

La valutazione dei Servizi Ecosistemici Forestali per la pianificazione e il progetto del territorio e del paesaggio

*Original*

La valutazione dei Servizi Ecosistemici Forestali per la pianificazione e il progetto del territorio e del paesaggio / Ingaramo, Roberta; Salizzoni, EMMA PAOLA GERMANA; Voghera, Angioletta. - In: VALORI E VALUTAZIONI. - ISSN 2036-2404. - STAMPA. - 19:(2017), pp. 65-78.

*Availability:*

This version is available at: 11583/2693793 since: 2021-02-24T12:29:18Z

*Publisher:*

SIEV

*Published*

DOI:

*Terms of use:*

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

*Publisher copyright*

(Article begins on next page)



# valori e valutazioni theories and experiences

Journal of  
**SIEV**  
Italian Real  
Estate Appraisal  
and Investment  
Decision Society  
*Bianco year X  
Number 19 - november 2017*

ISSN 2036-2404 Valori e Valutazioni

n. 19 - 2017 SIEV Valori e Valutazioni

rivista della  
**siev**  
Società Italiana  
di Estimo e  
Valutazione  
*Semestrale anno X  
numero 19 - novembre 2017*

ISSN 2036-2404 Valori e Valutazioni



# valori e valutazioni teorie ed esperienze

**Editoriale** ..... 1

**La parametrizzazione delle quantità fisiche nella definizione dei costi parametrici. Il Decreto 50/2016 sulla progettazione delle opere pubbliche** ..... 3  
*Orazio Campo, Francesco Rocca*

## ESPERIENZE

**Social Housing e misurazione degli impatti sociali: passi avanti verso un toolkit comune** ..... 11  
*Marco Camoletto, Giordana Ferri, Claudia Pedercini, Luisa Ingaramo, Stefania Sabatino*

**La partecipazione crea valore? Modelli di simulazione per la valorizzazione dal basso del patrimonio immobiliare pubblico** ..... 41  
*Alessia Mangialardo, Ezio Micelli*

## DIBATTITO E APPROFONDIMENTO

**Approcci metodologici alla valutazione degli investimenti in produzione di biogas: incentivi vs prezzi di mercato in Italia** ..... 53  
*Chiara D'Alpaos*

**La valutazione dei Servizi Ecosistemici Forestali per la pianificazione e il progetto del territorio e del paesaggio** ..... 65  
*Roberta Ingaramo, Emma Salizzoni, Angioletta Voghera*

**La pianificazione dei centri storici in Sardegna: la sostituzione del tessuto edilizio incongruo per la riqualificazione del paesaggio urbano storico** ..... 79  
*Anna Maria Colavitti, Sergio Serra*

**Valutazione degli effetti indotti dalle caratteristiche ambientali sui modelli comportamentali delle persone affette da demenza. La progettazione orientata alla significatività terapeutica degli spazi** ..... 91  
*Alessandra Cucurnia, Gianluca Darvo*

# La rivista della siev

Società italiana di Estimo e Valutazione

www.siev.org

**Abbonamento  
annuo, 2 numeri,  
€ 20,00**

rivista della  
SIEV  
Società Italiana  
di Estimo e  
Valutazione  
Semestrale anno I  
numero 1 giugno 2008

**valori  
e valutazioni**  
teorie ed esperienze

dei  
TIPOGRAFIA DEL GENIO CIVILE

## I TEMI DELLA RIVISTA

- ✓ estimo dei beni immobili e dei lavori
- ✓ valutazioni dei piani e dei progetti urbanistici
- ✓ valutazioni economiche e finanziarie
- ✓ valutazioni in ambito ambientale

### DECORRENZA E RINNOVO ABBONAMENTO:

L'abbonamento decorre dal primo numero raggiungibile e può avere inizio in qualsiasi periodo dell'anno.

Lo scadere dell'abbonamento è comunicato con lettera di richiesta rinnovo.

**PER ULTERIORI INFORMAZIONI su contenuti e modalità di abbonamento, contatti pure il ns. Servizio Clienti tramite:**

- tel. 0644163772 fax 064403307
- dei@build.it www.build.it

**Sì**, desidero sottoscrivere l'abbonamento a **valori e valutazioni**, la rivista della **SIEV Società Italiana di Estimo e Valutazione**

**Abbonamento ANNUALE**  
(2 numeri) € 20,00

Effettuo il pagamento:

tramite versamento anticipato su c/c postale n. 65047003 intestato a:  
DEI srl Tipografia del Genio Civile Via Nomentana, 16 - 00161 Roma

CartaSI/MasterCard/Eurocard/Visa

Data di nascita

N.

Scadenza

Data .....

Firma .....

nome/cognome

ing.  arch.  geom.  altro

Ente o Comune ecc.

Referente dell'Ente

(Vi preghiamo, se l'abbonato fosse un Ente o un Comune, di fornirci il nome di un referente e il rispettivo numero telefonico, per trasmettere eventuali comunicazioni)

indirizzo

C.A.P. città prov.

tel. fax

e-mail partita IVA

Il trattamento dei dati personali che La riguardano è svolto nell'ambito della banca dati elettronica della DEI e nel rispetto di quanto stabilito dalla Legge 675/96 sulla tutela dei dati personali. Il trattamento dei dati, di cui Le garantiamo la massima riservatezza, è effettuato al fine di aggiornare La sulle iniziative della nostra casa editrice. I Suoi dati non saranno comunicati o diffusi a terzi e per essi Lei potrà richiedere, in qualsiasi momento, la modifica o la cancellazione, scrivendo all'attenzione del Responsabile Dati. Se Lei non desidera ricevere comunicazioni barri la casella a fianco

