

GIS PER I SERVIZI ECOSISTEMICI EROGATI DALLA RETE NATURA 2000 IN CALABRIA

C. Marcianò¹, F.A. Ascioti¹, V. Coletta¹, V. Crea¹, C. Crocè³, C. Gangale², G. Salerno¹, E. Sperone², D. Uzunov⁴, G. Menguzzato¹ e P. Brandmayr²

¹ Università di Mediterranea di Reggio Calabria

² Università della Calabria

³ Regione Calabria – Dipartimento Ambiente

⁴ Chlora sas

1. Introduzione

Il presente lavoro descrive le caratteristiche del Sistema Informativo Territoriale (SIT) implementato per la valutazione e la mappatura dei servizi ecosistemici resi dalla Rete Natura 2000 in Calabria, basate sui dati disponibili e su opportuni indicatori derivati da analisi geografiche.

L'implementazione del SIT parte dall'analisi e dall'integrazione delle principali banche dati disponibili per il territorio regionale, utili per la valutazione e la mappatura dei servizi eco sistemici. Le basi informative geografiche sono organizzate nel geodatabase DBRN2KAL, in fase di implementazione, che dovrà gestire tutti i dati e le conoscenze relative alla Rete Natura 2000 della Calabria; il DB consentirà la consultazione della componente geografica dei dati in ambiente ESRI ArcGIS e la consultazione della componente alfanumerica in ambiente Microsoft Access. Tutte le basi informative geografiche sono disponibili sia in coordinate WGS84 che Gauss-Boaga. Laddove si è reso necessario è stata effettuata la correzione topologica e la verifica d'integrità degli attributi.

Tra le attività preliminari svolte figura l'analisi degli strati informativi relativi all'uso del suolo nei siti Natura 2000; questo tematismo è stato infatti individuato come strategico per la quantificazione di molti servizi ecosistemici.

Utilizzando i diversi riferimenti disponibili in letteratura e l'esperienza degli esperti coinvolti nel team progettuale, sono state create tabelle di corrispondenze tra le classi di uso del suolo presenti nella Rete Natura 2000 e i gruppi di ecosistemi comunemente utilizzati nella valutazione dei servizi.

La necessità di mappare e rappresentare i servizi ecosistemici ha poi dettato la necessità di implementare un sistema cartografico per la rappresentazione della Rete Natura 2000. Innanzitutto è stato costruito un sistema per le rappresentazioni di dettaglio, a scala 1:5.000 con la Carta Tecnica Regionale come carta di base che viene presentato e descritto nell'articolo.

Infine viene descritto un esempio di utilizzo del SIT per adottare alcuni schemi metodologici identificati per la valutazione e la mappatura dei servizi eco sistemici forniti dai suoli dei siti Natura 2000.

2. Analisi delle banche dati disponibili

La Regione Calabria dispone di una discreta quantità di banche dati geografiche che nel corso degli ultimi anni sono state predisposte dalla stessa Regione e da altri enti o istituti di ricerca. Ai fini della valutazione e della mappatura dei servizi ecosistemici resi dalla Rete Natura 2000 in Calabria sono state analizzate tali fonti informative già approntate in precedenza, dalle quali sono stati derivati archivi alfanumerici, vettoriali e raster rappresentativi del patrimonio territoriale e naturalistico e della biodiversità. Le banche dati esistenti sono state integrate e uniformate, provvedendo alla realizzazione di un SIT contenente data-set necessari per la realizzazione e rielaborazione dei modelli analitici specifici.

In particolare il SIT a supporto della definizione e della mappatura dei servizi ecosistemici organizza le basi di dati geografici utilizzate secondo le seguenti categorie:

1. Cartografia di base
2. Basi informative tematiche

2.1. Cartografia di base

Gli archivi cartografici di base disponibili sono:

1. Cartografia raster
2. Foto aeree
3. Cartografia Tecnica Numerica

Per quanto riguarda la cartografia raster, per il territorio regionale, oltre alle cartografie classiche prodotte dall'IGM, esiste la cartografia CASMEZ realizzata negli anni '50 in scala 1:10.000; tale strato informativo è stato digitalizzato e georeferenziato nel sistema di riferimento UTM-WGS 84.

