

MARIKA FERRARI

Servizi ecosistemici in Trentino: verso una mappatura di sintesi

Introduzione

Nella percezione generale è chiara la consapevolezza che gli ecosistemi generano risorse, le quali possono essere utilizzate a vantaggio della società umana se vi sono dei bisogni reali da soddisfare. Dall'utilizzo delle risorse provengono beni e servizi, definiti come Servizi Ecosistemici (SE) (MA, 2003; BASTIAN *et al.*, 2012). L'ecosistema forestale, ad esempio, fornisce cibo, legname, acqua e legna da ardere che la società umana può usare per soddisfare i propri bisogni materiali; fornisce protezione dai pericoli naturali, regolazione micro e macroclimatica a favore della sicurezza e della salute umana; fornisce anche opportunità per fruire del tempo libero.

Il concetto di SE è stato elaborato alla fine degli anni '70, quando per la prima volta si pensò di enumerare i beni e i servizi legati agli ecosistemi (WESTMAN, 1977); il termine di SE fu introdotto poco più tardi, nel 1981 da Ehrlich R. e Ehrlich, A.. Verso la fine degli anni novanta il concetto assunse piena rilevanza grazie allo studio promosso da un ecologista australiano, Costanza R., che stimò il valore economico mondiale di 17 SE offerti da 16 biomi (COSTANZA *et al.* 1997). In seguito sono state svolte molteplici ricerche sui SE, in particolare riguardo alla capacità degli ecosistemi di fornire SE.

Su scala regionale è stato dimostrato che la varietà dei SE offerta è direttamente proporzionale all'eterogeneità della morfologia, della copertura e dell'uso del suolo (MA, 2003; COSTANZA, 2008); che i SE dipendono

dalla presenza e dalla dinamicità di un grande numero di specie e di habitat (SCHWARTZ *et al.* 2000); che l'ammontare dei SE è in stretta relazione ai valori di biodiversità (HAINES-YOUNG, POTSCHIN 2010b). Dale and Polasky (2007) hanno affermato che i SE sono forniti all'interno di unità spaziali che possono comprendere anche più ecosistemi. Ad esempio i servizi di regolazione della qualità dell'acqua sono forniti dai corsi d'acqua come dalle aree riparie, le quali comprendono al loro interno diversi ecosistemi (aree a vegetazione arborea ed erbacea, area agricole ed urbanizzate). Inoltre, in relazione alle caratteristiche intrinseche di ogni singolo ecosistema, i SE possono essere generati con valori diversi. La capacità di regolazione della qualità dell'acqua di un'area riparia è maggiore per le aree a vegetazione arborea igrofila rispetto a quelle a vegetazione mesofila.

La salvaguardia dei SE al fine di conservare i benefici che questi generano alla società umana contribuisce al contempo alla conservazione della biodiversità (Schwartz *et al.*, 2000 and later KREMEN, 2005; BALMFORD *et al.*, 2008). A livello internazionale le maggiori iniziative in cui è stato introdotto il concetto di SE per promuovere la conservazione della biodiversità e quindi il benessere della società umana sono: la Convenzione sulla Diversità Biologica di Rio de Janeiro del 1992 (*Convention on Biological Diversity* CBD), gli obiettivi del Millennio, l'iniziativa dei ministeri dell'ambiente dei paesi del G8 in merito alla valutazione economica degli ecosistemi e della biodiversità

(2007-2010, *The Economic of Ecosystems and Biodiversity*, TEEB), la Strategia europea per la Conservazione della Biodiversità del 2010 e l'attuale. Quest'ultima definisce nuovi *targets* per il 2020, in cui l'attenzione è posta espressamente nella conservazione dei SE. In particolare, è richiesto agli Stati membri di identificare i SE più importanti e di valutare, entro il 2014, la domanda e l'offerta con riferimento alla distribuzione spaziale e tramite la mappatura dei loro territori (EUROPEAN COMMISSION, 2011). La complessità degli studi in grado di ottemperare a queste richieste è notevole; ad oggi gli studi esistenti si sono focalizzati soltanto su un ridotto numero di SE e hanno fatto uso di informazioni che riflettono poco l'attuale variabilità in un'area.

La presente ricerca mira a valutare la fornitura reale di SE per il Trentino tramite la selezione dei SE più significativi, la definizione di indicatori che rappresentano valori biofisici, culturali ed economici e la loro mappatura, considerando l'eterogeneità spaziale e i dati disponibili a livello locale. Le valutazioni spaziali dei singoli SE sono state utilizzate per ottenere una mappatura di sintesi del territorio, indicante le aree dove sono presenti omogenei gruppi di SE.

Materiali e metodi

Caso di studio

Il Trentino è una regione alpina caratterizzata da forte variabilità morfologica, altimetrica, di copertura e uso del territorio. Le numerose catene montuose formano infatti un insieme di valli attraversate da numerosi corsi d'acqua, dove coesistono boschi, aree agricole e centri abitati. L'estensione di questi ultimi è modesta, così come la densità abitativa della popolazione (82.5 abitanti km⁻² nel 2010), favorendo la presenza di un gran numero di aree con caratteristiche di naturalità. Circa il 20% del territorio (che si trova al di sopra dei 2000 m s.l.m.) vede la presenza solamente di ghiacciai, rocce nude, prati e pascoli naturali. I prati e i pascoli si trovano anche nelle aree tra i 1000

and 2000 m di altitudine (che corrispondono al 50% del territorio) ed assieme alle foreste provvedono alla fornitura di un elevato numero di servizi, ad esempio legname, legna da ardere, caccia e regolazione della qualità dell'aria. Le foreste ricoprono circa il 56% del territorio e si estendono fino ai 1800 m s.l.m.. Nella fascia al di sotto dei 1000 m di altitudine (corrispondente a circa il 30% del territorio) sono presenti, oltre alle foreste, terreni agricoli con produzioni rilevanti e di pregio. Queste aree sono attualmente utilizzate dalla popolazione locale per soddisfare esigenze di approvvigionamento di materie prime, di protezione dalle calamità naturali, di salute e soddisfacimento di bisogni secondari (come ad esempio le attività di svago e tempo libero).

Per selezionare i SE importanti nella regione e definire gli idonei indicatori di valutazione sono stati coinvolti (tramite interviste) 51 esperti di 25 uffici amministrativi locali e di alcuni istituti di ricerca (vedi Tab. 1), i quali conservano le informazioni e i dati derivati dalla gestione degli ecosistemi a livello provinciale.

