A causa di una progressiva perdita di importanza del valore della produzione agricola e di uno sproporzionato rapporto fra la rendita del suolo coltivato e quella garantita dall’edificazione, il territorio aperto intorno agli aggregati urbani è stato interpretato dai pianificatori come una risorsa illimitata per lo sviluppo degli insediamenti. In questi ultimi anni, anche a seguito della crescita di una nuova sensibilità culturale, l’utilizzazione degli spazi aperti, e in particolare dei suoli agricoli, a fini edificatori è sempre più percepita come uno spreco, se non addirittura un abuso, quando non giustificata da effettive esigenze di miglioramento della qualità e del benessere dei cittadini. Nelle amministrazioni locali più sensibili, tale consapevolezza e l’evidenza degli effetti devastanti di una crescita urbana indefinita ha, talvolta, portato all’introduzione di soluzioni di tipo

vincolistico, tanto forti quanto inefficaci. Spesso tali soluzioni hanno incrementato nell'opinione pubblica una disaffezione verso la pianificazione, sempre più assunta (specialmente negli anni di crisi che stiamo vivendo) come elemento di ostacolo alle (pur scarse) prospettive di incentivo e sviluppo delle attività economiche.

Il rafforzamento della sensibilità dell'opinione pubblica sull'importanza degli spazi aperti e del territorio rurale per assicurare la riproducibilità di risorse e funzioni vitali, dovrà essere, quindi, un obiettivo fondamentale per le azioni di pianificazione dei prossimi anni. Tale obiettivo dovrà tradursi nell'attuazione di strategie ad hoc per dare valore al territorio aperto (Ferraresi, 2011), e in particolare agli spazi di ruralità, come luogo di co-produzione tra uomo e ambiente in cui utilizzare al meglio le capacità riproduttive della natura (Rovai, 2010).

Nasce da questo principio la necessità di verificare l'uso di strumenti per la valutazione, la pianificazione e il monitoraggio delle trasformazioni del territorio che, partendo da nuovi approcci teorici, siano in grado di definire meglio soglie e limiti nell'uso delle risorse. Negli ultimi anni, ad esempio, si sono diffuse le analisi applicative della *carrying capacity* (Ehrlich, 1994), approccio sicuramente interessante ma con dei limiti per il fatto che la sostenibilità e la resilienza urbana e rurale non possono essere valutate solo sulla base di un semplice bilancio tra produzione e assorbimento di CO₂. Le risorse ambientali sono, infatti, risorse multifunzionali che erogano contemporaneamente molteplici flussi di beni e servizi che, tra l'altro, si configurano anche come beni comuni. Un approccio teorico interessante che tiene conto del carattere multifunzionale delle risorse ambientali è quello degli *Ecosystem Services* (ES): "Ecosystem services consist of flow of materials, energy, and information from natural capital stocks which combine with manufactured and human capital services to produce human welfare" (Costanza, 1992).

Gli studi sugli ES (Costanza et al., 1997; Daily et al. 1997; de Groot et al., 2002; MEA, 2005) precisano quattro categorie di servizi ambientali:

- servizi di rifornimento (*provisioning services*) di cibo, acqua, energia;
- servizi di regolazione (*regulating services*) come, il sequestro dell'anidride carbonica, i processi di decomposizione, ecc.;
- servizi di supporto (*supporting services*) come, ad esempio, la produzione di biomassa, la formazione dei suoli, ecc.;
- servizi culturali (*cultural services*) offerti tramite scienze, educazione, spazi ricreativi, ecc.

Lo studio degli ES ha ricevuto crescente attenzione da parte della letteratura scientifica (Costanza, 1997; De Groot, 2002) con l'intento molto ambizioso ma altrettanto utopistico, almeno in una prima fase, di attribuire un valore (monetario) alle funzioni ambientali svolte dagli ecosistemi. Viceversa, gli obiettivi prioritari dell'approccio degli ES consistono nell'identificare, misurare e, se possibile, valutare i servizi forniti dagli ecosistemi, al fine di garantire al decisore pubblico un adeguato supporto nel rendere consapevole la collettività dei costi ambientali legati alle attività antropiche (proprie dei modelli di sviluppo che depauperano il capitale naturale), e nell'individuare e introdurre strumenti specifici per incentivare gli attori (o territori) coinvolti nella produzione stessa di ES. In tal senso, nel Millennium Ecosystem Assessment dell'ONU (MEA, 2005) si riconosce l'approccio degli ES come uno strumento operativo da introdurre nelle politiche ambientali e territoriali.