Relativamente al repertorio di foto immagini sono disponibili quattro tipi di prodotti:

- Volo IT 2000 (Regione Calabria)
- Volo 2006 (Ministero dell'Ambiente)
- Volo 2008 (Regione Calabria)

Sono inoltre disponibili tutti i servizi WMS messi a disposizione da Enti Nazionali e da aziende private (Google map, Bing map, servizi World Imagery). Particolarmente importanti per le attività di progetto risultano i servizi World Imagery: questo servizio, aggiornato a giugno 2016, fornisce immagini satellitari e aeree in molte parti del mondo con risoluzione un metro o superiore e immagini satellitari a risoluzione più bassa per tutto il mondo; per il territorio continentale degli Stati Uniti e per parte dell'Europa occidentale (compresa l'Italia) la risoluzione delle immagini disponibili è di 30 cm.

La Carta Tecnica Regionale alla scala 1:5.000 (CTR5K), prodotta per l'intero territorio regionale, rappresenta il sistema cartografico di riferimento ufficiale della Regione Calabria per come previsto dalla Legge Regionale N°19/2002 e dalla relative Linee Guida.

La produzione e l'aggiornamento della cartografia numerica, accompagnata dalla produzione dei database topografici (DBT 5K), è stata progressivamente conformata alle specifiche tecniche emanate nell'ambito dell'Intesa Stato – Regioni - EE.LL. sul sistema cartografico di riferimento: “Specifiche per la realizzazione dei Data Base Topografici di interesse generale”; “Il catalogo degli oggetti - Revisione delle specifiche di contenuto LN1007_1 e LN1007_2” e, per le produzioni più recenti, al documento prodotto in seno al Gruppo di Lavoro del Comitato per i Dati Territoriali “Linee Guida per l'Implementazione del DBT di interesse generale (Ln_10014) – Allegati A e B ”che definisce in dettaglio geometria, topologia e struttura delle Classi e che ora è diventato lo standard ufficiale di riferimento in Italia.

Alla CTR5K è associato il Database Topografico (DBT); entrambi sono realizzati per restituzione fotogrammetrica diretta sulla base dei voli fotogrammetrici a colori che interessano l'intero territorio regionale con una superficie coperta di 1.508.432 ettari il che ha comportato la realizzazione di 1800 elementi di CTR5k e relativo DBT5k, aventi le seguenti caratteristiche:

- Sistema di riferimento geodetico: WGS84-ETRF89;
- Sistema cartografico: UTM-WGS84 (coefficiente di contrazione 0.9996, falsa origine Est di 500 km e suddivisione in zone, fasce e quadrati);
- Sistema di riferimento altimetrico: quote ortometriche (H) riferite al geoide ITALGEO99 (origine al mareografo di Genova);
- Restituzione fotogrammetrica eseguita senza soluzione di continuità tra i vari elementi ed entità;
- Suddivisione in "elementi", ai fini della rappresentazione su supporto cartaceo:
 - orientamento, dimensioni, taglio e quadro d'unione derivanti dalla divisione in 64 parti di un foglio 1:50.000 IGM;
 - contraddistinti da un titolo e da una numerazione;
 - delimitati dalle trasformate di due meridiani distanti 2'30" in longitudine e di due paralleli distanti 1'30" in latitudine;

- Tabella nella legenda di ogni foglio con indicazioni delle seguenti coordinate dei quattro vertici di ogni elemento:
 - cartografiche UTM-WGS84, Gauss-Boaga, UTM-ED1950;
 - geografiche WGS84-ETRF89, ROMA1940, ED1950;
- Reticolati cartografici chilometrici:
 - UTM-WGS84 tracciato per esteso;
 - Gauss-Boaga e UTM-ED50 riconoscibili sulla cornice di ogni elemento con apposita simbologia (“inviti”);
- Punti memorizzati nel DB definiti da tre coordinate (Est, Nord, H), ottenute direttamente in forma numerica dalla restituzione fotogrammetrica;

Ad integrazione delle informazioni provenienti dalla restituzione fotogrammetrica, oltre alla consueta acquisizione di tutta la toponomastica, si è provveduto al recupero di numerose altre informazioni cartografiche, infrastrutturali e territoriali di interesse regionale che sono inserite ed organizzate opportunamente nel DBT.

2.2. Basi informative tematiche

La cartografia tematica rappresenta informazioni concernenti le variazioni da luogo a luogo dei numerosi argomenti cartografabili.