Metodi

La selezione dei SE è stata compiuta partendo dalla lista dell'atlante europeo dei SE (MAES *et al.*, 2011) in cui, per la scala europea, sono stati individuati 13 servizi. Gli esperti intervistati hanno adattato questa lista alla scala regionale e alle esigenze locali, concentrandosi sui SE significativi per il Trentino. I SE selezionati sono stati quindi classificati in accordo con il sistema internazionale proposto da vari autori (HAINES-YOUNG *et al.*, 2010a) (*Common International Classification of Ecosystem Services*, CICES); in questo schema i SE sono classificati al fine di facilitare le operazioni di contabilità ambientale e il loro impiego nei processi di governo del territorio. In particolare, il sistema CICES classifica i SE in 3 categorie (approvvigionamento, regolazione e culturali), in 9 classi (approvvigionamento di cibo, materie prime, energia, acqua, regolazione del ciclo idrogeologico,

Nome	Numero di esperti
Associazione Cacciatori Trentini	1
Associazioni produttori ortofrutticoli Trentini (APOT)	1
Associazione Trotticoltori Trentini	1
Fondazione Edmund Mach (FEM)	6
FEM - Centro di Ecologia Alpina	1
Museo Civico di Rovereto	1
Museo delle Scienze (MUSE)	1
Provincia autonoma di Trento (PAT) - Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente (APPA)	3
PAT - Agenzia Provinciale per i Pagamenti in agricoltura (APPAG)	1
PAT - Dipartimento Agricoltura	4
PAT - Dipartimento Territorio, Ambiente e Foreste	3
PAT - Servizio Bacini Montani	1
PAT - Servizio Conservazione della Natura e Valorizzazione Ambientale	2
PAT - Servizio Foreste e Fauna	8
PAT - Servizio Geologico	3
PAT - Servizio Gestione Risorse Idriche ed Energetiche	2
PAT - Servizio Minerario	2
PAT - Servizio Statistica	1
PAT - Servizio Urbanistica e Tutela del Paesaggio	2
Unità Operativa Igiene e Sanità Pubblica Veterinaria	3
Università di Trento - Dipartimento di Ingegneria civile, ambientale e meccanica (DICAM)-	2
Gruppo di idrologia	
Università di Trento- DICAM- Gruppo di meteorologia	2

Tabella 1. Lista degli uffici amministrativi, dei centri di ricerca e delle associazioni presenti in Trentino e numero di esperti coinvolti nella selezione dei SE e degli indicatori.

delle componenti dell'atmosfera, dei pericoli naturali, opportunità per il turismo e per le attività ricreative), in 23 gruppi, e in 59 tipi. In accordo con la classificazione del *Millenium Ecosystem Assessment* (MA, 2003), i servizi di approvvigionamento sono volti principalmente al soddisfacimento dei bisogni materiali, quelli di regolazione alla tutela della sicurezza e della salute umana, mentre quelli culturali offrono attività ricreative e ludiche.

Per ogni servizio gli esperti hanno individuato degli indicatori di valutazione, adattando anche in questo caso quelli dell'atlante europeo. Il lavoro è stato compiuto sulla base dei dati disponibili a livello locale, nell'ottica di ottenere il valore della reale fornitura biofisica, culturale e socio-economica dei SE, espressa in termini di *stock* e flusso.

La fornitura reale equivale alla quantità dei SE effettivamente usati dalla popolazione (HAINES-YOUNG *et al.*, 2010b e MAES *et al.*, 2012), non sempre corrispondente a quanto è potenzialmente offerto; ad esem-

pio, il numero dei capi destinati alle attività venatorie è minore rispetto alla totalità presente nell'*habitat*. Gli indicatori biofisici danno informazioni oggettive circa i valori di produzione dei servizi; ad esempio quantificano la produzione agricola delle diverse colture espressa in unità di massa. Gli indicatori economici corrispondono esclusivamente al prezzo di mercato del servizio, come il prezzo di vendita del legname da costruzione. Gli indicatori socio-culturali misurano la percezione del valore qualitativo del servizio; è evidente la qualità nettarifera superiore di un castagneto rispetto a quella di una faggeta. Gli indicatori di *stock* rappresentano la quantità di servizi presenti in un ecosistema, mentre quelli di flusso misurano la quantità di servizi forniti in una unità di tempo. Il servizio di regolazione macro-climatica di un bosco, ad esempio, può essere valutato tramite lo stoccaggio (indicatore di *stock*) e l'incremento annuale (indicatore di flusso) di carbonio nella vegetazione.

Tabella 2. Lista dei 25 SE e dei 57 indicatori di valutazione. I SE sono espressi per tipi (terza colonna) e raggruppati per classi e categorie. Fra questi, ad esempio, è stata individuata la regolazione del flusso idrico (n. 11) che rappresenta la capacità dei bacini idrici (come laghi e ghiacciai) di regolare il flusso idrogeologico e di garantire la riserva idrica; la regolazione della qualità dell'acqua (n. 12), invece, rappresenta la capacità degli ecosistemi fluviali (aree riparie e corpo idrico) di mitigare/abbattere il carico organico in arrivo. La regolazione della qualità dell'aria (n. 13) rappresenta la capacità degli elementi in elevazione prossimi alle strade (case e vegetazione arborea) di bloccare gli inquinanti provenienti dalle strade esercitate degli (sia dagli alberi che dalle case). In colonna cinque sono riportate le unità di misura degli indicatori, mentre in colonna sei le unità spaziali di rappresentazione. Per facilità di lettura le tabelle sono divise secondo le tre categorie.

