

Elisa Paganini

EFFETTI DELLE POLITICHE AMBIENTALI SULLE TRASFORMAZIONI DEL PAESAGGIO: UNA STIMA  
ATTRAVERSO LA VALUTAZIONE DELLA FORNITURA DEI SERVIZI ECOSISTEMICI LEGATI ALL'USO DEL SUOLO



Dottorato in

**Paesaggio e Ambiente**

Coordinatrice: prof. ssa Alessandra Capuano

**Elisa Paganini**

EFFETTI DELLE POLITICHE AMBIENTALI SULLE TRASFORMAZIONI DEL  
PAESAGGIO: UNA STIMA ATTRAVERSO LA VALUTAZIONE DELLA  
FORNITURA DEI SERVIZI ECOSISTEMICI LEGATI ALL'USO DEL SUOLO

XXIX Ciclo di dottorato

  
**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA



Scuola di Dottorato in  
Scienze dell'Architettura

Docenti di riferimento  
prof. M. Marchetti  
prof. D. Marino  
prof. ssa C. Imbroglini  
prof. S. Camiz  
prof. M. Munafò

Sapienza Università di Roma  
Dottorato **Paesaggio e Ambiente**  
XXIX CICLO  
2013-2016

**Coordinatore:**

Achille Maria Ippolito (ICAR 14)

**Collegio dei docenti:**

Rita Biasi (AGR 03)  
Letizia Bindi (M-DEA 01)  
Alessandra Capuano (ICAR 14)  
Lucina Caravaggi (ICAR 15)  
Gianni Celestini (ICAR 15)  
Donatella Cialdea (ICAR 21)  
Daniela Colafranceschi (ICAR 15)  
Piermaria Corona (AGR 05)  
Fabio Di Carlo (ICAR 15)  
Laura Valeria Ferretti (ICAR 14)  
Cristina Imbroglini (ICAR 15)  
Antonio Leone (ICAR 20)  
Davide Marino (AGR 01)  
Giuseppe Scarascia Mugnozza (AGR 05)  
Fabrizio Toppetti (ICAR 14)

Effetti delle politiche ambientali sulle trasformazioni del paesaggio: una stima attraverso la valutazione della fornitura dei servizi ecosistemici legati all'uso del suolo

INTRODUZIONE .....	3
<b>PARTE I.....</b>	<b>7</b>
CAPITOLO 1: I SERVIZI ECOSISTEMICI.....	7
1.1 <i>I Servizi ecosistemici: cosa sono e perché sono importanti</i> .....	7
1.2 <i>I Servizi ecosistemici, le trasformazioni del paesaggio ed il buon governo di un territorio</i> .....	11
1.3 <i>Dalla quantificazione biofisica alla valutazione economica dei servizi ecosistemici</i> .....	14
1.4 <i>I Servizi ecosistemici nel panorama internazionale: i principali metodi di classificazione</i> .....	16
1.5 <i>I Servizi ecosistemici nel panorama europeo ed italiano</i> .....	24
CAPITOLO 2: I SERVIZI ECOSISTEMICI ED IL CAPITALE NATURALE SUOLO: METODI PER LA QUANTIFICAZIONE E MAPPATURA .....	27
2.1 <i>Il Territorio e l'importanza trasversale della matrice suolo</i> ..	27
2.1.1    I servizi ecosistemici e l'uso del suolo .....	36
2.2 <i>Dalla quantificazione biofisica dei SE alla valutazione delle trasformazioni del paesaggio</i> .....	44
2.3 <i>La quantificazione e mappatura dei SE: i diversi approcci</i> ....	46
2.3.1    La mappatura dei SE: un metodo di classificazione.....	48
2.4 <i>La revisione in letteratura: dai dati di Uso e Copertura del suolo ai metodi di mappatura dei Servizi Ecosistemici</i> .....	54
2.4.1    Materiali e metodi: ricerche in letteratura e selezione .....	54
2.4.2    Risultati: classificazione e sintesi delle ricerche.....	58
2.4.3    Discussioni e conclusioni .....	62
<b>PARTE II .....</b>	<b>65</b>
CAPITOLO 3: I SERVIZI ECOSISTEMICI NEI PROGETTI LIFE MAKING GOOD NATURA E SOIL ADMINISTRATION MODELS 4 COMMUNITY PROFIT .....	65
3.1 <i>Il progetto Life MGN</i> .....	65
3.2 <i>Il progetto Life SAM4CP</i> .....	67
3.3 <i>La quantificazione dei servizi ecosistemici nei due progetti</i> ..	68
CAPITOLO 4: STRUMENTI E METODI PER LA QUANTIFICAZIONE BIOFISICA .....	75
4.1 <i>Ricerca delle metodologie</i> .....	75
4.1.1    Life+ SAM4CP: ricerca di un modello per la produzione agricola	75
4.1.2    Life+ MGN: i modelli di System Dynamics .....	83

4.2	<i>Scelta delle metodologie</i> .....	88
CAPITOLO 5: IL CASO STUDIO ZPS IT20B0501 "VIADANA, PORTIOLO SAN BENEDETTO PO, OSTIGLIA" .....		
		91
5.1	<i>Il contesto geografico</i> .....	96
5.2	<i>La modellizzazione</i> .....	102
5.2.1	Il servizio regolazione del clima .....	103
5.2.2	Il servizio estetico del paesaggio.....	111
CAPITOLO 6: BILANCIO DEI SERVIZI ALL'INTERNO DELLA ZPS VIADANA, PORTIOLO SAN BENEDETTO PO, OSTIGLIA .....		
		115
6.1	<i>Il servizio regolazione del clima: applicazione della metodologia e costruzione del modello logico</i> .....	115
6.1.1	Analisi all'interno della ZPS .....	116
6.1.2	Le trasformazioni del paesaggio: pressione antropica in aree contigue	125
6.2	<i>Il servizio estetico del paesaggio: applicazione della metodologia e costruzione del modello logico</i> .....	126
<b>PARTE III</b> .....		<b>135</b>
CAPITOLO 7: RISULTATI, DISCUSSIONI E CONCLUSIONI DELLA RICERCA .....		
		135
7.1	<i>Risultati</i> .....	135
7.1.1	La quantificazione del servizio di regolazione del clima .....	135
7.1.2	La quantificazione del servizio estetico del paesaggio .....	137
7.2	<i>Discussioni e conclusioni</i> .....	139
BIBLIOGRAFIA .....		147

## **Introduzione**

Il suolo è risorsa naturale essenziale per la vita, di fatto non rinnovabile. Esso è supporto alla produzione agraria e forestale, riserva di patrimonio genetico nonché elemento essenziale del paesaggio. Il suolo, proprio per le sue caratteristiche di risorsa finita, deve essere riconosciuto come il bene comune entro cui ogni comunità stabilisce e trasmette alle generazioni future le proprie basi di sussistenza, benessere ed identità culturale. Esso è, perciò, una componente imprescindibile del paesaggio, il cui uso concorre a definirne natura e caratteristiche dello stesso generando, inevitabilmente, continue trasformazioni nel tempo e nello spazio. Il continuo processo di trasformazione del territorio e del paesaggio, legato allo sviluppo urbano e più in generale alle dinamiche insediative ed infrastrutturali, nonché alle attività agricole, impatta profondamente sull'equilibrio ambientale a qualsiasi scala. La risorsa suolo, perciò, si pone al centro di un sistema di relazioni tra le pressioni ambientali e i cicli naturali che assicurano il sostentamento della vita sulla terra. Tali molteplici benefici forniti dagli ecosistemi al genere umano sono definiti servizi ecosistemici. Tra i principali problemi che investono il suolo vi è quello derivante dal consumo di superfici indotto dalle trasformazioni urbanistiche ed infrastrutturali che determinano forti e, spesso, irreversibili modificazioni d'uso del suolo, fino a giungere alla sua completa distruzione; quando superfici

originariamente agricole, naturali o seminaturali lasciano il posto a coperture artificiali di terreno, allora si parla di consumo di suolo. Il consumo di suolo deve essere perciò inteso come un fenomeno associato alla perdita di servizi ecosistemici; ogni trasformazione d'uso del suolo a livello locale, infatti, può compromettere il valore, la potenzialità ecologica e quella produttiva del territorio ad una scala superiore. L'esercizio del governo del territorio, se avviene in maniera inconsapevole rispetto al valore e all'importanza del capitale naturale suolo, oltre a produrre trasformazioni inefficaci che non soddisfano i bisogni della popolazione che lo vive e che turbano l'estetica del paesaggio, produce danni spesso irreversibili e impatti ambientali a catena. Le decisioni di preservare parti di paesaggio da trasformazioni incongrue e di fissarne norme di tutela, è perciò parte determinante del processo decisionale del buon governo di un territorio. Risulta fondamentale, quindi, riconoscere l'importanza della risorsa suolo come bene comune e come elemento imprescindibile nella definizione del paesaggio, e a perseguire la sua tutela con ogni mezzo necessario; da qui la necessità di individuare strumenti, quanto più oggettivi, che conducano ad una quantificazione reale dei servizi generati. In quest'ottica la tesi si propone di esaminare e quantificare, in termini biofisici, le trasformazioni del paesaggio attraverso la quantificazione di due servizi ecosistemici ("regolazione del clima" e "servizio estetico del

paesaggio”) proponendo un approccio metodologico utile ad una corretta gestione e pianificazione del territorio. Tale approccio è quello proprio dell’ecologia del paesaggio, che presuppone una visione multiscalare e multifunzionale degli ecosistemi, in un’ottica integrata.



# PARTE I

## CAPITOLO 1: I Servizi ecosistemici

### **1.1 I Servizi ecosistemici: cosa sono e perché sono importanti**

L'attenzione sui Servizi Ecosistemici si può far risalire al noto studio "The value of the world's ecosystem services and natural capital" pubblicato su Nature (Costanza et al., 1997), in cui per la prima volta, si definiva la relazione tra capitale naturale e i servizi prodotti e alla pubblicazione del libro "Nature's Services" (Daily et al., 1997). Più recentemente, prendendo le mosse dalle idee sviluppate nella valutazione degli ecosistemi del Millenium Ecosystem Assessment (MA), si è sviluppata l'iniziativa "The Economics of Ecosystems and Biodiversity" (Teeb, 2008), che ha rimarcato l'importanza di valutare i servizi ecosistemici (SE) per ottimizzare la gestione della biodiversità.

È possibile classificare i servizi ecosistemici in modo differente sulla base di diverse concettualizzazioni (Daily, 1997; Costanza et al., 1997; de Groot et al., 2002; Mea, 2005; Fisher et al., 2009).

Secondo Daily G.C. (1997) i SE rappresentano le condizioni e i processi attraverso cui gli ecosistemi naturali e le specie che li costituiscono, sostengono la vita dell'uomo e ne favoriscono il benessere.

Secondo la definizione data dal Millenium Ecosystem Assessment (MA, 2005) gli SE sono "i benefici multipli forniti dagli ecosistemi al genere umano".

Fisher e Turner (2008) ampliano questa definizione e propongono i SE come "gli aspetti degli ecosistemi utilizzati (attivamente o passivamente) per produrre il benessere umano".

La biodiversità risulta essere alla base della fornitura di SE e tutti gli organismi viventi lavorano insieme per mantenere la composizione dell'atmosfera, regolare il clima, fornire acqua pulita, controllare l'erosione, fissare l'azoto atmosferico, disintossicare gli inquinanti e, in generale, per rendere la terra abitabile (Thompson, 2010).

Hawken et. al (1999) parlano di capitale naturale come di risorse naturali, e di sistemi ecologici che forniscono servizi di sostegno essenziali alla vita, in particolare a tutte le attività economiche.

Tutte le definizioni sopra proposte chiarificano il focus antropocentrico del concetto di servizio ecosistemico. Il livello dei servizi ecosistemici 'raccolti' in un determinato periodo possono essere pensati come un 'flusso' estratto da un sottostante 'stock' di risorse ecologiche. (Barbier, 2009; Mäler et al. 2009).

Secondo la definizione che ha dato l'EEA (2011) i SE possono essere intesi come un flusso di valori verso la società, quale risultato dello stato e della quantità del capitale naturale disponibile.

Secondo diversi autori (Plieninger et al., 2013; Daniel et al., 2012; Raymond et al., 2009; Corbera, 2007; etc.) il valore che può essere attribuito ai SE dipende anche dalla percezione che la popolazione ha dei benefici che essi offrono e alla disponibilità a pagare per tutelarli; questa a sua volta può essere strettamente connessa a parametri sociali ed economici. La “funzione ambientale” di contro si riferisce genericamente ad un impatto connesso alla presenza di risorse ambientali, il “servizio ecosistemico” ha una stretta relazione con le condizioni di benessere della comunità; per questa ragione l’applicazione del concetto di “servizio ecosistemico” si collega direttamente al problema della sua misurabilità, in termini fisici ed economici, anche al fine di orientare le scelte degli operatori pubblici. Un modo di rappresentare la logica che sta alla base del paradigma di servizio ecosistemico, e le discussioni che si sono sviluppate intorno ad esso, è mostrato nel modello a cascata proposto da Hains-Young e Potchin (Figura 1.1.1); nel modello, idealmente, i servizi ecosistemici sono modellati seguendo la cascata da sinistra verso destra (Maes, 2011).

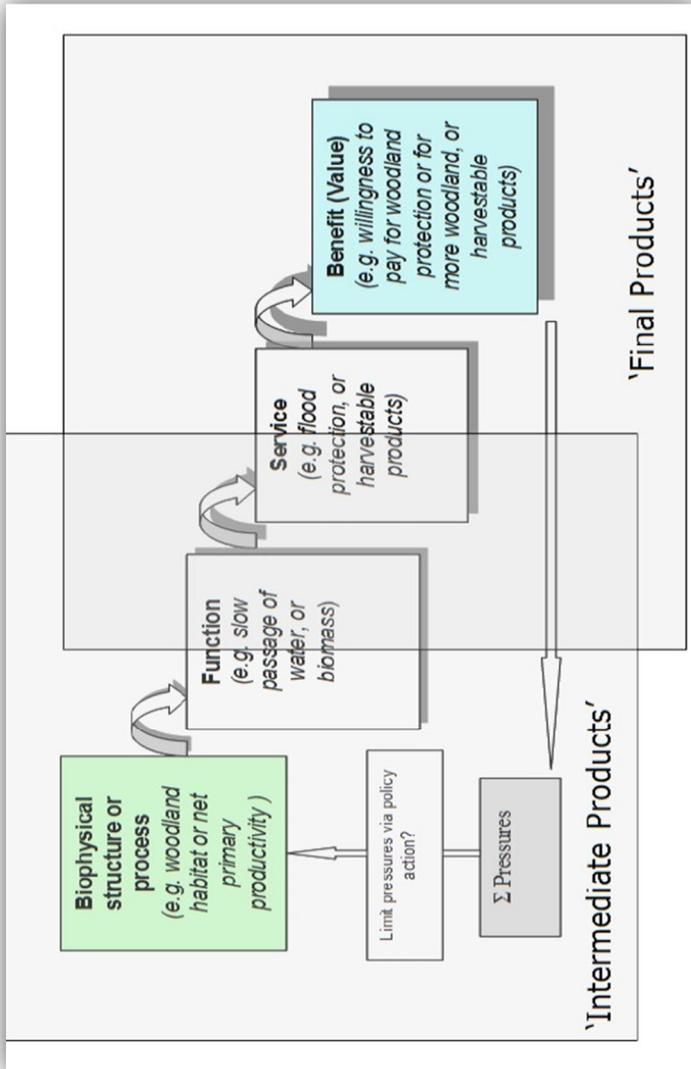


Figura 1.1.1: Esempio di modello a cascata (Haynes-Young and Potschin, 2009)

## **1.2 I Servizi ecosistemici, le trasformazioni del paesaggio ed il buon governo di un territorio**

Le relazioni fra le numerose parti di un ecosistema costituiscono i processi che generano le diverse funzioni ecologiche. Le alterazioni degli ecosistemi determinano modifiche delle loro funzionalità e, spesso, ne derivano progressive perdite di funzioni (Santolini, 2010). Le componenti dell'ecosistema, i processi e le funzioni costituiscono, quindi, i servizi ecosistemici.

Il concetto di SE nella scienza contemporanea ha ottenuto un crescente consenso nel tempo (cfr. Costanza et al. 1997; De Groot et al., 2002) ed è divenuto sempre più popolare (Fisher et al., 2009, Nelson and Daily 2010; Seppelt et al. 2011).

Nell'ultimo decennio è emerso un crescente consenso sull'importanza dei SE e della loro integrazione nella gestione delle risorse naturali e pianificazione territoriale attraverso la loro quantificazione e valutazione (Daily et al., 2009; de Groot et al., 2010; Tratalos et al., 2007).

Il concetto di SE deve essere considerato centrale nelle politiche di conservazione e nelle valutazioni di impatto ambientale (Burkhard et al., 2010).

L'aumentato interesse nello studio dei SE è in parte dovuto all'inclusione degli stessi nelle politiche di conservazione e in quelle che affrontano l'uso delle risorse naturali, ma anche a causa di

interessi da parte del settore imprenditoriale; le aziende valutano le loro opportunità e i rischi connessi al funzionamento degli ecosistemi e hanno bisogno di informazioni su come rispettare le politiche attuali o di capire come potrebbero essere influenzati da eventuali nuove politiche (Hanson et al., 2012) [da Maes et al., 2012].

I SE hanno un valore pubblico poiché forniscono agli abitanti di un territorio benefici insostituibili che possono essere diretti o indiretti. Le trasformazioni del paesaggio sono il frutto di un lungo percorso coevoluzionistico di adattamento e trasformazione da parte dell'uomo e di ecosistemi specifici; il sostentamento delle comunità locali dipende, infatti, prevalentemente da attività economiche e pratiche tradizionali (agricoltura, pascolo, pesca, silvicoltura, raccolta prodotti non legnosi, ecc.) tipiche degli ambienti rurali (Marino et al., 2012).

Le trasformazioni del paesaggio sono, quindi, il frutto di fenomeni di lungo periodo legati alle dinamiche sociali ed economiche, all'evoluzione delle tecniche agricole ed ai mutamenti culturali. Esse possono incidere sulla capacità di attrattiva del territorio e sulle sue possibilità di valorizzazione (Chiodo et al., 2005).

Il paesaggio del nostro tempo, tuttavia, troppo spesso risulta essere fortemente antropizzato, paradossalmente anche nell'abbandono che non produce quasi mai naturalità ma solo re-inselvaticimento e perdita di funzionalità.

Le decisioni di preservare parti di paesaggio da trasformazioni incongrue e di fissarne norme di tutela, è parte determinante del processo decisionale del governo di un territorio. Nel paesaggio trovano forma differenti e, talvolta, opposti interessi; spesso il paesaggio diventa espressione di conflitto o di una possibile integrazione, non solo fra bisogni dell'uomo e condizioni della natura, ma anche fra preferenze di singoli individui e preferenze della collettività. Da qui tutta la sua fragilità.

La valutazione delle conseguenze indotte delle azioni umane sullo stato delle componenti dei sistemi naturali e antropici deve costituire uno degli obiettivi prioritari della pianificazione; le trasformazioni, infatti, frequentemente determinano sul territorio effetti negativi di:

- Erosione, degradazione del suolo;
- Perdita/degrado degli ecosistemi naturali e delle risorse storico-culturali;
- Inquinamento delle componenti ambientali (suolo, aria, acqua).

La reversibilità delle trasformazioni è condizionata dalle possibilità effettive di recupero, di riqualificazione dei paesaggi degradati, ma anche dei costi economici che tali operazioni richiedono e dall'entità delle trasformazioni che condizionano e pregiudicano la possibilità di risanamento del paesaggio (Mazzino et al., 2002).

### **1.3 Dalla quantificazione biofisica alla valutazione economica dei servizi ecosistemici**

Recentemente i SE, dopo essere stati classificati a scala globale, sono stati progressivamente definiti, valutati e spazializzati. Molte organizzazioni a livello internazionale stanno dedicando risorse al lavoro sui SE e sono stati creati nuovi consorzi e centri focalizzati sulla modellizzazione dei SE (e.g. Natural Capital Project, IASS Potsdam, ARIES, Ecosystem Services Partnership) (Maes, 2012).

Al riguardo sono stati promossi numerosi progetti: Teeb, Eea/MA 2015, Diversitas Quest, Rubicode, Sensor, OPERAs, Oppla, etc.

Sebbene non esista ancora un chiaro punto d'incontro all'interno della comunità scientifica sulle definizioni di servizio, beneficio, e funzione dell'ecosistema, è invece evidente la differenza nell'approccio alla classificazione, quantificazione, mappatura e valutazione dei servizi ecosistemici (Haynes-Young and Potschin, 2010).

Se è scopo condiviso l'obiettivo di misurare l'efficienza della gestione delle risorse naturali nel loro complesso, con la finalità di preservare gli stock di capitale naturale utili a generare SE, allora è necessaria la quantificazione dei relativi servizi ecosistemici.

Secondo Cowling et al. (2008) la quantificazione biofisica dei SE è un passo essenziale verso il successo nell'attuazione delle azioni per la loro salvaguardia. Questo passo più spesso precede la valutazione

monetaria, nonché la valutazione delle tendenze e dei trade-offs (Maes et al, 2012).

Per una corretta quantificazione dei SE, quindi, dovrebbero essere considerati sia gli aspetti biofisici che monetari, considerando i primi, fondamentali nella prima fase di valutazione di monitoraggio e previsione dei trend di fornitura dei SE, necessariamente propedeutici ai secondi.

## **1.4 I Servizi ecosistemici nel panorama internazionale: i principali metodi di classificazione**

Recentemente, sono stati proposti tre sistemi internazionali di classificazione per definire la tipologia dei servizi ecosistemici:

- Sistema MA (Millennium Ecosystem Assessment);
- Sistema TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity);
- Sistema CICES (Common International Classification of Ecosystem Services).

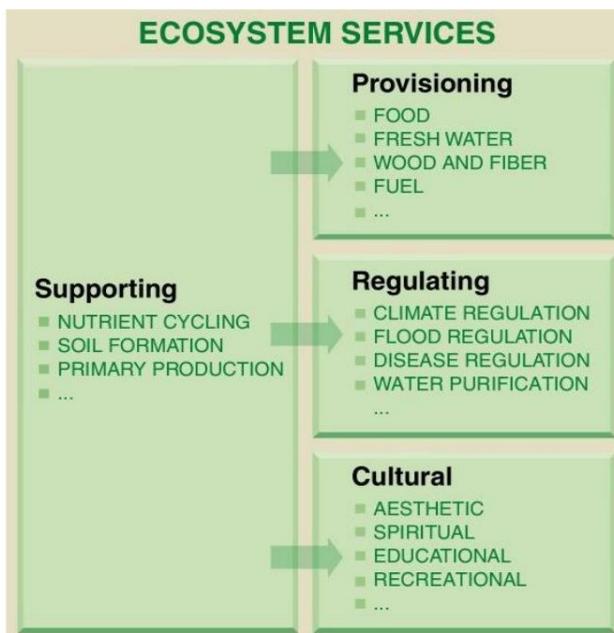
Quanto proposto dal Millennium Assessment rappresenta, senza dubbio, il riferimento più consolidato a livello internazionale.

Il MA fu condotto sotto gli auspici delle Nazioni Unite e in particolare dell'United Nations Environmental Programme (UNEP) con l'obiettivo di analizzare, su basi scientifiche multidisciplinari, l'evoluzione degli ecosistemi del pianeta dovute soprattutto alle attività umane, i relativi impatti sulle condizioni di benessere e identificare strategie di intervento per uno sviluppo sostenibile. La relazione sulla valutazione, completata nel 2005, ha evidenziato che due terzi dei servizi ecosistemici della Terra sono in calo o a rischio.

A seguito della valutazione degli ecosistemi del MA, l'UE si è impegnata a preparare una valutazione per la regione europea. Una nuova valutazione su scala planetaria è prevista per il 2015 (EC, 2010).

Il Millennium Ecosystem Assessment distingue quattro categorie di servizi ecosistemici (Figura 1.4.1) (MA, 2005; Ispra, 2015):

- Servizi di fornitura o approvvigionamento: forniscono i beni veri e propri, quali cibo, acqua, legname, fibre, combustibile e altre materie prime, ma anche materiali genetici e specie ornamentali;
- Servizi di regolazione: regolano il clima, la qualità dell'aria e le acque, la formazione del suolo, l'impollinazione, l'assimilazione dei rifiuti, e mitigano i rischi naturali quali erosione, etc.;
- Servizi culturali: includono benefici non materiali quali l'eredità e l'identità culturale, l'arricchimento spirituale e intellettuale e i valori estetici e ricreativi;
- Servizi di supporto: comprendono la creazione di habitat e la conservazione della biodiversità genetica.



**Figura 1.4.1: Classificazione secondo il *Millennium Ecosystem Assessment* (2005)**

The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB) è un'iniziativa globale il cui obiettivo principale è quello di integrare i valori della biodiversità e dei servizi ecosistemici nel processo decisionale a tutti i livelli. L'iniziativa mira a raggiungere questo obiettivo, seguendo un approccio che aiuti i decisori nel riconoscere la vasta gamma di benefici forniti dagli ecosistemi e della biodiversità, dimostrandone il loro valore in termini economici (TEEB, 2010).

Anche The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB) propone una divisione in quattro categorie di servizi che riprendono quelle del MA:

- Fornitura;
- Regolazione;
- Habitat e supporto;
- Culturali.

La classificazione internazionale comune dei servizi ecosistemici (CICES) è stata sviluppata dal lavoro sulla contabilità ambientale svolta dall'Agenzia europea dell'ambiente (AEA) nell'ambito della revisione del sistema di contabilità ambientale-economico (SEEA), guidato dalla Divisione statistica delle Nazioni Unite (UNSD); alla base l'idea di una classificazione internazionale comune che metta a confronto i metodi di contabilizzazione ambientale dei servizi, con la finalità di una standardizzazione del metodo. Nell'ottica della nuova classificazione CICES, ricopre particolare importanza la contabilità economica dei servizi.

La classificazione internazionale comune dei servizi ecosistemici (CICES) negli anni è stata revisionata e aggiornata, l'ultima delle quali è la versione v4.3; nella nuova classificazione hanno un ruolo chiave la mappatura e la valutazione degli ecosistemi e dei loro servizi (Mapping and assessment of ecosystems and their services - MAES)

che si inseriscono a pieno nel contesto europeo della strategia dell'Unione europea per la biodiversità 2020 (EEA, 2012). L'obiettivo di CICES V4.3, non è quello di sostituire le classificazioni dei servizi ecosistemici, piuttosto quello di consentire una facile lettura e confronto tra le classificazioni.

Il carattere innovativo del sistema di classificazione CICES v4.3 permette una prospettiva più integrata attraverso cui analizzare i servizi ecosistemici. La classificazione CICES v4.3 propone una struttura gerarchica a cinque livelli.

Le tre categorie principali sono:

- Servizi di approvvigionamento;
- Servizi di regolazione e mantenimento;
- Servizi culturali.

In Tabella 1.4.1 la suddivisione generale al terzo livello.

Section	Division	Group	
Provisioning	Nutrition	Biomass	
		Water	
	Materials	Biomass, Fibre	
		Water	
	Energy	Biomass-based energy sources	
		Mechanical energy	
Regulation & Maintenance	Mediation of waste, toxics and other nuisances	Mediation by biota	
		Mediation by ecosystems	
	Mediation of flows	Mass flows	
		Liquid flows	
		Gaseous / air flows	
	Maintenance of physical, chemical, biological conditions	Lifecycle maintenance, habitat and gene pool protection	
		Pest and disease control	
		Soil formation and composition	
		Water conditions	
		Atmospheric composition and climate regulation	
	Cultural	Physical and intellectual interactions with ecosystems and land-/seascapes [environmental settings]	Physical and experiential interactions
			Intellectual and representational interactions
Spiritual, symbolic and other interactions with ecosystems and land-/seascapes [environmental settings]		Spiritual and/or emblematic	
		Other cultural outputs	

**Tabella 1.4.1: Classificazione CICES v4.3 al terzo livello**

Il sistema CICES v4.3 fornisce, inoltre, una classificazione di accompagnamento per i servizi generati dalla componente abiotica dei sistemi naturali (Tabella 1.4.2).