Le cartografie tematiche utilizzate nella valutazione e nella mappatura dei servizi ecosistemici resi dalla Rete Natura 2000 in Calabria riguardano diversi aspetti di lettura ed interpretazione di caratteristiche ambientali del territorio quali la morfologia, l'uso del suolo, gli aspetti geoambientali e pedologici, i beni storico-culturali, le aree protette e la rete Natura 2000, i sistemi infrastrutturali e della logistica, le produzioni tipiche, i vincoli, eccetera.

Le informazioni relative alla morfologia utilizzate sono quelle fornite dal DTM a maglia 20 metri elaborato dall'Istituto Geografico Militare. A partire da questo, sono state derivate le informazioni relative a pendenza ed esposizione; è stato inoltre derivato un Hillshade con fattori d'illuminazione Azimut = 315, Altitudine = 45.

Per le analisi morfologiche di maggior dettaglio è stato inoltre acquisito il DTM a maglia 5 metri generato dal volo Calabria 2008 e ricampionato con metodo *bicubic interpolation*.

E' inoltre in fase di acquisizione il modello LiDAR, realizzato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare nell'ambito del Piano Straordinario di Telerilevamento Ambientale (PST-A) e della sua Estensione (PST-A Estensione 2008).

Le informazioni sull'uso del suolo disponibili su tutto il territorio regionale sono quelle derivanti dal progetto Corine Land Cover e quelle disponibili nella bozza finale della Carta dei Luoghi realizzata dall'Assessorato all'Urbanistica e Governo del Territorio della Regione Calabria.

Nelle prime fasi di lavoro sono stati utilizzati i dati del progetto Corine Land Cover; tali dati, in considerazione della scala con la quale sono elaborati, consentono alla scala regionale di effettuare alcune analisi generali di massima. Nelle successive analisi saranno utilizzati i dati implementati nel progetto Carta dei Luoghi.

Per quanto riguarda gli aspetti pedologici è stata utilizzata la Carta dei suoli elaborata da ARSSA alla scala 1:250.000.

Le basi informative geografiche sono organizzate in un Personal Geodatabase, che consente la consultazione della componente geografica dei dati in ambiente ESRI ArcGIS e la consultazione della componente alfanumerica in ambiente Microsoft Access. Tutte le basi informative geografiche sono disponibili sia in coordinate WGS84 che Gauss-Boaga. Laddove si è reso necessario è stata effettuata la correzione topologica e la verifica d'integrità degli attributi. Tutte le basi informative tematiche attualmente integrate nel geodatabase vengono raggruppate nelle componenti informative indicate in tabella 1.

Ambiente	Ambiti pedologici - ARSSA Bacini idrografici - PAI Boschi Capacità d'uso dei suoli Corridoi ecologici Geologica Laghi Linea di costa - CTR Linea di costa - PAI Pedologica - ARSSA Reticolo idrografico - CTR Reticolo idrografico - PAI Vette	Limiti amministrativi	Province Comuni Comunità montane GAL Aree Programma ATO ASL
Aree protette	Parchi nazionali-regionali-aree marine protette Riserve nazionali-regionali Rete Natura 2000 (zps-sic-sir-sin) Parchi marini Geositi - Carta dei Luoghi Geositi completo	Morfologia	DTM 20 x 20 - IGM Linea di costa - CTR Linea di costa - PAI Curve di livello 5 m - CTR Curve di livello 20 m - IGM
Beni storico-culturali	Architetture religiose Castelli Centri storici Centri storici abbandonati Centri storici d'eccellenza Siti Magna Grecia Fortificazioni Monumenti bizantini	Prodotti tipici	Individuazione delle denominazioni e dei diversi riconoscimenti di: vini, oli e produzioni tipiche regionali
Elementi paesaggistici	Alberi monumentali Archeologia industriale Architetture religiose Architetture religiose Architetture rurali Aree seminaturali Monumenti litici Paesaggi d'acqua Paesaggi forestali Paesaggi agricoli Paesaggi della vite Paesaggi degli agrumi Paesaggi degli ulivi Paesaggi rupicoli Paesaggi dunali Paesaggi boschivi Pascoli Siti antimafia Siti archeologici Siti rupestri Siti termali	Servizi	Amministrativi - Commerciali - Culturali - Ricerca - Ricreativi - Sanitari
Energia	Centrali elettriche Dighe Elettrodotti Stazioni elettriche	Territorio	Sistemi urbani - POR Gerarchia dei centri - POR Aree rurali Aree urbanizzate ASI Distretti produttivi DTC Progetti mi mobilità sostenibile Nodi ferroviari NPL NSR Parchi imprese Polarità urbane Poli d'innovazione Progettualità POR Strutture logistiche Università e centri di ricerca Aree industriali Attrattori religiosi Fortificazioni Ospedali
Infrastrutture	Strade Ferrovie Stazioni ferroviarie	Uso del suolo	Dati CORINE differenti anni (2000/2006/2012) Dati Carta dei Luoghi (versione non standardizzata, priva di aggregazione dei valori ai diversi livelli d'approfondimento e di correzioni topologiche e geografiche)
		Vincoli	Vincoli PAI Vincoli LR 23/90 Vincoli Codice Vincoli idrogeologici