Categorie	Classe	Tipo	Indicatori	Unità di misura	Unità spaziale
Approvvigionamento	Cibo	1 Prodotti agricoli	[1] Densità di semi/ceppi	(n. semi/)ha ⁻¹	Particelle catastali
			[2] Qualità	-	"
			[3] Quantità	q ha ⁻¹ anno ⁻¹	"
			[4] Valore nutritivo	kcal ha ⁻¹ anno ⁻¹	"
			[5] Prezzo di mercato	€ ha ⁻¹ anno ⁻¹	"
		2 Carne (da attività venatorie)	[6] Densità degli ungulati presenti	(n. di ungulati) ha ⁻¹	Habitat
			[7] Quantità	kg ha ⁻¹ anno ⁻¹	Riserve di caccia
			[8] Valore nutritivo	kcal ha ⁻¹ anno ⁻¹	"
			[9] Percentuale di ungulati cacciati	(n. di ungulati) (n. tot di capi cacciati) ¹	"
		3 Pesce (da attività di pesca)	[10] Biomassa presente	kg ha ⁻¹	Zone di pesca
			[11] Quantità	kg ha ⁻¹ anno ⁻¹	"
			[12] Valore nutritivo	kcal ha ⁻¹ anno ⁻¹	"
			[13] Percentuale di specie alpine pescate	(n. di specie alpine) (n. tot pescato) ¹	"
		4 Funghi	[14] Intensità potenziale di produzione di funghi	-	Tipi forestali
			[15] Qualità	-	"
	5 Miele	[16] Intensità potenziale di produzione mellifera	-	Buffer di 500 m intorno alle strade forestali	
		[17] Valore nettarifero	-	"	
	Materie prime	6 Inerti	[18] Stock minerario	m ³ ha ⁻¹	Cave
			[19] Quantità estratta	m ³ ha ⁻¹ anno ⁻¹	"
			[20] Prezzo di mercato	€ ha ⁻¹ anno ⁻¹	"
	7 Legname	[21] Densità di legname nelle foreste	m ³ ha ⁻¹	Particelle forestali	
		[22] Quantità tagliata	m ³ ha ⁻¹ anno ⁻¹	"	
		[23] Prezzo di mercato	€ ha ⁻¹ anno ⁻¹	"	
	Energia	8 Legna da ardere	[24] Quantità tagliata	m ³ ha ⁻¹ anno ⁻¹	Particelle forestali
			[25] Energia termica ricavabile	kWh ha ⁻¹ anno ⁻¹	"
			[26] Prezzo di mercato	€ ha ⁻¹ anno ⁻¹	"
	Acqua	9 Acqua di superficie	[27] Portata fluente	m ³ s ⁻¹ ha ⁻¹	Sottobacini
			[28] Volume prelevato	m ³ ha ⁻¹ year ⁻¹	"
			[29] Prezzo di mercato	€ ha ⁻¹ year ⁻¹	"
		10 Acqua di falda	[30] Portata fluente	m ³ s ⁻¹ ha ⁻¹	Buffer di 200 m intorno ai punti di estrazione
			[31] Volume prelevato	m ³ ha ⁻¹ year ⁻¹	"
			[32] Prezzo di mercato	€ ha ⁻¹ year ⁻¹	"

Categorie	Classe	Tipo	Indicatori	Unità di misura	Unità spaziale
Regolazione	Ciclo dell'acqua.	11 Flusso idrico	[1] Superficie dei laghi, dei bacini artificiale e dei ghiacciai	m ²	Ghiacciai, laghi e bacini artificiali
			[2] <i>Specific discharge coefficient</i>	m ³ s ⁻¹ ha ⁻¹	Sottobacini
		12 Qualità dell'acqua	[3] capacità degli ecosistemi fluviali di ridurre gli inquinanti	-	Buffer di 30 m intorno alla rete idrica
	13 Qualità dell'aria	[4] ruvidità delle superfici adiacenti alle vie di comunicazione	-	Buffer di 30 m intorno alle vie di comunicazione	
		[5] densità delle foreste adiacenti alle viedi comunicazione	-	"	
	Componenti dell'atmosfera	14 Micro-Clima	[6] Abilità delle foreste di mitigare la temperatura in base alla loro forma	-	Patches di aree forestali secondo il Corine land Cover
			[7] Abilità delle foreste di mitigare la temperatura in base alla loro densità	-	"
	15 Macro-Clima	[8] Stock di carbonio	t ha ⁻¹	tipi forestali e sulle particelle catastali dei prati/pascoli e frutteti	
		[9] Incremento di carbonio	t ha ⁻¹ anno ⁻¹	"	
	Pericoli naturali	16 Prevenzione delle piene	[10] <i>Curve number</i>	-	Celle raster
			[11] Estensione della foresta	m ²	Patches di aree forestali secondo il Corine land Cover
		17 Protezione e sicurezza	[12] Fattore di protezione delle foreste	-	Celle raster

Una volta identificati gli indicatori è stato possibile raccogliere i dati utili in un database GIS e mappare gli indicatori stessi. I dati sono comparabili in termini di risoluzione spaziale e sistema di georeferenziazione, e provengono da fonti che spaziano dagli inventari forestali alle mappe catastali sulle produzioni agricole. Appropriate unità spaziali di rappresentazione sono state selezionate per ciascun SE: i corsi d'acqua, ad esempio, rappresentano le unità spaziali per le attività di pesca, i bacini idrografici per i servizi di fornitura d'acqua, e le riserve di caccia per le attività venatorie. La mappatu-

ra degli indicatori talvolta ha richiesto la ri-elaborazione dei dati attraverso analisi GIS come riclassificazioni, *map algebra*, e così via. Tre *software* GIS sono stati impiegati: ESRI ArcGis 9.2, ILWIS 3.3, and GRASS 6.4.2.

Le valutazioni spaziali dei singoli SE sono state utilizzate per ottenere una mappatura di sintesi del territorio indicante le aree dove sono presenti omogenei gruppi di SE per tipologia e valore (*bundles*), in accordo con Daily G.C. e Matson A. (DAILY E MATSON, 2008) e Bennet E. M. e altri autori (BENNET *et al.*, 2009). I risultati di studi si-