Section	Division	Group	Examples
<b>Abiotic Provisioning</b>	Nutritional abiotic substances	Mineral	e.g. salt
		Non-mineral	e.g. sunlight
	Abiotic materials	Metallic	e.g. metal ores
		Non-metallic	e.g. minerals, aggregates, pigments, building materials (mud/clay)
	Energy	Renewable abiotic energy sources	e.g. wind, waves, hydropower
		Non-renewable energy sources	e.g. coal, oil, gas
<b>Regulation &amp; Maintenance by natural physical structures and processes</b>	Mediation of waste, toxics and other nuisances	By natural chemical and physical processes	e.g. atmospheric dispersion and dilution; adsorption and sequestration of waters in sediments; screening by natural physical structures
	Mediation of flows by natural abiotic structures	By solid (mass), liquid and gaseous (air) flows	e.g. protection by sand and mud flats; topographic control of wind erosion
	Maintenance of physical, chemical, abiotic conditions	By natural chemical and physical processes	e.g. land and sea breezes; snow
<b>Cultural settings dependent on abiotic structures</b>	Physical and intellectual interactions with land-/seascapes [physical settings]	By physical and experiential interactions or intellectual and representational interactions	e.g. caves
	Spiritual, symbolic and other interactions with land-/seascapes [physical settings]	By type	e.g. sacred rocks or other physical structures or spaces

**Tabella 1.4.2: Classificazione CICES v4.3 di accompagnamento per i servizi generati dalla componente abiotica dei sistemi naturali**

In Figura 1.4.2 il confronto tra i tre sistemi di classificazione: MA, TEEB, CICES.

CATEGORY	TEEB DATABASE	MA CATEGORIES	TEEB CATEGORIES	CICES CLASS
PROVISIONING SERVICES	Food provisioning	Food ( fodder)	Food	Terrestrial plants and animal foodstuffs Freshwater plants and animal foodstuffs Marine algae and animal foodstuffs
	Water supply	Fresh water	Water	Potable water Non-potable water
	Provisioning of raw material	Fibre, timber Genetic resources	Raw Materials Genetic resources	Biotic materials Biotic Materials (Genetic resources)
	Provisioning of genetic resources	Biochemicals Ornamental resources	Medicinal resources Ornamental resources	Biotic Materials (Medicinal and cosmetic resources) Biotic Materials (Ornamental resources)
	Provisioning of medicinal resources Provisioning of ornamental resources			Biomass based energy
REGULATING SERVICES (MA AND TEEB)	Air quality regulation	Air quality regulation	Air quality regulation	Atmospheric regulation
	Waste treatment	Water purification and water treatment	Waste treatment (water purification)	Bioremediation Dilution and sequestration Water quality regulation
	Regulation of water flows Moderation of extreme events	Water regulation	Regulation of water flows Moderation of extreme events	Water flow regulation
	Erosion prevention	Erosion regulation	Erosion prevention	Mass flow regulation (erosion protection)
REGULATING AND MAINTENANCE (TEEB DATABASE AND CICES)	Climate regulation	Climate regulation	Climate regulation	Atmospheric regulation Air flow regulation
	Maintenance of soil fertility	Soil formation (supporting services)	Maintenance of soil fertility	Pedogenesis and soil quality regulation
	Pollination	Pollination	Pollination	Lifecycle maintenance, habitat and gene pool protection (pollination)
	Biological control	Pest regulation Disease regulation	Biological control	Pest and disease control including alien species
	Lifecycle maintenance (esp. nursery services) Nutrient cycling	Primary production Nutrient cycling	Maintenance of life cycles of migratory species (incl. nursery services)	Primary production and gene pool protection
Protection of gene pool (conservation)		Maintenance of genetic diversity (especially) in gene pool protection	Lifecycle maintenance, habitat and gene pool protection	

CATEGORY	TEEB DATABASE	MA CATEGORIES	TEEB CATEGORIES	CICES CLASS
CULTURAL SERVICES	Spiritual experience	Spiritual and religious values	Spiritual experience	Spiritual
	Aesthetic information	Aesthetic values	Aesthetic information	Aesthetic, Heritage
	Inspiration for culture, art and design	Cultural diversity	Inspiration for culture, art and design	Spiritual Aesthetic, Heritage
	Opportunities for recreation and tourism	Recreation and ecotourism	Recreation and tourism	Recreation and community activities
	Information for cognitive development (education and science)	Knowledge systems and educational values	Information for cognitive development	Information
COMBINED CATEGORIES OR 'OTHER'	Various ecosystem services Other Total Economic Value Provision of Electricity/Energy by natural forces Cultural values combined/unspecified Provisioning values combined/unspecified Regulating values combined/unspecified Habitat values combined/unspecified			

**Figura 1.4.2: Categorie dei SE e confronto tra i tre più comuni sistemi di classificazione usati a livello internazionale (MA, TEEB, CICES) (fonte Teeb, adattato da Maes et al 2012)**

## **1.5 I Servizi ecosistemici nel panorama europeo ed italiano**

A scala europea, anche se i SE sono difficilmente menzionati esplicitamente dalla normativa, molti regolamenti e politiche dell'UE implicitamente si riferiscono ad essi (Maes et al.,2011) come ad esempio la direttiva Quadro sulle acque, la Comunicazione sulle infrastrutture verdi e la Marine Strategy.

La "Strategia dell'UE per la biodiversità fino al 2020" risponde alla necessità di contabilizzare esplicitamente i SE attraverso la mappatura biofisica e la loro valutazione. La mappatura dei SE rappresenta, quindi, una chiave di volta della strategia; l'Azione 5, infatti, chiama Stati membri a mappare e valutare gli ecosistemi ed i servizi presenti sul proprio territorio nazionale (MAES, 2013). La mappatura dei SE rimarrà uno strumento prioritario per sostenere la nuova strategia per la biodiversità dell'Unione europea e gli Stati membri (Maes et. al.,2011).

In questo contesto, anche la ricerca scientifica in Italia, negli ultimi anni, tende ad occuparsi sempre più della mappatura, quantificazione e valutazione dei servizi ecosistemici. Un esempio è dato dal progetto Firb denominato Mimose, finanziato dal MIUR nel 2012.

In ambito europeo numerosi sono i progetti LIFE - strumento finanziario dell'UE a supporto della azioni in tema ambientale e del

clima - finanziati che si occupano, a vario titolo, dei servizi ecosistemici, dalla loro quantificazione e mappatura alla valutazione economica finale; esempi sono i progetti *LIFE+ Making Good Natura (LIFE+ MGN)*<sup>1</sup> e *Soil Administration Models 4 Community Profit (SAM4CP)*<sup>2</sup>.

Nello specifico il progetto *LIFE+ Making Good Natura* sviluppa nuovi percorsi di governance ambientale finalizzati alla tutela degli ecosistemi agroforestali ed elabora forme di valutazione biofisica, qualitativa e quantitativa dei servizi ecosistemici nei siti della rete Natura 2000.

Il progetto *Life SAM4CP*, invece, consentirà di rendere disponibili alcuni strumenti per una migliore gestione del suolo, con particolare attenzione alla valutazione e alla mappatura dei servizi ecosistemici, intesi come i benefici tangibili e non tangibili che l'uomo può trarre da tale risorsa naturale.

---

<sup>1</sup> <http://www.lifemgn-serviziecosistemici.eu>

<sup>2</sup> <http://www.sam4cp.eu/>



## **CAPITOLO 2: I Servizi ecosistemici ed il capitale naturale**

### **Suolo: metodi per la quantificazione e mappatura**

#### **2.1 Il Territorio e l'importanza trasversale della matrice suolo**

Il suolo, risorsa strategica non rinnovabile, fornisce al genere umano cibo, biomassa e materie prime; funge da piattaforma per lo svolgimento delle attività umane; è elemento del paesaggio e del patrimonio culturale e svolge un ruolo fondamentale come habitat e pool genico [COM(2006)231]. Il capitale naturale del suolo può essere definito come l'insieme di massa, energia unitamente alla loro organizzazione (Pileri, 2012). Massa, energia ed organizzazione generano molteplici e continue trasformazioni interne attraverso processi complessi, dinamici e mutevoli dai quali si originano benefici per l'uomo e per il suo benessere. Tali processi sono oggi riconosciuti sotto il titolo di servizi ecosistemici (SE) (Pileri, 2012).

Riprendendo la definizione già menzionata e data dal Millennium Ecosystem Assessment (MEA, 2005), che rappresenta il riferimento più consolidato a livello internazionale, i SE sono "i benefici multipli forniti dagli ecosistemi al genere umano"; a livello europeo, invece, secondo la definizione che ha dato l'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA, 2011), i SE possono essere intesi come un flusso di valori verso la società, quale risultato dello stato e della quantità del capitale

naturale disponibile. *Ogni cambiamento di uso del suolo ha un impatto sull'erogazione di servizi ecosistemici e sulla dotazione del Capitale Naturale di un territorio* (Santolini et al., 2011). Il suolo, come capitale naturale, sta divenendo elemento strategico nell'ambito delle politiche dell'UE; molti paesi europei, infatti, stanno attuando specifiche misure per limitare il consumo di suolo, favorendo modelli di sviluppo sostenibile con il fine di arrestare la progressiva perdita della risorsa suolo. Nell'ultimo decennio è emerso, infatti, un crescente consenso sull'importanza dei SE e della loro integrazione nella gestione delle risorse naturali e pianificazione territoriale attraverso la loro quantificazione e valutazione (Tratalos et al., 2007; Daily et al., 2009; de Groot et al., 2010; Costanza et al, 2014).

I recenti articoli scientifici sui SE rivelano sempre più spesso la necessità di una quantificazione e valutazione completa dei SE che sia spazialmente esplicita, riconoscendo intrinsecamente l'importanza delle singole specificità territoriali. In questo contesto si sta muovendo anche la ricerca scientifica in Italia che, negli ultimi anni, tende ad occuparsi sempre più della mappatura dei SE.

In termini sistemici il territorio è il complesso delle componenti, umane e naturali, che interagiscono all'interno di uno spazio fisico stabilendo delle relazioni orizzontali (funzionali) e verticali (ecologiche) per permettere al sistema territoriale di evolvere. La

terra diventa territorio quando è tramite di comunicazioni, quando è mezzo e oggetto di lavoro, produzioni, di scambi, di cooperazione (Dematteis, 1985). Il suolo risulta essere, quindi, parte determinante del "sistema territorio".

Secondo Dematteis (1985) ogni atto, nella sua dimensione reiterata, produce territorio ed è quindi espressione di un agire territoriale, implicito o esplicito. Secondo Raffestin (1981) la territorialità è frutto delle relazioni, concrete o astratte, tra uomo e ambiente in un contesto tridimensionale società-spazio-tempo. Il concetto di territorio risulta essere strettamente connesso a quello di paesaggio; infatti, la Convenzione europea del paesaggio (2000), definisce il paesaggio come *"an area, as perceived by people, whose character is the result of the action and interaction of natural and/or human factors"*.

L'uso del suolo è, quindi, un riflesso delle interazioni tra l'uomo e la copertura del suolo e costituisce, perciò, una descrizione di come il suolo venga impiegato in attività antropiche (Munafò et al., 2014).

La Comunicazione della Commissione europea "La Strategia tematica per la protezione del suolo" [COM(2006) 231], definisce il suolo come *lo strato superiore della crosta terrestre, costituito da componenti minerali, materia organica, acqua, aria e organismi viventi, che rappresenta l'interfaccia tra terra, aria e acqua e ospita gran parte della biosfera*. La risorsa suolo si pone, quindi, al centro di un sistema

di relazioni tra le pressioni ambientali e i cicli naturali che assicurano il sostentamento della vita sulla terra (Munafò et al, 2014).

*Il consumo di suolo deve essere inteso come un fenomeno associato alla perdita di una risorsa ambientale fondamentale, dovuta all'occupazione di superficie originariamente agricola, naturale o seminaturale. Il fenomeno si riferisce, quindi, a un incremento della copertura artificiale di terreno, legato alle dinamiche insediative. Per copertura del suolo si intende, infatti, la copertura biofisica della superficie terrestre, e viene definita dalla direttiva 2007/2/CE come la copertura fisica e biologica della superficie terrestre comprese le superfici artificiali, le zone agricole, i boschi e le foreste, le aree seminaturali, le zone umide, i corpi idrici (Munafò et al., 2014). Il consumo di suolo, definito come una variazione da una copertura non artificiale (suolo non consumato) a una copertura artificiale del suolo (suolo consumato), deve essere inteso, quindi, come un fenomeno associato alla perdita di superficie agricola, naturale o seminaturale ed alla conseguente perdita dei servizi ecosistemici ad esso associati.*

La copertura del suolo è un concetto strettamente collegato ma distinto dall'uso del suolo. La direttiva 2007/2/CE lo definisce come una classificazione del territorio in base alla dimensione funzionale o alla destinazione socioeconomica presenti e programmate per il futuro (Munafò et al., 2014).

Il suolo è storicamente inteso dalle discipline economico-territoriali come un tradizionale fattore produttivo ed è visto spesso come spazio astratto, da occupare con processi di urbanizzazione, privi troppo spesso di una visione ecosistemica (Munafò et al., 2010).

Secondo Manes et al. (2010) *La causa principale del cambiamento dell'uso del suolo è rappresentato dall'espansione della popolazione umana che converte ecosistemi naturali in ecosistemi dominati dall'uomo.*

Secondo Marchetti et al. (2010) *l'antropizzazione, inevitabile conseguenza dell'evoluzione socioeconomica e culturale, ha comportato la distruzione o la trasformazione degli ecosistemi primari, creandone dei nuovi (secondari) come gli agro-ecosistemi, le foreste semi-naturali e i cosiddetti 'ecosistemi urbani'.*

Oggi terreni e suoli, in particolare di alta qualità, sono minacciati da una cattiva gestione dell'uso del suolo e da cambiamenti di copertura del suolo inopportuni, come l'espansione urbana e l'insostenibile intensificazione dell'agricoltura. L'espansione urbana ha sia effetti negativi diretti che indiretti. L'effetto diretto consiste in una perdita fisica di terreni agricoli, di paesaggi naturali o culturali, mentre gli effetti indiretti sono collegati all'impermeabilizzazione della superficie (responsabile delle alterazioni del ciclo idrologico, dell'aumento del dilavamento e dell'erosione del suolo, etc.), alla frammentazione del paesaggio ed alla perdita di biodiversità

(Ceccarelli et al, 2014). La gestione del territorio è probabilmente il fattore più importante che influenza la fornitura di servizi ecosistemici a livello di paesaggio (Ceschia et al., 2010; Fürst et al., 2011).

Le variazioni di uso del suolo e la gestione del territorio (pratiche agricole, forestali, intensità di sviluppo) possono causare cambiamenti nella fornitura e nei valori dei servizi ecosistemici; In generale tali cambiamenti aumenteranno la fornitura e il valore di alcuni servizi, ma diminuiranno sicuramente quella di altri (Polasky et al, 2010) (Fig.1).

*Secondo Agnoletti (2012) la rapidità e l'ampiezza delle trasformazioni tecnologiche, culturali ed economiche avvenute negli ultimi decenni minacciano i paesaggi e le società rurali associate. Pressioni molteplici costringono i produttori ad innovare le tecniche agricole, portando spesso a pratiche insostenibili, all'esaurimento delle risorse naturali, al declino della produttività, ed a una specializzazione eccessiva.*

Secondo Agnoletti et al. (2011) la crisi dei sistemi produttivi tradizionali, spinta dalla globalizzazione dei mercati, rappresenta, il problema più importante per la conservazione del paesaggio e, soprattutto, quello con gli effetti più drammatici e irreversibili. La seconda grave minaccia sono le trasformazioni del paesaggio connesse all'urbanizzazione o alla realizzazione di edilizia turistica; in

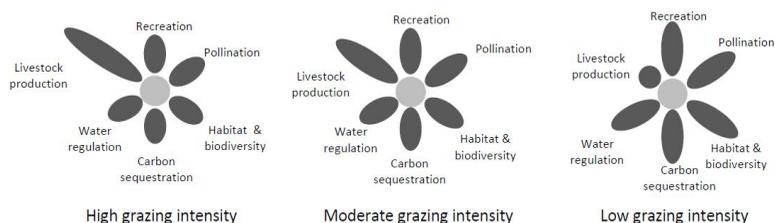
Italia, come in molti altri paesi, interi paesaggi costieri o collinari sono stati completamente distrutti nei soli due o tre decenni scorsi a causa dell'urbanizzazione (Agnoletti et al., 2011).

Secondo Lambin et al. (2001) l'uso del suolo ed i cambiamenti di copertura del suolo sono così pervasivi che influenzano, in modo significativo, aspetti chiave del funzionamento del sistema Terra. Gli autori, proseguendo, affermano che gli stessi incidono direttamente sulla diversità biotica in tutto il mondo, contribuiscono al cambiamento climatico locale e regionale, nonché al riscaldamento climatico globale; inoltre essi sono la fonte primaria del degrado del suolo e, alterando i servizi ecosistemici, influiscono sulla capacità dei sistemi biologici di sostenere i bisogni umani. Tali variazioni contribuiscono a determinare la vulnerabilità dei luoghi e delle persone alle perturbazioni climatiche, economiche o socio-politiche (Lambin et al, 2001).

I Cambiamenti di uso del suolo sono, quindi, uno dei principali motori del cambiamento della configurazione spaziale e della fornitura globale di servizi ecosistemici (Lawler et al., 2014). I risultati della ricerca di Lawler et al. (2014) dimostrano che le differenze nei driver di cambiamento di uso del suolo, quali ad esempio i cambiamenti dei prezzi del raccolto nel tempo, possono avere grandi impatti sulla proiezione del cambiamento di uso del suolo, con effetti a cascata sulla fornitura di servizi ecosistemici; Gli autori proseguono

affermando che, l'adozione di politiche specifiche possono, quindi, influenzare i cambiamenti di uso del territorio ed aumentare la fornitura prevista di alcuni servizi ecosistemici, ma a scapito di altri.

I cambiamenti nelle pratiche di gestione del territorio e l'intensità di uso del suolo alterano, quindi, la composizione dei servizi ecosistemici (Figura 2.1.1).



**Figura 2.1.1: Rappresentazione concettuale della variazione dei servizi ecosistemici nelle diverse intensità di uso del suolo (da Petz, K., 2014)**

Secondo quanto affermato dalla Commissione Europea (2014), il genere umano ancora non è sufficientemente consapevole dell'importanza della risorsa suolo per la vita e per l'economia sulla terra. Un suolo in condizioni naturali, insieme all'intera biosfera, fornisce al genere umano i servizi ecosistemici necessari al proprio sostentamento (Blum, 2005; Commissione Europea, 2006; APAT, 2008; Haygarth e Ritz, 2009; Turbé et al., 2010; Ispra, 2014); la capacità di stoccaggio del carbonio del suolo, ad esempio, è

fondamentale per la fertilità dei terreni e la più ampia biodiversità; perdite di carbonio, infatti, si verificano quando praterie, foreste semi-naturali o ecosistemi nativi vengono convertiti in terreni coltivati o piantagioni forestali, trasformando i terreni in emettitori netti di carbonio (CE, 2014).

## 2.1.1 I servizi ecosistemici e l'uso del suolo

Un modo di rappresentare la logica che sta alla base del paradigma di servizio ecosistemico è mostrato nel modello a cascata proposto da Hains-Young e Potchin (2010); idealmente i servizi ecosistemici sono modellati seguendo la cascata da sinistra verso destra (MAES, 2011). Riprendendo lo schema di Haynes-Young and Potschin (2009), il suolo può essere definito come il capitale naturale a partire dal quale si genera il flusso dei SE (Figura 2.1.1.1). In quest'ottica i servizi ecosistemici possono essere pensati come un flusso estratto da un sottostante stock di risorse ecologiche in un determinato periodo (Barbier, 2009; Måler et al., 2009).

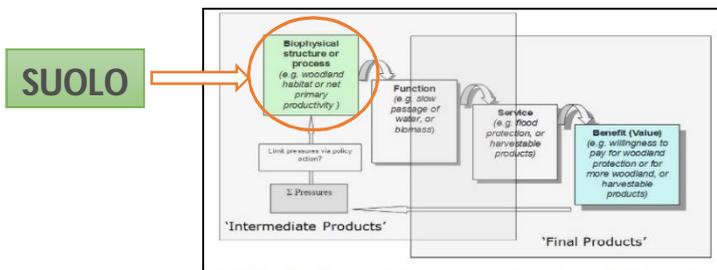


Figura 2.1.1.1: Modello a cascata (Haynes-Young and Potschin, 2009)

La strategia tematica dell'Unione europea per la protezione del suolo (2006) propone misure destinate a proteggere il suolo e a preservarne le sue funzioni ecologiche, economiche, sociali e culturali.

Tra le principali funzioni del suolo, che generano servizi, si annoverano:

- a) L'offerta di un ambiente fisico per i processi e gli elementi naturali e artificiali;
- b) La fornitura di biomassa (alimenti, etc.) e di materie prime;
- c) Lo stoccaggio, la filtrazione e la trasformazione di elementi nutritivi, sostanze e acqua;
- d) Il supporto per lo sviluppo della biodiversità (habitat, specie etc.);
- e) La riserva di carbonio;
- f) La conservazione del patrimonio geologico e archeologico (funzione culturale).

Le scorrette pratiche agricole, zootecniche e forestali, le dinamiche insediative, le variazioni d'uso e gli effetti locali dei cambiamenti ambientali globali possono originare gravi processi degradativi che limitano o inibiscono totalmente la funzionalità del suolo (Munafò et al., 2014). La risorsa suolo deve essere necessariamente protetta ed utilizzata nel modo più idoneo, affinché possa continuare a svolgere le proprie insostituibili funzioni sul pianeta (Munafò et al., 2013).

A livello europeo, già la strategia tematica per la protezione del suolo del 2006 aveva sottolineato la necessità di attuare buone pratiche per ridurre gli effetti negativi del consumo di suolo (Commissione Europea, 2006). L'importanza di una buona gestione del territorio ed, in particolare, dei suoli è stata successivamente ribadita dalla Commissione Europea nel 2011, con la Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse (Commissione Europea, 2011) e, più recentemente, rafforzata dal Settimo Programma di Azione Ambientale (Parlamento europeo e Consiglio, 2013) (Munafò et al., 2014).

Il concetto di perdita di SE e di degrado ambientale associato, portati all'attenzione dal MEA (2005), tuttavia sono stati trattati ben poco nella letteratura internazionale sui SE strettamente connessi alla risorsa suolo (Palma et al., 2007); l'idea di "dis-servizi", intesa come mutamento negativo in uno stock (riserva) o in un processo che porti ad una perdita di SE, ha cominciato ad emergere solo più recentemente (Swinton et al., 2007).

Dominati et al. (2010) sostengono che spesso i SE ed il capitale naturale dei suoli non sono riconosciuti e sono, generalmente, poco compresi; da qui, gli autori proseguono, la necessità di considerare il degrado del capitale naturale del suolo in quanto perdere stock di capitale naturale significa perdere servizi ecosistemici.

Il lavoro di Dominati et al. (2010) cerca di affrontare tale problema attingendo alle conoscenze scientifiche consolidate riferite al suolo (formazione, funzionamento, classificazione dei sistemi) e ai servizi ecosistemici per sviluppare un quadro per classificare e quantificare il capitale naturale del suolo e i servizi ecosistemici associati. Il lavoro si compone di cinque principali componenti interconnesse: (1) il capitale naturale del suolo, caratterizzato dalle sue proprietà; (2) i processi che stanno dietro alla formazione, mantenimento e degrado del capitale naturale del suolo; (3) i driver (antropogenici e naturali) dei processi del suolo; (4) I SE di supporto, di regolazione e culturali; (5) i bisogni umani soddisfatti dai servizi ecosistemici del suolo (Dominati et al., 2010) (Figura 2.1.1.1).

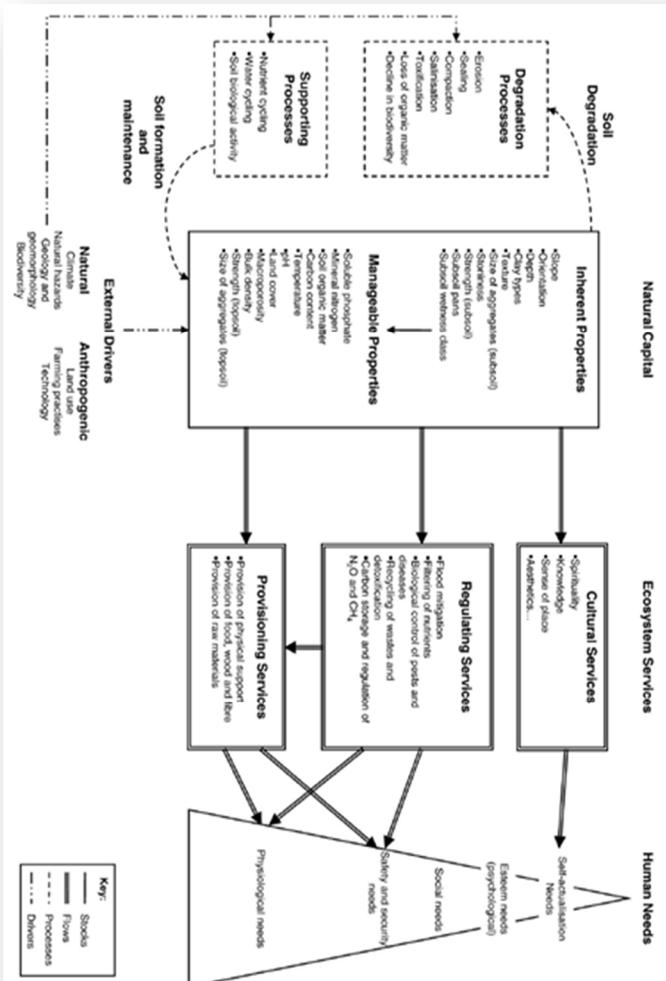


Figura 2.1.1.1: Schematizzazione dei flussi secondo Dominati et al, 2010

La Strategia Tematica del Suolo dell'EU identifica il consumo del suolo e l'impermeabilizzazione come i principali processi di degrado del suolo, che colpiscono i SE e la biodiversità. L'impermeabilizzazione del suolo ed il consumo di suolo sono strettamente collegati e solitamente si verificano in parallelo. In entrambi i casi la trasformazione di copertura del suolo in artificiale provoca effetti negativi sulla perdita di funzioni del suolo (CE, 2014).

A livello europeo, soprattutto negli ultimi anni, è cresciuta sempre più la consapevolezza della tutela della risorsa suolo; il programma Life ne rappresenta l'esempio. LIFE è lo strumento finanziario dell'UE a supporto delle azioni in tema ambientale e del clima. L'obiettivo generale del programma è quello di contribuire all'attuazione, all'aggiornamento e allo sviluppo della politica ambientale e climatica dell'UE attraverso il cofinanziamento di progetti. Anche se il suolo non è stato un tema centrale del programma Life, esso ha finanziato numerosi progetti relativi al suolo dal suo lancio (1992), e vi è stata una crescente attenzione alla difesa del suolo dopo la pubblicazione della strategia tematica nel 2006; le perdite di suolo sono una delle grandi sfide ambientali che attendono l'Europa. Il programma LIFE in essere, che copre il periodo dal 2014 al 2020, si concentra su tre settori prioritari del suolo: consumo di suolo, protezione del suolo ed efficienza dei costi.

Di seguito (Tabella 2.1.1.1) un elenco di alcuni progetti finanziati in Italia, nell'ambito del programma Life degli ultimi anni strettamente legati alla tematica dell'uso del suolo, della fornitura di SE e delle relative politiche per la salvaguardia.