Tab. 1 – Banche dati vettoriali disponibili ed utilizzabili pwe la valutazione dei servizi ecosistemici erogati dalla Rete Natura 2000 della Calabria

3. Analisi dell'uso del suolo nei siti Natura 2000 in Calabria

I dati sull'uso del suolo, sulla copertura vegetale e sulla transizione tra le diverse categorie d'uso figurano tra le informazioni più frequentemente richieste per la determinazione dei servizi ecosistemici

e per controllare e verificare l'efficacia delle politiche ambientali e l'integrazione delle istanze ambientali nelle politiche settoriali (agricoltura, industria, turismo, ecc.).

Le analisi sull'uso del suolo sono state realizzate utilizzando il database geografico Corine Land Cover (2012) dall'Agenzia Europea per l'Ambiente e la Carta dell'Uso del Territorio (CUT), recentemente prodotta dalla Regione Calabria nell'ambito del processo di formazione della Carta dei Luoghi, di cui alla L.R. 19/2002 e s.m.i..

Il tentativo di disporre di almeno due strati informativi sull'uso del suolo deriva dall'esigenza di effettuare confronti temporali e valutare le trasformazioni in essere; tuttavia i due strati di uso del suolo disponibili risultano eccessivamente disomogenei (e questo è dovuto alla differente scala d'acquisizione dei due dati) e pertanto il loro confronto è risultato privo di significatività.

Dopo aver analizzato le caratteristiche di questi due strati informativi, anche alla luce del dettaglio e delle finalità del presente lavoro, si è valutato di utilizzare per le analisi di progetto la CUT che, seppur derivata da immagini antecedenti, ha un livello di accuratezza e di precisione del dato geografico di elevato dettaglio.

Nella tabella sono elencati e descritti gli usi del suolo all'interno dei siti Natura 2000 della Regione Calabria e la relativa estensione in ettari, derivati dall'analisi effettuata sui dati CUT.

Codice CORINE	Descrizione	Sup. (ha)	Codice CORINE	Descrizione	Sup. (ha)
111	Zone residenziali	4	3121	Boschi a prev. di pini mediterranei e cipressi	1538
112	Zone residenziali a tessuto discontinuo	610	3123	Boschi a prev. di abeti	1524
121	Aree industriali, commerciali e dei servizi pubblici e privati	56	31311	Boschi misti di conifere e latifoglie a prev. di querce e altre lat. sempreverdi	205
122	Reti stradali, ferroviarie e infrastrutture tecniche	25	31312	Boschi misti di conifere e latifoglie a prev. di querce caducifoglie	149
123	Aree portuali	3	31314	Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di castagno	185
124	Aeroporti	12	31315	Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di faggio	1465
131	Aree estrattive	11	31321	Boschi misti di conifere e latifoglie a prev. di pini mediterranei e cipressi	1240
142	Aree ricreative e sportive	105	31322	Boschi misti di conifere e latifoglie a prev. di pini oro-mediterranei e montani	4254
2111	Colture intensive	3368	31323	Boschi misti di conifere e latifoglie a prev. di abeti	1465
2112	Colture estensive	195	31325	Boschi misti di conifere e latifoglie a prev. di conifere esotiche	11
213	Risaie	214	3211	Aree a pascolo naturale e praterie	1534
222	Frutteti e frutti minori	1108	3212	Praterie discontinue	1031
223	Oliveti	2694	3231	Macchia alta	72
231	Prati stabili (foraggiere permanenti)	544	3232	Macchia bassa e garighe	1486
241	Colture temporanee associate a colture permanenti	756	324	Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione	2870
242	Sistemi colturali e particellari complessi	1116	331	Spiagge, dune e sabbie	3402
243	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie	1765	332	Rocce nude, falesie, rupi, affioramenti	128
3111	Boschi a prev. di querce e alte lat. semp.	11093	333	Aree con vegetazione rada	1045
3112	Boschi a prev. di querce caducifoglie	3203	334	Aree percorse da incendi	25
3114	Boschi a prevalenza di castagno	1348	411	Paludi interne	39
3115	Boschi a prevalenza di faggio	13775	512	Bacini d'acqua	572
3116	Boschi a prevalenza di specie igrofile	13	523	Mari e oceani	7838
3117	Boschi ed ex-piantagioni a prev. di latifoglie esotiche	773			