Categorie	Classe	Tipo	Indicatori	Unità di misura	Unità spaziale
Culturali	Attività turistiche	18 Patrimonio culturale	[1] Prossimità dei siti del patrimonio culturale alle vie di comunicazione	-	Celle raster
		19 Bellezza paesaggistica	[2] Visibilità paesaggistica	(n. di punti visibili) ha ⁻¹	Celle raster
	20 Caccia	[3] Densità di cacciatori	(n. di cacciatori) ha ⁻¹ anno ⁻¹	Riserve di caccia	
		[4] Numero di animali cacciati	(n. di animali cacciati) ha ⁻¹ anno ⁻¹	"	
	21 Pesca	[5] Intensità di pesca	(n. di attività di pesca) ha ⁻¹ year ⁻¹	Zone di pesca	
		[6] Quantità di pescato	(n. di pesci) ha ⁻¹ year ⁻¹	"	
	Attività ricreative	22 Raccolta funghi	[7] Ricavo dalle licenze di raccolta	€ ha ⁻¹ anno ⁻¹	Aree forestali secondo il Corine land Cover nei Comuni
			[8] Disponibilità di funghi di buona qualità	-	Tipi forestali
		23 Miele	[9] Disponibilità di miele di buona qualità	-	Buffer di 150 m intorno alle strade forestali
			[10] Intensità delle attività sportive	(n. di attività sportive) ha ⁻¹	Aree di lago, strade forestali e piste da sci
		24 Sport	[11] Ricavo dagli ski pass	€ ha ⁻¹ year ⁻¹	Piste da sci
	[12] Lunghezza della stagione sportiva		(n. di mesi) ha ⁻¹ anno ⁻¹	Aree di lago, strade forestali e piste da sci	
	25 Tempo libero	[13] Densità delle attività ricreative	-	Aree di lago, strade forestali	

mili a quest'analisi sono recenti: Raudsepp-Hearne C. (RAUDSEPP-HEARNE *et al.*, 2009) e poi Plieninger T. ed altri autori (PLIENINGER T. *et al.*, 2013) hanno analizzato la distribuzione spaziale dei gruppi e la distribuzione dei SE rispetto ai gruppi. Questi ultimi sono definiti tramite analisi statistiche sugli indicatori biofisici di flusso dei SE selezionati (così come proposto da MAES *et al.*, 2011a). Nel presente studio, per il raggruppamento dei SE è stata utilizzata un'analisi *cluster* di tipo gerarchico (KAUFMAN AND ROUSSEEUW, 1990), la quale permette di raggruppare i SE in più classi (gruppi), sulla base della similarità dei valori degli indicatori che li rap-

presentano. Il numero appropriato di classi è stato identificato tramite un'analisi di similarità: *ANALYSIS OF SIMILARITY* (ANOSIM); (CLARKE, 1993). L'output di queste analisi è una mappa dei gruppi dei SE in Trentino, che sintetizza le informazioni dei SE significativi. Tutte le analisi statistiche sono state compiute con il programma R (R Core Team, 2013). L'incrocio spaziale della mappa di sintesi con quelle dei singoli indicatori dei SE ha permesso di individuare quali SE sono presenti nei gruppi e il loro valore all'interno degli stessi. Per facilità di lettura, i gruppi sono rappresentati in diagrammi radar.

Risultati

Gli esperti hanno individuato 25 tipi SE, la cui fornitura risulta significativa per il Trentino (vedi Tab. 2, terza colonna). Questi sono stati raggruppati in nove classi e in tre categorie, 10 servizi di approvvigionamento, 7 di regolazione e 8 culturali, in accordo con lo schema CICES (vedi Tab. 2, terza e seconda colonna rispettivamente). 18 SE sono tipici delle aree forestali, mentre gli altri interessano unità spaziali eterogenee.

Sono stati proposti 57 indicatori (vedi Tab. 2, quarta colonna) che misurano la reale fornitura dei 25 SE (sono stati definiti da 1 a 5 indicatori per ciascun SE). 32 indicatori si riferiscono ai SE di approvvigionamento, 12 a quelli di regolazione e 13 a quelli culturali. I servizi di approvvigionamento e culturali hanno valori biofisici, economici e socio-culturali di *stock* e flusso mentre i servizi di regolazione, ad eccezione della regolazione macroclimatica (stoccaggio di carbonio nella biomassa), hanno valori legati solamente al flusso biofisico. Gli indicatori biofisici e socio-culturali sono misurati sia in termini di *stock* e flusso, mentre quelli economici solo in termini di flusso. In particolare, 29 indicatori sono di *stock* e 28 di flusso, di cui 35 sono biofisici, 8 economici e 14 di tipo socio-culturale. Ad esempio il servizio di approvvigionamento di cibo “Prodotti agricoli” è stato valutato tramite cinque indicatori: densità di semi/ceppi (indicatore biofisico di *stock*), qualità della produzione agricola (indicatore socio-culturale di *stock*), quantità prodotta (indicatore biofisico di flusso, vedi Fig. 1), valore nutritivo (indicatore biofisico di flusso) e prezzo di mercato (indicatore economico di flusso). Il servizio di regolazione macro-climatica è stato valutato tramite due indicatori: *stock* di carbonio (indicatore biofisico di *stock*, vedi Fig. 2) e incremento (indicatore biofisico di flusso).

I SE sono stati mappati su 20 unità spaziali differenti (vedi Tab. 2, sesta colonna). In generale, gli indicatori di uno stesso SE hanno la stessa unità spaziale; fanno eccezione i servizi di approvvigionamento da attività venatoria e la fornitura d’acqua. Le

unità spaziali del primo sono l’habitat e le riserve di caccia, quelle del secondo sono i bacini idrici (nel caso di fornitura d’acqua superficiale) e le aree di tutela di falda (nel caso di fornitura d’acqua sotterranea). Tutti i dettagli sugli indicatori sono presentati in Tab.2. Le Fig. 1 e 2 forniscono un esempio delle mappe.

11 gruppi spaziali, riferiti alle aree in cui i SE sono omogenei per tipologia e valore, sono stati definiti tramite l’analisi *cluster* di 25 indicatori biofisici di flusso dei SE (vedi Fig. 3 e Tab. 3). L’analisi dei singoli indicatori nei gruppi evidenzia che: il gruppo 9 ha il numero più alto di SE (23), mentre il gruppo 8 il numero più basso (11). In tutti i gruppi, eccetto il 2, c’è almeno un SE con massimo valore di fornitura, e in tutti i gruppi, eccetto i numeri 3 e 8, c’è almeno un SE la cui fornitura è minima. Ad esempio: il SE “Prodotti Agricoli” è presente in 5 gruppi (2, 4, 7, 9 e 10). La fornitura massima è nel gruppo 4, quella minima nel 2. Tre coppie di gruppi hanno gli stessi SE (con valori diversi): (6,8), (1,3) e (9,10). In ogni gruppo vi sono comunque servizi di approvvigionamento, regolazione e culturali. Nessun gruppo comprende tutti i SE di approvvigionamento (da 3 a 9 e i SE di approvvigionamento sono massimo 10) e culturali (da 4 a 7 e i SE di approvvigionamento sono massimo 8); mentre quelli di regolazione vanno da 4 a 7 (su 7 SE).