Progetto	Obiettivo
SOILCONS-WEB	Il progetto SOILCONSWEB nasce con lo scopo di sviluppare uno strumento di supporto alle decisioni (Spatial-DSS) su questioni relative alla conservazione del suolo e del paesaggio. Lo strumento contiene diversi strati informativi spaziali relativi al suolo ed al paesaggio. Attraverso il web il DSS fornisce consulenze e consente agli utenti di utilizzare e produrre documenti, relazioni e mappe su importanti tematiche relative all'agricoltura ed all'ambiente
SOILPRO	L'obiettivo generale del progetto è di fermare la degradazione del suolo negli stati membri dell'Unione Europea in linea con la Strategia Tematica Europea per la Protezione del Suolo. Il progetto ha sviluppato un Software di Monitoraggio del Suolo (SMS), costituito da una applicazione web-GIS, che supporta le autorità locali e gli Stati Membri ad identificare le aree a rischio di degradazione, e a valutare l'efficacia delle misure di protezione ivi adottate
LIFE + DINAMO	Obiettivo generale del progetto è favorire la conservazione e l'incremento della biodiversità delle aree agricole e seminaturali realizzando un modello innovativo per la gestione integrata degli interventi dei soggetti privati e pubblici. Il territorio rurale, gestito in modo opportuno, può infatti fornire una serie di servizi diretti per l'ambiente e la biodiversità o indiretti per una sua migliore gestione. Il progetto DINAMO nasce dalla constatazione che in Europa le aree agricole rappresentano una matrice ambientale ad amplissima diffusione, la cui corretta gestione può avere una ricaduta fondamentale in termini di conservazione della biodiversità, di incremento dei servizi ecosistemici, di mantenimento e/o accrescimento della connettività del paesaggio. Il punto di forza del Modello DINAMO è dato dalla partecipazione attiva di soggetti
LIFE+ MakingGood Natura	Il progetto si pone l'obiettivo di attribuire un valore quantitativo in termini biofisici ad alcuni SE, in siti pilota scelti dalla Rete Natura 2000. L'obiettivo è quello di quantificare i benefici forniti da quei SE che non sono considerati dal mercato, come gli habitat per le specie selvatiche, la conservazione del suolo, l'impollinazione, la purificazione dell'acqua
CarbOnFarm	Il progetto LIFE Technologies to stabilise soil organic carbon and farm productivity, promote waste value and climate change mitigation intende soddisfare i requisiti di base che regolano l'uso sostenibile dei terreni agricoli, che coinvolgono il recupero e la conservazione delle funzioni del suolo negli agro-ecosistemi, ai fini della valorizzazione del ruolo economico e ambientale della risorsa suolo e delle biomasse agricole. Il progetto è focalizzato sull'adozione di pratiche sostenibili per la gestione della sostanza organica dei suoli negli agro-ecosistemi. Le linee guida riguardano la realizzazione di strategie dimostrative e innovative per il ripristino della funzione della sostanza organica nei suoli agrari. Il progetto intende affrontare i problemi ambientali relativi alla diminuzione del contenuto di carbonio organico e ai processi di degrado del suolo nelle aree agricole dei paesi del Mediterraneo, che sono tra gli obiettivi principali sostenuti nella Strategia Tematica Europea per la Protezione del Suolo
Soil Administration Models 4 Community Profit -SAMMCP	Il progetto si pone, come obiettivo generale, quello di rendere disponibili alcuni strumenti per una migliore gestione del suolo, con particolare attenzione alla valutazione e alla mappatura dei servizi ecosistemici. Il progetto ha come finalità quella di mettere a punto un simulatore di facile uso, per consentire agli amministratori locali di inserire le funzioni ecologiche del suolo nella valutazione dei costi e benefici ambientali ed ecologici associati alle misure di pianificazione urbana e di uso del territorio. Il simulatore consentirà di valutare diversi scenari di trasformazione territoriale, sulla base di sette funzioni ecologiche principali del suolo, con la finalità di essere d'aiuto nel processo decisionale di pianificazione.

**Tabella 2.1.1.1: Esempi di alcuni progetti Life finanziati in Italia strettamente legati alla tematica dell'uso del suolo**

## **2.2 Dalla quantificazione biofisica dei SE alla valutazione delle trasformazioni del paesaggio**

Come già ampiamente discusso, per poter implementare politiche di gestione dei SE efficaci risulta necessario procedere attraverso due passaggi: la quantificazione in termini biofisici dei servizi prima e la loro successiva valutazione monetaria.

Tuttavia, sia la valutazione biofisica dei servizi che la loro quantificazione monetaria, scontano difficoltà di valutazione legate alla conoscenza dei processi ecosistemici sottesi.

Sotto il profilo economico, inoltre, molti dei SE sono caratterizzati dall'assenza di mercato (è il caso ad esempio dei servizi di supporto, come la resilienza, il ciclo dei nutrienti e la produzione primaria, la cui valutazione in termini economici rappresenta un tema molto complesso) (F. Blasi et al., 2012).

Anche se l'attribuzione del valore alle risorse naturali non è sempre immediata poiché questi sono spesso beni pubblici non di mercato, a livello internazionale vi è oramai una amplissima letteratura sulle tecniche di valutazione monetaria e sulla loro integrazione con i conti biofisici (TEEB, 2011; Martínez-Alier, 2002; Gómez-Baggethun et al., 2010).

Risulta di fondamentale importanza, quindi, riconoscere, delineare e mappare dapprima gli ecosistemi di riferimento su base

rigorosamente ecologica, per poter poi impostare qualsiasi strategia nel tempo di valutazione anche in chiave socio-economica.

La molteplicità dei servizi offerti da uno stesso ecosistema, apre una serie di problematiche di carattere valutativo; non risultano possibili, infatti, misure univoche generalizzabili per ogni servizio né tantomeno misure valide per ogni possibile combinazione di servizi (MATT, 2009).

Molto spesso singole misure efficaci per la conservazione di un certo ecosistema o la valorizzazione di uno specifico servizio possono avere effetti collaterali negativi su altri servizi, oppure su altri ecosistemi, anche a grandi distanze.

Il problema valutativo consiste, innanzi tutto, nell'analisi dei servizi offerti da ogni ecosistema; partendo dalla loro identificazione per passare poi alla quantificazione ed, infine, alla loro valorizzazione in particolare attraverso meccanismi di tipo economico (ad esempio Payment for Ecosystem Services -PES).

Metodologie e tecniche dell'ecologia quantitativa, analisi dei sistemi e valutazione economica dei beni non di mercato combinate assieme, possono permettere di produrre le valutazioni necessarie per l'implementazione di azioni nelle politiche di gestione a livello territoriale.

In tale ottica, la quantificazione biofisica e la valutazione monetaria dei servizi consentono, oltre a valutare i costi ambientali connessi alle

trasformazioni del paesaggio causate da modificazioni dello stato degli ecosistemi (cambiamenti nell'uso del suolo, innovazioni tecnologiche, etc.), di definire e pianificare correttamente l'intervento pubblico (MATTM, 2009).

### **2.3 La quantificazione e mappatura dei SE: i diversi approcci**

Benis Egoh et al. (2012) sostengono che la maggior parte degli studi di mappatura dei SE nella letteratura scientifica, si sono concentrati principalmente su porzioni di territori piuttosto che su scala nazionale.

I recenti articoli scientifici sui SE, però, rivelano una crescente attenzione per la spazializzazione dei SE sia a scala nazionale che sovranazionale e globale; molti autori forniscono mappe di singoli o multipli servizi forniti da particolari ecosistemi, come le zone umide o foreste, o da paesaggi che comprendono diversi ecosistemi (MAES, 2013).

La "Strategia dell'UE per la biodiversità fino al 2020" risponde alla necessità di contabilizzare esplicitamente i SE attraverso la mappatura biofisica e la loro valutazione. La mappatura dei SE rappresenta, quindi, una chiave di volta della strategia; l'Azione 5, infatti, chiama Stati membri a mappare e valutare gli ecosistemi ed i servizi presenti sul proprio territorio nazionale (MAES, 2013). La

mappatura dei SE rimarrà uno strumento prioritario per sostenere la nuova strategia per la biodiversità dell'Unione europea e gli Stati membri (Maes et. al., 2011).

In questo contesto, anche la ricerca scientifica in Italia, negli ultimi anni, tende ad occuparsi sempre più della mappatura, quantificazione e valutazione dei servizi ecosistemici. Un esempio è dato dal progetto Firb denominato Mimose, finanziato dal MIUR nel 2012. Come Troy e Wilson (2006) sottolineano, sono necessarie unità spazialmente esplicite per quantificare i servizi ecosistemici, perché l'offerta (fornitura) e la domanda di servizi ecosistemici sono spazialmente espliciti e possono differire geograficamente (Fisher et al., 2009; Bastian et al., 2012).

Una valutazione o quantificazione completa dei servizi ecosistemici deve necessariamente considerarsi spazialmente esplicita, poiché è riferita ad un determinato territorio con determinate specificità. Essa, oltre a fornire una visualizzazione grafica completa dei servizi offerti, fornisce la geolocalizzazione degli SE attuale ed orientata al futuro (attraverso l'utilizzo di modelli previsionali secondo scenari ipotizzabili); la mappatura dei servizi ecosistemici rende i benefici della natura spazialmente espliciti (Grêt-Regamey et al, 2014).

La creazione di cartografie dei servizi ecosistemici può fornire le basi per successive valutazioni economiche degli stessi ed, inoltre, il

bilanciamento (trade-off) fra più servizi può rivelarsi indispensabile per i processi pianificatori a diverse scale (Sallustio et al., 2014).

### **2.3.1 La mappatura dei SE: un metodo di classificazione**

Esistono diversi approcci per mappare i SE e sono disponibili, in letteratura, diverse rassegne sulle diverse metodologie utilizzate (si vedano ad es. Burkhard et al., 2009; Eigenbrod et al., 2010).

Proprio per la complessità e diversità degli approcci utilizzati, molti autori fanno appello alla necessità di approcci standardizzati e condivisi dalla comunità scientifica. A tal proposito Martínez-Harms e Balvanera (2012) esortano sulla necessità di sviluppare un approccio metodologico standardizzato per la mappatura dei SE, Eppink et al. (2012) suggeriscono che dovrebbe essere sviluppato una struttura concettuale adattabile per la valutazione dei SE, mentre Maes et al. (2012) richiamano ad un approccio coerente di mappatura dei SE a livello europeo (Neville D. Crossman et al., 2012). Negli ultimi anni, a livello europeo, numerosi sforzi sono stati fatti nella direzione di una standardizzazione metodologica. Nel tentativo di aiutare a mantenere e ripristinare gli ecosistemi e i loro servizi, la strategia dell'UE sulla biodiversità fino al 2020 invita gli Stati membri a mappare e valutare lo stato degli ecosistemi e dei loro servizi nel territorio nazionale, con l'aiuto della Commissione Europea.

Schägner et al. (2013) sostengono che è proprio questa la sfida attuale cioè quella di sviluppare modelli spazialmente espliciti di fornitura di SE combinati con funzioni spazialmente esplicite riferite al valore dei SE. Essi sostengono che, pur esistendo a livello internazionale alcune iniziative promettenti (es. UK-NEA, ARIES, InVEST, TEEB), la maggior parte degli studi si concentra ancora, comunque, sulla distribuzione spaziale di fornitura dei SE o sulla distribuzione spaziale del valore per unità di SE. Solo pochi studi si impegnano ad incorporare entrambe le dimensioni (dimensione biofisica o socioeconomica) in maniera interdisciplinare.

Per questa finalità è stato istituito il “Working Group on Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services (MAES)”. Recentemente MAES (2014) ha pubblicato un documento di discussione che delinea un quadro analitico per la mappatura e valutazione dei SE. Questo lavoro si propone di aiutare gli Stati membri dell’UE ad individuare le priorità nazionali usando una tipologia comune, al fine di mantenere coerenza e comparabilità dei risultati.

Partendo proprio dagli studi del gruppo MAES (2011, 2012, 2013, 2014) si cercherà di riassumere le varie metodologie utilizzate per la quantificazione e mappatura dei SE.

Da un estratto dei lavori del gruppo MAES del 2011- 2012 viene riportato e sintetizzato quanto segue.

Un approccio semplice per derivare informazioni sui SE è direttamente dalle mappe di uso e copertura del suolo o dalle mappe degli habitat (Burkhard et al., 2009; Kienast et al., 2009; Vihervaara et al., 2010; Haines-Young et al., 2012). I dati primari sono utilizzati per mappare i servizi di approvvigionamento dei SE in cui le statistiche sono disponibili (ad es. statistiche nazionali). Anche se i dati primari offrono in modo chiaro le informazioni più accurate, tali informazioni non sono facilmente disponibili per altri servizi ecosistemici e la raccolta di tali informazioni richiede spesso molte risorse. Così, mentre i SE di approvvigionamento possono spesso essere quantificati direttamente, la maggior parte di quelli di regolazione, supporto e servizi culturali sono meno semplici da mappare e i ricercatori devono basarsi su indicatori e dati pre-elaborati per la loro quantificazione (Feld et al., 2009; Layke et al., 2011). Un altro considerevole corpo della letteratura valuta i SE attraverso mappe spazialmente esplicite dei valori dei servizi ecosistemici (Costanza et al., 1997; Troy e Wilson, 2006; Bateman, 2009; Brainard et al., 2009). Infine, gli approcci di mappatura più integrati sono basati sull'applicazione di processi dinamici basati su modelli ecosistemici (Morales et al., 2005; Schröter et al., 2005) o modelli che stimano le funzioni di produzione ecologiche (es. InVEST) (Nelson et al., 2009; Kareiva et al., 2011). Tale approccio tiene conto dei meccanismi di base che guidano l'erogazione dei servizi

dell'ecosistema ma richiede notevoli investimenti in termini di acquisizione di dati e di conoscenze specifiche (MAES, 2011- 2012).

Il primo esaustivo rapporto del gruppo MAES, adottato in aprile 2013, cerca di fare il punto della situazione e propone un quadro concettuale che collega biodiversità, condizioni degli ecosistemi e servizi ecosistemici al benessere umano; il rapporto promuove la classificazione CICES (Common International Classification of Ecosystem Services), sviluppata dal lavoro sulla contabilità ambientale dell'Agenzia europea dell'ambiente, al fine di garantire un approccio coerente sui SE in tutti gli Stati membri dell'UE (MAES, 2013).

Il secondo rapporto del gruppo MAES, adottato nel febbraio 2014, fornisce una guida di lavoro agli Stati membri su come mappare e valutare lo stato degli ecosistemi e dei loro servizi, sulla base dei risultati degli studi pilota. In particolare esso introduce un approccio di mappatura a più livelli (proposto da Adrienne Grêt-Regamey, Bettina Weibel and Sven-Erik Rabe) su come mappare i servizi ecosistemici, al fine di rendere la mappatura dei SE confrontabile in tutta Europa (MAES, 2014). Il livello di dettaglio dei dati in ingresso e la complessità dell'analisi aumenta dal Livello 1 al Livello 3. La scelta di un approccio rispetto ad un altro dipende dai dati e dalle risorse disponibili.

Di seguito si riporta una breve sintesi dell'approccio basato sui livelli.

- a) **Livello 1–SE mappati utilizzando indicatori disponibili**; è la forma più semplice per una valutazione dei servizi ecosistemici e consiste nel mappare direttamente i dati disponibili. La maggior parte degli indicatori può essere direttamente derivata da dati di uso/copertura del suolo (ad esempio *Corine Land Cover*), mappe sulla biodiversità, inventari forestali nazionali, etc.
- b) **Livello 2–SE mappati collegando i diversi indicatori con i dati di uso del suolo**; l'approccio del Livello 1 può essere ulteriormente migliorato utilizzando i dati di base per ricavare indicatori più complessi, che vengono tra loro combinati per stimare i SE. I dati di uso del suolo vengono combinati, attraverso specifiche relazioni, con altre base di dati, per la fornitura di SE ed integrati con dati locali/regionali /nazionali. Questa procedura richiede competenze base di GIS.
- c) **Livello 3–Approccio basato sui modelli**; l'approccio del Livello 2 può essere ulteriormente raffinato dalla modellizzazione dei processi biofisici in un GIS (Geographic Information System) o in altri specifici programmi; vengono utilizzati modelli più complessi invece di collegare indicatori attraverso semplici relazioni. I modelli possono essere estesi integrando conoscenze specifiche (ad esempio utilizzando reti bayesiane che rappresentano graficamente un modello probabilistico), e possono essere utilizzati per valutare l'incertezza nella quantificazione e nella valutazione (MAES, 2014).

Nella seguente rassegna di articoli scientifici ci si riferirà all'approccio basato sui tre livelli consigliato da MAES (2014), per un corretto e sintetico inquadramento delle metodologie proposte nei lavori (Figura 2.3.1.1).

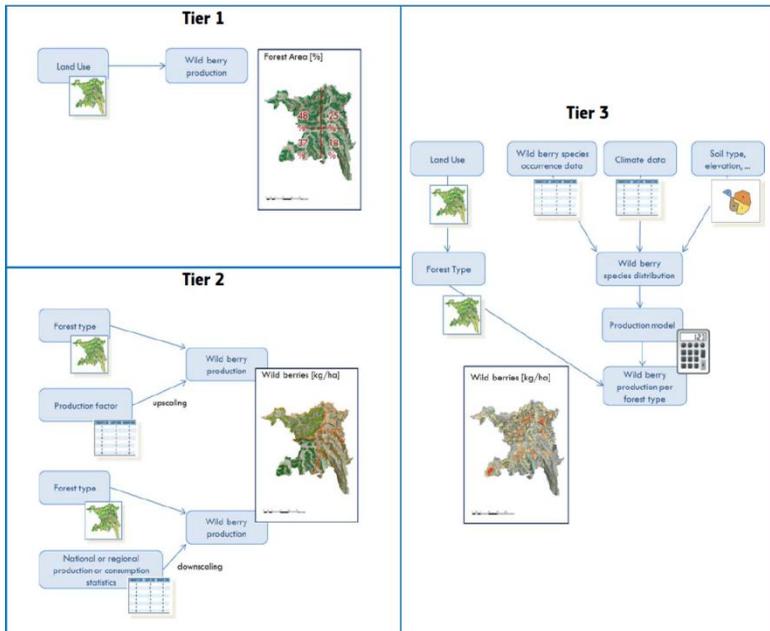


Figura 2.3.1.1: Esempio di approccio basato sui “livelli” (da MAES, 2014)

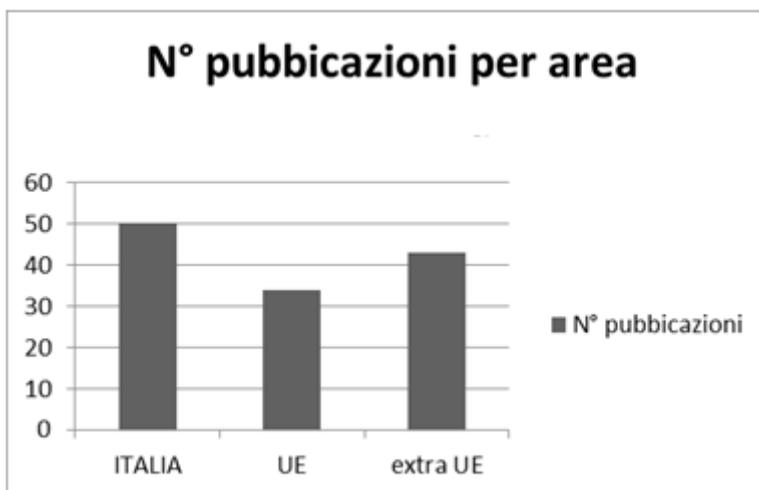
## **2.4 La revisione in letteratura: dai dati di Uso e Copertura del suolo ai metodi di mappatura dei Servizi Ecosistemici**

### **2.4.1 Materiali e metodi: ricerche in letteratura e selezione**

La prima fase della ricerca si è incentrata sul reperimento del materiale bibliografico da piattaforme di aggregatori (Google scholar, Researchgate), di singoli editori (Annali di Botanica-La sapienza, Science Direct - Elsevier, Springer Link, Taylor and Francis, etc.) nonché, per la realtà italiana ed europea, da vari siti istituzionali (ad es. ISPRA, MATTM, università), da documenti ufficiali dell'UE (Commissione Europea/JRC). Sono stati inclusi, inoltre, articoli supplementari da ricerche bibliografiche precedentemente condotte soprattutto per la realtà italiana (monografie, Collane, Atti di convegno, etc.).

Sono state esaminate 127 pubblicazioni totali. Di seguito una breve sintesi grafica sulla ripartizione geografica degli articoli (Figure 2.4.1.1 e 2.4.1.2).

E' stata eseguita una ricerca nelle banche dati elettroniche della letteratura scientifica utilizzando combinazioni delle seguenti parole (in inglese e nella relativa traduzione italiana) nel titolo, nelle keyword e nell'abstract: *ecosystem services, soil, land use, Land consumption, LU, LC, LCC, LULC, Land take, mapping, spatial, modelling/modeling, GIS, InVEST, ARIES, SoIVES.*



**Figura 2.4.1.1** Numero totale di pubblicazioni esaminate divise per area geografica

## Ripartizione per area geografica e per tipologia

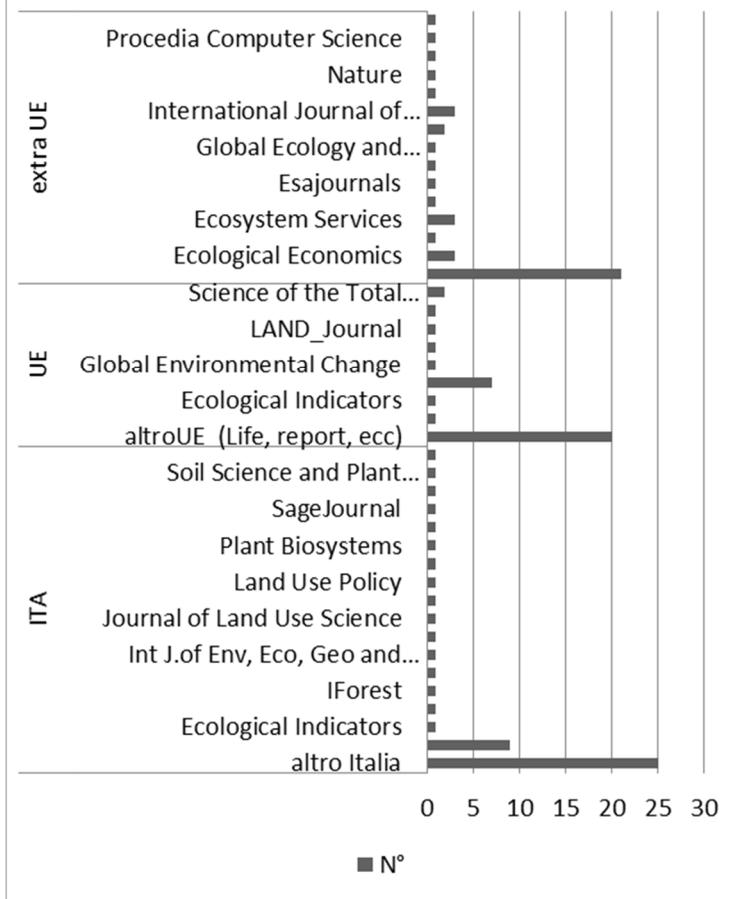


Figura 2.4.1.2 Catalogazione degli articoli per area e per tipologia

Si è scelto di catalogare come “altro Italia”, “altro UE” ed “altro extra UE” tutti quegli articoli non pubblicati su riviste internazionali o costituenti la cosiddetta “letteratura grigia” come i report tecnici, le pubblicazioni interne ad organizzazioni, i rapporti di ricerca, etc. che comunque rappresentano ottime fonti di informazione scientifica sul tema.

In una fase successiva sono stati analizzati i soli articoli che trattano la spazializzazione esplicita dei SE, per un totale di 58 articoli, cercando di comprenderne le varie metodologie utilizzate; per una corretta e sintetica catalogazione degli stessi si è fatto riferimento alla classificazione “a livelli” (Adrienne Gret-Regamey et al., 2014) già descritta e utilizzata dal gruppo di lavoro europeo MAES.

## 2.4.2 Risultati: classificazione e sintesi delle ricerche

Sono stati selezionati i soli articoli che trattano la spazializzazione esplicita dei SE con l'applicazione pratica a casi studio già pubblicati; lo studio si è basato su una ripartizione per macro aree geografiche (Figure 2.4.2.1, 2.4.2.2, 2.4.2.3).

Da tale distribuzione si evince come gli articoli scientifici italiani utilizzino principalmente l'approccio del Livello 1, quelli europei si suddividano tra l'utilizzo del Livello 2 e quello del Livello 3, mentre quelli extra UE, la maggior parte dei quali dagli Stati Uniti d'America, utilizzino prevalentemente l'approccio modellistico (Livello 3).

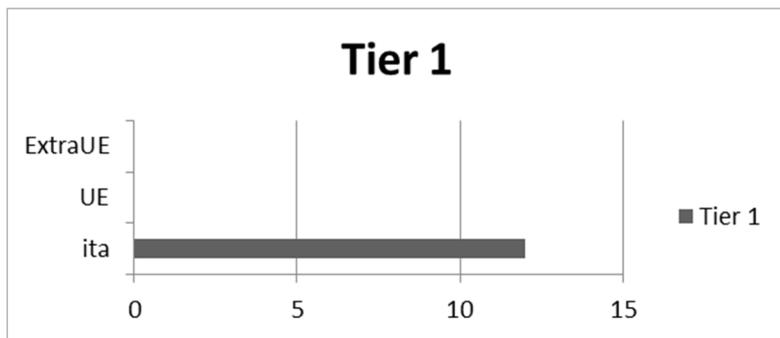
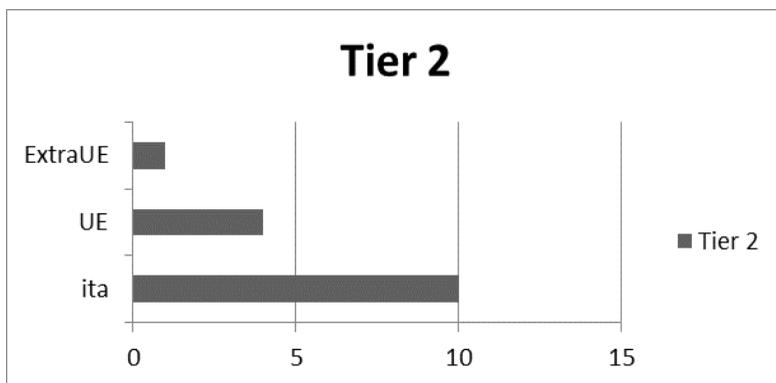
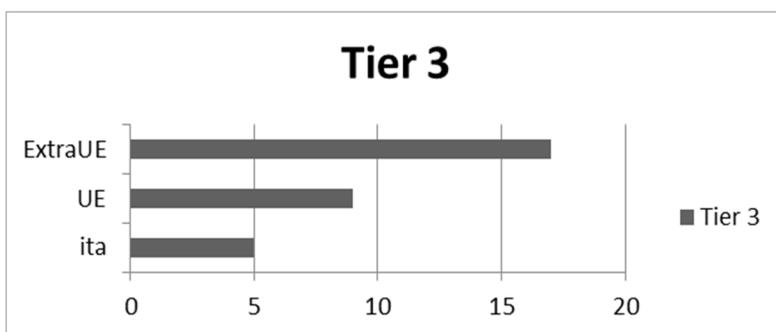


Figura 2.4.2.1: Approccio "Livello 1"



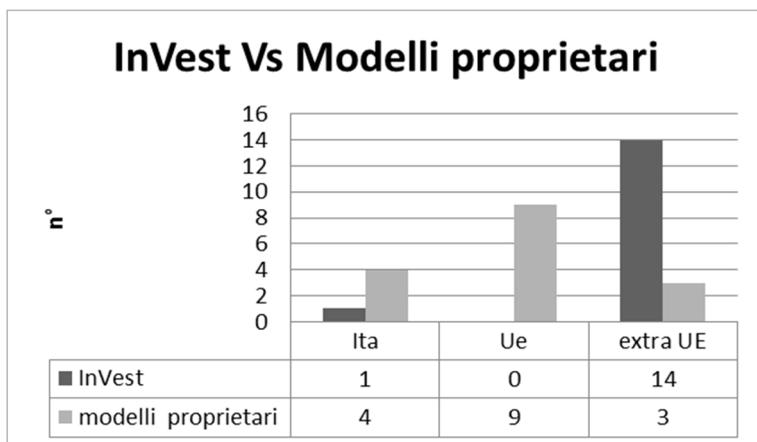
**Figura 2.4.2.2 Approccio "Livello 2"**



**Figura 2.4.2.3 Approccio "Livello 3"**

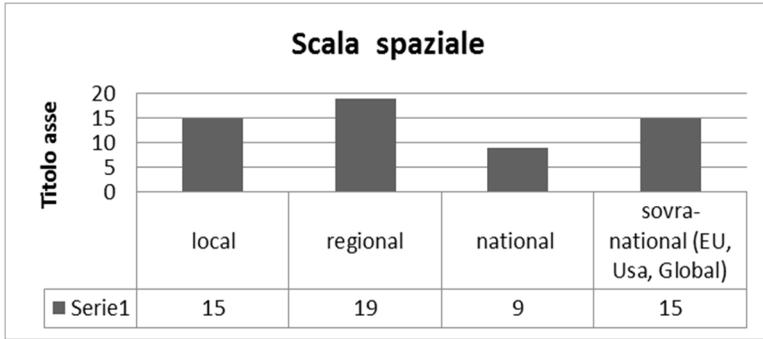
Tra tutti gli articoli che utilizzano l'approccio modellistico, per lo più di provenienza americana, la metà circa utilizza la suite dei modelli dalla piattaforma InVEST, risultando il più citato tra gli strumenti di modellazione; InVEST è basato sui dati di uso e copertura del suolo (LULC) a cui far corrispondere i dati degli attributi ecologici per ogni tipo di LULC ed accetta i modelli dei processi ecologici con l'ausilio di ArcGIS.

La rimanente parte preferisce un approccio più proprietario, sviluppando procedure specifiche per il territorio di studio, creando o adattando dalla letteratura modelli ad hoc spesso integrati con tecnologie Gis; questa è la metodologia prevalente utilizzata nel contesto italiano ed europeo (Figura 2.4.2.4).



**Figura 2.4.2.4: InVest Vs Modelli proprietari**

Il 60% circa degli articoli mappano i SE alla scala locale (a livello di singolo bacino idrografico o di paesaggio) o alla scala regionale (regione geografica intesa come territorio con caratteristiche omogenee o regione delimitata da limiti amministrativi), confermando la tendenza già dimostrata da Martínez-Harms et. al. (2012) (Figura 2.4.2.5).