La valutazione degli ES: dal valore monetario all'analisi spaziale multicriteri

Se riteniamo utile l'approccio degli ES a livello della pianificazione, un'attenzione specifica deve essere posta sulla definizione di adeguati metodi e strumenti di valutazione. La letteratura scientifica riporta risultati di ricerche che hanno perseguito l'obiettivo di misurare il valore monetario dei servizi eco-sistemici. Tali valutazioni si sviluppano ricorrendo al concetto di Valore Economico Totale (VET) (Pearce, 1998), con l'obiettivo di determinare un valore monetario che però evidenzia importanti limiti; la natura infatti produce servizi e benefici materiali e immateriali che contribuiscono al benessere sociale, divenendo fonte di ciò che determina la 'qualità della vita', tuttavia molti suoi servizi non essendo oggetto di scambio non possono essere considerati con un

approccio monetario. Se partiamo dall'ipotesi che la natura e i suoi servizi non hanno solo un 'valore d'uso', ma anche un 'valore di esistenza' e un 'valore di opzione' per le generazioni future, purtroppo le metodologie monetarie (anche le più complete) non riescono a misurare l'intero VET del capitale naturale o delle sue singole forme di valorizzazione. Dobbiamo, quindi, pensare a 'misure' di natura diversa anche perché ciò che è importante conoscere delle risorse e dei servizi forniti è il loro valore relativo, le variazioni quali-quantitative nel corso del tempo e che possono essere adeguatamente espresse in unità fisiche e, infine, la misura e la distribuzione di quei valori nell'ambito di un determinato spazio (territorio). Dunque, l'obiettivo della valutazione non è tanto la determinazione del valore monetario dei servizi offerti dagli spazi aperti o che si perderebbero nel caso delle trasformazioni; l'obiettivo della valutazione deve essere la comprensione della valenza che ogni singola porzione di spazio ha nel fornire determinati servizi. Una comprensione che potrebbe migliorare, e di molto, la capacità di tecnici e decisori di produrre strumenti di pianificazione e regole efficaci per la gestione e riproduzione del capitale territoriale.

Con riferimento alla valutazione delle risorse territoriale e, in particolare agli ES forniti dalla risorsa suolo, sono ormai molti gli esempi di abbinamento tra modelli di valutazione multicriteri (MCDA) e GIS (Malczewski, 2006) tanto da arrivare alla creazione di veri e propri sistemi di supporto alle decisioni con lo sviluppo di *web-gis* (Labiosa, 2010, 2013; Jackson, 2013; Tallis, 2011). Tale combinazione permette, infatti, di considerare e trattare simultaneamente, omogeneizzandole, una notevole quantità di informazioni e modelli utilizzati in differenti discipline fornendo un supporto nei problemi decisionali non completamente strutturati al fine di determinare un valore finale (adimensionale ma relativo) che consente di definire una eventuale gerarchia degli ES.