Discussioni e Conclusioni

La maggior parte degli studi parte da una scelta arbitraria dei SE e degli indicatori (NELSON *et al.*, 2009; RAUDSEPP-HEARNE *et al.*, 2009). La presente ricerca invece considera l’esperienza e la conoscenza degli esperti locali per individuare i servizi più significativi nell’area di studio e per selezionare un *set* di indicatori idonei e misuranti l’attuale valore biofisico, socio-culturale ed economico in termini di *stock* e flusso.

I risultati dimostrano che il Trentino, grazie alla sua varietà morfologica e alla capacità della società locale di utilizzare le risorse naturali disponibili, è in grado di of-

Gruppo	Caratteristiche
1 SE comuni delle foreste	Corrisponde al 90% dell'area forestale del Trentino, dove sono forniti 18 SE, con produzione massima del SE di approvvigionamento legato alla produzione di miele e il SE di regolazione macroclimatica.
2 Aree povere di SE o a bassa intensità di SE	Comprende le aree sopra i 2800m di altitudine (ghiacciai e rocce nude) e le aree urbanizzate. Sono forniti 17 SE, di cui nessuno a produzione massima e 5 a produzione minima.
3 Foreste ad alta intensità di SE	Copre le foreste con produzione massima di legname (come quelle della Valledi Fiemme). Sono forniti 18 SE con produzione massima di 6 SE.
4 Aree agricole ad alta intensità di SE	Copre le aree fino ai 1000 m di altitudine con produzione agricola massima e quelle da cui si può maggiormente ammirare il patrimonio culturale. In totale 13 SE sono presenti.
5 Corsi d'acqua, laghi e foreste ad alta intensità di servizi ricreativi	Sono forniti 17 SE nelle aree fino ai 2800 m di altitudine.
6 Ecosistemi fluviali ad elevata capacità di regolazione dell'acqua	Corrisponde alle fasce ripari e naturali dei corsi d'acqua minori, dove si ha la massima capacità di regolazione della qualità dell'acqua.
7 Aree semiurbanizzate ad alta intensità di SE	Copre le aree centrali della regione fino ai 1000 m di altitudine dove si concentrano le attività di caccia e di estrazione di inerti, e le aree da cui si può ammirare il patrimonio culturale. Sono forniti 23 SE
8 Aree con numero minimo di SE ma ad alta intensità	Copre le aree fino ai 1000 m di altitudine dove vi è il minor numero di SE offerti (11). Per sei di questi la produzione è massima: caccia, pesca, fornitura d'acqua di falda, protezione dai pericoli naturali e attività ricreative
9 Aree ad alto numero di SE ma a bassa intensità	Vi è fornito il maggior numero di SE (23). Per quattro di questi la produzione è minima: estrazione di inerti, fornitura d'acqua di superficie, patrimonio culturale e attività ricreative.
10 Aree ad alta intensità di servizi di regolazione	Sono forniti 21 SE nelle aree fino ai 1000 m di altitudine. Per due servizi di regolazione la produzione è massima: regolazione della portata idrica e della qualità dell'aria.
11 SE tipici delle foreste di bassa quota	Copre una piccola parte delle aree forestali fino ai 1000 m di altitudine. Sono forniti 16 SE e per due di questi la produzione è massima: fornitura d'acqua di superficie e produzione mellifera.

Tabella 3. Definizione e dei gruppi spaziali secondo cui si raggruppano i SE in Trentino

frirne una ampia varietà di SE (25). Alcuni possono considerarsi esclusivi delle regioni alpine e di aree montane semi-urbanizzate con elevata presenza di foreste: fra tutti, la capacità dei boschi di alta quota di contribuire alla protezione da valanghe. Tutti i SE selezionati sono essenzialmente risorse rinnovabili (fa eccezione l'approvvigionamento di inerti), il cui utilizzo è regolato per garantirne la sostenibilità: le attività regolamentate dai piani forestali di gestione, ad esempio, assicurano l'approvvigionamento continuo di cibo, materie prime e risorse energetiche, forniscono protezione del territorio, contribuiscono alla regolazione della qualità dell'aria, dell'acqua e del clima, infine offrono opportunità ricreative. In alcuni casi una singola attività può creare le condizioni per la fornitura congiunta di più servizi culturali e di approvvigionamento.

Ad esempio, l'attività di caccia permette di avere cibo e contemporaneamente genera svago. I risultati mostrano inoltre che il territorio è attualmente utilizzato non solo per soddisfare i bisogni materiali e di natura economica, ma anche quelli sociali e legati alla salute e alla protezione della popolazione. Infatti è presente una buona varietà di servizi, con una modesta prevalenza dei servizi di approvvigionamento rispetto a quelli culturali e di regolazione: un buon assortimento garantisce la possibilità di soddisfare un ampio *range* di benessere.

Gli esperti hanno selezionato 57 indicatori di valutazione dei SE (fino a 5 indicatori per un singolo servizio). Il numero di indicatori è rappresentativo della varietà di bisogni della società umana che un singolo SE è in grado di soddisfare. L'individuazione di un numero così elevato di indicatori è

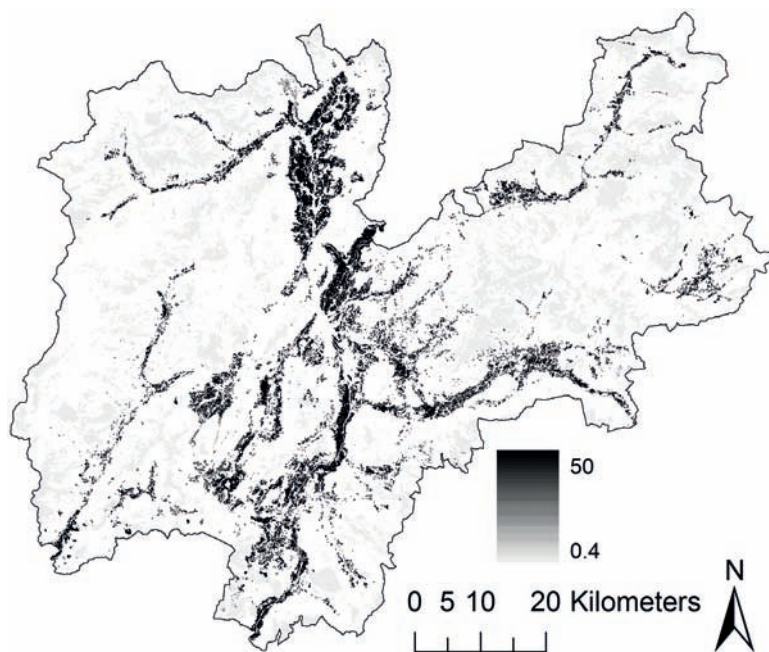


Figura 1. Quantità di produzione agricola [t ha-1 year-1]. L'indicatore misura il flusso biofisico del SE di produzione agricola mappato sulle particelle catastali