**Figura 2.4.2.5: Scala spaziale di mappatura dei Servizi ecosistemici**

### **2.4.3 Discussioni e conclusioni**

La ricerca ha voluto fornire una panoramica in letteratura sui metodi di mappatura dei SE, in relazione alle variazioni di uso e copertura del suolo.

È risultata evidente l'importanza di tali variazioni in relazione alla fornitura dei servizi generati.

In seguito si è fornita una breve panoramica sui progetti finanziati in Italia, nell'ambito del programma Life degli ultimi anni, strettamente legati alla problematica dell'uso del suolo, della fornitura di SE e delle relative politiche per la salvaguardia. L'impostazione concettuale della ricerca segue lo stesso schema logico proposto da Hains-Young e Potchin (2009) secondo il quale, dopo una disamina sull'importanza della risorsa suolo come capitale naturale, se ne definiscono le funzioni ed i relativi servizi ecosistemici associati, provando l'importanza dell'uso che se ne fa in relazione alla fornitura degli stessi.

Dall'analisi effettuata, si è evinta una crescente importanza ed interesse alla quantificazione ed alla mappatura dei SE nella letteratura scientifica. Da questo studio risultano essere state utilizzate metodologie molto diverse tra loro.

La comprensione e lo studio delle stesse è risultato essere particolarmente articolato poiché, in molti casi, le descrizioni delle

metodologie utilizzate, non sono risultate particolarmente dettagliate.

La presente ricerca ha portato a formulare alcune chiare considerazioni:

- Lo studio del carbon storage/sequestration è tra i principali modelli utilizzati per la mappatura dei SE;
- Sempre più spesso tali studi provengono da un bisogno concreto e quindi a scala locale al fine di fornire strumenti di supporto alle decisioni;
- Le principali fonti di dati utilizzate negli studi sono di tipo LCLU (Land Use Land Cover), sia cartografico che alfanumerico;
- L'uso esclusivo di dati primari derivanti da dati di copertura del suolo, come nel caso degli articoli che utilizzano l'approccio di Livello 1, spesso introduce, soprattutto a scala locale, evidenti errori di approssimazione se paragonati a strumenti più raffinati e matematicamente più prossimi alla realtà come nel caso degli articoli scientifici che utilizzano l'approccio Livello 3 come evidenziato anche in Martínez-Harms et al. (2012).

Da ciò si conclude che, un incremento nell'uso di approcci modellistici (Livello 3) negli articoli scientifici, può migliorare la capacità di comprensione dei meccanismi e delle relazioni tra funzioni e servizi ecosistemici.

Contestualmente tali metodi, con l'aiuto di strumenti cartografici, consentono di evidenziare e meglio comprendere i processi che sottendono alla fornitura dei SE.

## PARTE II

### **CAPITOLO 3: I servizi ecosistemici nei progetti Life Making Good Natura e Soil Administration Models 4 Community Profit**

#### **3.1 Il progetto Life MGN**

Il progetto *LIFE+ Making Good Natura* sviluppa nuovi percorsi di governance ambientale finalizzati alla tutela degli ecosistemi agroforestali ed elabora forme di valutazione biofisica, qualitativa e quantitativa dei servizi ecosistemici nei siti della rete Natura 2000.

L'obiettivo generale del progetto è creare i presupposti per il raggiungimento di una efficace gestione degli habitat e delle specie animali e vegetali, designati dalle Direttive Habitat e Uccelli, fornendo agli amministratori dei siti Natura 2000 strumenti di gestione e autofinanziamento che costituiscano forme di remunerazione delle attività di tutela. Gli strumenti di autofinanziamento indagati e sviluppati sono i Pagamenti per i Servizi Ecosistemici (PES) e specifici altri meccanismi (ad es. permessi negoziabili, tasse per l'utilizzazione dei servizi, etc.).

Il progetto *LIFE+ Making Good Natura* si pone, quindi, l'obiettivo di fornire nuovi strumenti di governance che garantiscano un'efficacia di gestione dei siti della rete Natura 2000.

Il progetto si articola nelle seguenti azioni:

Elaborazione di un modello dimostrativo di valutazione dei servizi ecosistemici nei siti pilota;

- Elaborazione di un modello dimostrativo di governance dei siti pilota basato su forme di autofinanziamento;
- Realizzazione di un Software WebGIS per la valutazione e quantificazione dei servizi ecosistemici;
- Realizzazione di un manuale per l'applicazione del modello di governante;
- Realizzazione di eventi di comunicazione pubblica per divulgare le attività del progetto.

### **3.2 Il progetto Life SAM4CP**

Il progetto Soil Administration Models 4 Community Profit (SAM4CP), finanziato dal programma europeo LIFE+, consente di rendere disponibili alcuni strumenti per una migliore gestione del suolo, con particolare attenzione alla valutazione e alla mappatura dei servizi ecosistemici, intesi come i benefici tangibili e non tangibili che l'uomo può trarre da tale risorsa naturale.

L'azione si concentra sull'influenza delle trasformazioni del territorio sulle risorse ambientali, al fine di migliorare la capacità delle amministrazioni locali di tenere conto degli effetti delle scelte di pianificazione territoriale, anche simulando scenari di sviluppo, di avere un quadro degli effetti ambientali del consumo di suolo nonché di aumentare la consapevolezza dei vantaggi associati alla tutela del suolo e delle sue funzioni fra amministratori pubblici, professionisti e il pubblico.

Il progetto intende, in particolare, perseguire sei obiettivi:

1. Dimostrare come una pianificazione del territorio che integra nei propri processi di decisione una valutazione dei benefici ambientali assicurati dal suolo libero, garantisce alla collettività una riduzione consistente del consumo di suolo ed un risparmio complessivo grazie alla tutela delle risorse naturali e delle finanze pubbliche;

2. Valorizzare ed integrare le sette principali funzioni (sequestro del carbonio, biodiversità, depurazione dell'acqua, erosione del suolo, produzione del legname, impollinazione, produzione agricola) rese gratuitamente dal suolo negli strumenti di governo del territorio al fine di ridurre il consumo di suolo;
3. Proteggere ed assicurare un uso sostenibile della risorsa suolo, evidenziando gli effetti negativi del consumo di suolo per il bilancio ambientale di un territorio;
4. Mantenere e valorizzare le funzioni ecosistemiche complessive del suolo rese alla collettività in maniera gratuita;
5. Evitare i costi pubblici del ripristino delle funzioni ecosistemiche rese dal suolo e della manutenzione del territorio;
6. Tutelare le funzioni agricole del suolo mantenendo inalterate le altre funzioni.

### **3.3 La quantificazione dei servizi ecosistemici nei due progetti**

Nel progetto Life+ MGN sono state, in una prima fase, svolte analisi qualitative dei siti pilota necessarie e propedeutiche alle valutazioni quantitative. Sulla base delle valutazioni qualitative degli habitat, dei questionari e degli incontri con gli stakeholder (portatori d'interesse) sono stati selezionati 2-3 servizi ecosistemici (SE) per ogni sito pilota

LIFE+ MGN. Per ognuno dei SE selezionati viene riportato il risultato della quantificazione biofisica e monetaria.

Per la quantificazione biofisica dei vari servizi, riprendendo un po' la classificazione utilizzata riguardo la catalogazione a mappatura dei SE (Parte I - Capitolo 2), si può affermare che il progetto Life+ MGN predilige l'approccio "Livello2"; la quantificazione, infatti, viene fatta tramite la costruzione di indicatori più o meno complessi ma non di modelli veri e propri.

Ad esempio per il servizio di fornitura "Coltivazioni" (F1) l'offerta di prodotti alimentari può essere determinata sulla base della produttività media delle superfici (per tipologia di prodotto), il cui dato è in genere ricavabile dalle statistiche (es. ISTAT Agricoltura) o da registri locali (associazioni o consorzi agricoli).

In assenza di dati diretti, si suggerisce di ottenere delle stime in base alle rese medie di produzione (t/ha) su base provinciale o regionale (fonte ISMEA/ISTAT).

La Valutazione della domanda, invece, può essere quantificata utilizzando i dati nazionali sul consumo alimentare pro-capite (INEA 2012; EFSA 2011), moltiplicati per la popolazione nell'area di riferimento del sito (Figura 3.3.1).

Prodotti	Consumo (kg/capite)
Cereali	160.0
Riso lavorato	10.4 *
Patate	44.1
Pomodori freschi	8.6
Pomodori trasformati	47.6
Mele	22.5
Pere	11.5
Pesche	15.9
Uva	14.0
Limone	40.7
Arance	21.5
Oli e grassi vegetali	35.0
Zucchero	43.6
Vino (l/pro capite)	35.9

\* dati 2009

**Figura 3.3.1: Consumi alimentari Kg pro capite 2010 (da INEA,2012)**

Per quanto riguarda la valutazione monetaria, a valle della quantificazione biofisica, il servizio può essere calcolato come valore pari a quello dei prodotti forniti al prezzo medio di mercato (Power, 2010) ricavato dai relativi prezzi per gruppo alimentare (fonte ISMEA).

Il progetto MGN, però, non si limita solo a quantificare e valutare i servizi ecosistemici selezionati ma, vero punto di forza, cerca di fornire una metodologia atta ad individuare le variabili in gioco nel sistema e le relazioni che le legano, con la finalità di comprendere le dinamiche sottese alle variabili stesse tramite logica dei diagrammi di flusso (Azione B10: Modelli dinamici qualitativi). In altre parole, l'intento generale è supportare la gestione dei siti attraverso una

migliore comprensione delle dinamiche complesse in gioco e delle possibili conseguenze di azioni sul sistema.

Il progetto Life+ MGN propone, infatti, l'utilizzo dei Modelli system dynamics (SD) attraverso la piattaforma modellistica *Vensim*; I modelli di SD nascono come strumenti gestionali tramite i quali si cerca di confrontare strategie o scenari. Essi hanno lo scopo di comprendere meglio il sistema e le sue dinamiche ricorrenti ed individuare i punti di leva su cui agire per cambiarne le dinamiche (Forrester, 1994; Senge, 1990).

La premessa della dinamica dei sistemi è che il comportamento del sistema emerge dalla sua struttura (legami causa-effetto + circuiti di feedback) piuttosto che dai valori delle singole variabili. Infatti, l'obiettivo di tale approccio è comprendere il comportamento di sistemi complessi nel tempo, considerando feedback e ritardi interni che influiscono sul comportamento dell'intero sistema. La domanda tipica cui si arriva a rispondere tramite un modello SD è: se A aumenta (ad es. per cause naturali o per interventi di gestione) cosa succede a B o C nel tempo? Oppure quale strategia di gestione è migliore tra A e B?

Ciò consente di esplicitare in maniera inequivocabile e leggibile anche ad occhi meno esperti le variabili e le relazioni in gioco, sotto forma di diagrammi di flusso più o meno complessi, aiutando il decisore finale alla concreta gestione del territorio.

Nel progetto Life SAM4CP si spiega come sia necessario considerare non solo i SE direttamente forniti dal suolo come ecosistema, ma anche i servizi forniti da tutti gli altri ecosistemi presenti o correlati con l'unità di superficie considerata.

L'obiettivo dell'azione B1.2 del progetto è quello di valutare e quantificare sette dei principali SE resi dal suolo per comprendere come i benefici prodotti potrebbero variare in base ai cambiamenti di uso del suolo.

In questo contesto si forma un'ipotesi di lavoro: nel quadrato di suolo "unitario" si fanno convergere le quote di tutti i SE connessi e si usano le superfici come misura. Questo è uno degli approcci alla base dei modelli spazialmente espliciti di valutazione dei SE analizzati.

Per la vera e propria quantificazione dei servizi selezionati, riprendendo la classificazione utilizzata riguardo la catalogazione a mappatura dei SE (Parte I - Capitolo 2), il progetto Life SAMP4CP utilizza l'approccio "Livello 3" basato sui più complessi modelli ecologici.

Dopo un primo confronto tra diversi strumenti esistenti nel panorama internazionale (InVEST -Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs; ARIES -Artificial Intelligence for Ecosystem Services; TESSA-Toolkit for Ecosystem Services Site-based Assessment) è stato scelto l'utilizzo del software InVEST, un insieme di modelli che richiede dati di ingresso specifici a seconda del servizio

ecosistemico analizzato ma partendo da un dato di partenza comune rappresentato dalla mappa di uso e copertura del suolo. Sviluppato dall'Università di Stanford all'interno del "Natural Capital Project", InVEST – la piattaforma modellistica di quantificazione/mappatura e valutazione dei servizi ecosistemici più utilizzata a livello internazionale - copre tutte le richieste di valutazione dei SE stabiliti nel progetto in questione ad esclusione della produzione agricola, un modello disponibile in passato in versione beta ma successivamente rimosso.

Per quest'ultimo sono stati sondati percorsi alternativi e valutate piattaforme modellistiche differenti (ad esempio il software ArcApex - *Crop & Soil Productivity Simulation Model - Agricultural Policy/Environmental eXtender*); tuttavia tali strade sono risultate di difficile attuazione soprattutto in relazione alla disponibilità di tempo del progetto.

Al fine di esplorare la possibilità di un metodo alternativo ad ARCAPEX per la valutazione del servizio ecosistemico della produzione agricola, si è scelta una metodologia che utilizza indicatori spazialmente espliciti. Nel progetto vengono spazializzati i Valori Agricoli Medi (VAM) proposti dall'Agenzia delle Entrate suddivisi per regioni agrarie (definite da ISTAT).

Nella valutazione sono stati associate, per ogni regione agraria, le categorie proposte dai VAM alle classi di uso e copertura del suolo per poi fare la media dei vari valori.

I VAM sono determinati ogni anno dalla Commissione Provinciale Espropri e pubblicati in Euro per ettaro. I VAM applicati alla mappa di uso del Corine Land Cover (CLC), hanno generato dei valori schematizzati in mappe.

## **CAPITOLO 4: Strumenti e metodi per la quantificazione biofisica**

### **4.1 Ricerca delle metodologie**

#### **4.1.1 Life+ SAM4CP: ricerca di un modello per la produzione agricola**

Dopo una prima analisi e comprensione dei modelli ecologici della piattaforma InVEST, utilizzati nell'ambito del progetto Life+ SAM4CP, si è cercato di trovare una soluzione alla quantificazione e mappatura del servizio ecosistemico "produzione agricola", nell'ambito dello stesso progetto, ricercando in letteratura software alternativi di elaborazione che utilizzassero la modellistica (cfr. risultati paragrafo precedente).

A partire dal lavoro di Adam et al. (2010), sono state individuate alcune piattaforme modellistiche delle quali è stato analizzato il funzionamento e la reale applicabilità in relazione al progetto europeo LIFE SAM4CP.

Tra tutti i modelli reperiti e testati (APES, APSIM, CROSPAL, EPIC/ARCAPEX, GEPIC), ad un primo test sulla facilità di accesso alle piattaforme, solo 3 delle 5 piattaforme sono risultate correttamente scaricabili (APES, APSIM, EPIC/ARCAPEX) e sono state, in una fase successiva, sottoposte ad un test di funzionalità.

Per ciascun modello si è cercato di comprenderne il funzionamento anche in relazione alla possibilità di integrazione con strumenti GIS per una modellizzazione che fosse spazialmente riferita, con la possibilità di utilizzo di cartografie di Land Use/Land Cover direttamente all'interno della modellizzazione.

Di seguito una breve sintesi:

- APES (Agricultural Production and Externalities Simulator)<sup>3</sup>: piattaforma non correttamente funzionante e non spazialmente riferita; numerosi errori nelle visualizzazione dei risultati.
- APSIM (The Agricultural Production Systems Simulator)<sup>4</sup>: piattaforma correttamente funzionante. Gli input del processo però non richiedono dati spazialmente riferiti.
- EPIC/ARCAPEX (A Crop & Soil Productivity Simulation Model; Agricultural Policy/Environmental eXtender)<sup>5</sup>: piattaforma correttamente funzionante. Gli input del processo richiedono dati spazialmente riferiti.

---

<sup>3</sup> Prodotto *EU -SEAMLESS project*

<sup>4</sup> Partner sviluppo *CSIRO, the State of Queensland and The University of Queensland*

<sup>5</sup> Partner *Texas A&M AgriLife Research, USDA Agricultural Research Service, and USDA Natural Resources Conservation Service*

L'unica piattaforma correttamente funzionante e che considera nel processo di modellizzazione dati spazialmente riferiti, è risultata la piattaforma EPIC/ARCAPEX (Agricultural Policy/Environmental eXtender).

Per questo motivo si è pensato di approfondire la conoscenza di ARCAPEX, scelta sostenuta in accordo con i tutor e con la consulenza dell'INEA (Istituto nazionale di Economia Agraria), partner del progetto SAM4CP - Soil Administration Models 4 Community Profit.

Questa piattaforma è una evoluzione di APEX, strumento in grado di simulare una vasta gamma di pratiche di gestione, sistemi di coltivazione e altri usi del suolo, in una vasta gamma di paesaggi agricoli tra cui intere aziende e piccoli bacini.

Il modello può essere configurato per progettare strategie di gestione del territorio.

ArcAPEX utilizza un'interfaccia ArcGIS progettata per automatizzare la parametrizzazione della modellistica APEX. L' interfaccia integra dati topografici, uso del suolo e altri dataset spaziali con database propri contenenti i parametri del modello necessari per simulare la crescita di una vasta gamma di piante, lavorazione del terreno, fertilizzanti e applicazioni di pesticidi a scala di singola azienda agricola o di piccolo bacino idrografico.

Selezionato il suddetto modello, si è provato a testare i singoli moduli del processo all'interno della piattaforma ARCAPEX.

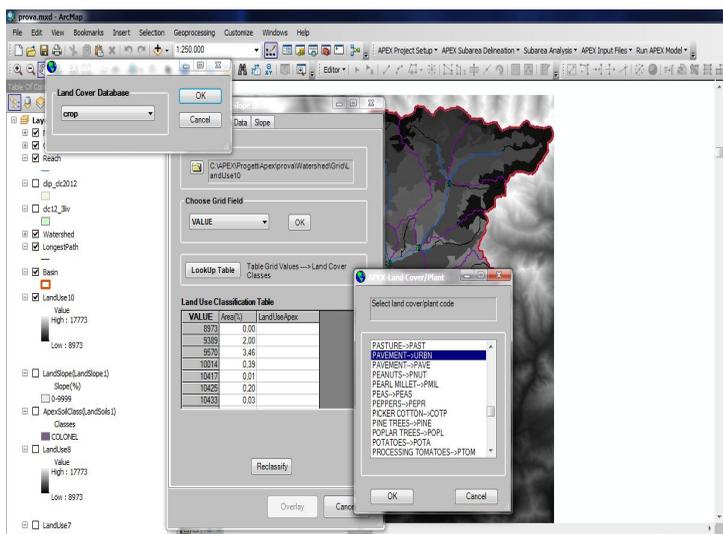
Il modello prevede cinque passi per la generazione dei risultati che sono sinteticamente:

1. APEX project setup: configurazione dell'ambiente e generazione di geodatabase dove verranno generati gli output.
2. APEX subarea delineation:
  - a. A partire da un DEM (Digital Elevation Model) vengono generati il reticolo idrografico e gli outlets (punti di uscita) tra le varie aste fluviali utili per poter disegnare i sottobacini;
  - b. Nella fase successiva vengono delineati automaticamente i sottobacini;
  - c. A questo punto è necessario definire un outlet o più outlets per l'intero bacino idrografico;
  - d. A valle del punto precedente viene generato il bacino idrografico per intero;
  - e. Come fase conclusiva vengono calcolati i parametri dei sottobacini.

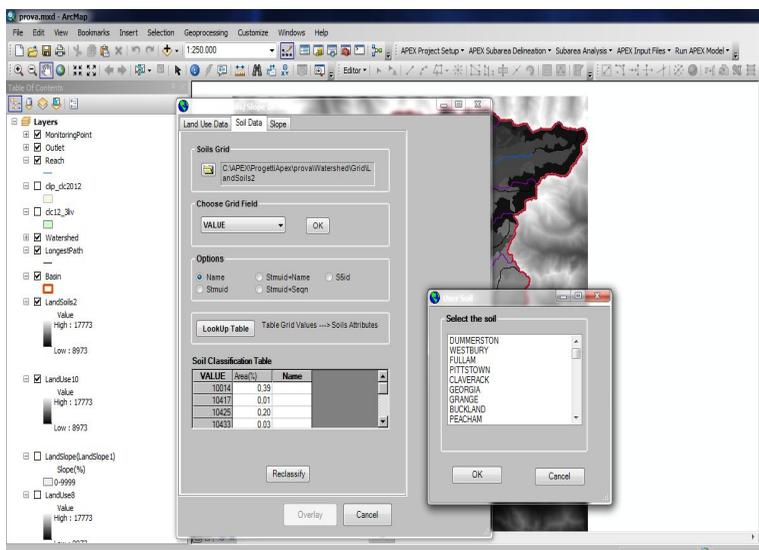
3. Subarea analysis/definition (Land use/Soils/Slope definition):
  - a. Inserimento dei dati di land use (Grid o shape file);
  - b. Associazione delle classi di land use con le classi definite in ARCAPEX;
  - c. Inserimento dei Soil data (Grid o shape file);
  - d. Associazione delle classi dei Soil data inserite con quelle definite in ARCAPEX;
  - e. Definizione dei dati di pendenza del rilievo.
  - f. Subarea definition: definizione delle sub-aree su cui andare a calcolare i risultati del modello.
  
4. APEX input files: prevede l'inserimento dei dati pluviometrici e la possibilità di inserire scarichi da fonti puntuali nonché di editare e modificare le parametrizzazioni di default di APEX
  - a. Edit Apex database
  - b. Define Weather stations
  - c. Point source Discharges
  - d. Write default Inputs/Edit Apex Inputs/Write APEX input Files
  
5. Run APEX model: simulazione e output del modello

Dai test condotti, l'applicabilità della piattaforma ArcApex, scelta dapprincipio come strumento per la quantificazione dei servizi, è risultata molto limitata in quanto necessita di una mole enorme di dati non sempre di facile reperibilità; tale problema risulta, peraltro, comune a molti software di modellistica nati in realtà diverse dalla nostra.

Anche gli stessi algoritmi presenti hanno una forte connotazione geografica di difficile applicazione ad altre realtà; ad esempio nel software in oggetto sono modellizzate le colture tipiche in ambiente americano, vengono utilizzati classificazioni di suolo diverse da quelle europee etc. (Figura 4.1.1.1 e 4.1.1.2).



**Figura 4.1.1.1: Test di applicazione ArcApex - copertura del suolo con prevalenza della presenza di colture locali americane**



**Figura 4.1.1.2: Test di applicazione ArcApex - classificazione americana dei tipi di suolo; difficoltà nelle associazioni**

Al fine di esplorare la possibilità di un metodo alternativo ad ARCAPEX per la valutazione del SE “produzione agricola”, che richiederebbe tempi decisamente più brevi rispetto allo studio di un nuovo modello (e della relativa raccolta di dati necessari) è stato, quindi, scelto un metodo che utilizza indicatori spazialmente espliciti e, quindi, un livello meno complesso rispetto all'utilizzo della vera e propria modellistica (approccio di “Livello 2”). Nel progetto si è scelto di spazializzare i Valori Agricoli Medi (VAM) proposti dall'Agenzia delle Entrate suddivisi per regioni agrarie (definite da ISTAT). Nella valutazione sono stati associate, per ogni regione agraria, le categorie

proposte dai VAM alle classi di uso e copertura del suolo per poi fare la media dei vari valori. I VAM sono determinati ogni anno dalla Commissione Provinciale Espropri e pubblicati in Euro per ettaro. I VAM applicati alla mappa di uso del Corine Land Cover (CLC), hanno generato dei valori schematizzati in mappe.

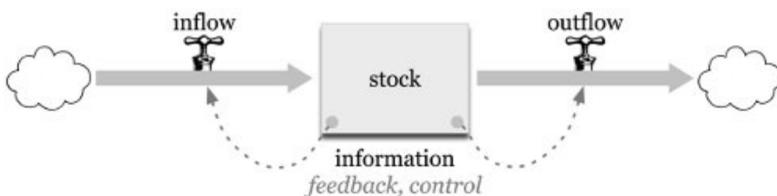
Il problema principale di tale applicazione, però, consiste nel valutare esclusivamente il valore potenziale del terreno, con un output di tipo economico senza una quantificazione biofisica del servizio stesso, limitando molto le potenzialità di supporto che la valutazione dei servizi ecosistemici può offrire alla pianificazione e gestione del territorio.

### 4.1.2 Life+ MGN: i modelli di System Dynamics

Il progetto Life+ MGN, oltre a quantificare i servizi chiave dei siti pilota attraverso l'utilizzo di indicatori più o meno complessi, introduce l'utilizzo dei *System dynamics models* (SD) attraverso la piattaforma modellistica Vensim (Figura 4.1.2.2); i SD permettono la costruzione di modelli di simulazione attraverso la logica dei diagrammi di flusso (Figura 4.1.2.1). Questa metodologia è stata elaborata alla fine degli anni '50 presso il M.I.T. di Cambridge (USA) ad opera di Jay Forrester.

Il metodo system dynamics è applicato mediante la realizzazione di modelli di simulazione (scenari) che consentono di:

- Comprendere le dinamiche dei sistemi complessi in un mondo caratterizzato da grande incertezza.
- Costruire futuri alternativi.



**Figura 4.1.2.1: Logica del diagramma di flusso**

Con questo strumento, quindi, si possono definire variabili, equazioni nonché le relazioni causa-effetto che le legano.

*La premessa della dinamica dei sistemi è che il comportamento del sistema emerge dalla sua struttura (legami causa-effetto + circuiti di feedback) piuttosto che dai valori delle singole variabili. Infatti, l'obiettivo di tale approccio è comprendere il comportamento di sistemi complessi nel tempo, considerando feedback e ritardi interni che influiscono sul comportamento dell'intero sistema.*

Tipicamente la domanda a cui si arriva a rispondere tramite un modello SD è: se A aumenta (es. per cause naturali, per interventi di gestione) cosa succede a B o C nel tempo? Oppure quale strategia di gestione è migliore tra A e B? .

*Lo scopo di questi modelli è molteplice:*

- *Rappresentare le principali variabili coinvolte nella gestione del sito e nel processo di riproduzione del servizio ecosistemico;*
- *Comprendere e visualizzare i possibili feedback tra ipotizzabili interventi di gestione e variabili del sistema;*
- *Mettere in discussione eventuali assunzioni non esplicite ma deleterie per gli obiettivi di sviluppo durevole e protezione della biodiversità negli stessi siti Natura 2000;*

- *Supportare un processo collaborativo, basato sulla discussione tra stakeholder, che faciliti la convergenza tra idee, conoscenze, interessi e posizioni diverse;*
- *Facilitare la definizione di problemi e strategie gestionali a partire da nuove prospettive, possibilmente intersettoriali (es. turismo, ecologia del paesaggio, conservazione della biodiversità);*
- *Fornire ai gestori una base conoscitiva per sviluppare, in seguito, modelli specifici per il proprio sito e simulare scenari di gestione. In altre parole, l'intento generale è supportare la gestione dei siti attraverso una migliore comprensione delle dinamiche complesse in gioco e delle possibili conseguenze di azioni sul sistema.*

L'enorme vantaggio che mostrano tali modelli, oltre che per una migliore comprensione del sistema, è che possono essere utilizzati, all'interno del processo decisionale, per una comunicazione e discussione più efficace tra le parti interessate (amministratori del territorio, popolazione, imprenditori, etc.).

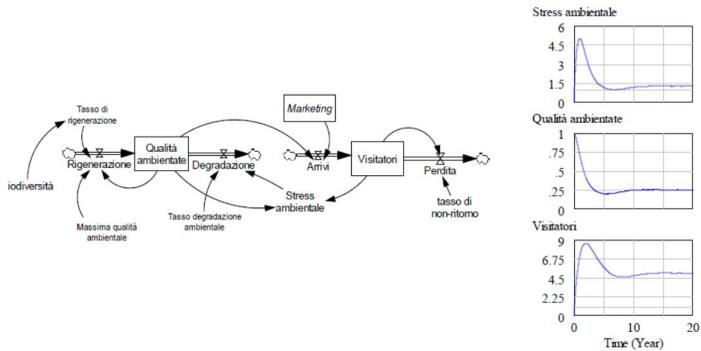
L'intento generale è supportare la gestione dei siti attraverso una migliore comprensione delle dinamiche complesse in gioco e delle possibili conseguenze di azioni antropiche sul sistema.

Ovviamente i modelli SD mostrano, come tutti i modelli, dei limiti importanti da tenere presente:

- Sono ipotetici e generici, validi sulla base delle assunzioni teoriche, derivate da nozioni generali di ecologia ed economia ambientale e non da dati locali;
- Sono incompleti, non includono tutte le variabili coinvolte, ma principalmente quelle connesse a possibili azioni di gestione (es. "superficie produttiva", "temperatura media");
- Le variabili possono assumere, oltre a valori reali (medi o puntali) valori fittizi, con un significato essenzialmente qualitativo (spesso 0 sta per quantità o valore minimo, 1 o 10 sta per quantità o valore massimo).