Metodologia e contesto della sperimentazione

Le elaborazioni presentate in questo contributo sono state realizzate nel corso della produzione dei materiali conoscitivi necessari all'aggiornamento del Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Lucca (PTCP), e sono finalizzate alla definizione di politiche e azioni di gestione del territorio rurale di pianura che partano dalla consapevolezza del ruolo rivestito da tali spazi nel perseguimento del benessere sociale. Gli spazi rurali costituiscono uno degli elementi che con maggior chiarezza definiscono l'identità di questo territorio. Nella Piana di Lucca in particolare, è tuttora riconoscibile, in alcuni luoghi, il carattere insediativo e paesaggistico del sistema della "corte lucchese", una peculiare organizzazione dei presidi insediativi rurali nel territorio aperto. Queste persistenze hanno un grandissimo valore, non solo come testimonianza storico-culturale, ma anche per l'eccezionale qualità estetico/percettiva. Negli ultimi decenni tuttavia sia la Piana di Lucca, sia la pianura della Versilia sub costiera sono state sottoposte alla progressiva sottrazione di suolo agricolo a vantaggio della espansione insediativa. Dal 1995 al 2007 sono stati artificializzati nel territorio provinciale circa 37000 ettari (un incremento poco inferiore al 30% dei suoli urbanizzati precedentemente). Il decremento dei suoli agricoli ha interessato anche le aree collinari con l'espansione delle aree naturali e seminaturali, a discapito delle aree destinate alla produzione viticola e olivicola. Queste recenti trasformazioni stanno avendo un pesante impatto sulla qualità ambientale complessiva, infatti l'espansione degli insediamenti di pianura (realizzati disordinatamente nelle forme caratteristiche dello *sprawl* contemporaneo) sta determinando una forte frammentazione della rete ecologica e acuendo i problemi di fragilità idraulica, i quali si manifestano soprattutto nelle difficoltà di smaltimento delle acque meteoriche con conseguente formazione di aree di ristagno. Altri impatti importanti a carico dell'equilibrio ecosistemico, si registrano per l'attività agricola a causa della progressiva frammentazione dei campi. Per questi motivi si è ritenuto che lo strumento di pianificazione in corso di redazione dovesse dotarsi di un adeguato strumento analitico per restituire valore, in un ampio spettro di significato, agli spazi rurali e chiarire i *trade-off* connessi alla loro progressiva perdita.

Con questo intento è stato sperimentato un modello di valutazione degli ES forniti dagli spazi rurali basato sulla Analisi Multi Criterio (AMC) (Malczewski, 1999) dell'*Analytic Hierarchy Process di Saaty* (AHP) (Saaty, 1980). Com'è noto, l'analisi AHP si articola nelle seguenti fasi: a)

scomposizione gerarchica del problema; b) confronto a coppie; c) verifica di consistenza; d) ricomposizione gerarchica. Per le ragioni precisate poco sopra, il processo di valutazione degli ES non poteva essere separato dalla comprensione della loro connotazione spaziale/territoriale: all'AMC è stato pertanto affiancato l'uso del GIS. Le tecniche convenzionali di AMC usano tipicamente la media o il totale degli impatti di un'alternativa su un sistema, attribuendo all'intera area un unico valore spazialmente omogeneo, assumendo dunque, poco realisticamente, che i criteri di valutazione non varino nello spazio. Appare evidente quindi come questi due distinti strumenti, (GIS e AMC), possano beneficiare l'uno dell'altro, rendendo possibile la sperimentazione di un modello di Analisi Multicriteri Spaziale, di seguito illustrato.

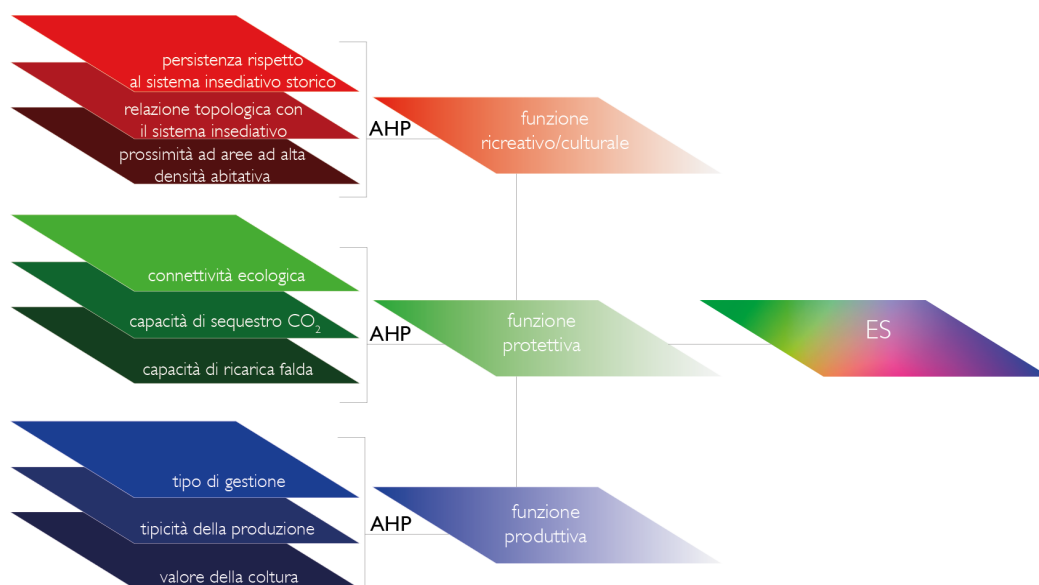


Fig. 1. Il modello di valutazione multicriteriale spaziale utilizzato per la misura e la connotazione dei Servizi Ecosistemici (ES) della pianura agricola della Provincia di Lucca.