**Da inviare per fax al n. 06.44.03.307  
oppure spedire in busta chiusa a**

**dei** srl TIPOGRAFIA DEL GENIO CIVILE  
Servizio Abbonamenti  
Via Nomentana - 00161 Roma RM

# La valutazione dei Servizi Ecosistemici Forestali per la pianificazione e il progetto del territorio e del paesaggio

Roberta Ingaramo\*, Emma Salizzoni\*\*,  
Angioletta Voghera\*\*\*

parole chiave: servizi ecosistemici, foreste, valutazione e mappatura, politiche di pianificazione e gestione

## Abstract

*I paesaggi forestali assolvono molteplici funzioni, non solo di carattere ambientale, ma anche socio-economico e culturale, costituendo preziose fonti di Servizi Ecosistemici (SE). Nei paesi dell'Europa sud-occidentale i sempre più diffusi incendi, connessi non solo al cambiamento climatico ma anche alle dinamiche di uso del suolo (rinaturalizzazione e dispersione urbana, con incremento dell'interfaccia "foresta-città"), mettono a repentaglio la fornitura dei Servizi Ecosistemici Forestali (SEF). La valutazione e mappatura dei SEF, volta ad una più approfondita cognizione del rischio connesso ad incendi forestali (valutazione del "valore esposto"), oltre che alla sensibilizzazione di istituzioni e stakeholders rispetto al valore dei paesaggi forestali, rappresenta un passo importante verso la definizione di politiche efficaci per la prevenzione incendi. Questo contributo, sviluppato nell'ambito del progetto europeo "Advanced Forest Fire Fighting" (AF3, Settimo programma quadro), definisce un metodo per la valutazione e mappatura dei SEF nella Regione Sardegna, territorio particolarmente soggetto al rischio di incendi forestali. Il metodo è stato concepito per essere applicato, a fini di monitoraggio, anche da parte di amministratori pubblici non esper-*

*ti e prevede dunque non l'utilizzo di modelli, bensì l'applicazione di indicatori GIS-based di tipo biofisico, esplicitati anche attraverso la stima del loro valore economico. La valutazione economica dei SEF, che risponde ad un approccio di Valore Economico Totale (VET), si è basata su diversi metodi di stima nell'intento di ricercare un costante equilibrio tra attendibilità della valutazione e sua potenziale replicabilità da parte degli attori istituzionali.*

*La georeferenziazione degli indicatori ha consentito inoltre l'elaborazione di mappe dei valori forestali, potenziali strumenti di supporto per politiche di pianificazione dei paesaggi forestali.*

*L'articolo riporta premesse, struttura, risultati e prospettive di approfondimento del metodo, che è stato applicato alle foreste della Regione Sardegna sia a scala regionale che locale. In ultimo, ne evidenzia, oltre alle potenzialità rispetto agli specifici obiettivi di sensibilizzazione in relazione al rischio di incendi forestali, le implicazioni più generali per le politiche di pianificazione, gestione e progetto del territorio e del paesaggio.*

<sup>1</sup> Il contributo - esito di una ricerca coordinata da Angioletta Voghera (Dipartimento Interateneo di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio, DIST, Politecnico di Torino) e Roberta Ingaramo (Dipartimento di Architettura e Design, DAD, Politecnico di Torino) nell'ambito del progetto europeo AF3 - è frutto dell'elaborazione congiunta delle tre autrici. Tuttavia, la versione finale del par. 5 è da attribuirsi a Roberta Ingaramo, quella dei parr. 1 e 3 ad Angioletta Voghera e quella del par. 4 ad Emma Salizzoni.

## 1. I SERVIZI ECOSISTEMICI, PONTE TRA NATURA, SOCIETÀ ED ECONOMIA PER UNA PIANIFICAZIONE SOSTENIBILE

L'attenzione crescente che viene rivolta, nel campo della pianificazione territoriale, al tema dei Servizi Ecosistemici (SE) – intesi, secondo una definizione ormai consolidata

ta, come i benefici forniti dagli ecosistemi al genere umano (MEA, 2005)<sup>2</sup> – trova ragione, oltre che, più generalmente, nella ormai diffusa consapevolezza della necessità di integrare i temi ambientali nelle politiche territoriali, nella riconosciuta potenzialità del concetto stesso di “servizio ecosistemico”. Esso infatti collega con estrema efficacia sfera ambientale e socio-economica, aspetti biofisici-ecosistemici e benessere antropico, traducendo i “valori” ambientali in “benefici” per l’uomo e mettendo dunque in luce il valore aggiunto che gli ecosistemi forniscono alla società e all’economia. È questo carattere di “bridging concept” dei SE (Braat e de Groot, 2012), connesso alla prospettiva che li sottende, eminentemente antropocentrica (Wunder e Thorsen, 2014), che ne fa un potenziale strumento per la definizione, attuazione e comunicazione di politiche sostenibili, che coniughino efficacemente prospettive di conservazione e sviluppo. Questa potenzialità è ovviamente strettamente relazionata alla esplicitazione e comunicazione dei benefici connessi ai SE, che non può che passare attraverso la loro valutazione.