Tab. 2 – Usi del suolo presenti nelle aree Natura 2000

Attraverso apposite tabelle di corrispondenza definite sulla base dei diversi riferimenti disponibili in letteratura, le classi di uso del suolo presenti nelle aree Natura 2000, sono state associate agli ecosistemi comunemente utilizzati nella valutazione dei servizi.

E' stato così possibile realizzare, utilizzando il metodo della *transfer function*, la stima dei principali servizi ecosistemici. Tali metodi consistono nella conoscenza delle superfici di categorie di ecosistemi in cui sono stati fatti rientrare le varie classi di uso del suolo ed i valori economici di riferimento che si possono ottenere dal db TEEB e/o deducibili dagli studi condotti su ecosistemi analoghi in luoghi il più possibile geograficamente simili. La precisione di una tale operazione è ovviamente bassa, ma questo consente di definire l'ordine di grandezza e l'ambito in cui ci si va a muovere per affinare successivamente, ove le metodiche ed i dati a disposizione lo consentano, le stime di massima ottenute per questa via.

Con tale approccio sono stati quantificati i servizi ecosistemici relativi agli ecosistemi i) Praterie, ii) boschi, iii) foreste, iv) fiumi e laghi, v) ecosistemi costieri, vi) ecosistemi marini. Restano da stimare i seguenti ecosistemi: i) brughiere e arbusteti, ii) insenature marine, iii) bassi fondali, iv) vegetazione sparsa, che sono ecosistemi importanti ed abbastanza frequenti in Calabria.

Le stime sono state fatte sia utilizzando le superfici degli habitat indicate nei formulari standard, sia utilizzando le superfici delle classi di uso del suolo derivate dalla CUT. In fig. 1 viene mostrata la maschera di consultazione dei dati con le stime dei servizi ecosistemici predisposta nel DBRN2KAL, il database creato per la gestione della Rete Natura 2000 della Calabria.

Ecosistema		Coastal			
Valori complessivi		Valori nei siti			
	Valore minimo	Valore massimo	Valore medio		Stima unica
Climate regulation				Aesthetic info	
Erosion prevention				Air quality	
Food	€ 6.704,00	€ 50.394.485,00	€ 5.182.245,00	Biol control	€ 375.428,00
Gen diversity			€ 1.099.467,00	Gen res	
Nurse services	€ 516.213,00	€ 1.099.467,00	€ 804.488,00	Life cycle maint	
Nutrient cycling	€ 13.843.902,00	€ 204.145.599,00	€ 133.940.591,00	Moderation extr events	€ 510.099.187,00
Raw materials	€ 0,00	€ 214.530,00	€ 67.041,00	Ornamental res	
Regulation water flow				Pollination	
Tourism	€ 0,00	€ 277.655.713,00	€ 47.364.246,00	Soil fertility	
Waste treat					
Water			€ 9.741.012,00		
TOTALE	€ 535.681.913,00	€ 1.054.824.889,00	€ 708.673.705,00		

Fig. 1 – Consultazione delle stime sui servizi ecosistemici utilizzando il DBRN2KAL, il database creato per la gestione della Rete Natura 2000 della Calabria

3. Predisposizione di un sistema cartografico per la mappatura dei servizi ecosistemici della Rete Natura 2000 in Calabria