Per un utilizzo più specifico però, come la definizione di azioni locali puntali e la simulazione quantitativa delle possibili ricadute, questi modelli necessitano il supporto di altri strumenti e metodologie che consentono di completarne il quadro, come indagini sul territorio, somministrazione di questionari e quindi conoscenza specifica delle dinamiche locali.

L'utilizzo più adatto che si può fare di tali modelli, quindi, oltre che per la migliore comprensione del sistema nel suo complesso, è per la comunicazione e discussione più efficace tra i vari portatori di interessi.



**Figura 4.1.2.2: Esempio di modellizzazione di un servizio ecosistemico con software Vensim dal progetto Life+ MGN; modello C2-2**

## 4.2 Scelta delle metodologie

Lo studio approfondito dei vari modelli già costruiti all'interno del progetto Life+ MGN, attraverso la piattaforma modellistica Vensim, ha evidenziato l'importanza di questo strumento soprattutto in una fase decisionale iniziale a supporto del governo del territorio.

I modelli *system dynamics* permettono, infatti, di:

- Comprendere come la complessità caratterizza le dinamiche gestionali;
- Gestire la complessità piuttosto che semplificarla attraverso rigidi piani strategici;
- Comprendere come le decisioni correnti di tipo implicito possono influenzare lo sviluppo futuro.

Il metodo *system dynamics* (Figura 4.2.1) è applicato mediante la realizzazione di modelli di simulazione (scenari) che consentono di costruire futuri alternativi attraverso le seguenti fasi operative:

- Fase 1: raccolta dei dati;
- Fase 2: identificazione delle variabili (fattori chiave) del modello che rappresenteranno le "leve" del modello stesso;
- Fase 3: esplicitazione delle relazioni causa/effetto tra le variabili scelte;
- Fase 4: simulazione e analisi degli scenari.

In quest'ottica l'utilizzo dei modelli SD, come strumento a supporto delle decisioni, risulta necessariamente propedeutico alle fasi successive di quantificazione puntuale dei servizi ecosistemici.

In un ipotetico tavolo di lavoro con i vari stakeholder, si immagina che tali modelli possano essere un utile strumento per comunicare e considerare la complessità del sistema (es. i feedback positivi/negativi) in una prospettiva temporale di medio e lungo periodo.

Questa fase di conoscenza dei meccanismi di azione/retroazione dovrebbe sempre precedere la quantificazione puntuale dei servizi ecosistemici in un territorio oggetto di studio.

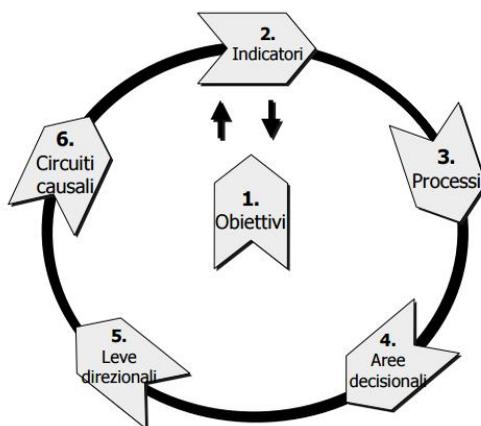
La tematica dei SE e quindi della loro quantificazione utile alla gestione delle risorse di un territorio, troppo spesso è soggetta ad interpretazioni mutevoli a seconda del punto di vista dell'approccio: ecologico, sociale, economico e culturale.

Da qui la necessità di fornire un decalogo di strumenti e procedure utili alla standardizzazione del processo (cfr. paragrafo 7.2) che possa aiutare a definire i passi fondamentali per un corretto utilizzo degli strumenti di quantificazione dei servizi ecosistemici, in un'ottica di buon governo del territorio.

Dopo aver individuato il programma di riferimento per la modellizzazione (software Vensim), si è cercato di capirne il funzionamento in termini tecnici, seguendo prototipi già sviluppati

dal progetto Life+ MGN, per comprendere la fattibilità di nuove applicazioni in relazione agli obiettivi della ricerca che si sta sviluppando.

Una volta testato e compreso il funzionamento dei modelli, si è proceduto ad individuare un sito pilota su cui applicare la metodologia scelta.



**Figura 4.2.1: L'approccio System Dynamics in sintesi**

## **CAPITOLO 5: Il caso studio ZPS IT20B0501 “Viadana, Portiolo San Benedetto Po, Ostiglia”**

Il progetto LIFE+ Making good Natura (Life+ MGN) coinvolge 21 siti pilota appartenenti alla Rete Natura 2000 per una superficie complessiva di 90.239 ha (Figura 5.1). L'elevata diversità ecosistemica e socio-economica del contesto Italiano è ben rappresentata nel progetto LIFE+ Making Good Natura, sia attraverso il coinvolgimento di sette Regioni (Basilicata, Calabria, Campania, Emilia Romagna, Marche, Lombardia e Sicilia), sia attraverso la copertura delle tre regioni biogeografiche presenti in Italia: alpina, mediterranea e continentale.



#### Regione Lombardia

01	ZPS	IT2040401	Parco Regionale Orobie Valtellinesi
02	ZPS	IT20A0402	Riserva Regionale Lanca di Gerole
03	ZPS	IT20B0501	Viadana, Portiolo, San Benedetto Po e Ostiglia

#### ERSAF

04	ZPS	IT2020301	Triangolo Lariano
05	SIC	IT2020002	Sasso Malascarpa
06	SIC	IT2070022	Corno della Marogna
07	SIC	IT2070021	Valvestino
08	ZPS	IT2070303	Val Grigna
09	ZPS	IT2040601	Bagni di Masino, Pizzo Badile, Val di Mello, Val Torrone, Piano di Preda Rossa
10	SIC	IT2040019	Bagni di Masino e Pizzo Badile
11	SIC	IT2040020	Val di Mello, Piano di Preda Rossa
12	ZPS	IT2070402	Alto Garda Bresciano

#### Regione Sicilia

13	SIC	ITA020007	Boschi Ficuzza e Cappelliere, Vallone Cerasa, Castagneti Mezzojuso
14	SIC	ITA020008	Rocca Busambra e Rocche di Rao
15	SIC	ITA060006	Monte Sambughetti - Monte Campanito

#### Parco Nazionale del Cilento e Vallo di Diano e Alburni

16	SIC/ZPS	IT8050055	Monti Alburni
17	SIC	IT8050025	Monte della Stella
18	SIC	IT8050006	Balze di Teggiano

#### Parco Nazionale del Pollino

19	SIC	IT9310014	Fagosa - Timpa dell'Orso
20	SIC	IT9310008	La Petrosa

#### Parco Naturale del Sasso Simone e Simoncello

21	ZPS	IT4090006	Versanti occidentali del Monte Carpegna, Torrente Messa, Poggio di Miratolo
----	-----	-----------	---

**Figura 5.1: Siti pilota del progetto LIFE+ Making good Natura**

Per la scelta del sito oggetto di studio e modellizzazione si è fatto riferimento all'analisi condotta dal progetto Life+ MGN (Report A2.2) che utilizza la metrica del paesaggio per determinare il livello di funzionalità ecosistemica di ciascun paesaggio oggetto di studio.

Le metriche del paesaggio o *landscape metrics* sono rappresentate da indici che permettono di operare un'analisi strutturale e funzionale del territorio calcolata a partire dalle cartografie esistenti. Le metriche descrivono la configurazione o la composizione del paesaggio e possono essere applicate su tutto il paesaggio o su singole porzioni (*patch*).

Basandosi sugli shapefile degli habitat sono state calcolate alcune metriche tra le quali *Number of patches*, *Shannon Diversity Index* (Lang & Tide, 2003) e l'*indice di emerobia*.

L'emerobia misura l'influsso dell'uomo sull'ecosistema con un valore relativo variabile da 1 (naturale) a 7 (artificiale) (Rüdissler et al., 2012) (Figura 5.2).

Sulla base della copertura del suolo Corine Land Cover 2006 è stato calcolato il valore medio dell'emerobia per ogni sito e per ciascun buffer di 20 km; più alto è il valore ottenuto, più grande è l'influsso dell'uomo.

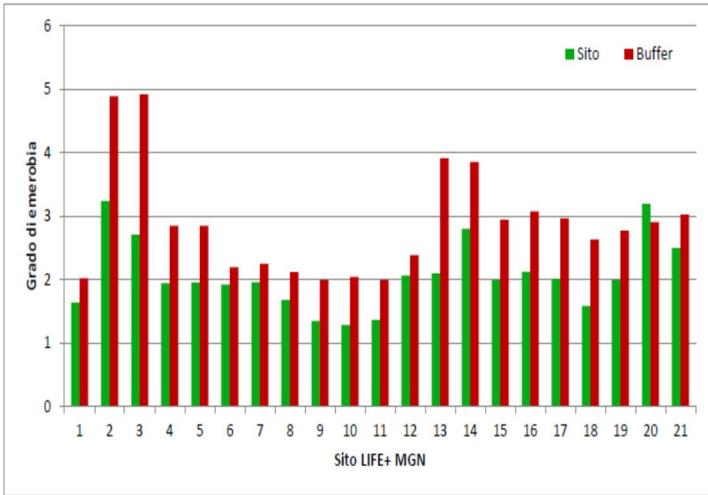
L'indice di emerobia permette utili applicazioni, in particolare nelle carte di impatto e nei piani di assetto dei parchi, in quanto permette

di evidenziare in base alla vegetazione le aree a maggiore naturalità (Pignatti S. et al, 2001).

Degree of naturalness	Description
1. Natural	Natural systems with no or only minimal anthropogenic influence ( e.g. global pollution)
2. Near-natural	Structure and type of the ecosystem is basically the same as naturally expected at the site but some characteristics ( e.g. plant species composition) are altered through anthropogenic influences
3. Semi-natural	The naturally occurring ecosystem is no longer present but has been transformed into a new ecosystem type because of anthropogenic activities
4. Altered	Beside the changed ecosystem type the edaphon is regularly disturbed by anthropogenic activities ( e.g. drainage, regular passing over, intense fertilisation)
5. Cultural	Intense and regular impacts lead to a destruction of the natural occurring edaphon. Natural occurring floristic elements are reduced to a minimum (<25% coverage)
6. Artificial with natural elements	Artificial systems with natural elements; intensive and irreversible changes of terrain and landscape structure; soil sealing up to 30%; natural elements only in the form of secondary biotopes
7. Artificial	Artificial systems or structures, soil sealing over 30%

**Figura 5.2: Indici di emerobia da Rüdisser et al., 2012**

Tra tutti i 21 siti la scelta è ricaduta sul sito 3 ZPS IT20B0501 “Viadana, Portiolo San Benedetto Po, Ostiglia” che risulta il più vulnerabile e minacciato, caratterizzato da un buffer con il più alto valore di emerobia (Figura 5.3).



**Figura 5.3: Grado di emergenza per i siti Life+ MGN**

## **5.1 Il contesto geografico**

Sotto il profilo ambientale il Po, con le sue golene, costituisce la più grande area a naturalità diffusa del mantovano e, più in generale, della Pianura Padana.

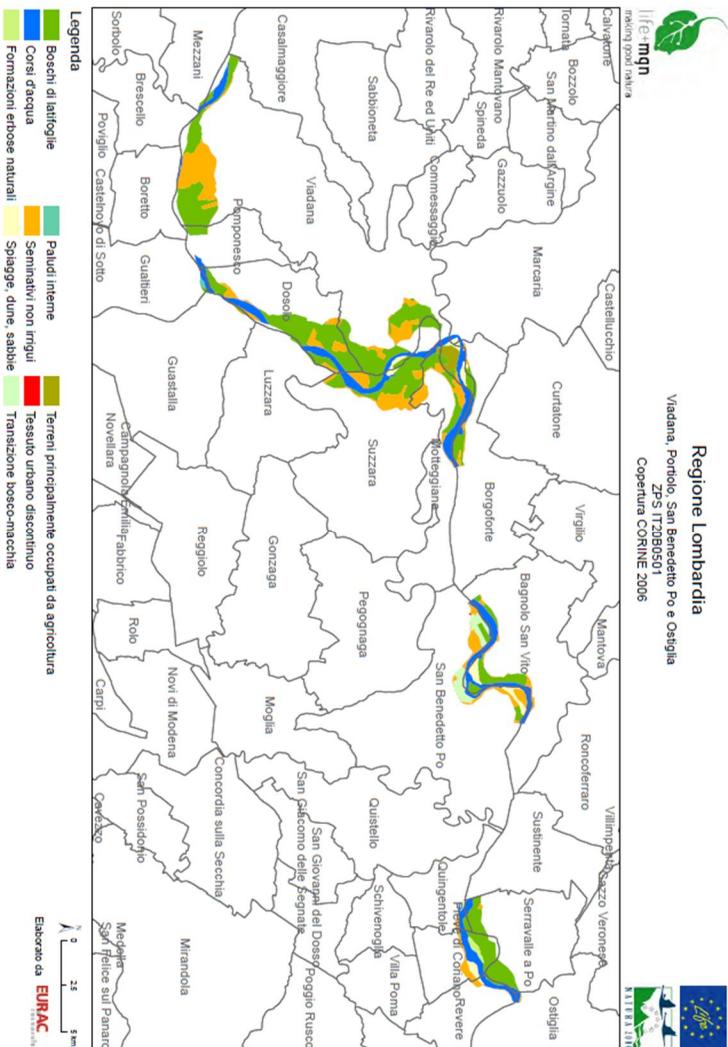
La presenza del fiume ha consentito ad ampie porzioni di territorio di sfuggire a quei fenomeni che, al di là degli argini, hanno portato allo smantellamento delle formazioni naturali a favore dell'agricoltura e degli insediamenti umani.

Serbatoio di biodiversità e collegamento fondamentale tra i sistemi naturali dell'Adriatico, delle Alpi e degli Appennini, il Po e i suoi affluenti rappresentano il cardine della rete ecologica della Pianura Padana.

Non sorprende la ricchezza faunistica della Zona di Protezione Speciale (ZPS), soprattutto per quanto riguarda gli uccelli; si trovano oltre 200 specie tra cui il nibbio bruno, il falco pescatore, l'albanella minore, il gruccione, il cormorano, il corriere piccolo, la sterna comune, il fraticello, la beccaccia e il rigogolo.

Tra i mammiferi oltre al riccio, alla lepre, alla donnola e a numerose specie di piccoli roditori, troviamo il tasso e la puzzola; tra gli anfibi e i rettili i tritoni crestato e punteggiato, la rana verde, la raganella e i rospi comune e smeraldino, oltre al ramarro, al biacco e alla natrice.

Tra i pesci, infine, il sempre più raro storione, il cefalo, l'anguilla, la cheppia, la carpa e il siluro.



**Figura 5.1.1: Confini geografici e uso del suolo della ZPS IT20B0501 “Viadana, Portiolo San Benedetto Po, Ostiglia”**

La ZPS IT20B0501, dal punto di vista geografico, si sviluppa per circa 50 km lungo l'asta fluviale del Po, suddivisa in tre corpi per una superficie totale di 7.055 ha, all'interno dei Comuni di Viadana, Pomponesco, Dosolo, Suzzara, Monteggia, Borgoforte, Bagnolo San Vito, San Benedetto Po, Serravalle Po, Quingentole, Pieve di Coriano, Ostiglia e Revere. Si tratta di aree golenali del fiume Po, con isole e depositi alluvionali, zone umide create dal divagare del fiume, boschi igrofilo ripariali ed estesi impianti di pioppicoltura. Con la D.G.R. 18 aprile 2005 n. 7/21233 la Regione Lombardia ha individuato il sito IT20B0501 "Viadana, Portiolo, San Benedetto Po e Ostiglia" e ha individuato quale ente gestore del sito ZPS in oggetto la Provincia di Mantova definendo le procedure per l'adozione e approvazione dei piani di gestione dei siti con D.G.R. 25 gennaio 2006, n. 8/1791. La Provincia di Mantova ha adottato il Piano di Gestione della Zona di Protezione Speciale Viadana, Portiolo, San Benedetto Po e Ostiglia (sito Natura 2000 ZPS IT20B0501) con Delibera del Consiglio Provinciale n. 22 del 15/06/2010. Nel Piano di Gestione del sito in esame, la definizione di obiettivi e delle misure di conservazione costituisce una sintesi complessa risultante da una analisi condotta in merito alla verifica della presenza di habitat e specie, al loro stato conservativo, alle minacce rilevate o potenziali.

Se gli obiettivi generali sono quindi facilmente definibili nel mantenimento e/o nel perseguimento di stati di conservazione

soddisfacenti riguardo gli habitat e/o specie presenti, per il contesto particolare del fiume Po, si possono qui indicare alcuni obiettivi che peraltro risultano già condivisi all'interno degli strumenti di indirizzo redatti dall'Autorità di Bacino e dalla Provincia di Mantova:

- Migliorare la progettualità integrata degli interventi e definire le priorità per la riqualificazione e conservazione dell'integrità ecologica della fascia fluviale del fiume Po;
- Aumentare l'efficacia delle azioni da intraprendere per il restauro ecologico del fiume Po, tenendo conto delle potenzialità del sistema fluviale e dei vincoli territoriali esistenti;
- Aumentare e valorizzare la diversità ambientale degli ambiti fluviali e la biodiversità, favorendo la creazione di una rete ecologica del fiume Po;
- Individuare le forme e le modalità di mantenimento, conservazione e manutenzione delle reti ecologiche progettate e attuate, anche tramite la previsione di opportuni incentivi economici o fiscali;
- Promuovere la rinaturalizzazione diffusa;
- Incrementare le superfici forestali adatte alla regione fluviale, a vantaggio delle innumerevoli funzioni che i soprassuoli boschivi possono svolgere, da quella produttiva a quella paesaggistica e ricreativa, da quella protettiva (del suolo) allo stoccaggio di carbonio;

- Conservare, ripristinare, ricostruire gli ecosistemi umidi e quelli xerici tipici della regione fluviale, anche con interventi multifunzionali e di rilievo;
- Progettare specifiche azioni di valorizzazione naturalistica e ambientale degli ambiti estrattivi pregressi, esistenti e in progetto, mirati al loro ottimale inserimento nel contesto golenale di riferimento;
- Rafforzare e promuovere un sistema di valorizzazione delle valenze paesaggistiche, ecologiche, ambientali e turistico-ricreative esistenti o previste, anche degli ambiti estrattivi recuperati e riqualificati, attraverso la promozione di un turismo ecosostenibile, utilizzando al meglio le infrastrutture previste o esistenti (percorsi ciclabili e pedonali).

## **5.2 La modellizzazione**

A valle delle ricerche condotte, si è ritenuto scegliere la ZPS IT20B0501 “Viadana, Portiolo San Benedetto Po, Ostiglia” come caso di studio su cui modellizzare due servizi ecosistemici.

La zona in questione, infatti, oltre ad essere il sito con il più elevato valore di emerobia nel buffer di 20 Km, rappresenta un ottimo connubio tra espressioni naturali (acque correnti, sabbioni, boschi ripariali, etc.) e antropiche (pioppeti, seminativi, cave di sabbia e argilla, infrastrutture civili e industriali, etc.).

Il Po costituisce, infatti, la più grande area a naturalità diffusa della Pianura Padana. Serbatoio di biodiversità e collegamento fondamentale tra i sistemi naturali dell’Adriatico, delle Alpi e degli Appennini, il Po con i suoi affluenti rappresentano il cardine della rete ecologica della Pianura Padana, una delle aree più produttive del nostro Paese.

A partire dalla cartografia di uso del suolo si è proceduto a scegliere due servizi ecosistemici tra i più rappresentativi, con la finalità di creare un modello utile alla quantificazione e valutazione degli stessi, e fornire una metodologia replicabile a diverse scale.

## 5.2.1 Il servizio regolazione del clima

Il piano di gestione della Provincia di Mantova della ZPS IT20B0501, a partire dalla cartografia di uso e copertura del suolo del 2009 (DUSAF) della Regione Lombardia, calcola le tipologie di uso come riportate nella Tabella 5.2.1.1.

Tipologia	Codice CLC	Superficie (ha)	Percentuale
Zone urbanizzate di tipo residenziale (tessuto discontinuo e rado)	112	7,07	0,10%
Zone industriali, commerciali ed infrastrutturali	12	10,46	0,14%
Zone estrattive, cantieri, discariche e terreni artefatti e abbandonati	13	108,27	1,50%
Zone verdi artificiali non agricole	14	16,09	0,22%
Seminativi semplici	2111	790,03	10,94%
Colture orticole	2113	11,62	0,16%
Colture ortoflorovivaistiche	2114	2,73	0,04%
Vigneti	221	12,67	0,18%
Frutteti e frutti minori	222	3,01	0,04%
Pioppicoltura	2241	3546,21	49,10%
Prati stabili (foraggiere permanenti)	23	336,45	4,66%
Boschi di latifoglie	311	4,87	0,07%
Formazioni ripariali	3113	275,71	3,82%
Rimboschimenti recenti	314	103,03	1,43%
Cespuglieti	3221	10,83	0,15%
Vegetazione dei greti	3222	311,02	4,31%
Vegetazione degli argini sopraelevati	3223	141,24	1,96%
Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione	324	15,07	0,21%
Spiagge, dune ed alvei ghiaiosi	331	65,77	0,91%
Vegetazione erbacea rada	333	0,72	0,01%
Zone umide interne	411	0,45	0,01%
Alvei fluviali e corsi d'acqua	511	1421,39	19,68%
Bacini idrici	512	28,12	0,39%
<b>Totale</b>		<b>7.222,83</b>	<b>100%</b>

**Tabella 5.2.1.1: Classificazione Dusaf 2009**

La regione Lombardia, dagli anni '90, nell'ambito del Programma europeo Corine Land Cover ha realizzato uno strumento di analisi e monitoraggio dell'uso del suolo (DUSAF), omogeneo su tutto il territorio regionale e condiviso nell'ambito della Infrastruttura per l'Informazione Territoriale della Lombardia (IIT) tramite il Geoportale della Regione Lombardia<sup>6</sup>.

La cartografia Dusaf utilizza una legenda articolata in 3 livelli principali di ambito generale, coerenti con le specifiche Corine Land Cover, il primo dei quali comprende le 5 maggiori categorie di copertura (Aree antropizzate, Aree agricole, Territori boscati ed ambienti seminaturali, Aree umide, Corpi idrici), progressivamente dettagliate al secondo e terzo livello. Due ulteriori livelli (quarto e quinto, di ambito locale) rappresentano infine le specificità del territorio lombardo.

Dall'analisi dell'uso del suolo (Tabella 5.2.1.1) emerge come nel territorio preso in esame l'attività della pioppicoltura sia prevalente con il 49,1% della superficie totale. Alla luce di questo dato risulta importante anche la presenza dei seminativi semplici con circa il 10,9%. Scarsa è la presenza dei vigneti, con lo 0,18%, e dei frutteti, con appena lo 0,04%.

---

<sup>6</sup> [www.cartografia.regione.lombardia.it](http://www.cartografia.regione.lombardia.it)

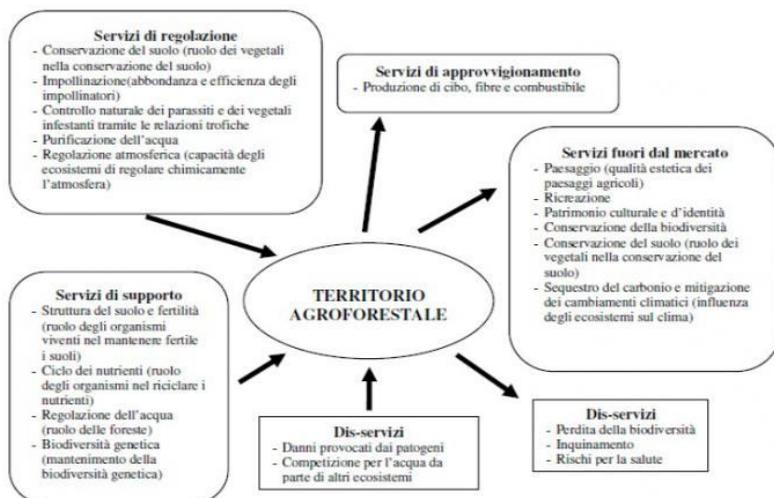
Le formazioni naturali e seminaturali occupano superfici tutto sommato modeste in considerazione dell'ambito su cui si sviluppa il sito. La tipologia di maggior rilievo è sicuramente quella delle formazioni ripariali, con il 3,82%, seguita dalla vegetazione dei greti (4,31%) e degli argini sopraelevati (1,96%). Da sottolineare anche la buona presenza dei rimboschimenti recenti di latifoglie che raggiungono l'1,43%.

Il tessuto urbano nell'area è assai ridotto, con solo lo 0,24% della superficie (il residenziale, con il 0,10%, è perlopiù rappresentato dalle corti padronali con il tipico schema ad U). Le aree estrattive, cantieri e discariche, con l'1,50%, occupano nel complesso una superficie molto superiore all'insieme dell'insediativo residenziale, di quello commerciale, industriale ed infrastrutturale.

Essendo più della metà del territorio della ZPS ad uso agro-forestale, sono stati selezionati i principali servizi e dis-servizi collegati a tale categoria (Zhang et al., 2007).

La Figura 5.2.1.1 propone un diagramma in cui i SE vengono identificati e classificati, rappresentandone i flussi da e verso il territorio agroforestale, consentendo di mettere in evidenza i servizi di cui la società può beneficiare, e i dis-servizi che potrebbero essere ridotti se venissero messe in atto buone pratiche agricole.

Ne risulta un modello di analisi che rende possibile la contabilità dei flussi di SE – in ingresso ed in uscita – per il territorio agricolo (Blasi et al., 2012).



**Figura 5.2.1.1: Flusso di servizi e dis-servizi verso e dal territorio agroforestale (da Swinton et al., 2007 e Zhang et al., 2007 – modificato)**

Essendo quasi la metà del territorio della ZPS in questione utilizzato ad arboricoltura da legno e, nel caso specifico, da pioppeti, si è pensato di modellare il servizio regolazione del clima fornito nel suo complesso dalla ZPS confrontandolo con quello di una zona adiacente alla ZPS stessa, considerato un buffer di 20 km dalla stessa (come nel progetto Life+ MGN).

La metodologia per il calcolo è stata dapprima applicata all' uso del suolo del 2012 (DUSAF 4- 2012), con la finalità di comprendere la pressione dentro e fuori dalla ZPS in termini di bilancio di tonnellate equivalenti di CO<sub>2</sub> (secondo IPCC), e poi all'uso del suolo del 2006 (DUSAF 2- 2006), per comprenderne la variazione nel tempo e fornire una metodologia ed uno strumento utili per una corretta gestione del governo di un territorio.

La ZPS in questione presenta metà della superficie adibita ad arboricoltura da legno, in particolare pioppicoltura; le piantagioni forestali nel loro complesso risultano essere molto importanti per lo stock di carbonio immobilizzato nella biomassa e la rimozione di CO<sub>2</sub> dall'atmosfera, principale gas serra. Si stima che le piantagioni realizzate a partire dal 1990 determineranno fino al 2040 una fissazione complessiva cumulata di 10,1 M t di C (APAT, 2002); larga parte di questa funzione di fissazione è collegata alle piantagioni pioppicole, ovvero ad una tipologia di bosco che, anche dal punto di vista legale (cfr. DL 227/2001), non ha caratteri di permanenza ma è totalmente e velocemente reversibile ad usi agricoli, in relazione all'andamento di alcune variabili di mercato del legname di pioppo e delle produzioni agricole alternative.

A differenza del bosco permanente, la capacità di assorbimento delle piantagioni da legno risulta, però, limitata nel tempo, trattandosi di colture a carattere temporaneo.

Tuttavia questo tipo di interventi può offrire un sensibile contributo al sequestro del carbonio atmosferico, soprattutto nella fase iniziale di affermazione su terreni ex-agricoli.

Secondo INFC (2005), l'assorbimento di carbonio negli impianti di arboricoltura da legno può essere stimato mediamente pari a 2,45 tonnellate C/(ha\*anno) per le conifere, 1,81 tonnellate C/(ha\*anno) per i pioppeti, 1,84 tonnellate C/(ha\*anno) per le altre latifoglie.

La capacità di stoccaggio e sequestro di carbonio dei pioppeti è, però, limitata se non la si considera in relazione di termini di bilancio complessivo di gas serra sequestrati ed emessi dal ciclo di produzione del legno (filiera del pioppo) e, più in generale, da tutti gli altri usi del suolo che prendono parte al bilancio complessivo; da qui la necessità di contabilizzare il bilancio complessivo dei gas serra emessi e sequestrati.