La valutazione dei SE è stata al cuore, in anni recenti, di diverse iniziative istituzionali, tra cui il *Millennium Ecosystem Assessment* (MEA, 2005), *The Economics of Ecosystems and Biodiversity* (TEEB, 2010), la *Common International Classification of Ecosystem Services* (CICES, 2013). Alcune di queste iniziative sono tuttora in corso, come ad esempio la *Mapping and Assessment Ecosystems and their Services* (MAES, 2013, 2014), volta a supportare l’attuazione della Strategia Europea per la Biodiversità<sup>3</sup>. Alle iniziative istituzionali si sono affiancati negli anni numerosi studi accademici che hanno affrontato il tema della valutazione dei SE. In particolare, sulla scia del pionieristico, quanto discusso (Krieger, 2001), studio di Costanza et al. (1997), che ha proposto una valutazione economica dei SE a scala globale, si sono moltiplicati studi tesi a valutare non solo la dimensione biofisica dei SE ma anche, appunto, quella economica (interessante in merito lo studio ricognitivo di metodi valutativi in Häyhä e Franzese, 2014). L’opportunità di una valutazione congiunta e complementare dei due aspetti viene richiamata a livello internazionale (UN, 2010), in relazione alla conseguente possibilità non

<sup>2</sup> “Goods provided by natural ecosystems are the basic building blocks of human welfare” (Krieger, 2001, p. 1).

<sup>3</sup> Sulla base del quadro classificatorio dei SE fornito dal CICES, nel 2014 il working group MAES (*Mapping and Assessment Ecosystems and their Services*, biodiversity.europa.eu/maes) – istituito nell’ambito del *Common Implementation Framework* (CIF), la struttura addetta alla supervisione dell’attuazione della Strategia Europea per la Biodiversità – ha sviluppato uno studio finalizzato a definire un set di linee guida che possa sostenere gli Stati membri nel rispondere all’azione 5 della Strategia, ossia mappare e valutare, anche economicamente, lo stato degli ecosistemi e dei relativi servizi (“Map and assess the state and economic value of ecosystems and their services in the entire EU territory; promote the recognition of their economic worth into accounting and reporting systems across Europe”, Target 2: “Maintain and restore ecosystems”).

solo di dar conto dell’effettivo “stock” di capitale naturale disponibile, ma anche di *comunicare* nel modo più efficace il valore di questo capitale naturale. La valutazione economica dei SE (vedi par. 2) presenta infatti un indubbio potere comunicativo in termini di sensibilizzazione degli attori sociali rispetto al ruolo giocato dai SE (Nasi et al., 2002). Inoltre, supporta la definizione di politiche, «providing useful information to policy-makers by highlighting the economic consequences of an alternative course of action» (Mavsar e Varela, 2014, p. 44).

A questi fini, la mappatura dei valori dei SE – che, con lo sviluppo delle tecnologie GIS, sta acquisendo crescente diffusione e importanza (si veda in proposito la rassegna di studi e metodi di valutazione e mappatura in Maes et al., 2012 e Schägner et al., 2013) – riveste un ruolo cruciale. È infatti noto il valore “pedagogico” delle mappe (Hauck et al., 2013), in grado di convalidare efficacemente e semplicemente informazioni convergenti complesse, in questo caso il valore dei SE. La “spazializzazione” del valore dei SE è inoltre ovviamente indispensabile per lo sviluppo di politiche di *pianificazione* che considerino in modo sistematico al loro interno i benefici connessi ai SE (Albert et al., 2017; Von Haaren et al., 2016).

La valutazione e la mappatura dei SE dunque, per quanto ad oggi non trovino ancora una collocazione stabile e codificata nel processo di costruzione dei piani (Lerouge et al., 2017), costituiscono fondamentali step nella definizione di processi di governo del territorio sostenibili, a scala vasta come locale.

## 2. LA VALUTAZIONE DEI BENI AMBIENTALI: PARADIGMI E METODI APPLICATI AI SERVIZI ECOSISTEMICI

Come detto, la valutazione economica dei SE è stata oggetto di attenzione crescente negli ultimi due decenni. Sulla scia dell’affermarsi e consolidarsi, a partire dagli anni Settanta, della “coscienza ambientale” (Gambino, 1997), è emersa la consapevolezza della necessità di ricercare un nesso tra economia ed ecologia (Bresso, 1993) che “desse voce” al contributo che le risorse naturali apportano all’economia, pericolosamente sottostimato (Hardin, 1968). Tale necessità ha richiesto la formulazione di nuovi paradigmi teorici che consentissero la valutazione economica dei beni ambientali i quali, intesi come beni pubblici, spesso non hanno mercato di riferimento e dunque prezzo. L’introduzione, all’inizio degli anni Novanta, del concetto di Valore Economico Totale, VET (Pearce, 1993; Turner e Pearce, 1996), consente una valutazione “comprensiva” dei beni ambientali, permettendo di valutarne anche quegli aspetti per cui non esiste mercato. Tale approccio consente di evidenziare, in termini monetari, il valore economico dei benefici apportati dagli ecosistemi e dunque dai SE.

Secondo quest’ottica, il Valore Economico Totale di un ecosistema si compone di:

– valori d’uso – diretti, ossia i benefici derivanti dall’uso

diretto di un ecosistema (estrattivi, ad esempio il legname, e non estrattivi, ad esempio la fruizione turistica), e indiretti (ad esempio la protezione idrogeologica) – e dei relativi valori d'opzione, dati dalla possibilità di godimento futuro dei valori d'uso diretti e indiretti;

– valori di non uso, ossia di esistenza, altruismo e lascito, connessi, rispettivamente, al fatto che i SE esistano e che possano essere goduti da altri oggi (equità intra-generazionale) e in futuro (equità inter-generazionale).

I metodi utilizzabili per stimare in termini monetari, entro un approccio di VET, i valori di uso e non uso degli ecosistemi sono molteplici e la loro selezione dipende principalmente da scala e obiettivi della valutazione, oltre che ovviamente dalla disponibilità dei dati. Tendenzialmente, si differenzia tra (TEEB, 2010): (i) metodi di valutazione di mercato (ad esempio prezzo di mercato, o metodi “cost-based”, come costo evitato o di surrogazione), (ii) metodi delle preferenze rivelate (valutazione edonimetrica, metodo del costo di viaggio), (iii) metodi delle preferenze espresse (valutazione di contingenza, valutazione di gruppo).