Nel lavoro di valutazione dei servizi ecosistemici è stato individuato come supporto utile anche una mappatura dei servizi, per rendere immediatamente disponibile una visione spaziale degli stessi. E' stata così sviluppata un'attività di progettazione di un sistema cartografico della Rete Natura 2000. Utilizzando l'estensione Data Driven Page di ArcGIS sono stati progettati una serie di map-book a diverso formato ma che consentono la rappresentazione delle informazioni spaziali relative ai diversi

siti della Rete Natura 2000, alla scala 1:5.000 comoda per poter rappresentare le informazioni utilizzando come cartografia di base la Carta Tecnica Regionale opportunamente mosaicata.

I siti Natura 2000 presentano caratteristiche dimensionali molto differenti tra di loro; volendo rappresentarli tutti alla stessa scala è stato necessario prevedere una serie cartografica basata su differenti formati, ciascuno dei quali orientato in modo diverso.

Complessivamente sono 139 i siti che ricadono in un'unica mappa; ovviamente per questi siti è stato scelto il formato di carta più piccolo, tale da contenere l'intero perimetro del sito. In tab. 3 vengono descritti i formati e il numero di elementi per ciascuno di essi, dove ogni elemento corrisponde a un singolo sito.

Formato	Orientamento	Nr di elementi
A5	O	11
A5	V	4
A4	O	18
A4	V	6
A3	O	13
A3	V	8
A2	O	18
A2	V	6
A1	O	23
A1	V	6
A0	O	19
A0	V	7

Tab. 3 – Distribuzione delle mappe dei SIC che ricadono in un'unica sezione cartografica

Gli altri 39 siti, per via delle dimensioni, hanno richiesto più di un foglio per essere rappresentati; in particolare 9 sono rappresentati utilizzando il formato A1 (complessivamente 19 sezioni, tra orizzontali e verticali) e 30 utilizzando il formato A0 (complessivamente 91 sezioni, tra orizzontali e verticali).

Riassumendo il sistema cartografo della Rete Natura 2000 è composto da 249 mappe, di cui 239 inquadrano ciascuna un unico SIC, mentre gli altri 39 SIC vengono rappresentati utilizzando complessivamente 110 mappe.

Un primo utilizzo del sistema cartografo progettato è stato associato all'informazione relativa agli ecosistemi derivata dall'analisi dell'uso del suolo descritta nel precedente paragrafo. Per ogni SIC è stata costruita la relativa mappa degli ecosistemi; in fig. 2 viene riportato un esempio di mappa che utilizza il formato A5 orizzontale, qui leggermente rimpicciolita per adattarla al formato di stampa dell'articolo.