In via preliminare, è stato definito un modello di valutazione coerente con le assunzioni teoriche in premessa e articolato secondo tre categorie di servizi ecosistemici: (a) servizi di produzione di cibo legati alla capacità di produrre beni agricoli e alimentari e, dunque, valore economico; (b) servizi ecologici, legati alla capacità degli spazi aperti di garantire la conservazione e la riproduzione delle risorse ambientali; (c) servizi di carattere ricreativo/ culturale, connessi cioè alla capacità dell'ambiente rurale di contribuire al benessere psico-fisico degli abitanti. Per misurare l'intensità del contributo di ciascuna porzione di territorio nella definizione dei tre servizi ecosistemici individuati, sono stati scelti alcuni indicatori (criteri) (Fig. 1) di cui è stato possibile valutare e rappresentare la distribuzione spaziale. Per i servizi di produzione del cibo sono stati definiti i seguenti criteri: (i) il tipo di gestione, attraverso la localizzazione delle particelle che percepiscono contributi PAC, considerate come ospitanti forme di agricoltura professionale; (ii) la tipicità della produzione, con l'individuazione delle zone produttive con la denominazione di origine protetta; (iii) il valore della coltura, mediante la spazializzazione di un valore proporzionale alla redditività (dal valore massimo dell'ortofloro-vivaismo al valore minimo dei pascoli e delle aree seminaturali) che è stato associato ai diversi tipi di coltura con il metodo del confronto a coppie. Per i servizi ecologici è stata invece cartografata la distribuzione spaziale dei seguenti criteri: (i) la connettività

ecologica, attribuendo nella rete ecologica un differenziato ruolo funzionale ai suoli (il massimo valore ai nodi e il minimo valore alle connessioni secondarie) mediante il confronto a coppie; (ii) la capacità di sequestro di CO₂, mediante l'utilizzo di un coefficiente proporzionale all'uso del suolo agricolo (dal massimo valore dei frutteti, al minimo valore dei sistemi particellari complessi); (iii) la capacità di ricarica della falda, attraverso la caratterizzazione geopedologica del suolo in funzione della falda acquifera.



Fig. 2. Un esempio di spazio rurale completamente circondato da edificazione. Il modello di valutazione, forse in opposizione ad alcuni stereotipi tipici dell'urbanistica del Novecento, riconosce a spazi come questo un ruolo importante nel miglioramento della qualità morfologica degli ambienti suburbani.

Per quanto riguarda gli indicatori utili alla misurazione dei servizi ricreativi/culturali, si è proceduto alla sperimentazione di alcuni criteri originali: (i) la persistenza rispetto al sistema insediativo storico; (ii) la relazione topologica con il sistema insediativo; (iii) la prossimità ad aree ad alta densità abitativa. In primo luogo il territorio rurale è stato considerato del punto di vista della persistenza dei caratteri morfotopologici del sistema insediativo storico; sono stati dunque delimitati i terreni agricoli prossimi agli elementi insediativi storici (ovvero considerati integri rispetto allo stato dei luoghi documentato nella prima metà del Novecento, come le ‘corti lucchesi’) ed è stato attribuito loro un ruolo essenziale per la riconoscibilità dei caratteri paesaggistici tradizionali. In secondo luogo sono state individuate, attraverso un computo di intervisibilità, le relazioni che il sistema insediativo permette di mantenere con le porzioni di suolo agricolo, grazie alla percepibilità visiva di queste ultime dagli elementi insediativi storici. Infine sono stati individuati gli spazi aperti prossimi alle aree urbane più densamente popolate, ed è stato riconosciuto loro un importante ruolo ricreativo/culturale. È stato inoltre attribuito agli spazi aperti un valore più direttamente legato alla qualità morfologica/spaziale. Attraverso un'analisi topologica sono stati delimitati gli spazi rurali interclusi nel tessuto insediativo generato dallo *sprawl*, al fine di dare risalto al loro fondamentale ruolo di decompressione, svolto attraverso la fornitura di spazi aperti in aree ad elevata concentrazione edilizia. Da tale analisi, in base al criterio dell'interclusione, sono stati individuati i seguenti attributi: (i) gli spazi rurali completamente interclusi e circondati da edificazione (Fig. 2); (ii) gli spazi rurali periurbani “porosi” rispetto al territorio aperto (alla “campagna”, si sarebbe detto un secolo fa); (iii) i cunei rurali penetranti nell'insediamento.