Oltre ai metodi sopra citati, definibili come “primary valuation methods”, fondati sull'utilizzo di dati originali, si può ricorrere anche al cosiddetto “value transfer method”, meglio noto come “benefit transfer method”, che invece fa riferimento a dati e informazioni già esistenti per contesti simili a quello di valutazione, esportandoli (per una disamina di caratteri, vantaggi e limiti del value transfer method si veda Brander e Crossman, 2017).

Questo contributo, in coerenza con un approccio di VET (Tab. 2) e applicando alcuni dei metodi sopra citati, riporta esiti e implicazioni di una sperimentazione di valutazione e mappatura biofisica ed economica dei SE resi, in particolare, dalle foreste, un patrimonio paesaggistico di eccezionale valore non solo da un punto di vista ambientale, ma anche socio-economico e culturale (Ritter e Dauksa, 2011).

### 3. MULTIFUNZIONALITÀ E RISCHI DEI PAESAGGI FORESTALI

La multifunzionalità è un tratto tipico dei paesaggi forestali (Merlo e Croitoru, 2005; MEA, 2005). Esistono diversi sistemi di interpretazione e classificazione delle funzioni forestali in termini di SE (per una rassegna dei principali quadri classificatori esistenti a livello internazionale dei Servizi Ecosistemici Forestali, SEF, si veda Forest Europe, 2014), basati su differenti criteri tassonomici, ma in tutti emerge la ricchezza di funzioni assolute dalle foreste, di carattere ambientale (es. regimazione e filtrazione acque, protezione idrogeologica, fissazione del carbonio, ecc.), socio-economico (es. prodotti forestali legnosi e non legnosi, ecc.) e culturale (es. fruizione turistica, valori estetici e spirituali, ecc.).

Si tratta di paesaggi che sono tuttavia soggetti a rischi elevati. In Europa, le dinamiche di rinaturalizzazione che hanno interessato diffusamente, dal secondo dopoguerra, i territori agricoli abbandonati, in particolare montani,

hanno comportato sì un aumento della superficie forestata, ma hanno anche incrementato uno dei rischi attualmente più gravi per i paesaggi forestali, ossia quello connesso agli incendi (EEA, 2008). Dati recenti mostrano infatti come il numero degli incendi sia in costante aumento, in particolare nei Paesi dell'Europa sud-occidentale e nelle aree prossime agli insediamenti (EEA, 2016). Ciò è dovuto non solo alle generali condizioni di aridità connesse ad un sempre più evidente cambiamento climatico, ma anche alle citate dinamiche di rinaturalizzazione che hanno contribuito, assieme alle dinamiche urbanizzative concretizzate in una crescente suburbanizzazione, all'incremento dell'estensione della cosiddetta “Wildland-Urban Interface” (WUI), ossia l'area di interfaccia tra ambiente vegetale e costruito, particolarmente soggetta a rischio incendi (Chas-Amil *et al.*, 2013; Modugno *et al.*, 2016).

La prevenzione e riduzione del rischio di incendi forestali è pertanto una sfida corrente, non solo in relazione alla loro crescente diffusione, ma anche rispetto all'impatto che un incendio di grande scala può avere su un'area forestale, con conseguenze di lungo termine che incidono significativamente sulla resilienza di questi paesaggi, non più in grado, per lunghi periodi, di fornire i SEF sopra citati:

*“in addition to the destruction of vegetation, forest fires produce other damaging effects [...]. Among these are [...] the destruction of the organic layer of the soil, and the changes in the water infiltration rates in the soil, which makes burnt areas prone to erosion, soil loss, and landslides”* (EEA, 2008).

Il progetto di ricerca AF3 (*Advanced Forest Fire Fighting, Grant Agreement n. 607276*, finanziato nell'ambito del Settimo programma quadro europeo, *theme SEC-2013.4.1-6*, cui hanno partecipato 19 partners internazionali, tra cui anche il Politecnico di Torino, e conclusosi nel luglio 2017), ha riconosciuto l'urgenza di politiche efficaci per la prevenzione e riduzione del rischio incendi boschivi e si è posto come obiettivo quello di superare le attuali carenze gestionali in tema di rischio incendi – che è noto contribuiscano anch'esse alla crescente diffusione di incendi (MEA, 2005) – sviluppando nuovi metodi e tecnologie<sup>4</sup>. Nell'ambito del progetto, il gruppo di ricerca DIST/DAD del Politecnico di Torino<sup>5</sup> ha sviluppato un metodo per la valutazione dei SEF, applicandolo alla Regione Sardegna.

<sup>4</sup> “These so-called ‘mega-fires’ are particularly destructive and difficult to control with the technologies and systems currently available to fire fighters and emergency agencies. The AF3 project intends to provide an improvement to the efficiency of current fire-fighting operations and to the protection of human lives, the environment and property by developing innovative technologies and means to ensure a high level of integration between existing and new systems” (<http://af3project.eu/description/>, ultimo accesso luglio 2017).

<sup>5</sup> L'attività svolta dal Politecnico di Torino nell'ambito del progetto AF3 è stata coordinata da Vittorio Verda, Dipartimento Energia (DENERG).

## 4. LA VALUTAZIONE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI FORESTALI NELLA REGIONE SARDEGNA

### 4.1 Il quadro metodologico

La ricerca inerente la valutazione dei SEF nella Regione Sardegna si è posta un duplice obiettivo: da una parte, arricchire la definizione del rischio di incendi forestali, fornendo una valutazione più dettagliata del cosiddetto “valore esposto”, uno dei fattori di calcolo del rischio<sup>6</sup>; dall'altra, elaborare uno strumento valutativo ad alta comunicatività, utile a sensibilizzare sia gli stessi amministratori pubblici, sia gli stakeholders, relativamente al valore dei paesaggi forestali e a sostenere politiche efficaci di prevenzione e riduzione del rischio incendi.