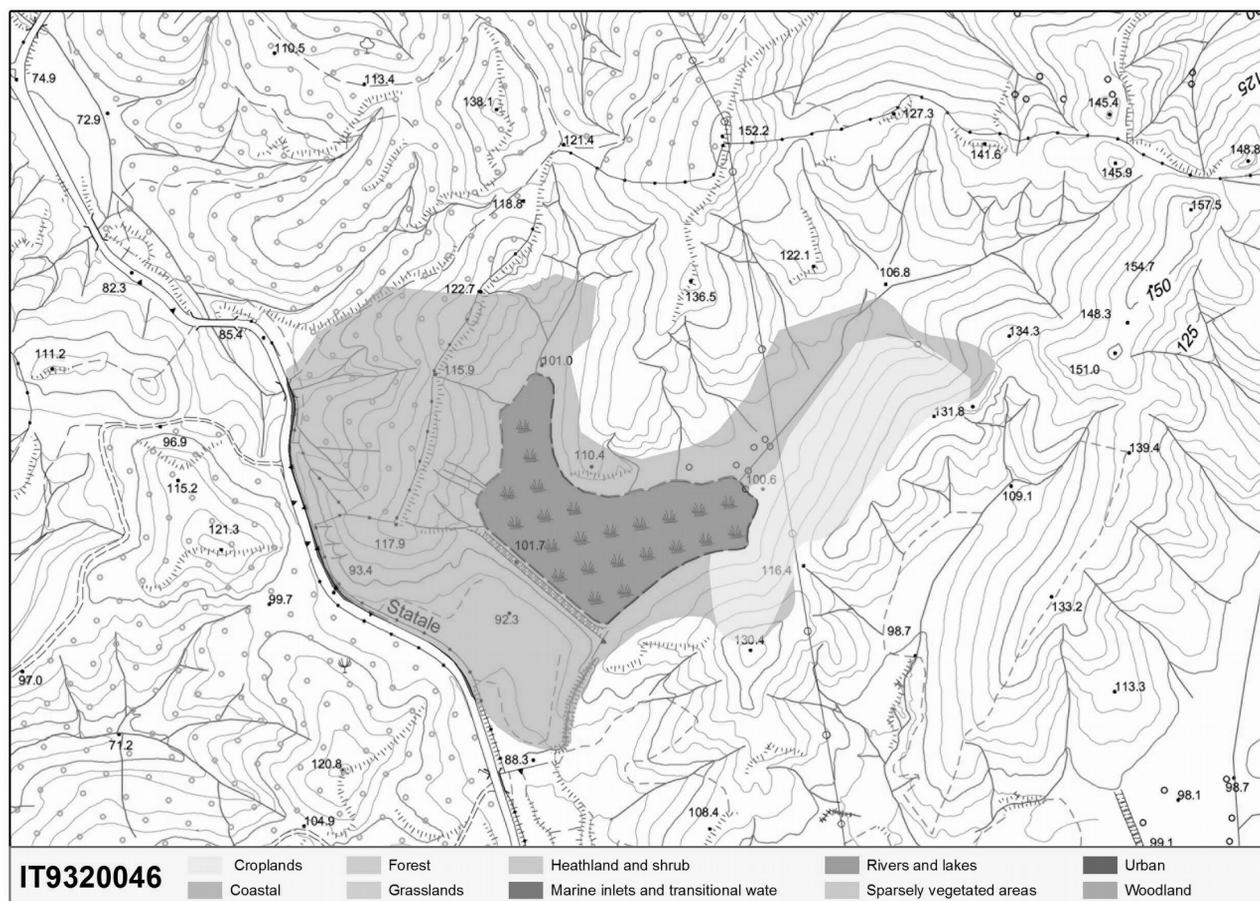


Fig. 2 – Elemento del sistema cartografico: mappa degli ecosistemi del SIC IT9320046

4. Esempio di utilizzo del GDB: valutazione dei servizi ecosistemici forniti dai suoli dei siti Natura 2000

In questo paragrafo si presentano i primi risultati un'analisi della variazione dei servizi ecosistemici del suolo. L'analisi si basa su uno schema che può essere applicato a diverse scale cartografiche e di dettaglio informativo, quantificando ed evidenziando gli impatti del consumo di suolo sui diversi servizi ecosistemici forniti dai diversi tipi di suolo presenti nei siti Natura 2000.

Il suolo svolge funzioni diverse quali: la produzione di biomassa e di cibo; fornisce materie prime; è sede delle attività umane ed archivio storico e archeologico; è riserva di biodiversità, serbatoio di carbonio e regolatore del ciclo dell'acqua e degli elementi biochimici. Attraverso le sue funzioni il suolo contribuisce ai servizi ecosistemici definiti come *“i benefici che le persone ricevono dagli ecosistemi”* (Millennium Ecosystem Assessment, 2005): *i)* supporto alla vita, ospitando piante, animali e attività umane (e con il ciclo degli elementi della fertilità); *ii)* approvvigionamento, producendo biomassa e materie prime; *iii)* regolazione dei cicli idrologico e bio-geochimico, e con la sua capacità depurativa; *iv)* valori culturali, in quanto archivio storico-archeologico e parte fondamentale del paesaggio.

Le funzioni che il suolo svolge, e i servizi ecosistemici a queste collegati, variano nello spazio, in relazione alle caratteristiche dei suoli, e nel tempo, in relazione alle condizioni (climatiche, gestionali, ecc) al contorno: suoli diversi forniscono servizi diversi e/o di qualità diversa.

4.1. Metodi

La metodologia utilizzata consiste nella: *i)* definizione dei servizi ecosistemici resi dal suolo basata sui dati pedologici disponibili e di opportuni indicatori per descriverli; e *ii)* valutazione e cartografia dei diversi servizi ecosistemici.