Il CO<sub>2</sub> equivalente è un'unità di misura che permette di pesare insieme emissioni di gas serra diversi con differenti effetti climalteranti. Ad esempio una tonnellata di metano che ha un potenziale climalterante 21 volte superiore rispetto alla CO<sub>2</sub>, viene *contabilizzata come 21 tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente*.

*I potenziali climalteranti (Global Warming Potential-GWP) dei vari gas sono stati elaborati dall'Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC (MATM). In questo modo è possibile paragonare tra di loro gas diversi, quando si considera il loro contributo all'effetto serra.*

In conformità al Protocollo di Kyoto, i gas ad effetto serra da includere sono: anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), protossido d'azoto (N<sub>2</sub>O), idrofluorocarburi (HFCs), esafluoruro di zolfo (SF<sub>6</sub>) e perfluorocarburi (PFCs).

Allo stato attuale delle conoscenze scientifiche e sulla base dei più recenti studi dell'IPCC la maggior parte degli esperti concorda nel ritenere che, a causa dell'aumento delle concentrazioni di gas serra in atmosfera, nel prossimo futuro potremmo aspettarci i seguenti fenomeni:

- Aumento della temperatura del pianeta. In termini di durata e di ampiezza del fenomeno, il riscaldamento durante il 1900 sembra essere stato il più importante negli ultimi mille anni;
- Aumento delle precipitazioni, soprattutto nell'emisfero Nord, e particolarmente alle medie e alte latitudini. Diminuzione delle piogge nelle regioni tropicali e subtropicali;
- Aumento nella frequenza e nell'intensità di eventi climatici estremi come alluvioni, tempeste, ondate di caldo o freddo eccessivo;

- Aumento del rischio di desertificazione in alcune zone;
- Diminuzione dei ghiacciai presenti nelle principali catene montuose mondiali;
- Crescita del livello del mare. Negli ultimi 100 anni si è già verificato un innalzamento di circa 10/25 cm.

Alla luce di queste evidenze risulta fondamentale controllare il flusso di CO2 Equivalenti in termini di bilancio, per poter pianificare in maniera corretta la gestione di un territorio.

Una zona tutelata come può essere una ZPS, proprio per le sue peculiarità, può senza dubbio contribuire in maniera fondamentale al sequestro di gas serra di un territorio, soprattutto in relazione alle aree limitrofe a più alto impatto umano.

## 5.2.2 Il servizio estetico del paesaggio

Il secondo servizio analizzato è il servizio estetico del paesaggio in relazioni alla percezione della popolazione riguardo le trasformazioni del territorio.

Il servizio in questione appartiene alla categoria dei servizi culturali, secondo la definizione del *Millennium Ecosystem Assessment*; partendo dagli usi del suolo che fungono da "leve" al modello si sono definite le variabili da ricomprendere al suo interno nonchè il flusso e le relazioni che le legano.

La Convenzione Europea del Paesaggio, firmata a Firenze nel 2000 (ratificata dallo stato italiano con legge n. 14 del 9 gennaio 2006), ed il "Codice dei beni culturali e del paesaggio" (decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42) hanno definito in modo organico il concetto di paesaggio.

Al riguardo, la Convenzione Europea del Paesaggio, nei primi due articoli, stabilisce chiaramente cosa si debba intendere per paesaggio e quali siano gli obiettivi della politica paesaggistica. L'art. 1 indica che *"paesaggio designa una determinata parte di territorio, così come è percepita dalle popolazioni, il cui carattere deriva dall'azione di fattori naturali e/o umani e dalle loro interrelazioni"*.

Per paesaggio, quindi, si deve intendere l'aspetto visibile di un sistema ecologico naturale o antropico (*socio-economic ecosystems*)

o di un determinato territorio così come è percepito dalla popolazione che, a vario titolo, lo frequenta.

I metodi di stima non monetari, funzionali all'adozione di politiche paesaggistiche, possono essere suddivisi in due grandi categorie (Tempesta, 2009):

- Oggettivi (basati sul giudizio di esperti);
- Soggettivi (basati sul giudizio della popolazione).

Mentre i metodi oggettivi sono utilizzabili nella stima del valore storico-culturale del paesaggio, i metodi soggettivi consentono di valutare il paesaggio dal punto di vista estetico-percettivo in modo più corretto (Tempesta, 2009).

In accordo con quanto indicato dalla Convenzione Europea del Paesaggio, qualora la valutazione sia funzionale alla definizione di interventi volti a migliorare la qualità paesaggistica, pare necessario che siano le preferenze espresse dalla popolazione ad indirizzare il tipo di interventi e l'entità delle risorse ad essi destinati.

Per individuare i desideri della popolazione riguardo al paesaggio si possono, quindi, analizzare le preferenze espresse verbalmente utilizzando approcci di tipo descrittivo-qualitativo (Tempesta, 2009) con l'ausilio di questionari opportunamente costruiti e somministrati. Alla luce di quanto descritto, sarà fornito uno strumento per la quantificazione del servizio in oggetto, prescindendo dalla

somministrazione del questionario valutativo, che non risulta essere oggetto della tesi, bensì utilizzando i parametri di valutazione indicati dal lavoro di Tempesta del 2009, che tiene in considerazione di tre indagini condotte nel vicino Veneto (Aldegheri, 2003; Bonotto, 1995; Tempesta, 2006a).



## **CAPITOLO 6: Bilancio dei servizi all'interno della ZPS Viadana, Portiolo San Benedetto Po, Ostiglia**

### **6.1 Il servizio regolazione del clima: applicazione della metodologia e costruzione del modello logico**

Il modello logico del servizio regolazione del clima è stato costruito a partire dalle classi di uso del suolo del Corine Land Cover. Le singole classi costituenti le leve del modello, sono state poi messe in relazione tra loro attraverso la costruzione di equazioni.

Una volta costruito il modello logico, dopo opportune e laboriose elaborazioni numeriche e cartografiche, è stato possibile popolare le equazioni del modello con dati ricavati dal database dell'inventario nazionale dei gas serra in Italia per gli anni 2006 e 2012.

Il modello (Figura 6.1.1.5) è stato progettato con la finalità di calcolare l'effettivo bilancio di Tonnellate di CO<sub>2</sub> Equivalenti all'interno della ZPS e fuori (buffer di 20 km) per gli anni 2006 e 2012, con la finalità di comprenderne l'evoluzione della pressione antropica nel tempo ed essere di ausilio ad una corretta gestione del territorio; il modello, infatti, per come è stato costruito, si presta come strumento utile alla comprensione di gestioni diverse di uso del suolo simulando ipotesi di scenari alternativi. Di seguito la metodologia più in dettaglio.

## 6.1.1 Analisi all'interno della ZPS

### Dati utilizzati:

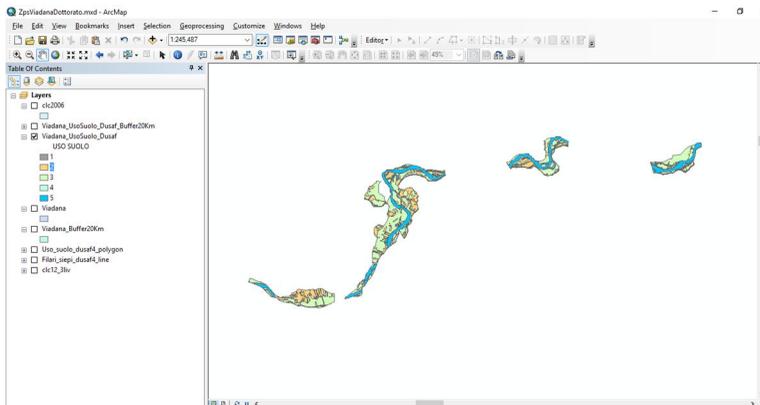
1. Confini cartografici della ZPS (dati dal geoportale Ministero dell'Ambiente).
2. Cartografia di uso e copertura del suolo Corine Land Cover (CLC) 2006 e 2012 al III livello dell'intero territorio italiano tagliata sui confini della ZPS e su un buffer di 20 Km dalla stessa.



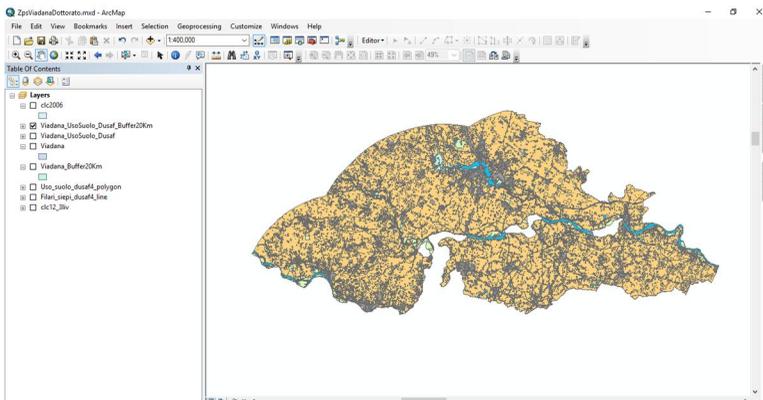
**Figura 6.1.1.1: Legenda del Corine Land Cover**

3. Cartografia dettagliata di uso del suolo della Regione Lombardia (DUSAF - scala 1:10.000) per gli anni 2006 e 2012 tagliata sui confini della ZPS e su un buffer di 20 Km dalla stessa (dati

geoportale dal Regione Lombardia). Di seguito un estratto dalle elaborazioni cartografiche per l'anno 2012.



**Figura 6.1.1.2: ZPS-DUSAF 2012**



**Figura 6.1.1.3: ZPS- DUSAF 2012-buffer 20km**

4. Dati del 2006 e 2012 da "Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2014. National Inventory Report 2016, ISPRA - Rapporti, 239/2016"; i dati si riferiscono all'intero territorio nazionale.

Table A8.1.1.1 CO<sub>2</sub> emissions trends, CRF year 2014 (years 2010 – 2014)

TABLE 10 EMISSION TRENDS

CO<sub>2</sub>eq (Part 3 of 3)

Inventory 2014

Submission 2016

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	2010	2011	2012	2013	2014	Change from base to latest reported year
	(kt CO <sub>2</sub> eq)					
<b>Total net emissions<sup>(1)</sup></b>	474,065	469,425	450,870	408,063	391,972	-24.01
<b>1. Energy</b>	411,399	407,808	384,450	358,707	339,798	-19.51
<b>A. Fuel combustion (sectoral approach)</b>	412,458	399,123	375,801	350,255	331,390	-19.05
1. Energy industries	134,446	132,413	127,738	108,497	99,789	-28.14
<b>2. Manufacturing industries and construction</b>	61,419	61,013	54,622	51,392	52,038	-39.61
3. Transport	119,585	118,520	108,044	103,429	104,855	1.56
4. Other sectors	96,566	95,652	87,225	86,281	74,108	-21.17
5. Other	892	545	363	626	590	-47.54
<b>B. Fugitive emissions from fuels</b>	8,811	8,683	8,559	8,482	8,408	-34.80
1. Solid fuels	70	85	74	53	51	-66.23
2. Oil and natural gas and other emissions from energy production	8,731	8,598	8,485	8,429	8,357	-54.43
<b>C. CO<sub>2</sub> transport and storage</b>	NO	NO	NO	NO	NO	
<b>2. Industrial Processes</b>	34,763	34,787	31,830	30,870	30,265	-24.93
<b>A. Mineral industry</b>	17,339	16,729	13,717	12,390	11,595	-44.02
B. Chemical industry	3,265	3,135	2,920	3,139	3,239	-72.13
<b>C. Metal industry</b>	1,842	2,024	1,858	1,628	1,457	-75.38
<b>D. Non-energy products from fuels and solvent use</b>	1,378	1,400	1,311	1,293	1,244	-39.57
<b>E. Electronic industry</b>	182	217	193	208	235	
<b>F. Product uses as ODS substitutes</b>	9,711	10,310	10,832	11,487	11,960	
<b>G. Other product manufacture and use</b>	945	942	998	924	834	-22.35
<b>H. Other</b>	NO	NO	NO	NO	NO	
<b>3. Agriculture</b>	30,861	31,486	31,918	30,792	30,338	-16.20
<b>A. Enteric fermentation</b>	13,712	13,735	13,664	13,849	13,763	-12.58
<b>B. Manure management</b>	5,915	5,867	5,708	5,348	5,207	-23.40
<b>C. Rice cultivation</b>	1,822	1,895	1,789	1,661	1,596	-14.79
<b>D. Agricultural soils</b>	9,142	9,684	10,172	9,453	9,328	-17.43
<b>E. Prescribed burning of savannas</b>	NO	NO	NO	NO	NO	
<b>F. Field burning of agricultural residues</b>	19	19	20	19	19	-0.61
<b>G. Liming</b>	18	24	15	14	12	-78.32
<b>H. Urea application</b>	335	351	351	450	411	-11.58
<b>I. Other carbon-containing fertilizers</b>	NO	NO	NO	NO	NO	
<b>J. Other</b>	NO	NO	NO	NO	NO	
<b>4. Land use, land-use change and forestry<sup>(2)</sup></b>	-34,359	-25,384	-17,848	-30,823	-26,615	338.48
<b>A. Forest land</b>	-39,309	-35,172	-20,147	-37,483	-33,850	70.86
B. Cropland	1,335	3,426	3,389	3,349	3,222	44.81
C. Grassland	-4,184	-4,024	-1,425	-7,141	-6,406	-331.03
<b>D. Wetlands</b>	NE,NO	NE,NO	NE,NO	NE,NO	NE,NO	
<b>E. Settlements</b>	7,928	10,218	10,220	10,223	10,228	43.12
<b>F. Other land</b>	NO	NO	NO	NO	NO	
<b>G. Harvested wood products</b>	-128	178	117	228	191	-138.81
<b>H. Other</b>	NO	NO	NO	NO	NO	
<b>5. Waste</b>	21,399	20,710	20,521	18,519	18,187	-31.81
<b>A. Solid waste disposal</b>	16,693	16,092	15,877	13,872	13,487	-25.73
<b>B. Biological treatment of solid waste</b>	474	485	489	513	546	2,756.63
<b>C. Incineration and open burning of waste</b>	243	246	278	298	304	-48.88
<b>D. Waste water treatment and discharge</b>	3,890	3,888	3,877	3,837	3,850	-14.21
<b>E. Other</b>	NO	NO	NO	NO	NO	
<b>6. Other (as specified in summary 1.A)</b>	NO	NO	NO	NO	NO	
<b>Memo items:</b>						
<b>International bunkers</b>	16,611	17,118	15,769	14,330	13,912	60.51
<b>Aviation</b>	9,511	9,797	9,386	9,290	9,462	125.42
<b>Navigation</b>	7,100	7,322	6,383	5,041	4,449	-0.45
<b>Multi-lateral operations</b>	NE	NE	NE	NE	NE	
<b>CO<sub>2</sub> captured from biomass</b>	41,810	35,420	41,268	43,603	40,590	191.03
<b>CO<sub>2</sub> captured</b>	NO	NO	NO	NO	NO	
<b>Long-term storage of C in waste disposal sites</b>	NO	NO	NO	NO	NO	
<b>Indirect N<sub>2</sub>O</b>	1,463	1,416	1,225	1,197	1,164	-61.26
<b>Indirect CO<sub>2</sub> (F)</b>	NO	NO	NO	NO	NO	
<b>Total CO<sub>2</sub> equivalent emissions without land use, land-use change and forestry</b>	508,424	494,790	468,718	438,887	418,587	-19.80
<b>Total CO<sub>2</sub> equivalent emissions with land use, land-use change and forestry</b>	474,065	469,425	450,870	408,063	391,972	-24.01
<b>Total CO<sub>2</sub> equivalent emissions, including indirect CO<sub>2</sub>, without LULUCF</b>	508,424	494,790	468,718	438,887	418,587	-19.80
<b>Total CO<sub>2</sub> equivalent emissions, including indirect CO<sub>2</sub>, with LULUCF</b>	474,065	469,425	450,870	408,063	391,972	-24.01

Figura 6.1.1.4: Struttura dei dati da "Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2014"

### **Costruzione del modello logico:**

- A partire dalle categorie di uso e copertura del suolo del CLC (2006-2012) sono state definite le variabili che fungono da “leve” del modello su cui poter agire in termini di variazioni possibili di uso del suolo (Figura 6.1.1.5). Nello specifico il diagramma di flusso si compone di due parti; a sinistra le componenti che determinano il tasso di sequestro, a destra quelle riferite al tasso di rilascio, contabilizzate in termini di CO<sub>2</sub> Equivalenti. Le due parti concorrono al bilancio globale dell'emissione netta di CO<sub>2</sub> Equivalenti. I fattori (leve del modello) che concorrono al tasso di sequestro e al tasso di rilascio sono stati individuati a partire dalla cartografia CLC e sono:

#### **Tasso di sequestro**

- Foreste:
  - a. Foreste a latifoglie e arboricoltura da legno
  - b. Foreste a conifere
  - c. Foreste miste
- Area naturali e seminaturali
  - a. Pascoli
  - b. Prateria naturale
  - c. Lande e brughiera
  - d. Vegetazione sclerofila
  - e. Transizione suolo boscoso-arbusti

## **Tasso di rilascio**

- Aree bruciate
- Aree agricole
  - a. Seminativi non irrigati
  - b. Suolo permanentemente irrigato
  - c. Risaie
  - d. Vigneti
  - e. Coltivazione complessa
  - f. Colture annuali associate a colture permanenti
  - g. Oliveti
  - h. Frutteti e frutti minori
  - i. Suoli occupati principalmente dall'agricoltura
- Tessuto urbano
  - a. Tessuto urbano continuo
  - b. Tessuto urbano discontinuo
- Produzione di rifiuti
- Unità industriali, commerciali e di trasporto
  - a. Unità industriali e commerciali
  - b. Reti di strade e binari e territori associati
  - c. Aree portuali
  - d. Aeroporti

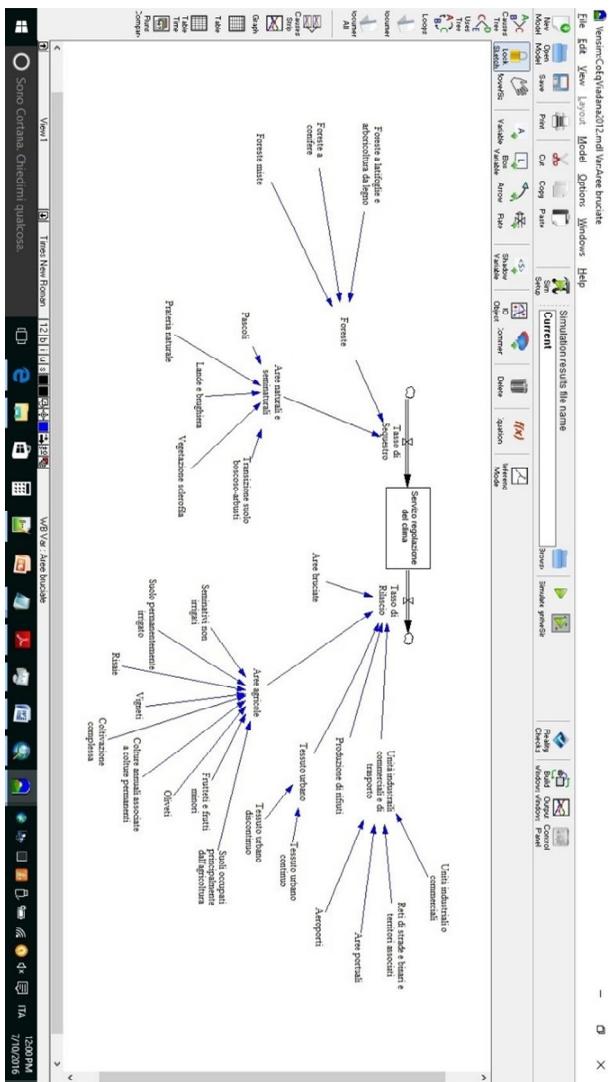


Figura 6.1.15: Modello concettuale creato a partire dalle categorie di uso del Corine Land Cover

- Dal Report “Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2014” di Ispra sono state selezionate le categorie strettamente connesse alla schematizzazione di uso del suolo del Corine Land Cover come riportato in Figura 6.1.1.6. Sono stati presi i dati del 2006 e 2012 suddivisi per settori di attività espressi in termini di Kt di CO2 Equivalenti.

SETTORE (per corrispondenze a classi CLC)	GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK	ANNO	
		2006 (kt CO2 eq)	2012 (kt CO2 eq)
INDUSTRIALE	Energy (Totale)	471161	384450
	A. Fuel combustion		
	1. Energy industries		
	2. Manufacturing industries and construction		
	3. Transport		
	4. Other sectors		
	5. Other		
	B. Fugitive emissions from fuels		
	Industrial Processes (totale)	41549	31830
	A. Mineral industry		
	B. Chemical industry		
	C. Metal industry		
	D. Non-energy products from fuels and solvent use		
	E. Electronic industry		
	F. Product uses as ODS substitutes		
	G. Other product manufacture and use		
H. Other			
USO DEL SUOLO	Land use, land-use change and forestry		
	A. Forest land	-37385	-30147
	B. Cropland	1248	3389
	C. Grassland	-3378	-1425
	D. Wetlands	8	ND
	E. Settlements	7840	10120
RIFIUTI	5. Waste		
	A. Solid waste disposal	18782	15877
AREE BRUCIATE	6. Other		
	CO2 emissions from biomass	26529	41268

**Figura 6.1.1.6: Settori del Report italiano emissioni gas serra presi in considerazione**

3. I dati (2006-2012) riferiti ai diversi usi selezionati da "Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2014" sono stati divisi per ciascuna classe corrispondente del Corine Land Cover e calcolati in termini di superficie complessiva per ciascun uso; i dati dell'inventario, infatti, si riferiscono all'intero territorio nazionale. Per ricavare il dato medio per ettaro/anno, si è reso necessario dividere ciascun dato per la singola superficie complessiva nella corrispondente classe CLC (2006-2012).

In Tabella 6.1.1.1 le corrispondenze create con le classi del CLC, a valle delle indicazioni fornite nel Report dell'inventario nazionale dei gas serra. Seguendo le indicazioni del Report, per derivare il dato medio/ettaro per tipologia, si è proceduto ad accorpare le seguenti classi che nel CLC risultavano diversamente collocate:

- a. Le "shrublands" (aree arbustive, cespugli, etc.) sono state inserite nelle "grassland" (nel CLC erano uso forestale/aree seminaturali).
- b. I prati sono stati associati ai pascoli.
- c. Le piantagioni forestali (arboricoltura da legno) sono state considerate nell'uso forestale (nel CLC era uso agricolo).

Tipologia	NIR 2016	CLC		
		3.1	2.4.4	2.2.4
Foreste	4-A-Forest Land	3.1	2.4.4	2.2.4
Aree naturali e seminaturali	4-C-Grassland	2.3.1	3.2.1	
Aree bruciate	6-CO2 emissions from biomass	3.3.4		
Aree agricole	4-B-Cropland	2.1	2.2(tranne 2.2.4)	2.4(tranne 2.4.4)
Tessuto urbano	4-E-Settlements	1.1		
Produzione di rifiuti	5-Waste	1.3.2		
Unità industriali, commerciali e di trasporto	1-Energy + 2-Industrial processes	1.2		

**Tabella 6.1.1.1: corrispondenze create tra classi CLC e Inventario gas serra**

4. I dati medi ricavati di tonnellate di CO2 Eq. per ettaro/anno, sono stati inseriti all'interno delle "leve" del modello secondo la formula sotto riportata; essi fungono da coefficienti per il computo complessivo in termini di T.CO2 Eq.

**(ettari classe sequestro \* coeff.Co2 eq) - (ettari classe rilascio \* coeff.Co2 eq)**

Tipologia	Ettari 2006	Ettari 2012	tCO2Eq/mese 2006	tCO2Eq/mese 2012	Coeff.Modello: tCO2Eq/anno/ha 2006	Coeff.Modello: tCO2Eq/anno/ha 2012
Aree Agricole	15126550	15167100	104000	282416,6667	<b>0,082503942</b>	<b>0,223444165</b>
Aree seminaturali	1889957,461	1837889,114	-281500	-118750	<b>-1,787341816</b>	<b>-0,775346015</b>
Brucciature di biomasse	2828,679612	10397,05486	2210750	3439000	<b>9378,580695</b>	<b>3969,200946</b>
Foreste	8018352,306	8155346,22	-3115416,6667	-2512250	<b>-4,662429209</b>	<b>-3,696593521</b>
Industrie	293878,4611	335044,069	42725833,33	34690000	<b>1744,632792</b>	<b>1242,463421</b>
Produzione di rifiuti	2075,660172	2816,818376	1565166,6667	1323083,333	<b>9048,687376</b>	<b>5636,501145</b>
Urbanizzazione	1099233,658	1165778,226	653333,3333	851666,6667	<b>7,132241579</b>	<b>8,766676005</b>

**Tabella 6.1.1.2: coefficienti medi di CO2 Eq per ettaro/anno ricavati**

5. Il modello creato è stato applicato per calcolare l'effettivo bilancio di CO2 Equivalenti all'interno della ZPS per gli anni 2006 e 2012.

### **6.1.2 Le trasformazioni del paesaggio: pressione antropica in aree contigue**

Costruito il modello logico, come sopra descritto e applicato all'interno della ZPS per gli anni 2006 e 2012, si è proceduto ad utilizzarlo anche per la quantificazione dell'effettivo bilancio di CO2 Equivalenti nella zona contigua alla ZPS considerando un buffer di 20 km dalla stessa, in continuità con lo studio del progetto Life+ MGN.

La finalità è stata quella di comprendere la pressione generata dall'uomo in un'area attigua alla ZPS in oggetto, per comprenderne l'evoluzione nel tempo in relazione all'evolversi dei mutamenti all'interno della ZPS e potenziali minacce per la stessa derivanti da trasformazioni del paesaggio.

## **6.2 Il servizio estetico del paesaggio: applicazione della metodologia e costruzione del modello logico**

La costruzione del modello logico riferito al servizio culturale “qualità del paesaggio”, ha come scopo quello di fornire uno strumento utile alla comprensione delle dinamiche tra popolazione che abita un territorio ed il territorio stesso.

La comprensione del territorio così come percepito dalla popolazione, secondo la definizione che ne ha dato la Convenzione Europea del Paesaggio, risulta essenziale per individuare i desideri della popolazione riguardo il paesaggio stesso e orientare al meglio la gestione del territorio futura.

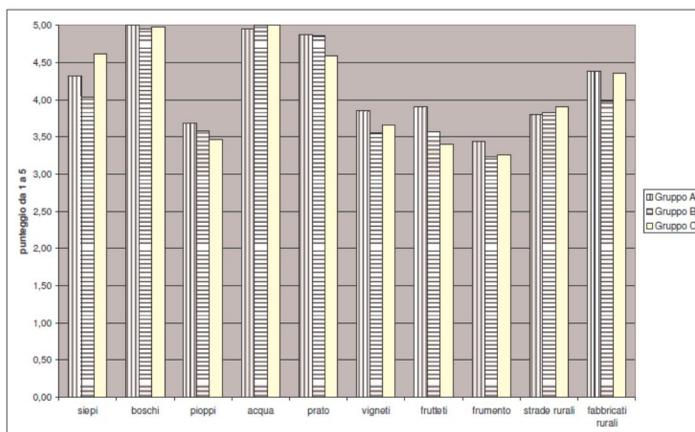
La metodologia utilizzata si basa sulle preferenze espresse verbalmente dalla popolazione, utilizzando un approccio di tipo descrittivo-qualitativo (Tempesta, 2009) tramite l’ausilio di questionari opportunamente costruiti e somministrati ad un campione scelto.

Alla luce di quanto descritto, sarà fornito uno strumento per la quantificazione del servizio in oggetto, prescindendo dalla somministrazione del questionario valutativo, che non risulta essere oggetto della tesi.

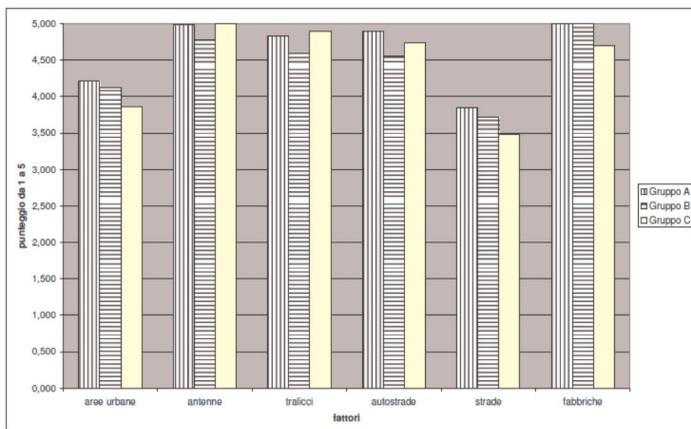
Non disponendo dei dati rilevati dalla somministrazione di uno specifico questionario, si sono prese come riferimento tre indagini, condotte in ambito della Regione Veneto, in cui agli intervistati è

stato chiesto di esprimere con un punteggio in scala da 1 a 5 l'importanza assunta dalla presenza o dall'assenza di alcuni elementi al fine di migliorare l'estetica del paesaggio (Aldegheri, 2003; Bonotto, 1995; Tempesta, 2006a) (Figure 6.2.1 e 6.2.2).