Considerando questi obiettivi, il metodo elaborato ha previsto:

- la valutazione non solo biofisica ma anche economica dei SEF, “spazializzata” attraverso strumenti GIS al fine di definire mappe dei valori dei paesaggi forestali, strumenti ad elevata comunicatività<sup>7</sup>;
- il ricorso, per la valutazione dei SEF, non a complessi modelli matematico-informatici, bensì ad indicatori calcolabili sulla base di dati facilmente reperibili e aggiornabili, per consentirne un'eventuale applicazione, a fini di monitoraggio, anche da parte degli amministratori pubblici.

La scelta degli indicatori utilizzati in questo studio è stata operata a partire dal quadro classificatorio dei SE fornito dal CICES (2013), quadro consolidato a livello internazionale (Forest Europe, 2014), che raccoglie i frutti di precedenti iniziative classificatorie e valutative (in particolare MEA 2005 e TEEB, 2010, vedi par. 1) e propone una struttura tassonomica dei SE articolata in tre grandi classi: di approvvigionamento, di regolazione e culturali. Rispetto a questo ampio ventaglio di SE (oltre 30 quelli specificatamente relazionati agli ecosistemi forestali), ne sono stati selezionati sei (Tab. 1), sulla base dei seguenti criteri:

<sup>6</sup> Ricordiamo che il rischio, così come diffusamente inteso in letteratura e anche nel “Piano regionale di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi 2014-2016” della Regione Sardegna, è frutto del rapporto tra i fattori di Pericolo, Vulnerabilità e Valore Esposto ( $R=P*V*VE$ ). Il metodo proposto mira ad integrare e arricchire la definizione del Valore Esposto con particolare riferimento agli elementi vegetazionali, attualmente considerato, da un punto di vista economico, in riferimento ai soli “Valori Agricoli Medi della Provincia” e, da un punto di vista ambientale, attraverso indici di valore ambientale (da 0 a 10), non meglio specificati, connessi alle classi di uso del suolo delle aree boscate definite da Corine Land Cover (cfr. “Piano regionale di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi” 2014-2016, pp. 70-71).

<sup>7</sup> In Italia sono stati elaborati diversi studi relativi alla valutazione – Valore Economico Totale, VET – dei SEF in vari contesti regionali, si vedano ad esempio Marangon e Gottardo (2001), Gios *et al.* (2003), Tempesta e Marangon (2004). Tuttavia la “spazializzazione” del VET è oggetto di attenzione solo recente. Interessante in merito, in ambito nazionale, il lavoro condotto da Marinelli e Marone, 2013, relativo ai boschi della Toscana. In ambito internazionale, di particolare interesse, tra gli altri, gli studi di Pearce (2001), Emerton and Ming Aung (2013), Häyä *et al.* (2015).

- rappresentatività delle principali classi di SE (di approvvigionamento, di regolazione e culturali);
- rappresentatività delle principali funzioni svolte dalle foreste, così come diffusamente individuate in letteratura (tra gli altri, Pearce, 2001; Merlo e Croitoru, 2005; Ciancio *et al.*, 2007).
- rilevanza dei SEF rispetto al contesto locale, in questo caso la Regione Sardegna;
- effettiva possibilità di condurre, a scala regionale, non solo una valutazione quali-quantitativa dei SEF, ma anche una spazializzazione dei risultati di tale valutazione, condizionata a sua volta dalla disponibilità, per il calcolo degli indicatori dei SEF, di dati al contempo: (i) quali-quantitativi, di tipo sia biofisico sia economico, (ii) georiferibili e riconducibili alla Carta dell'Uso del Suolo della Regione Sardegna (CUS, 2008), (iii) omogenei per la scala regionale;
- effettiva possibilità di condurre una valutazione dei SEF replicabile da parte degli amministratori pubblici a fini di monitoraggio, a sua volta condizionata dalla disponibilità, per il calcolo degli indicatori dei SEF, di dati facilmente accessibili e soggetti ad aggiornamenti periodici.

I SEF selezionati fanno riferimento, nell'ottica di un approccio di Valore Economico Totale (VET, vedi par. 2), a valori di uso diretti e indiretti, mentre non sono stati valutati, a causa di carenza di dati, i valori di non uso dei paesaggi forestali (Tab. 2).

La valutazione economica si è avvalsa di diversi metodi estimativi (prezzo di mercato, costo di surrogazione, *benefit transfer*) definiti rispetto a obiettivo valutativo (carattere del SEF oggetto di valutazione) e disponibilità dei dati. In particolare, non sono stati applicati i metodi di preferenza espresa, come la valutazione contingente (si veda in merito, ad esempio, Tempesta e Marangon, 2004 e Comino *et al.*, 2013), nell'ottica di favorire una facile applicabilità del metodo valutativo da parte di attori non sempre esperti in tecniche di valutazione, come le stesse istituzioni di governo del territorio e del patrimonio forestale, e soprattutto di offrire la possibilità di aggiornamento e monitoraggio dei risultati.

Rispetto ad ogni SEF sono stati calcolati i valori annuali (fornitura dei SEF nell'arco dei 12 mesi<sup>8</sup>).

### 4.2 Gli indicatori biofisici ed economici: strumenti

La funzione di *approvvigionamento* delle foreste sarde<sup>9</sup> è stata valutata rispetto a tre SEF, relativi alla fornitura di Prodotti Forestali Legnosi (PFL, *Legname da lavoro e Legname per uso energetico*) e Non Legnosi (PFNL, *Sughero*).