I dati sui suoli derivano dalla banca dati del Dipartimento Agricoltura della Regione Calabria. L'analisi si avvale delle cartografie relative alle proprietà dei suoli – misurate o stimate con pedofunzioni calibrate localmente (Ungaro et al., 2014) – realizzate via simulazione geostatistica condizionale sulla carta

pedologica su una griglia di 1 km di lato (Ungaro et al., 2010). Analogamente, le carte di Uso del suolo e di Capacità d'Uso sono state riferite alla griglia di 1 km.

4.2. Proprietà dei suoli, funzioni e servizi ecosistemici

In questa fase sono stati considerati nove servizi ecosistemici forniti dal suolo:

- **BIO** - biodiversità degli organismi del suolo;
- **BUF** - capacità depurativa;
- **CLI** - effetto sul microclima;
- **CSP** - stock di carbonio potenziale;
- **CST** - stock di carbonio attuale;
- **PRO** - produttività agricola;
- **SUP** - supporto infrastrutture;
- **WAS** - riserva di acqua;
- **WAR** - infiltrazione profonda di acqua.

Ogni servizio del suolo verrà descritto tramite indicatori basati sulle proprietà misurate (o stimate quantitativamente). Il metodo è descritto dettagliatamente in Calzolari et al. (in stampa). Gli indicatori saranno poi standardizzati come numero da 0 a 1 per ogni cella di 1 km. Il valore 0 non indica che il servizio è assente ma che è il minimo relativo nell'area di studio.

L'approccio presentato ha il vantaggio di considerare simultaneamente la molteplicità dei servizi ecosistemici del suolo in maniera spazialmente esplicita, attraverso indicatori costruiti sulla base dei dati e cartografie esistenti, di pedofunzioni localmente calibrate e stime geostatistiche delle variabili pedologiche. Pertanto può considerarsi come una ricalibrazione dei classici schemi di valutazione delle terre (Rossiter, 1996), risultante in un significativo sviluppo degli schemi di valutazione dei suoli e in un ulteriore passo verso l'implementazione operativa del concetto di servizi ecosistemici del suolo (Dominati et al, 2010). L'approccio può essere utilizzato a diverse scale spaziali, ed è in grado di integrare nuove conoscenze quando disponibili. Il metodo permette di stabilire chiari collegamenti tra le decisioni ed i servizi ecosistemici, permettendo di valutare il rischio di perdita di servizi o la possibilità di mantenere o valorizzare specifici servizi sotto diverse opzioni politiche e di gestione.

Bibliografia

- Aramini, G., Colloca, C., Corea, A.M., Paone, R., 2003, *I suoli della Calabria*. Rubettino. Soveria Mannelli.
- Calzolari, C., Ungaro, F., Filippi, N., Guermandi, M., Malucelli, F., Marchi, N., Staffilani, F., Tarocco, P. (in press), "A methodological framework to assess the multiplicity of ecosystem services of soils at regional scale", *Conference paper World Soil Day 2015 – Workshop The role of soil in land planning*, Alghero, Sardinia.
- Caracciolo, T. 2015. I dati geografici in Calabria, in Cristiano D, Mendicino G. e Salerno G. (a cura di), *GIS Day Calabria*, Map Design Project, Cosenza.
- Dominati, E., Patterson, M., Mackay, A., 2010, "A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils", in *Ecological Economics* 69, 1858-1868.
- Tomaselli V., Dimopoulos P., Marangi C., Kallimanis A. S., Adamo M., Tarantino C., Panitsa M., Terzi M., Veronico G., Lovergine F., Nagendra H., Lucas R., Mairota P., Mucher C.A., Blonda P., 21013, "Translating land cover/land use classifications to habitat taxonomies for landscape monitoring: a Mediterranean assessment" in *Landscape Ecology* n. 28/2013.
- Ungaro, F., Staffilani, F., Tarocco, P., 2010, "Assessing and mapping topsoil organic carbon stock at regional scale: a Scorpan Kriging approach conditional on soil map delineations and land use Land Degrad", in *Develop* 21, 565-581.

Ungaro, F., Calzolari, C., Pistocchi, A., Malucelli, F., 2014, “Modelling the impact of increasing soil sealing on runoff coefficients at regional scale: a hydrogeological approach”, in *J. Hydrol. Hydromech.*, 62, 33-42.