Questo strumento, seppur presentando dei limiti connessi alla conoscenza dei singoli individui intervistati rispetto agli elementi stessi, presenta indubbiamente alcuni vantaggi; una discreta semplicità operativa e la possibilità di intervistare facilmente un gran numero di persone rappresentano un concreto vantaggio, poiché i questionari possono essere facilmente autocompilati (Tempesta, 2009).



**Figura 6.2.1: Fattori che migliorano l'estetica del paesaggio espressi dalla popolazione secondo tre indagini condotte nel Veneto (Aldegheri, 2003; Bonotto, 1995; Tempesta, 2006a)**



**Figura 6.2.2: Fattori che peggiorano l'estetica del paesaggio espressi dalla popolazione secondo tre indagini condotte nel Veneto (Aldegheri, 2003; Bonotto, 1995; Tempesta, 2006a)**

Il modello logico è stato costruito a partire dal modello concettuale precedentemente elaborato di regolazione del clima; dagli elementi di uso del suolo selezionati all'interno dello studio del Veneto, assumendolo proprio, si sono estratti e aggregati per classi i valori medi dei giudizi della popolazione intervistata rispetto ad ogni categoria selezionata nei tre studi (Tabella 6.2.1).

Successivamente sono stati aggregati i risultati per classi del CLC (ad. Esempio urbano, agricolo, etc.) come da schematizzazione del modello logico (Figura 6.2.3); i valori medi per ciascun uso vanno, quindi, a rappresentare le leve del modello stesso.

Classi CLC (II liv)	Preferenze espresse dalla popolazione			
Aree naturali e seminaturali	siepi	prato	frumento	
Foreste	boschi	pioppi		
Aree agricole	vigneti	frutteti		
Tessuto urbano	strade rurali	Fabbricati rurali	aree urbane	antenne
Unità industriali commerciali e di trasporto	fabbriche	tralicci	autostrade	

**Tabella 6.2.1: Aggregazione e associazione preferenze espresse dalla popolazione con classi del CLC (II liv.)**

Sono state create poi le relazioni tra i vari elementi di uso del suolo, inserendo le equazioni specifiche all'interno del modello sintetizzate nella seguente formula:

$$\frac{\sum (\text{ettari classe migliorativa} * \text{coeff. grad})}{\text{Ettari totali}} - \frac{\sum (\text{ettari classe peggiorativa} * \text{coeff. grad})}{\text{Ettari totali}}$$

Il risultato è un indice con valori che variano da -5 a +5; i valori positivi rappresentano un "buon paesaggio" e i negativi un "cattivo paesaggio" così come percepito dalla popolazione.

Il modello così costruito (Figura 6.2.4) è stato applicato all'interno della ZPS e nel suo buffer di 20 km, per gli anni 2006 e 2012, per

comprenderne l'evoluzione della percezione della popolazione nel tempo rispetto ai cambiamenti di uso del suolo.

Il modello così costruito, espresso in termini di bilancio netto tra aspetti che migliorano l'estetica del paesaggio e quelli che lo peggiorano, segue l'approccio metodologico già utilizzato per il servizio regolazione del clima.

Il diagramma di flusso si compone di due parti; a sinistra le componenti che determinano i fattori di miglioramento, a destra quelle riferite ai fattori di peggioramento così come espressi dalla popolazione.

I fattori (leve del modello) che concorrono alla quantificazione del servizio estetico del paesaggio, al pari del servizio regolazione del clima precedentemente descritto, sono stati individuati a partire dalla cartografia CLC e sono:

### **Fattori di miglioramento**

- Foreste:
  - a. Foreste a latifoglie e arboricoltura da legno
  - b. Foreste a conifere
  - c. Foreste miste
- Area naturali e seminaturali
  - a. Pascoli
  - b. Prateria naturale
  - c. Lande e brughiera

- d. Vegetazione sclerofila
- e. Transizione suolo boscoso-arbusti
- Aree agricole
  - a. Seminativi non irrigati
  - b. Suolo permanentemente irrigato
  - c. Risaie
  - d. Vigneti
  - e. Coltivazione complessa
  - f. Colture annuali associate a colture permanenti
  - g. Oliveti
  - h. Frutteti e frutti minori
  - i. Suoli occupati principalmente dall'agricoltura
- Acque
- Terre umide

### **Fattori di peggioramento**

- Aree bruciate
- Tessuto urbano
  - c. Tessuto urbano continuo
  - d. Tessuto urbano discontinuo
- Produzione di rifiuti
- Unità industriali, commerciali e di trasporto
  - e. Unità industriali e commerciali

- f. Reti di strade e binari e territori associati
- g. Aree portuali
- h. Aeroporti

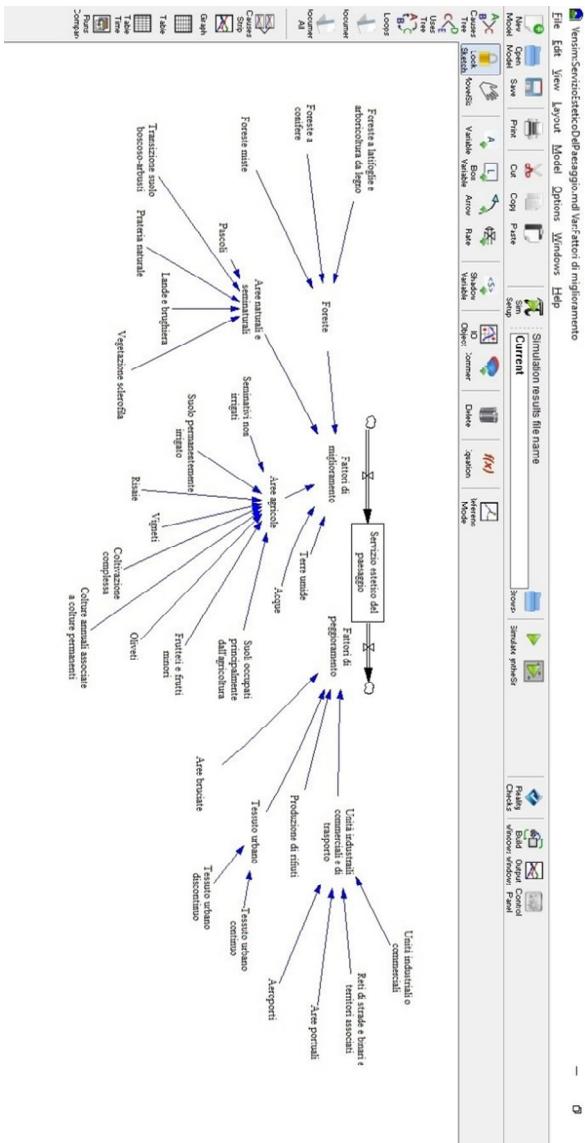


Figura 6.2.3: Modello concettuale per il servizio estetico del paesaggio



## PARTE III

### CAPITOLO 7: Risultati, discussioni e conclusioni della ricerca

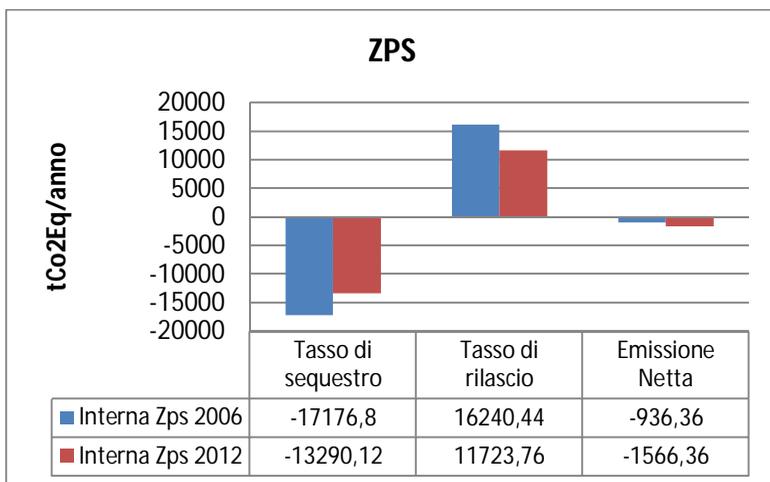
#### 7.1 Risultati

##### 7.1.1 La quantificazione del servizio di regolazione del clima

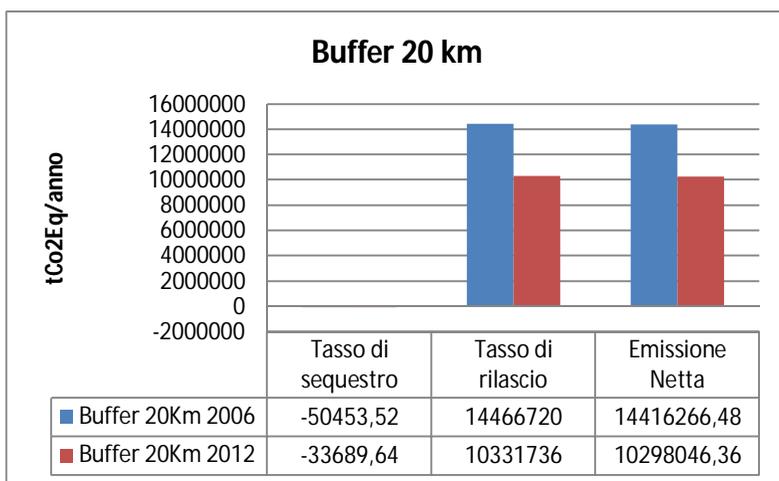
Di seguito i risultati ottenuti dall'analisi all'interno della ZPS e fuori della stessa in un buffer 20 km; i valori sono espressi in tCO<sub>2</sub>Eq./anno

Tipologia	ZPS 2006	ZPS 2012	Buffer 20Km 2006	Buffer 20Km 2012
Tasso di sequestro	-17176,8	-13290,12	-50453,52	-33689,64
Tasso di rilascio	16240,44	11723,76	14466720	10331736
Emissione Netta	-936,36	-1566,36	14416266,48	10298046,36

**Tabella 7.1.1.1: Emissione netta, tasso di sequestro e tasso di rilascio di CO<sub>2</sub> Eq. nella ZPS e nel buffer negli anni 2006-2012.**



**Figura 7.1.1.1: Risultati all'interno della ZPS - bilancio**



**Figura 7.1.1.2: Risultati nel buffer di 20km - bilancio**

Dal grafico in Figura 7.1.1.1 (ZPS) si evince, in entrambi gli anni 2006/2012, un sostanziale bilanciamento tra rilascio e sequestro di gas serra all'interno della ZPS con un'emissione netta in favore del sequestro. Si registra, inoltre, un trend positivo tra il 2006 e 2012, per quanto riguarda l'emissione netta di gas serra.

Dal grafico in Figura 7.1.1.2 (Buffer 20km) si evince un marcato sbilanciamento in favore del rilascio di gas serra nel buffer di 20 km attorno alla ZPS in entrambi gli anni (2006/2012). Anche in questa zona si registra un trend positivo tra il 2006 e 2012, per quanto riguarda l'emissione netta di gas serra.

### **7.1.2 La quantificazione del servizio estetico del paesaggio**

Di seguito i risultati ottenuti dall'analisi all'interno della ZPS e fuori della stessa in un buffer 20 km espressi dalla popolazione e calcolati in termini di bilancio tra fattori migliorativi e peggiorativi del paesaggio, secondo un indice che varia da -5 a +5.

<b>Riferimento</b>	<b>Fattori migliorativi</b>	<b>Fattori peggiorativi</b>	<b>Totali</b>
ZPS 2012	4,0735	-0,0244	4,0491
Buffer 2012	3,2948	-0,5065	2,7882
ZPS 2006	4,0932	-0,0259	4,0673
Buffer 2006	3,3139	-0,4609	2,8530

**Tabella 7.1.2.1: Risultati dell'analisi sul servizio estetico del paesaggio nel tempo (2006-2012) dentro la ZPS e in un buffer di 20km dalla stessa**

Dall'analisi dei risultati all'interno della ZPS emerge quanto segue:

- Fattori migliorativi: indice di poco superiore al 4 con lieve peggioramento nel tempo (pari allo 0,2%);
- Fattori peggiorativi: indice quasi pari a 0 stabile nel tempo;
- Totali: indice di poco superiore al 4 con lieve peggioramento nel tempo (pari allo 0,2%).

Dall'analisi dei risultati nel Buffer di 20 km dalla ZPS emerge quanto segue:

- Fattori migliorativi: indice intorno al 3,3 con lieve peggioramento nel tempo (pari allo 0,1%);
- Fattori peggiorativi: indice pari allo 0,5 sostanzialmente stabile nel tempo;
- Totali: Indice intorno al 2,8 con lieve peggioramento nel tempo (pari allo 0,08%).

## **7.2 Discussioni e conclusioni**

Questo lavoro rappresenta un punto di partenza nell'individuazione di strumenti e metodologie per la definizione di buone pratiche utili alla quantificazione dei servizi ecosistemici legati all'uso del suolo.

Oggetto dello studio comparato è stato il territorio riguardante la Zona di Protezione Speciale IT20B0501 "Viadana, Portiolo San Benedetto Po e Ostiglia" e un'area limitrofa di 20 chilometri esterna alla ZPS.

Sono stati modellati e studiati due servizi ecosistemici, il primo riguardante la regolazione del clima e il secondo riguardante il servizio estetico del paesaggio. I dati elaborati fanno riferimento agli anni 2006 e 2012.

L'analisi è stata effettuata tramite applicativi GIS di elaborazione cartografica al fine di avere una precisa mappatura delle diverse realtà territoriali. Tali dati sono stati elaborati e rapportati all'uso del suolo della ZPS e del relativo buffer e studiati attraverso uno specifico strumento per la modellazione di sistemi dinamici secondo la logica dei diagrammi di flusso.

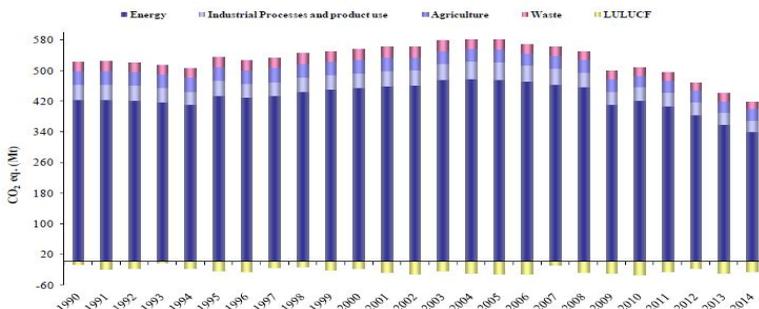
L'analisi dei dati locali ha permesso di scoprire, in queste aree, aspetti peculiari del territorio legati alle trasformazioni del paesaggio e, quindi, ai mutamenti dell'estetica del paesaggio e della regolazione del clima.

Nonostante un lieve peggioramento estetico del paesaggio nel tempo sia dentro la ZPS che nel buffer (Tabella 7.2.1) si riscontra una riduzione di CO2 Equivalenti emessi in atmosfera in entrambe le zone in esame.

Analizzando l'uso del suolo riguardante le tipologie afferenti all'antropizzazione, così come definite dalla cartografia Corine Land Cover, si nota un aumento negli anni di tali superfici. Secondo ISPRA, a livello nazionale, il motivo della riduzione dei CO2 equivalenti immessi in atmosfera lo si può ricondurre principalmente a tre fattori che, sinergicamente hanno concorso alla diminuzione nel tempo delle emissioni totali nell'atmosfera. I tre fattori individuati sono:

- Riduzione dei consumi energetici e delle produzioni industriali
- Crescita della produzione di energia da fonti rinnovabili
- Incremento dell'efficienza energetica

In Figura 7.2.1 appare evidente, infatti, la diminuzione nel tempo delle emissioni di CO2 Equivalenti a partire già dal 2005 per tutto il comparto energia che, da sempre, rappresenta la fonte primaria di emissione di gas climalteranti nell'atmosfera.



**Figura 7.2.1: Emissione e rimozione di gas serra dal 1990 al 2014 (MtCO<sub>2</sub> Eq.) (Ispra, 2014)**

La riduzione dei consumi energetici e delle produzioni industriali, causati dalla crisi economica degli ultimi anni, congiuntamente alla crescita della produzione di energia da fonti rinnovabili (soprattutto da idroelettrico ed eolico) e all'incremento dell'efficienza energetica, derivanti dagli impegni del protocollo internazionale di Kyoto (1997) firmato e ratificato dall'Italia riguardante il surriscaldamento globale, hanno condotto sinergicamente al verificarsi di questa tendenza.

Dall'analisi dei risultati si evince sia per la ZPS che per l'area limitrofa di 20km, una diminuzione percentuale dell'emissione netta di CO<sub>2</sub> Eq., pari a circa il 40% per l'area limitrofa e il 60% per la ZPS (Tabella 7.2.1).

<b>Zona</b>	<b>Trend Servizio Regolazione del Clima</b>	<b>Trend Servizio Estetico del paesaggio</b>
ZPS	<b>-59,78%</b>	<b>-0,20%</b>
BUFFER 20Km	<b>-39,99 %</b>	<b>-0,08%</b>

**Tabella 7.2.1: Trend dei due servizi ecosistemici analizzati**

Analizzando il dettaglio delle emissioni (Tabella7.2.2) si evince che, nonostante ci sia stata una diminuzione della emissione netta di CO2 Equivalenti, il tasso di sequestro risulta in diminuzione sia internamente che esternamente alla ZPS.

<b>Tipologia</b>	<b>Zps 2006</b>	<b>Zps 2012</b>	<b>Buffer 20Km 2006</b>	<b>Buffer 20Km 2012</b>
Tasso di sequestro	-17176,80	-13290,12	-50453,52	-33689,64
Tasso di rilascio	16240,44	11723,76	14466720	10331736
Emissione Netta	-936,36	-1566,36	14416266,48	10298046,36

**Tabella 7.2.2: Bilancio CO2 Equivalenti (valori espressi in tCO2Eq./anno)**

Ciò consente di constatare una diminuzione dell'emissione netta dovuta principalmente alla diminuzione del tasso di rilascio da parte dell'industria e del comparto energia e non ad un aumento di aree naturali e seminaturali che concorrono ad aumentare il sequestro di CO2 che, di fatto, sono diminuite portando ad una perdita nella ZPS,

in termini di sequestro, di ben 3886,68 tCO<sub>2</sub>Eq nel 2012 rispetto al 2006.

Secondo le ultime interpretazioni il disaccoppiamento tra emissioni di gas serra e crescita economica è ormai un dato di fatto in ambito scientifico. Nell'ultimo anno l'Unione europea ha presentato all'Onu il suo "*Annual european union greenhouse gas inventory 1990–2014 and inventory report 2016*" e secondo tale rapporto, dal 1990 al 2014, con una riduzione complessiva del 24,4% delle emissioni di gas serra, si è registrato un aumento del 47% del prodotto interno lordo europeo. La riduzione dell'emissione totale di gas climalteranti in atmosfera però, non va di pari passo con la riduzione dello sfruttamento delle risorse ambientali; il vero disaccoppiamento a cui tendere, quello tra crescita economica e impatti ambientali, si misura soprattutto nel consumo di risorse naturali.

Parallelamente allo studio della regolazione del clima, l'analisi del servizio ecosistemico del paesaggio ha mostrato, per contro, un sostanziale mantenimento delle prerogative estetiche, sebbene si segnali una leggera inflessione negativa dovuta per lo più all'aumento dell'urbanizzazione sia nella ZPS che nel buffer.

Oltre all'obiettivo specifico della quantificazione di due servizi ecosistemici scelti nella ZPS oggetto di studio in un arco temporale noto, obiettivo generale di questo lavoro è quello di fornire un decalogo di strumenti, indicazioni e procedure utili alla

standardizzazione del processo di quantificazione dei servizi ecosistemici, a partire dall'uso del suolo. Oltre a considerazioni di carattere specifico si possono derivare considerazioni generali riguardo l'applicabilità e la replicabilità della metodologia e dei modelli costruiti ad altri casi studio.

La metodologia utilizzata può aiutare a definire i passi da intraprendere per un corretto utilizzo degli strumenti di quantificazione dei servizi ecosistemici, in un'ottica di buona gestione del territorio.

Di seguito un breve decalogo di buone pratiche rispetto alla valutazione/quantificazione dei servizi legati all'uso del suolo:

- Fase 1: studio completo e approfondito dell'area; Caratteristiche geomorfologiche, naturali, culturali e del tessuto socio economico;
- Fase 2: Raccolta dei dati cartografici di uso e copertura del suolo disponibili;
- Fase 3: identificazione dei servizi principali forniti dal sito rispetto all'uso del suolo;
- Fase 4: Scelta del servizio/servizi da quantificare rispetto agli obiettivi prefissati;
- Fase 5: Costruzione del modello logico del flusso del servizio in termini di bilancio tra elementi che concorrono positivamente e negativamente;

- Fase 6: Identificazione degli elementi di uso del suolo che fungono da "leve" del modello; esse rappresentano i fattori su cui poter agire in termine di gestione del territorio;
- Fase 7: Esplicitazione delle relazioni causa/effetto tra le variabili considerate tramite la costruzione di equazioni ad hoc
- Fase 8: Simulazione ed analisi dei risultati rispetto ai diversi usi del suolo, espressi in termini di miglioramento/peggioramento dell'erogazione del servizio;
- Fase 9: Condivisione del modello costruito con i portatori di interesse che, a vario titolo, dovranno prendere parte al processo di gestione del territorio;
- Fase 10: Sessioni di formazione e tutoraggio al fine di rendere autonomi i portatori di interesse locali.

La metodologia seguita nel presente studio può essere utilizzata come una serie di linee guida per una corretta valutazione/quantificazione dei servizi ecosistemici e "scalata" alle diverse realtà territoriali utilizzando come input del modello dati specifici del territorio in esame, cartografie di dettaglio, database specifici e somministrazione di questionari *ad hoc* alla popolazione. L'utilizzo di strumenti di modellazione dinamica (system dynamic models), attraverso l'impiego della logica dei diagrammi di flusso, si è rivelato essere il migliore degli strumenti analizzati, avendo consentito una modellazione concreta delle interazioni presenti tra

le variabili caratterizzanti i due SE. Una volta costruite le regole logiche di interazione dei modelli ed averli applicati al caso studio, tali modelli hanno consentito una quantificazione oggettiva degli SE analizzati. I modelli così costruiti ed i risultati da questi ottenuti, oltre a rappresentare lo stato di fatto del territorio, possono essere utilizzati per studiare le dinamiche di interazione e di trasformazione del paesaggio; questi pertanto possono diventare uno strumento estremamente utile a varie figure professionali quali il paesaggista, l'urbanista ed il pianificatore, che intervengono nelle varie fasi della progettazione e gestione del territorio, per indirizzare e rafforzare le scelte di pianificazione dei decisori finali.

## Bibliografia

Agnoletti M., 2012, Il patrimonio intangibile agroforestale: l'esperienza del catalogo nazionale del paesaggio rurale storico, in "Il patrimonio culturale intangibile nelle sue diverse dimensioni", Università degli Studi di Milano–Bicocca (facoltà di giurisprudenza), Giuffrè, pp.374, ISBN 9788814173189

Agnoletti M., L'inventario nazionale del paesaggio rurale storico. Nuovi indirizzi per la pianificazione delle aree rurali, 2012, Ri-Vista ricerche per la progettazione del paesaggio, ISSN1724-6768

Agnoletti M., Marinai V., Agricoltura e governo del territorio: il sistema di monitoraggio del paesaggio in Toscana, 2009, Ital. J. Agron. / Riv. Agron., 3 Suppl.:53-59

Bagstad K. J., Semmens D., Winthrop R., Comparing approaches to spatially explicit ecosystem service modeling: A case study from the San Pedro River, Arizona, *Ecosystem Services* 5 (2013) e40–e50

Bagstad K. J., Semmens D., Winthrop R., Jaworksi D., Larson J., 2012, *Ecosystem Services Valuation to Support Decision making on Public Lands—A Case Study of the San Pedro River Watershed, Arizona*, USGS-Scientific Investigations Report 2012–5251

Bagstad K.J., Semmens D.J., Waage S., Winthrop R., A comparative assessment of decision-support tools for ecosystem services quantification and valuation, *Ecosystem Services* 5(2013) e27–e39

Barbier Edward B., (2009) Ecosystems as natural assets. *Found Trends Microecon* 4(8):611–681

Blasi C., Boitani L., La Posta S., Manes F., Marchetti M. (a cura di), *Stato della biodiversità Italia. Contributo alla strategia nazionale per la biodiversità*, pp. 466, Palombi Editori, Roma.