I criteri e gli attributi sono stati valutati con il confronto a coppie e standardizzati secondo il metodo dell'*Analytic Hierarchy Process di Saaty* (AHP). L'unità spaziale di riferimento alla quale sono stati associati i valori degli attributi e dei criteri è stata fatta corrispondere con gli elementi di una griglia esagonale di dimensioni pari a circa 1000 metri quadrati. Tale griglia vettoriale è stata intersecata con gli strati tematici sopra descritti e ciascun esagono ha ereditato i valori attribuiti dalla AHP ad ogni singolo indicatore. Queste operazioni hanno generato tre distinte cartografie, una per ciascun ES individuato: produzione di cibo, ecologico, ricreativo/culturale. Attraverso una nuova valutazione AHP le tre cartografie sono state integrate in una mappa di sintesi (Fig. 4, sinistra).

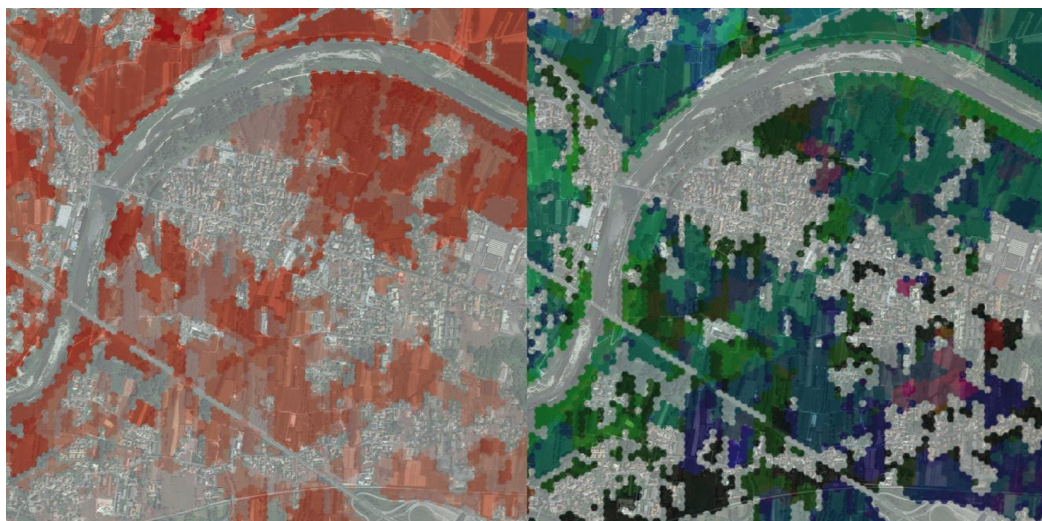


Fig. 4. Estratto della mappa di valutazione dei servizi ecosistemici dei suoli agricoli per l'area della Piana di Lucca. A sinistra: valutazione aggregata (la saturazione del colore è proporzionale al valore degli ES); a destra: caratterizzazione funzionale (le sfumature di colore corrispondono alla prevalenza di ciascuna categoria di ES).

Il computo aggregato del valore dei servizi ecosistemici, così realizzato, qualora venisse impiegato come elemento di supporto decisionale per la costruzione di strategie di pianificazione urbanistica e territoriale, potrebbe presentare tuttavia alcune ambiguità. In particolare, sommando servizi e/o funzioni molto diverse tra di loro, rischierebbe di produrre una valutazione incapace di evidenziare adeguatamente il ruolo di alcuni ES in determinati ambiti spaziali. Di più: un gradiente monodimensionale di questo tipo potrebbe addirittura essere frainteso come una sorta di indicatore inverso di suscettività alla artificializzazione. Non è questo, evidentemente, lo spirito del lavoro presentato in queste pagine.