<sup>8</sup> L'anno di riferimento è definito, per ogni indicatore, sulla base del più recente aggiornamento disponibile dei dati di base. Dove necessario, i prezzi sono stati attualizzati, rivalutandoli, al 2017.

<sup>9</sup> Si intende per “foreste” le aree con copertura arborea costituita da specie forestali a densità superiore al 20%, così come definite dalla Carta Uso del Suolo (CUS) della Regione Sardegna. Solo rispetto alle sugherete, come specificato più avanti nel testo, si è fatto riferimento anche ad aree boschive a minore densità.

**Tabella 1 - Indicatori biofisici ed economici per la valutazione dei Servizi Ecosistemici Forestali (SEF) nella Regione Sardegna**

|                    | SEF                        | Indicatore biofisico   | Struttura        | UM  | Indicatore economico   | Struttura | UM |
|--------------------|----------------------------|--|------------------|-----|--|-----------|----|
| APPROVVIGIONAMENTO | Legname da lavoro          | Volume di legname da lavoro  | mc/ha/anno       | mc  | Valore di mercato del legname da lavoro                        | €/anno    | €  |
|                    | Legname per uso energetico | Volume di legname per uso energetico   | mc/ha/anno       | ma  | Valore di mercato del legname per uso energetico               | €/anno    | €  |
|                    | Sughero                    | Quantità di sughero  | q/ha/anno        | q   | Valore di mercato del sughero                                  | €/anno    | €  |
| REGOLAZIONE        | Protezione idrogeologica   | Estensione della superficie protetta dalle foreste rispetto a fenomeni erosivi | ha               | ha  | Valore di surrogazione della funzione protettiva delle foreste | €/anno    | €  |
|                    | Sequestro di carbonio      | Quantità di carbonio assorbito   | t/ha/anno        | t   | Valore di mercato del carbonio assorbito                       | €/anno    | €  |
| CULTURALI          | Turismo                    | Arrivi annuali   | num. arrivi/anno | num | Valore delle visite annuali                                    | €/anno    | €  |

**Tabella 2 - La valutazione economica dei Servizi Ecosistemici Forestali (SEF) nella Regione Sardegna nel quadro di un approccio VET e metodi di stima**

| Valori VET |           | SEF                   |                    | Indicatore economico                     | Metodo di stima  |                       |
|------------|-----------|-----------------------|--------------------|--|--|-----------------------|
| USO        | Diretto   | Estrattivo            | APPROVVIGIONAMENTO | Legname da lavoro                        | Valore di mercato del legname da lavoro                        | Prezzo di mercato     |
|            |           |                       |                    | Legname per uso energetico               | Valore di mercato del legname per uso energetico               | Prezzo di mercato     |
|            |           |                       |                    | Sughero                                  | Valore di mercato del sughero                                  | Prezzo di mercato     |
|            | Indiretto | Non estrattivo        | REGOLAZIONE        | Turismo                                  | Valore delle visite annuali                                    | Benefit Transfer      |
|            |           |                       |                    | Protezione idrogeologica                 | Valore di surrogazione della funzione protettiva delle foreste | Costo di surrogazione |
|            |           | Sequestro di carbonio |                    | Valore di mercato del carbonio assorbito | Prezzo di mercato  |                       |
| NON USO    | Esistenza |                       |                    |  |  |                       |
|            | Altruismo |                       |                    |  |  |                       |
|            | Lascito   |                       |                    |  |  |                       |

È stato scelto di valutare, rispetto ai PFL, sia la produzione legnosa a fini costruttivi sia quella a fini energetici – in linea con recenti studi valutativi (si veda ad esempio Häyhä *et al.*, 2015) – per distinguere due aspetti che lo stesso CICES tratta in modo distinto<sup>10</sup>, in quanto rispondono a caratteri produttivi, oltre che a valori (vedi prezzi ISTAT in nota 11), differenti.

Per la stima del valore biofisico ed economico dei PFL si è potuto fare riferimento ai dati di produzione annua (mc/anno), forniti dall'ISTAT (“Utilizzazioni legnose forestali per assortimento e tipo di bosco”, 2015) e ai prezzi medi del legname all'imposto forniti sempre dall'ISTAT (“Prezzi medi all'imposto per assortimento e tipo di bosco”, 2011<sup>11</sup>). È tuttavia opportuno sottolineare come sia presumibile che tale fonte (ISTAT) sconti una sottovalutazione del volume di legname effettivamente estratto dalle foreste (pur in un contesto di comunque scarsa produttività, vedi par. 4.3). Ciò è vero soprattutto per quanto riguarda il legname per uso energetico (legna da ardere), consuetudinariamente prelevato dalle foreste sarde in modo informale e dunque solo parzialmente registrato dai dati di utilizzazione forniti dall'ISTAT.

Gli indicatori *Legname da lavoro* e *Legname per uso energetico* sono stati calcolati correlando i dati della produzione annua (mc/anno), forniti dall'ISTAT per tipo di bosco (latifoglie, conifere e misto), e la classe di copertura dei tre tipi di bosco disponibile nella CUS (tre classi di copertura – 21-50%, 51-80%, >80% – cui è stato associato un coefficiente di densità supponendo che a maggiore copertura corrisponda, potenzialmente, una maggiore densità vegetazionale e dunque una maggiore produzione di legname). Il volume così definito, ossia il valore biofisico dei due SEF, è stato rapportato al prezzo medio del legname all'imposto, fornito sempre dall'ISTAT, ai fini di ottenere il valore monetario.