Blasi F., Marino D., Pallotta M. L., 2012, I servizi agro-ecosistemici: pagamenti per i servizi ecosistemici alla luce delle proposte per la nuova PAC, *Agriregionieuropa* anno 8 n°30, Set 2012

Brouwer R., Brander L., Kuik O., Papyrakis E. and Bateman I., 2013, A synthesis of approaches to assess and value ecosystem services in the EU in the context of TEEB

BSR's Ecosystem Services Working Group, 2014, Making the Invisible Visible: Analytical Tools for Assessing Business Impacts & Dependencies Upon Ecosystem Services,

BSR's Ecosystem Services, Tools & Markets Working Group, 2011, New Business Decision-Making Aids in an Era of Complexity, Scrutiny, and Uncertainty

BSR's Environmental Services, Tools, and Markets Working Group, 2011, Relevant Database-Oriented Tools for Potential Use with Multi-Ecosystem Services Tools

Cataldi M.A., Morri E., Scolozzi R., Zaccarelli N., Santolini R., Pace D.S., Venier M., Berretta C., 2009, Stima dei servizi ecosistemici a scala regionale come supporto a strategie di sostenibilità, *Atti XIX Congresso S.It.E. - Bolzano*

Ceccarelli T., Bajocco S., Perini L., Salvati L., Urbanisation and Land Take of High Quality Agricultural Soils - Exploring Long-term Land Use Changes and Land Capability in Northern Italy, *Int. J. Environ. Res.*, 8(1):181-192, 2014, ISSN: 1735-686

Chiodo E., Finocchio E., Come è cambiato il paesaggio con l'evoluzione dell'agricoltura?, *Agriregionieuropa* anno 1 n°3, Dic 2005

Chirici G., Sallustio L., Vizzarri M., Marchetti M., Barbati A., Corona P., TravaGlini D., Cullotta S., Laforteza R., Lombardi F., 2014, *Advanced*

earth observation approach for multiscale forest ecosystem services modeling and mapping (mimose), *Ann. Bot. (Roma)*, 2014, 4: 27–34

CICES (Common International Classification of Ecosystem Services), <http://cices.eu/>

Cimon-Morin J., Darveau M., Poulin M., Towards systematic conservation planning adapted to the local flow of ecosystem services, *Global Ecology and Conservation*, Volume 2, December 2014, Pages 11-23, ISSN 2351-9894

Clothier B., Hall A., Deurer M., Green S., Mackay A., 2009, Soil Ecosystem Services: Sustaining Returns on Investment into Natural Capital, Chapter 10 in the Proceedings of the OECD Workshop on “Sustaining Soil Productivity in Response to Global Climate Change - Science, Policy and Ethics”

Concetti B., Comini B., Calvo E., 2014, Servizi ecosistemici nelle UPF della Lombardia: risultati preliminari dell’applicazione dei tools di mappatura InVEST e SolVES, Workshop “I servizi ecosistemici e le foreste urbane”, Milano 13/03/2014

Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, Report to the European Environment Agency, European Environment Agency (EEA), August-December 2012, EEA/IEA/09/003

Corine Land Cover, <http://www.sinanet.isprambiente.it/i>

Corona P., Barbati A., Tomao A., Bertani R., Valentini R., Marchetti M., Fattorini L., Perugini L., 2012, Land use inventory as framework for environmental accounting: an application in Italy, *iForest – Biogeosciences and Forestry*, doi: 10.3832/ifor0625-005

Costanza R., d'Arge R., de Groot R., Farberk 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

Costanza R., de Groot R., Sutton P., van der Ploeg S., Anderson S. J., Kubiszewski I., Farber S., Turner R. K., Changes in the global value of ecosystem services, *Global Environmental Change* 26 (2014) 152–158

Crossman N. D., Burkhard B., Nedkov S., Quantifying and mapping ecosystem services, *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management* Vol. 8, Nos. 1–2, June 2012, 1–4

Crossman N.D., Burkhard B., Nedkov S., Willemen L., Petz K., Palomo I., Drakou E. G., Martín-Lopez B., McPhearson T., Boyanova K., Alkemade R., Egoh B., Dunbar M. B., Maes J., A blue print for mapping and modelling ecosystem services, *Ecosystem Services* 4 (2013) 4–14

Daniel T.C., Muhar A., Arnberger A., Aznar O., Boyd J.W., Chan K.M.A., Costanza R., Elmqvist T., Flint C.G., Gobster P.H., Gret-Regamey A., Lave S., Penker M., Ribe R.G., Schauppenlehner T., Sikor T., Soloviy I., Spierenburg M., Taczanowska K., Tam J., Von derDunk A., 2012. Contributions of cultural services to the ecosystem services agenda. *Proceedings of the R., National Academy of Sciences of the United States of America* 109, 8812–8819

Dominati E, Mackay A, Green S. and Patterson M., 2011, THE VALUE OF SOIL SERVICES FOR NUTRIENT MANAGEMENT

Dominati E, Mackay A, 2013, An Ecosystem Services Approach to the Cost of Soil Erosion and Value of Soil Conservation, Report prepared for: Hawke's Bay Regional Council

Dominati E., Mackay A. and Patterson M., 2010, Modelling the provision of ecosystem services from soil natural capital, 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World

Dominati E., Patterson M., Mackay A., A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils, Ecological Economics, 2010, vol. 69, issue 9, pages 1858-1868

Edmondson J. L., Davies Z. G., McCormack S. A., Gaston K. J., Leake J. R., Land-cover effects on soil organic carbon stocks in a European city, Science of The Total Environment, Volume 472, 15 February 2014, Pages 444-453, ISSN 0048-9697

EEA, 2010, The European environment state and outlook 2010 land use, ISBN 978-92-9213-160-9

Egoh B., Drakou E. G., Dunbar M. B., Maes J., Willemsen L., 2012, Indicators for mapping ecosystem services: a review, JRC Scientific and Policy Reports

ESTCP Meeting DoD's Environmental Challenges, 2014, Enlisting Ecosystem Services: Quantification and Valuation of Ecosystem Services to Inform Base Management (RC-201113)

European Commission, 2010, The factory of life - Why soil biodiversity is so important, ISBN 978-92-79-14998-6

European Commission, 2014, LIFE and Soil protection, ISBN 978-92-79-34664-4

European Commission, 2014, Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services, Indicators for ecosystem assessments under Action 5 of the EU Biodiversity Strategy to 2020, 2nd Report – Final, February 2014, ISBN 978-92-79-36161-6

European Commission, LIFE, 2010, building up Europe's green infrastructure

European Commission, 2009, Beni e servizi ecosistemici, KH-78-09-554-IT-D

European Union, LIFE building up Europe's green infrastructure, Addressing connectivity and enhancing ecosystem functions, © European Union, 2010, ISBN 978-92-79-15719-6, ISSN 1725-5619, doi 10.2779/24820

European Commission, 2014, Corso di formazione dell'ANCE, La pubblica amministrazione in Europa, Il settimo programma d'azione per l'ambiente (2014-2020) e il consumo di suolo

Ferrara A., Salvati S., Sabbi A., Colantoni A., Soil resources, land cover changes and rural areas: Towards a spatial mismatch?, *Science of the Total Environment* 478 (2014) 116–122

Ferrari M., Geneletti D., 2014, Mapping and assessing multiple ecosystem services in an alpine region: a study in Trentino, Italy, *Ann. Bot. (Roma)*, 2014, 4: 65–71

Gaglioppa P., 2013, La valutazione di efficacia nella governance delle aree naturali protette. Gli ecosystem services come indicatori di gestione, Phd tesi, dottorato di ricerca in ambiente e territorio- XXIV ciclo, Università degli studi del Molise- Dipartimento di bioscienze e territorio

Geoportale Regione Lombardia,  
<http://www.geoportale.regione.lombardia.it/>

Gissi E., Gaglio M., Reho M., 2014, Trade-off between carbon storage and biomass-based energy sources ecosystem services, the case study from the province of Rovigo (Italy), *Ann. Bot. (Roma)*, 4: 73–81

Giupponi C., Galassi S., Pettenella D., 2009, Verso la strategia nazionale per la biodiversità. Esiti del tavolo tecnico. Definizione del metodo per la classificazione e quantificazione dei servizi ecosistemici in Italia, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

Goldstein J. H., Caldarone G., Colvin C., Duarte T. K., Ennaanay D., Fronda K., Hannahs N., McKenzie E., Mendoza G., Smith K., Wolny S., Woodside U., Daily G. C., 2010, The Natural Capital Project, Kamehameha Schools, and InVEST: Integrating Ecosystem Services into Land-Use Planning in Hawai'i, TEEB case

Goldstein J. H., Caldarone G., Duarte T. K., Ennaanay D., Hannahs N., Mendoza G., Polasky S., Wolny S., Daily G. C., 2012, Integrating ecosystem-service tradeoffs into land-use decisions, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, [www.pnas.org/lookup/suppl/doi:10.1073/pnas.1201040109/-/DCSupplemental](http://www.pnas.org/lookup/suppl/doi:10.1073/pnas.1201040109/-/DCSupplemental).

Gómez-Baggethun E., de Groot R., Lomas P L, Montes C. 2010. The history of ecosystem services in economic theory and practice: From early notions to markets and payment schemes. *Ecological Economics* 69 (2010) 1209–1218.

Grêt-Regamey A., Weibel B., Kienast F., Rabe S., Zulian G., A tiered approach for mapping ecosystem services, *Ecosystem Services*, 2014, ISSN 2212-0416

Hai-ling G., Liang-qiang W., Yong-peng L., A GIS-based approach for information management in ecotourism region, *Procedia Engineering*, Volume 15, 2011, Pages 1988-1992, ISSN 1877-7058,

Hauck J., Görg C., Varjopuro R., Ratamáki O., Maes J., Wittmer H, Jax K., Maps have an air of authority'': Potential benefits and challenges of ecosystem service maps at different levels of decision making, *Ecosystem Services* 4 (2013) 25–32

Hewitt A., Dominati E., Webb T., Cuthill T., Soil natural capital quantification by the stock adequacy method, *Geoderma*, Volumes 241–242, March 2015, Pages 107-114, ISSN 0016-7061

Howe C., Suich H., Vira B., Mace G. M., Creating win-wins from trade-offs? Ecosystem services for human well-being: A meta-analysis of ecosystem service trade-offs and synergies in the real world, *Global Environmental Change*, Volume 28, September 2014, Pages 263-275, ISSN 0959-3780

Iannucci C., Munafò M., Sambucini V., A system approach to the integration of ecosystem services with DPSIR components, *EnviroInfo 2011: Innovations in Sharing Environmental Observations and Information*, 2011, Shaker Verlag Aachen, ISBN: 978-3-8440-0451-9

ISPRA, Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2014. National Inventory Report 2016, ISPRA - Rapporti, 239/2016, ISBN: 978-88-448-0764-1

Johnson K. A., Polasky S., Nelson E., Pennington D., Uncertainty in ecosystem services valuation and implications for assessing land use tradeoffs: An agricultural case study in the Minnesota River Basin, *Ecological Economics* 79 (2012) 71–79

La Notte A., Scolozzi R., Molfetta P., Gubert F., Molognoni R., Franchi R., Pecile A., An ecosystem service-based approach to design agri-environment-climate payments for the rural development programs 2014-2020. The case of the autonomous province of Trento, *Ann. Bot. (Roma)*, 2014, 4: 91–96

Lambin E. F., Turner B.L., Geist H. J., Agbola S. B., Angelsen A., Bruce J. W., Coomes O. T., Dirzo R., Fischer G., Folke C., George P.S., Homewood K., Imbernon J., Leemans R., Li X., Moran E. F., Mortimore M., Ramakrishnan P.S., Richards J. F., Skånes H., Steffen W., Stone G. D., Svedin U., Veldkamp T. A., Vogel C., Xu J., The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths, *Global Environmental Change*, Volume 11, Issue 4, December 2001, Pages 261-269, ISSN 0959-3780, [http://dx.doi.org/10.1016/S0959-3780\(01\)00007-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0959-3780(01)00007-3).

Lawler J.J. , Lewis D. J., Nelson E., Plantinga A. J., Polasky S., Withey J. C., Helmers D.P., Martinuzzi S., Pennington D., Radeloff V. C., Projected land-use change impacts on ecosystem services in the United States, *PNAS* 2014 111 (20) 7492-7497; published ahead of print May 5, 2014, doi:10.1073/pnas.1405557111

LIFE, 2008, DINAMO - Increasing endangered biodiversity in agricultural and semi-natural areas: a demonstrative management model LIFE08 NAT/IT/000324

LIFE, 2012, CarbOnFarm - LIFE12 ENV/IT/000719- Technologies to stabilize soil organic carbon and farm productivity, promote waste value and climate change mitigation

LIFE+ 2013 Environment Policy and Governance, LIFE13 ENV/IT/001218- technical application forms, Part a – administrative information.

LIFE+ MGN Making Good Natura- LIFE11 ENV/IT/000168, 2013, A.2.1: Analisi della letteratura

LIFE+ MGN Making Good Natura- LIFE11 ENV/IT/000168, 2013, A.2.2: Analisi dei servizi ecosistemici nei siti pilota

LIFE+ MGN Making Good Natura- LIFE11 ENV/IT/000168, 2013, A.2.3:  
Identificazione dei potenziali beneficiari

LIFE+ MGN Making Good Natura- LIFE11 ENV/IT/000168, 2013, A.2.4:  
Selezione dei servizi ecosistemici

LIFE+ MGN Making Good Natura- LIFE11 ENV/IT/000168, 2013, A3:  
Analisi della gestione e dei finanziamenti riguardo ai servizi  
ecosistemici nei siti pilota

LIFE+ MGN Making Good Natura- LIFE11 ENV/IT/000168, 2013, B1.1:  
Metodi di valutazione

LIFE+ MGN Making Good Natura- LIFE11 ENV/IT/000168, 2013, B1.2:  
Flussi dei servizi ecosistemici

LIFE+ MGN Making Good Natura- LIFE11 ENV/IT/000168, 2013,  
B2: Modello dimostrativo di valutazione dell'efficacia di gestione dei  
siti pilota

LIFE+ MGN Making Good Natura- LIFE11 ENV/IT/000168, 2013,  
Azione B3: Modello dimostrativo di governance dei siti MAKING  
GOOD NATURA basato su PES e forme di autofinanziamento

LIFE+ MGN Making Good Natura- LIFE11 ENV/IT/000168, 2013, B4-  
B9: Applicazione del modello dimostrativo di valutazione qualitativa  
e quantitativa dei servizi ecosistemici nei siti pilota

LIFE+ MGN Making Good Natura- LIFE11 ENV/IT/000168, 2013,  
B10.1: Riassunto WebGIS esistenti

LIFE+ MGN Making Good Natura- LIFE11 ENV/IT/000168, B10.2:  
Manuale WebGIS

LIFE+ MGN Making Good Natura- LIFE11 ENV/IT/000168, B10.3  
Modelli dinamici qualitativi

LIFE+ MGN Making Good Natura- LIFE11 ENV/IT/000168, B10.4: Impatti sui servizi ecosistemici

LIFE+ Sam4cp- Soil administration model for community profit, LIFE13 ENV/IT/001218, Azione B1 - I servizi ecosistemici del suolo – Review, 2015

LIFE+ Sam4cp- Soil administration model for community profit, LIFE13 ENV/IT/001218, Report-breve-azione-B2, 2016

Liu S., Costanza R., Farber S., Troy A., Valuing ecosystem services - Theory, practice, and the need for a transdisciplinary synthesis, *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 1185 (2010) 54–78

Maes J., Egoh B., Willemen L., Liqueste C., Vihervaara P., Schägner J.P., Grizzetti B., Drakou E.G., La Notte A., Zulian G., Bouraoui F., Paracchini M. L., Braat L., Bidoglio G., Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union, *Ecosystem Services* 1 (2012) 31–39

Maes J., Paracchini M. L., Zulian G., 2011, A European assessment of the provision of ecosystem services, JRC Scientific and Technical Reports, EUR 24750 EN - 2011, ISBN 978-92-79-19663-8, ISSN 1018-5593 doi:10.2788/63557

Mäler K.G., (2008) Sustainable development and resilience in ecosystems. *Environ Resour Econ* 39(1):17–24

Malucellia F., Certini G., Scalenghe R., 2014, Soil is brown gold in the Emilia-Romagna Region, Italy, 2014, Land Use Policy

Manes F., Blasi C., Salvatori E., Capotorti G., Galante G., Feoli E., Incerti G., 2012, Natural vegetation and ecosystem services related to air quality improvement: tropospheric ozone removal by evergreen

and deciduous forests in latium (Italy), *Ann. Bot. (Roma)*, 2012, 2: 79–86

Manes F., Silli V., Salvatori E., Incerti G., Galante G., Fusaro L., Perrino C., 2014, Urban ecosystem services: tree diversity and stability of pm10 removal in the metropolitan area of Rome, *Ann. Bot. (Roma)*, 2014, 4: 19–26

Manna P., Agrillo A., Basile A., Bonfante A., Buscemi G., Carbone A., Colandrea M., D'Antonio A., De Mascellis R., Iamarino M., Langella G., Mileti A., F., Minieri L., Pileri P., Terribile F., 2014, A web-based spatial decision supporting system (S-DSS) for landscape management: the SOILCONSWEB Project tool for soil ecosystem services, *The Earth Living Skin: Soil, Life and Climate Changes -ELS2014-62-1*

Marchetti M. , Sallustio L. , Ottaviano M., Barbati A., Corona P., Tognetti R. , Zattero L., Capotorti G., (2012): Carbon sequestration by forests in the National Parks of Italy, *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology: Official Journal of the Società Botanica Italiana*, 146:4, 1001-1011

Marchetti M., 2013, *Analisi dei flussi e degli impatti nei cambiamenti di LC/LC in Italia dal 1990*, Lab of Global Ecology, DiBT- UNIMOL, Convegno "Il consumo di suolo: lo stato, le cause e gli impatti", Roma 5 febbraio 2013

Marchetti M., Bertani R., Corona P., Valentini R., 2012, Cambiamenti di copertura forestale e dell'uso del suolo nell'inventario dell'uso delle terre in Italia, *Forest@ - Italian Society of Silviculture and Forest Ecology*, doi: 10.3832/efor0696-009

Marchetti M., Ottaviano M., Pazzagli R, Sallustio L., *Consumo di suolo e analisi dei cambiamenti del paesaggio nei Parchi nazionali d'Italia (Land consumption and analysis of landscape changes in Italian*

national parks), 2013, Territorio, P. 121-131, DOI: 10.3280/TR2013-066021

Marino D, Cavallo A (2012). Understanding Changing in Traditional Agricultural Landscapes: Towards a Framework. JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE AND TECHNOLOGY, ISSN: 1939-1250

Marino D., Gaglioppa P., Guadagno R., Marucci A., Palmieri M., Pellegrino D., 2013, I Servizi Ecosistemici delle aree agroforestali nelle relazioni urbano rurali, Life+ MGN, <http://www.lifemgn-serviziecosistemici.eu/>

Marino D., Schirpke U., Gaglioppa P., Guadagno R., Marucci A., Palmieri M., Pellegrino D., De Marco C., Scolozzi R, 2014, Assessment and governance of ecosystem services: first Insights from Life+ Making Good Natura Project, Ann. Bot. (Roma), 2014, 4: 83–90

Martínez-Alier, J., 2002. The Environmentalism of the Poor. Edward Elgar, Cheltenham.

Martínez-Harms M. J., Balvanera P, 2012, Methods for mapping ecosystem service supply: a review, International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management, 8:1-2, 17-25, DOI: 10.1080/21513732.2012.663792

Mazzino F., Ghersi A., Per un'analisi del paesaggio: metodo conoscitivo, analitico e valutativo per operazioni di progettazione e di gestione, Edizione Gangemi, Roma 2002, ISBN978-88-492-5344-3

Metzger M.J., Schörter D., Leemans R., Cramer W., 2008, A spatially explicit and quantitative vulnerability assessment of ecosystem service change in Europe, Reg Environ Change DOI: 10.1007/s10113-008-0044-x

Mubareka S., Maes J., Lavalle C., de Roo A., Estimation of water requirements by livestock in Europe, *Ecosystem Services* 4(2013)139–145

Müller F., de Groot R., Willemsen L., 2011, Ecosystem Services at the Landscape Scale: The Need for Integrative Approaches, *IALE-D - Landscape Online* 23, 1-11. DOI: 10.3097/LO.201023

Munafò M., Marinosci I., Tombolini I., Salvati L., Il monitoraggio del consumo del suolo in Italia, *Bollettino A.I.C.* nr. 149/2013

Munafò M., Salvucci G., Zitti M., Salvati L., Proposta per una metodologia di stima dell'impermeabilizzazione del suolo in Italia, *RIVISTA DI STATISTICA UFFICIALE* N. 2-3/2010

Munafò M., Tombolini I., 2014, Il consumo di suolo in Italia - edizione 2014, ISPRA- Rapporti 195/2014, ISBN 978-88-448-0646-0

Nelson E., Daily G. C., 2010, Modelling ecosystem services in terrestrial systems, *F1000 Biology Reports* 2010

Nelson E., Mendoza G., Regetz J., Polasky S., Tallis H., Cameron D.R., Chan K.M., Daily G.C., Goldstein J., Kareiva P. M., Lonsdorf E., Naidoo R., Ricketts T.H., M.R. Sha, 2009, Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7: 4–11. <http://dx.doi.org/10.1890/080023>

Nelson E., Sander H., Hawthorne P., Conte M., Ennaanay D., Wolny S., Manson S., Polasky S., 2010, Projecting Global Land-Use Change and Its Effect on Ecosystem Service Provision and Biodiversity with Simple Models. *PLoS ONE* 5(12): e14327. doi:10.1371/journal.pone.0014327

Nelson E., Bhagabati N, Ennaanay D., Lonsdorf E., Pennington D., Sharma M., 2013, *Modeling Terrestrial Ecosystem Services*, 2013, Elsevier

PEER, 2011, *A spatial assessment of ecosystem services in Europe: Methods, case studies and policy analysis - phase 1*, PEER Report N.3

PEER, 2012, *A spatial assessment of ecosystem services in Europe: Methods, case studies and policy analysis - phase 2*, PEER Report N.4

Petrosillo I., 2006, *Necessità di garantire la sicurezza dei servizi ecosistemici attraverso analisi oggettive e soggettive*. XVI Congresso della Società Italiana di Ecologia - Viterbo/Civitavecchia 2006

Petter M., Mooney S., Maynard S. M., Davidson A., Cox M., Horosak I., 2012, *A methodology to map ecosystem functions to support ecosystem services assessments*. *Ecology and Society* 18(1): 31. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05260-180131>

Petter M., Mooney S., Maynard S. M., Davidson A., Cox M., Horosak I., 2012, *A methodology to map eco system functions to support eco system services assessments*. *Ecology and Society* 18(1): 31 <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05260-180131>

Petz K., 2014, *Mapping and modelling the effects of land use and land management change on ecosystem services from local ecosystems and landscapes to global biomes*, phd tesi

Pignatti S., Bianco P.M., Tesarollo P., 2001, *Le piante come indicatori ambientali*. Manuale tecnico-scientifico, ANPA. CTN - CoN 1. 108 pp.

Plieninger T., Dijks S., Oteros-Rozas E., Bieling C. 2013. *Assessing, mapping, and quantifying cultural ecosystem services at community level*. *Land Use Policy* 33 (2013) 118– 129

Polasky S., 2011, Valuing Nature: Economics, Ecosystem Services, and Decision-Making, 2011 ECOSYSTEM SERVICES SEMINAR SERIES

Polasky S., Nelson E., Pennington D., Johnson K. A., The Impact of Land-Use Change on Ecosystem Services, Biodiversity and Returns to Landowners: A Case Study in the State of Minnesota, *Environ Resource Econ* (2011) 48:219–242, DOI 10.1007/s10640-010-9407-0

Primmer E., Furman E., Operationalising ecosystem service approaches for governance: Do measuring, mapping and valuing integrate sector-specific knowledge systems?, *Ecosystem Services*, Volume 1, Issue 1, July 2012, Pages 85-92, ISSN 2212-0416

Pulighe G., Lupia F., Vanino S., Altobelli F., Munafò M., Cruciani S., Analisi dello stato dell'arte delle fonti informative di uso e copertura del suolo prodotte in Italia, Reportys, GEOmedia n°2-2013

Raymond C. M., Brett A B., MacDonald D. H. Strathearn S., Grandgirard A., Kalivas T., Cast A. 2009. Mapping community values for natural capital and ecosystem services. *Ecological Economics* 68 (2009) 1301– 1315

Ruckelshaus M., McKenzie E., Tallis H., Guerry A., Daily G., Kareiva P., Polasky S., Ricketts T., Bhagabati N., Wood S.A., Bernhardt J., Notes from the field: Lessons learned from using ecosystem service approaches to inform real-world decisions, *Ecological Economics* (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.07.009>

Sallustio L., Vizzarri M., Marchetti M., 2014, Trasformazioni territoriali recenti ed effetti sugli ecosistemi e sul paesaggio italiano, *Territori* 18, Dicembre 2013, ISSN 2039806-9

Salvati L., Carlucci M., Urban Growth and Land-Use Structure in Two Mediterranean Regions: An Exploratory Spatial Data Analysis, SAGE

Open      October-December      2014:      1–13,      DOI:  
10.1177/2158244014561199

Salvati L., Smiraglia D., Ceccarelli T., Bajocco S., Perini L., Planning for sustainable agro-forest systems: protected areas and soil degradation hotspots in Italy (1990–2010), *Soil Science and Plant Nutrition* (2014), 1–10,  
<http://dx.doi.org/10.1080/00380768.2014.978729>

Salvati L., Smiraglia D., Ceccarelli T., Bajocco S., Perini L., Planning for sustainable agro-forest systems: protected areas and soil degradation hotspots in Italy (1990–2010), *Soil Science and Plant Nutrition* (2014), 1–10,  
<http://dx.doi.org/10.1080/00380768.2014.978729>

Salvati L., Ferrara A., Do land cover changes shape sensitivity to forest fires in peri-urban areas?, *Urban Forestry & Urban Greening* 13(2014)571–575

Salvati L., Gitas I., Bajocco S., (2014): Spatial determinants of land-use changes in an urban region (Attica, Greece) between 1987 and 2007, *Journal of Land Use Science*, DOI: 10.1080/1747423X.2014.920424

Salvati L., Munafò M., Morelli V.G., Sabbi A., Low-density settlements and land use changes in a Mediterranean urban region, *Landscape and Urban Planning*, Volume 105, Issues 1–2, 30 March 2012, Pages 43–52

Salvati L., Smiraglia D., Bajocco S., Munafò M., Land Use Changes in Two Mediterranean Coastal Regions: Do Urban Areas Matter?, *International Journal of Environmental, Ecological, Geological and Mining Engineering* Vol:8 No:9, 2014

Salvati L., Tombolini I., Perini L., Ferrara A., Landscape changes and environmental quality: the evolution of land vulnerability and potential resilience to degradation in Italy, *Reg Environ Change* (2013) 13:1223–1233, DOI 10.1007/s10113-013-0437-3

Santolini R., Morri E., Scolozzi R., 2011, Mettere in gioco i servizi ecosistemici: limiti e opportunità di nuovi scenari sociali ed economici, *Ri-Vista ricerche per la progettazione del paesaggio*, ISSN1724-6768

Santolini R., Servizi ecosistemici e sostenibilità, *Ecoscienza* Numero 3, 2010

Schägner J. P., Brander L., Maes J., Hartje V., Mapping ecosystem services'values: Current practice and future prospects, *Ecosystem Services* 4(2013)33–46

Schirpke U., Leitinger G., Tasser E., Schermer M., Melanie Steinbacher M., Tappeiner U., (2013), Multiple ecosystem services of a changing Alpine landscape: past, present and future, *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 9:2, 123-135, DOI: 10.1080/21513732.2012.751936

Schirpke U., Scolozzi R., De Marco C., Tappeiner U., Mapping beneficiaries of ecosystem services flows from Natura 2000 sites, Volume 9, September 2014, Pages 170–179

Schirpke U., Tasser E., Tappeiner U., 2014, Mapping ecosystem services supply in mountain regions: a case study from South Tyrol (Italy), *Ann. Bot. (Roma)*, 2014, 4: 35–43

Scolozzi R., Morri E., Santolini R., 2011, Delphi-based change assessment in ecosystem service values to support strategic spatial planning in Italian landscapes, *Ecological Indicators* 21 (2012) 134–144

Serna-Chavez H.M., Schulp C.J.E., Van Bodegom P.M., Bouten W., Verburg P.H., Davidson M.D., A quantitative framework for assessing spatial flows of ecosystem services, *Ecological Indicators*, Volume 39, April 2014, Pages 24-33, ISSN 1470-160X

Spangenberg J. H., Görg C, Truong D. T., Tekkene V., Bustamante J. V., Setteleg J., 2014, Provision of ecosystem services is determined by human agency, not ecosystem functions. Four case studies, *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management* 10:1, 40-53, DOI:10.1080/21513732.2014.884166

Tallis H., Wolny S., Lozano J. S., Benitez S., Saenz S., Ramos A., 2012, Working Paper: "Servicesheds" Enable Mitigation of Development Impacts on Ecosystem Services,

TEEB - L'economia degli ecosistemi e della biodiversità- relazione intermedia (2008), Commissione Europea, ISBN-13 978-92-79-09446-0

TEEB – The Economics of Ecosystems and Biodiversity (2011). TEEB Manual for Cities: Ecosystem Services in Urban Management. [www.teebweb.org](http://www.teebweb.org) TEEB

Tomao A., Carbone F., Marchetti M., Santopuoli G., Angelaccio C., Agrimi M., 2013 – Boschi, alberi forestali, esternalità e servizi ecosistemici. *L'Italia Forestale e Montana*, 68 (2): 57-73. <http://dx.doi.org/10.4129/ifm.2013.2.01>

Tombolini I., Ferrara C., Salvati L., Resilienza socio-ambientale e degrado dei suoli in Italia: un'analisi esplorativa, *Memorie Geografiche*, 12/2014: pp.309-313; Società di Studi Geografici, Firenze, ISBN: 978-88-908926-9-1

UK National Ecosystem Assessment, 2014, Synthesis of the Key Findings

Vizzarri M., Chiavetta U., Santopuoli G., Tonti D., Marchetti M., 2014, Mapping forest ecosystem functions for landscape planning in a mountain Natura2000 site, central Italy, *Journal of Environmental Planning and Management*, DOI:10.1080/09640568.2014.931276

Vizzarri M., Lombardi F., Sallustio L., Chirici G., Marchetti M., 2013, I servizi degli ecosistemi forestali ed il benessere dell'uomo: quali benefici dalla ricerca? – *Gazzetta Ambiente Anno XIX*, n.6

Vizzarri M., Sallustio L., Tognetti R., Paganini E., Garfi V., La Mela Veca D.S., Munafò M., Santopuoli G., Marchetti M., Adaptive forest governance to face land use change impacts in Italy: a review, *Italian Journal of Forest and Mountain Environments*, Vol 70, No 4 (2015)

Weissteiner C. J., Pistocchi A., Marinov D., Bouraoui F., Sala S., An indicator to map diffuse chemical river pollution considering buffer capacity of riparian vegetation — A pan-European case study on pesticides, *Science of The Total Environment*, Volume 484, 15 June 2014, Pages 64-73, ISSN 0048-9697

Wua C. F., Linb Y. P., Chiangc L. C., Huang T., 2014, Assessing highway's impacts on landscape patterns and ecosystem services: A case study in Puli Township, Taiwan, *Landscape and Urban Planning* 128 (2014) 60–71

Youn C., Chandra S., Fegraus E. H., Lin K., Baru C., TEAM Network: Building Web-based Data Access and Analysis Environments for Ecosystem Services, *Procedia Computer Science*, Volume 4, 2011, Pages 146-155, ISSN 1877-0509

Yukuan W., Bin F., Colvin C, Ennaanay D, McKenzie E., Min C., 2010, Mapping Ecosystem Function Conservation Areas to integrate ecosystem services into land use plans in Baoxing County, China, TEEB case

Zulian G., Maes J., Paracchini M.A., Linking Land Cover Data and Crop Yields for Mapping and Assessment of Pollination Services in Europe, *Land* 2013, 2, 472-492; doi:10.3390/land2030472

Zulian G., Paracchini M. L., Maes J., Liqueste C., 2013, ESTIMAP: Ecosystem services mapping at European scale, JRC Technical Reports

Zulian G., Polce C., Maes J., Estimap: a gis-based model to map ecosystem services in the European Union, 2014, *Ann. Bot. (Roma)*, 4: 1–7

Zurlini G., Petrosillo I., Aretano R., Castorini I., D'arpa s., Marco A., Pasimeni M.R., Semeraro T., Zaccarelli N., 2014, Key fundamental aspects for mapping and assessing ecosystem services: predictability of ecosystem service providers at scales from local to global, *Ann. Bot. (Roma)*, 2014, 4: 53–63