Per questi motivi si è preferito proporre come esito finale una valutazione 'tridimensionale' che lascia separati i risultati dei tre ES individuati dal modello e, semmai, li integra *cartograficamente* in una mappa capace di dare conto delle funzioni che caratterizzano gli spazi rurali del territorio analizzato, secondo un'articolazione spaziale sufficientemente accurata (Fig 4, sinistra). Questo risultato è stato ottenuto tecnicamente utilizzando un gradiente cromatico "tridimensionale" costruito attraverso l'integrazione dei tre canali RGB di una immagine a 24 bit. Per spiegarci meglio: i valori delle mappe relative ai tre ES, normalizzate in un gradiente 0/255, sono state utilizzate come canali di una immagine RGB utilizzando le seguenti corrispondenze:

Red (canale del rosso)	Servizi ricreativi/culturali
Green (canale del verde)	Servizi protettivi
Blue (canale del blu)	Servizi produttivi

La mappa realizzata con tale gradiente riesce senz'altro a dar conto sia *analiticamente*, almeno nelle intenzioni dei suoi autori, sia *visivamente* del ruolo e delle funzioni che caratterizzano gli spazi agricoli di pianura della Provincia di Lucca. Non dovrebbe residuare nessuna ambiguità: la mappa non può essere considerata un indice di suscettività alla artificializzazione, ma deve essere letta e interpretata come l'illustrazione della distribuzione spaziale (più che dell'intensità) delle diverse categorie di ES. Pertanto il suo contributo alla costruzione delle scelte di pianificazione va inteso nel senso di un supporto per una migliore localizzazione delle politiche di valorizzazione degli ES:

incentivi alle attività di produzione agricola, programmi di tutela e miglioramento della connettività ecologica, azioni di valorizzazione del ruolo sociale e culturale degli spazi rurali.

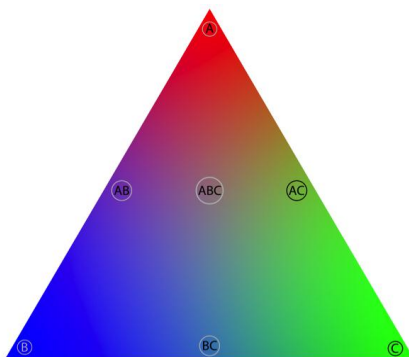


Fig. 5. Legenda (parziale) della mappa di caratterizzazione dei Servizi Ecosistemici: A. Aree caratterizzate da servizi di carattere ricreativo/culturale; B. Aree caratterizzate da servizi di carattere produttivo; C. Aree caratterizzate da servizi di carattere protettivo; AB. Caratterizzazione mista: produttivo/ricreativo; AC. Caratterizzazione mista protettivo/ricreativo; BC. Caratterizzazione mista produttivo/protettivo; ABC. Caratterizzazione mista produttivo/protettivo/ricreativo.

Conclusioni

L'obiettivo finale di questo lavoro consiste nel verificare l'applicabilità di un modello di valutazione, di alcuni servizi ES forniti dagli spazi aperti presenti nella Piana di Lucca, a supporto di una più efficace pianificazione del territorio. Tutto ciò al fine di sviluppare specifiche strategie locali: di valorizzazione degli spazi aperti; di contenimento della dispersione insediativa; di arresto dei fenomeni di abbandono dei terreni agricoli.

Con questa finalità è stato dunque utilizzato un modello di analisi multicriteriale spaziale che, integrando AHP e GIS, ha consentito:

- di evitare, nella valutazione degli ES, il ricorso sia al metodo monetario che a quello additivo, al fine di non generare esiti difficili e discutibili sia da un punto di vista scientifico (per la complessità dei fattori coinvolti), sia da un punto di vista etico (dubbia assegnazione di un valore totale ottenuto dalla somma di valori relativi all'erogazione di funzioni molto differenti). Il metodo impiegato infatti ha volutamente evitato di aggregare i valori dei tre ES individuati;
- di ottenere risultati localizzati spazialmente, fornendo quindi una visione immediata e intuitiva della valutazione, grazie alla quale è possibile indentificare sia le zone con maggiore o minore vocazione alla fornitura dei servizi esaminati, sia le aree richiedenti interventi prioritari di tutela, riqualificazione, ecc.;
- di confrontare direttamente possibili scenari, cambiando i pesi attribuiti ai vari criteri in base alle differenti istanze dei portatori di interesse.