Per quanto ogni indicatore sia stato calcolato seguendo procedure differenti e specificatamente definite, può essere utile riportare di seguito, a titolo parzialmente esemplificativo, le modalità di calcolo del primo indicatore, *Legname da lavoro*, chiarendo i diversi passaggi valutativi.

In primo luogo è stato calcolato un indicatore biofisico relativo al Volume del Legname da Lavoro (LL) secondo la formula (1):

$$\text{Volume LL (mc)} = \text{ha (latifoglie, conifere, misto)} \times \text{produzione media}^{12} \text{ LL (mc/ha)} \times \text{coefficiente di densità}^{13} \quad (1)$$

Tale volume è stato in seguito convertito in unità moneta-

rie attraverso il calcolo di un indicatore economico relativo al Valore di Mercato del Legname da Lavoro (LL) secondo la formula (2):

$$\text{Valore LL (€)} = \text{volume LL (mc)} \times \text{prezzo medio LL (€/mc)} \quad (2)$$

La Tabella 3 riporta i valori numerici relativi ai calcoli effettuati per la valutazione dell'indicatore relativo al *Legname da Lavoro* (LL).

Il SEF connesso alla produzione di *sughero* è stato selezionato in relazione al ruolo di primo piano che la produzione sughericola riveste nell'economia agro-forestale dell'isola e ritenuto rappresentativo dei PFNL della Regione Sardegna (questo anche in mancanza di dati regionali riferibili ad altri prodotti, comunque presenti, in primo luogo il miele). Come nei casi precedenti (*Legname da lavoro* e *Legname per uso energetico*), la valutazione biofisica ed economica del SEF si è potuta avvalere di dati di produzione media annua e di un prezzo di mercato medio, forniti entrambi da Agris Sardegna, il Servizio Ricerca per la Sughericoltura e la Selvicoltura della Regione Sardegna. In questo caso, a differenza dei PFL, i valori di produzione media annua sono considerati altamente attendibili, essendo l'estrazione del sughero strettamente regolata, nei modi e nei tempi, da normative regionali (LR 4/1994, “Disciplina e provvidenze a favore della sughericoltura e dell'industria sughericola”).

Più specificatamente, l'indicatore *Sughero* è stato valutato facendo riferimento sia alle sugherete (quercia da sughe-

ISTAT di produzione legnosa, disponibile per tutte le latifoglie e conifere della Sardegna, al dato CUS di estensione complessiva (ha) di latifoglie e conifere. Tale procedura di calcolo – che rapporta due fonti differenti – è stata supportata da un confronto con gli Uffici regionali incaricati della trasmissione dati all'ISTAT relativi alla produzione legnosa, che hanno indicato nella CUS un riscontro plausibile delle aree effettivamente oggetto di valutazione per la produzione annua. Nel caso specifico, la produzione unitaria di legname da lavoro (mc/ha) eccezionalmente bassa è in linea con una pressoché assente gestione delle aree forestali sarde per la produzione di legname da lavoro, già confermata peraltro, diversi anni or sono, dall'Atlante Economico della Sardegna (1988), anch'esso indicante una produzione media annua di massa legnosa (legname da lavoro e legname per uso energetico) «che non raggiunge il mezzo metro cubo per ettaro» (Boggio, 1988, p. 162). I dati ricavati in questo studio (considerando anche quelli relativi al legname energetico: latifoglie: 0,20 mc/ha/anno, conifere: 0,76 m/ha/anno, misto: 0,48 mc/ha/anno) sono in linea con questo riscontro bibliografico, denotando peraltro una sostanziale staticità nella gestione a fini produttivi delle foreste sarde.

Si segnala infine che l'ISTAT fornisce il dato di produzione annua solamente rispetto ai boschi di latifoglie e di conifere. Il dato relativo al bosco misto (ossia, un bosco dove, come definito nella CUS, né le latifoglie, né le conifere superano il 75% della composizione forestale) è stato calcolato come valore medio tra produzione di latifoglie e conifere. Lo stesso procedimento è stato attuato per individuare il prezzo medio del legname fornito dai boschi misti.

<sup>13</sup> Coefficiente di densità (classi di copertura): classe 0: 0,98, classe 1: 0,73, classe 2: 1,03, classe 3: 1,28. La classe di densità 0 si riferisce a quelle aree boscate rispetto a cui la CUS non specifica la classe di copertura. In questi casi, il coefficiente di densità applicato è frutto della media dei tre coefficienti relativi alle tre classi di densità segnalate dalla CUS.

<sup>10</sup> Entro lo schema CICES 2013 (<https://cices.eu/>) la produzione di legname da costruzione e di legname a scopo energetico viene distinta entro due sottoclassi specifiche (“divisions”) afferenti entrambe alla classe principale di “approvvigionamento”: la prima è la sottoclasse “materials”, la seconda è la sottoclasse “energy”.

<sup>11</sup> Legname da lavoro: latifoglie - 74,11 €/mc; conifere - 65,72 €/mc. Legname per uso energetico: latifoglie - 54,50 €/mc; conifere - 24,15 €/mc.