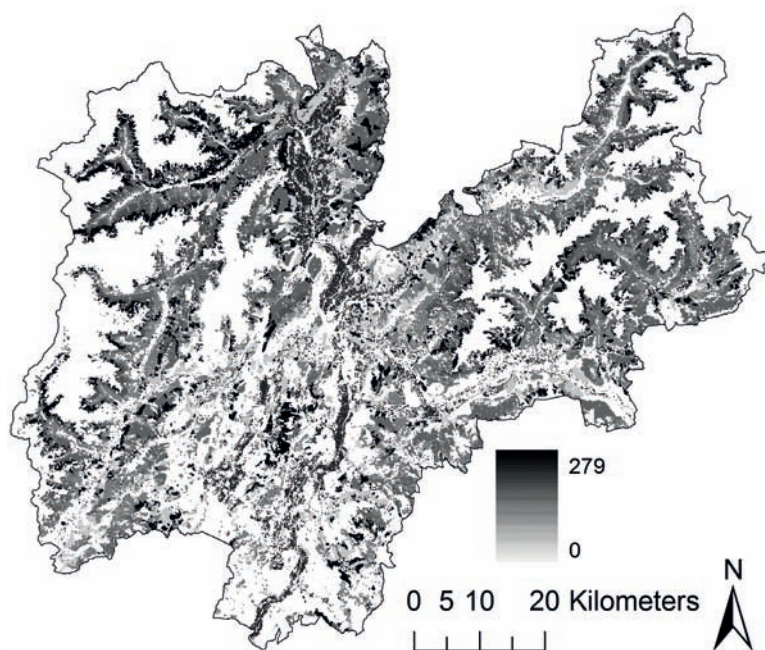


Figura 2. Stock di carbonio [t ha-1]. L'indicatore misura lo stock biofisico del servizio di regolazione macro-climatica mappato sui tipi forestali e sulle particelle catastali dei prati/pascoli e frutteti.

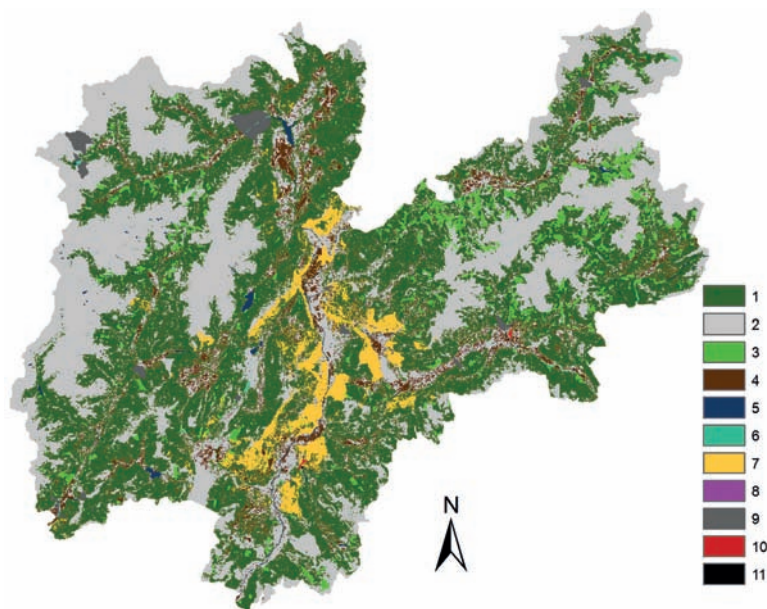


Figura 3. Mappa dei gruppi secondo cui si raggruppano i SE in Trentino

stata possibile soltanto grazie alla notevole quantità di dati concreti, di natura biofisica, culturale ed economica, disponibili sul Trentino. Ne è risultata così una valutazione completa e realistica.

Dall'analisi emerge anzitutto che la maggior parte dei SE (compresi tutti quelli di regolazione) non è direttamente spendibile sul mercato. Gli indicatori economici infatti sono un numero ridotto, così come quelli socio-culturali. Gli indicatori biofisici al contrario sono quelli per i quali sono presenti più dati a livello provinciale. I risultati evidenziano inoltre che i servizi di regolazione presentano solamente indicatori di flusso, a dimostrazione che i benefici generati si manifestano solamente nel momento in cui sono utilizzati, e non hanno effetti che si prolungano nel tempo.

Inoltre, la mappatura tiene conto dell'eterogeneità spaziale della fornitura dei SE: gli indicatori sono stati mappati su 20 unità spaziali diverse, e valori diversi corrispondono a aree delle singole unità.

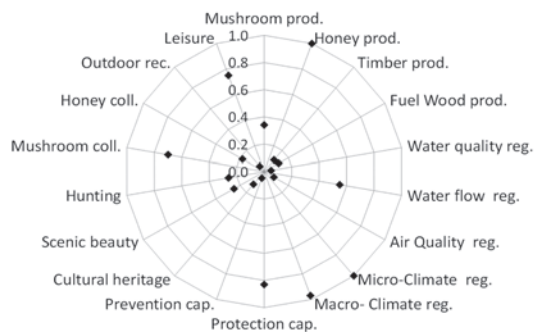
Uno dei maggiori punti deboli di questa ricerca sta nella soggettività della selezione dei SE e degli indicatori, dovuta alle opinioni personali degli esperti informatori. Tuttavia, quando non vi è la conoscenza empirica, il giudizio esperto è l'unico strumento

che può fornire delle informazioni attendibili. L'elevato numero di esperti e il variegato campo di conoscenze (rappresentato da 25 istituzioni di appartenenza) permette di minimizzare questo rischio.