Alla luce di queste osservazioni e dei risultati ottenuti, appare opportuno suggerire l'impiego di metodologie come quella sviluppata nel presente studio, per la costituzione di una base informativa propedeutica (implementabile) alla realizzazione di adeguati strumenti di pianificazione territoriale i quali, facendo propria l'analisi spaziale della potenziale fornitura di ES, possano garantire un corretto ed equilibrato sviluppo del territorio. In definitiva, tale strumento può essere inteso come un fondamentale ausilio alle decisioni pubblico-private, grazie alla predisposizione di un metodo di zonizzazione formalizzato e riproducibile che consenta di introdurre nuove politiche ambientali e territoriali integrate.

Riferimenti bibliografici

- Boyd J., Banzhaf S. (2007), "What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units", *Ecological Economics*, 63: 616-626
- Costanza, R. (1992), *Ecological Economics*, Columbia University Press, New York
- Costanza R., D'Arge R., De Groot R.S., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P., Van Den Belt M. (1997), "The value of the world's ecosystem services and natural capital", *Nature*, 387: 253-260
- Daily G. C., Alexander S., Ehrlich P.R., Goulder L., Lubchenco J., Matson P.A., Mooney H.A., Postel S., Schneider S.H., Tilman D., Woodwell G.M. (1997), "Ecosystem Services: Benefits Supplied to Human Societies by Natural Ecosystems", *Ecology*, 2: 2-16
- De Groot R.S., Wilson M.A., Boumans R.M.J. (2002), "A typology for the description, classification and valuation of ecosystem functions, goods and services", *Ecological Economics*, 41: 393-408
- Ehrlich, P.R. (1994). "Ecological Economics and the Carrying Capacity of the Earth", in Jansson A. M. *Investing in natural capital: the ecological economics approach to sustainability*, Island Press, Washington, 38-56
- Ferraresi G. (2011), "La rigenerazione del territorio: un manifesto per la neoruralità", *Progetto sostenibile*, 29: 30-35
- Jackson B., Pagella T., Sinclair F., Orellana B., Henshaw A., Reynolds B., Eycott A. (2013), "Polyscape: A GIS mapping framework providing efficient and spatially explicit landscape-scale valuation of multiple ecosystem services", *Landscape and Urban Planning*, 112(1): 74-88
- Labiosa W. B., Forney W. M., Esnard A., Mitsova-Boneva D., Bernknopf R., Hearn P., Hogan D., Pearlstine L., Strong D., Gladwin H., Swain E. (2013), "An integrated multi-criteria scenario evaluation web tool for participatory land-use planning in urbanized areas: The ecosystem portfolio model", *Environmental Modelling and Software*, 41: 210-222
- Labiosa W., Hearn P., Strong D., Bernknopf R., Hogan D., Pearlstine L. (2010), "The south florida ecosystem portfolio model: A web-enabled multicriteria land use planning decision support system", *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference*
- Malczewski J. (1999), *GIS and Multicriteria Decision Analysis*, John Wiley and Sons, New York
- Malczewski J. (2006), "GIS-based multicriteria decision analysis: A survey of the literature", *International Journal of Geographical Information Science*, 20(7): 703-726
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA) (2005), *Ecosystem and human well-being: synthesis*, Island Press, Washington
- Pearce D. (1998), "Auditing the Earth", *Environment*, 40: 23-28
- Rovai M., Di Iacovo F., Orsini S. (2010), "Il ruolo degli Ecosystem Services nella pianificazione territoriale", in Perrone C., Zetti I. *Il Valore della Terra*, FrancoAngeli Editore, Milano
- Saaty T.L. (1980), *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York
- Saaty T.L. (2005), *Theory and applications of the Analytic Network Process: Decision Making with BBenefits, Opportunities, Costs and Risks*, RWS Publications, Pittsburgh
- Tallis H.T., Ricketts T., Guerry A.D. (2011), *INVEST 2.0 beta user's guide*, The Natural Capital Project, Stanford