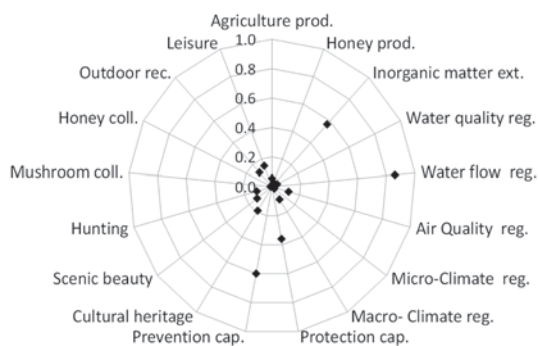
Un altro punto debole riguarda la selezione degli indicatori sulla base dei soli dati esistenti e disponibili, che potrebbe aver portato a una valutazione incompleta, in quanto potrebbero essere state tralasciate informazioni importanti. D'altra parte l'utilizzo dei dati già disponibili garantisce risparmio di tempo ed efficienza.

L'analisi statistica sull'insieme degli indicatori ha permesso di individuare 11 gruppi in cui è distribuito l'intero insieme dei SE (25). Nei gruppi le aree si raggruppano per tipologia di SE e quando sono presenti valori massimi di fornitura. Ad esempio, il gruppo 3 rappresenta solamente le aree forestali dove si ha la maggiore fornitura di legname di qualità. Si tratta di un gruppo di modesta dimensione (copre il 7% dell'intera copertura forestale) costituito principalmente dai boschi della Val di Fiemme. In generale i gruppi sono poco frammentati e la regione appare divisa in due parti. La prima comprende le aree forestali (ricche di SE) e la seconda le aree urbanizzate, le rocce nude e i ghiacciai (poveri di SE): le aree

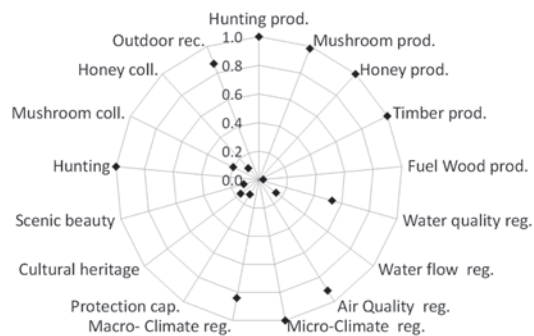
Cluster 1



Cluster 2



Cluster 3



Cluster 4

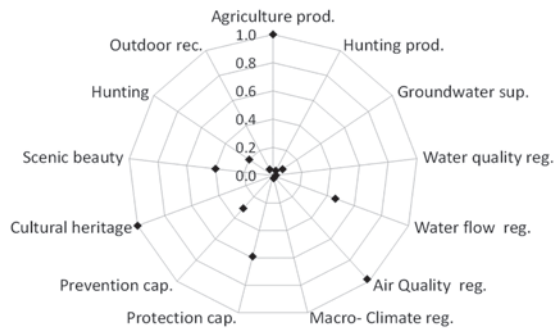


Figura 4. Rappresentazione, tramite diagrammi radar, dei SE presenti nei gruppi 1, 2, 3 e 4 (clusters). I valori degli indicatori biofisici sono stati normalizzati: 0 minima fornitura, 1 massima fornitura.

forestali sono divise in quattro gruppi, che insieme al gruppo delle aree povere di SE rappresenta il 98% della regione.

Rispetto al numero elevato di classi spaziali di rappresentazione dei singoli SE (20) questa mappa appare una buona sintesi (11 classi). Tuttavia, anche se l'eterogeneità spaziale di sintesi (11 unità spaziali) è minore di quella del gruppo dei singoli SE (20 unità spaziali), la forma dei primi è molto più complessa: la forma dei gruppi è una combinazione della forma delle unità spaziali dei singoli SE, che tiene conto del valore dei SE. Non si ritrova l'uso del suolo nella mappa di sintesi (se non per la classe forestale): un lago, ad esempio, può appartenere a due o più gruppi a seconda del valore dei SE offerti. La ricerca si è focalizzata sulla definizione dei gruppi dei SE tramite analisi rigorose e tenendo in considerazione dell'eterogeneità spaziale dei SE, fornendo una definizione spaziale precisa dei gruppi e del valore dei SE nei gruppi. Questo approccio è del tutto innovativo rispetto alla letteratura corrente e rappresenta inoltre uno sforzo apprezzabile nel dare risposte certe e puntuali ai bisogni di ricerca dei SE.

Questa ricerca rappresenta, a livello europeo, una delle prime valutazioni di un numero rilevante di SE per una regione piuttosto estesa; in cui gli indicatori sono calcolati solamente sulla base di dati disponibili e che permettono di mappare l'eterogeneità del valore dei singoli SE. Tali informazioni, oltre che fornire una visione sui SE offerti in Trentino, possono essere usate per adempiere agli obiettivi della Strategia europea della Biodiversità del 2020, così come per definire un atlante dei SE a scala regionale. La mappa di sintesi dei servizi potrebbe, inoltre, divenire un utile strumento di supporto decisionale nei processi di governo del territorio.

Ringraziamenti

Le informazioni riportate in questo articolo riflettono parte dei contenuti della tesi di dottorato in ingegneria ambientale (25°

ciclo) dell'autrice: "*Spatial assessment of multiple ecosystem services in an Alpine region*". La tesi è stata difesa in Aprile 2014. Un ringraziamento particolare va al dott. Davide Geneletti, supervisore della stessa.

BIBLIOGRAFIA

BALMFORD, A., RODRIGUES, A.S.L., WALPOLE, M., TEN BRINK, P., KETTUNEN, M., BRAAT, L., DE GROOT, R.S., 2008. The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Scoping the Science. European Commission (contract ENV/070307/2007/486089/ETU/B2), Cambridge, UK.

BASTIAN, O., HAASE, D., AND GRUNEWALD, K., 2010. Ecosystem properties, potentials and services-The EPPS conceptual framework and an urban application example. *Ecological indicators* 21, 7-16.

BENNET, E.M., PETERSON, G.D., AND GORDON, L.J., 2009. Understanding relationships among multiple ecosystem services. *Ecology Letters* 12, 1-11.

CLARKE, K.R., 1993. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18, 117-143.

COSTANZA, R., 2008. Ecosystem services: multiple classification systems are needed. *Biological conservation*, 141(2) 350-352.

COSTANZA, R., D'ARGE, R., DE GROOT, R., 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., MATSON, A., 2008. Ecosystem services: from theory to implementation. *PNAS*, 105(28), 9455-9456.

DALE, V. H., POLASKY, S., 2007. Measures of the effects of agricultural practices on ecosystem services. *Ecological Economics* 64(2), 286-296.

EHRlich, R., EHRlich, A., 1981. *Extinction: The Causes and Consequences of the Disappearance of Species*. New York: Random House.

EUROPEAN COMMISSION, 2011. *Our life insurance, our natural capital: An EU biodiversity strategy to 2020*. European Parliament resolution 2011/2307(INI), 20 April 2012, Belgium, Brussels, 17 pp. Belgium: European Parliament.

FERRARI M., 2014. *Spatial assessment of multiple ecosystem services in an Alpine region*. PhD thesis.

FERRARI M., GENELETTI D., 2014. Mapping and assessing multiple ecosystem services in an alpine region: a study in trentino, Italy. *Annali di botanica*, 4: 73-88

HAINES-YOUNG R. AND POTSCHIN M., 2010a. Proposal for a Common International Classification of Ecosystem Goods and Services (CICES) for Integrated Environmental and Economic Accounting, European Environmental Agency, Nottingham, UK.

HAINES-YOUNG, R., AND POTSCHIN, M., 2010b. The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being. *Ecosystem Ecology: a new synthesis*.

KAUFMAN, L., ROUSSEUW, J., 1990. Finding groups in data: an introduction to cluster analysis. New York: Wiley.

KREMEN, C., 2005. Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology?. *Ecological letters* 8, 468–479.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MA), 2003. *Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment*, Island Press, Washington, DC.

MAES J., PARACCHINI M.L., ZULIAN G., 2011. An European assessment of ecosystem services. Towards an atlas of ecosystem services, ISPRA, Partnership for European Environmental Research.

MAES J., EGOH B., WILLEMEN L., LIQUET C., VIHERRAARA P., SCHÄGNER J.P., GRIZZETTI B., DRAKOU E.G., LA NOTTE A., ZULIAN G., BOURAOUI F., PARACCHINI M.L., BRAAT L., BIDOGGIO G., 2012. Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union. *Ecosystem Services* 1, 31-39.

NELSON, E., MENDOZA, G., REGETZ, J., POLASKY, S., TALLIS, H., CAMERON, D.R., CHAN, K.M.A., DAILY, G.C., GOLDSTEIN, J., KAREIVA, P.M., LONSDORF, E., NAIDOO, R., RICKETTS, T.H., SHAW, M.R., 2009. Modelling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales. *Frontiers in Ecology and Environment* 7(1), 4-11.

PLIENINGER, T., FIJKS, S., OTEROS-ROZAS, E., BIELING, C., 2013. Assessing, mapping and quantifying cultural ecosystem services at community level. *Land Use Policy* 33, 118-129.

RAUDSEPP-HEARNE C., PETERSON G. D., BENNETT E.M., 2009. Ecosystem service bundles for analyzing tradeoffs in diverse landscapes, *PNAS Early Edition*, 1-6.

SCHWARTZ, M.W., BRIGHAM, C.A., HOEKSEMA, J.D., LYONS, K.G., MILLS, M.H. & VAN MANTGEM, P.J., 2000. Linking biodiversity to ecosystem function: implications for conservation ecology. *Oecologia* 122, 297–305.

WESTMAN, W., 1977. How much are nature's services worth. *Science* 197, 960-964.

Marika Ferrari

Università degli Studi di Trento - Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica (DICAM) - Via Mesiano, 33 - Mesiano - 38123 Trento (Italia)

PAROLE CHIAVE: *Servizi ecosistemici, indicatori, mappe, Trentino, bundles*

RIASSUNTO

I Servizi Ecosistemici (SE) sono definiti come beni tangibili ed intangibili presenti negli ecosistemi ed utilizzati dalla società umana per mantenere e sviluppare il proprio benessere. La fornitura di SE dipende, oltre che dalle caratteristiche morfologiche del territorio, dalla biodiversità presente negli ecosistemi. Nella Strategia per la Conservazione della Biodiversità del 2020 è richiesto agli Stati Membri di identificare i SE più importanti nel loro territorio e di valutarli entro il 2014.

La presente ricerca mira a valutare la fornitura reale di SE per il Trentino, tramite la selezione dei SE più significativi, l'identificazione di idonei indicatori di valutazione, la loro mappatura, e la definizione di una mappa di sintesi, indicante le aree dove sono presenti omogenei gruppi di SE (bundles). La selezione dei SE e l'identificazione degli indicatori si è avvalsa del contributo di esperti locali; la mappatura è stata compiuta tramite analisi GIS e analisi statistiche su dati esistenti e disponibili. La selezione ha permesso di identificare 25 SE significativi per il Trentino, valutati tramite 57 indicatori. 11 gruppi di SE, riferiti alle aree in cui i SE sono omogenei per tipologia e valore, compongono la mappa di sintesi dei SE.

Questo studio dimostra in maniera puntuale che il Trentino è una regione in grado di offrire una ampia varietà di SE distribuiti in maniera non omogenea sul territorio, e da cui la società locale può ricavare un elevato numero di benefici.

KEY WORDS: *Ecosystem services, indicators, maps, Trentino, bundles*

ABSTRACT

Ecosystem services (ESs) are tangible and intangible benefits provided by ecosystems and used by human population to maintain and develop their wellbeing. The capacity of any ecosystem to deliver a service essentially depends on the biodiversity value and on the morphological conditions of the territory. In order to safeguard the ESs and to maintain the benefits they may generate, the conservation of biodiversity is a priority. Accordingly, the European Biodiversity Strategy for 2020 asks Member States to identify and assess significant ESs by 2014.

The present research aims at assessing the real supply of ESs in Trentino through the selection of significant ESs, the identification of assessment indicators, their mapping and the definition of a synthesis map. The latter represents the areas where homogeneous groups of ESs (called bundles) appear together.

Local experts have been involved to select ESs and to identify indicators. Mapping has been computed by means of GIS and statistical analysis on existing and available data. 25 ESs have been selected and 57 assessment indicators have been mapped. 11 bundles of ESs have been detected.

This research has rigorously demonstrated that the Trentino region is able to supply a huge amount of ESs, that are not homogeneously distributed across the territory, and from which the human society may get several benefits.