<sup>12</sup> Produzione media annua di legname da lavoro: latifoglie - 0,004 mc/ha/anno, conifere - 0,02 m/ha/anno, misto - 0,01 mc/ha/anno. La produzione unitaria (mc/ha) è stata ricavata riportando il dato

Tabella 3 - Valori numerici relativi al calcolo degli indicatori biofisici e economici del SEF Legname da Lavoro

| Classe di uso del suolo | Classe di copertura | Superficie (ha) | Produzione media (mc/ha) | Coefficiente di densità | Volume LL (mc) | Prezzo medio (€/mc) | Valore economico LL (€) |
|-------------------------|---------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------|----------------|---------------------|-------------------------|
| Latifoglie              | Classe 0            | 39.308,07       | 0,004                    | 0,98                    | 154,09         | 74,11               | 11.419,43               |
|                         | Classe 1            | 91.941,75       | 0,004                    | 0,73                    | 268,47         | 74,11               | 19.896,31               |
|                         | Classe 2            | 132.027,91      | 0,004                    | 1,03                    | 543,95         | 74,11               | 40.312,50               |
|                         | Classe 3            | 129.131,39      | 0,004                    | 1,28                    | 661,15         | 74,11               | 48.998,03               |
| Conifere                | Classe 0            | 1.827,85        | 0,02                     | 0,98                    | 35,83          | 65,72               | 2.354,48                |
|                         | Classe 1            | 6.968,30        | 0,02                     | 0,73                    | 101,74         | 65,72               | 6.686,17                |
|                         | Classe 2            | 18.881,31       | 0,02                     | 1,03                    | 388,95         | 65,72               | 25.562,12               |
|                         | Classe 3            | 11.051,35       | 0,02                     | 1,28                    | 282,91         | 65,72               | 18.593,14               |
| Misto                   | Classe 0            | 0               | 0,01                     | 0,98                    | 0              | 69,92               | 0                       |
|                         | Classe 1            | 2.384,52        | 0,01                     | 0,73                    | 20,89          | 69,92               | 1.460,52                |
|                         | Classe 2            | 6.370,64        | 0,01                     | 1,03                    | 78,74          | 69,92               | 5.505,58                |
|                         | Classe 3            | 3.652,81        | 0,01                     | 1,28                    | 56,11          | 69,92               | 3.923,01                |
| TOT                     |                     |                 |                          |                         | 2.592,83       |                     | 184.711,29              |

ro) con densità maggiore al 25%, così come individuate dalla CUS, sia a quelle di densità minore (5%-25%), individuate sempre dalla CUS e corrispondenti a pascoli arborati. In questo caso specifico, dunque, si sono considerate anche le aree boschive a densità minore del 20% (vedi nota 8) in quanto le sugherete intervallate a pascoli contribuiscono anch'esse in modo significativo alla produzione di sughero. Alle aree così individuate è stato attribuito un indice di produzione omogeneo (q/anno) fornito da Agris Sardegna. Non esistono infatti parametri di densità boschiva che consentano di differenziare in maniera efficace e verosimile la maggiore o minore produttività di sughero delle diverse aree a scala regionale; spesso infatti alla minore densità boschiva di alcune aree sopperisce il maggiore diametro e dunque la maggiore produttività delle piante. Per una valutazione monetaria della produzione si è fatto riferimento al prezzo medio del sughero per l'anno 2016 (70 €/q), fornito sempre da Agris Sardegna. In questo caso, a differenza del prezzo relativo ai prodotti legnosi (vedi sopra), fornito "all'imposto", ossia post taglio, si tratta di un prezzo cosiddetto "in pianta", frutto di una valutazione visiva delle querce da sughero pre estrazione.

Per quanto riguarda la funzione di *regolazione* svolta dalle foreste, questa è stata valutata con riferimento a due SEF: protezione idrogeologica e assorbimento del carbonio.

La funzione di *Protezione idrogeologica* viene qui letta con riferimento alla cosiddetta "funzione generale o indiretta" delle foreste (che si differenzia dalla "protezione diretta", svolta dalle foreste a favore di manufatti o insediamenti esposti a pericoli naturali, es. valanghe o cadute massi), ossia alla capacità delle foreste di contrastare, tramite intercettazione e mitigazione della forza cinetica delle precipi-

tazioni, i fenomeni erosivi del suolo, particolarmente significativi in Sardegna a causa di un regime pluviometrico irregolare. La valutazione biofisica del SEF ha fatto riferimento, interrelandoli, a parametri geomorfologici e di specie (vedi seguito), mentre la valutazione economica del SEF ha previsto l'applicazione del metodo del costo di surrogazione, evidenziando i costi che sarebbero necessari per supplire alla funzione protettiva della foresta realizzando opere di ingegneria naturalistica. Il ricorso a questo metodo di stima, pur nei limiti evidenziati in letteratura (Barbier, 2007; Ayres, 2007), è in linea con i metodi comunemente usati per la valutazione dei SE di regolazione (TEEB, 2010), privi di mercato di riferimento.

Per valutare la funzione di *Protezione idrogeologica* sono state interrelate le informazioni relative a: (i) classe di pendenza dei terreni (<40%, 40%-70%, >70%), rispetto a cui è stata ipotizzata una crescente funzione protettiva della foresta (non significativa nel caso di aree con pendenza <40%); (ii) tipo di bosco (latifoglie, conifere, misto), rispetto a cui è stata definita una maggiore o minore capacità delle specie di assolvere alla funzione di protezione dall'erosione<sup>14</sup>; (iii) classe di copertura della vegetazione (21-50%, 51-80%, >80%) rispetto alla quale è stata ipotizzata una crescente capacità di intercettare le precipitazioni. Questa valutazione di tipo biofisico, che restituisce l'estensione delle aree forestali che svolgono una funzione protettiva significativa, è stata poi arricchita dalla valutazione economica, che ha in questo caso adottato, come

<sup>14</sup> Secondo Motroni et al. (2004), i boschi misti sono quelli che assolvono in modo più efficace alla funzione di protezione dai fenomeni erosivi, seguiti da conifere e latifoglie.

detto, il metodo del costo di surrogazione. Per la definizione dei costi sono stati presi a riferimento, come opere di ingegneria naturalistica, per le aree con pendenza 40%-70%, interventi di idrosemina, mentre per le aree con pendenza maggiore (>70%), interventi con palificate vive a parete doppia<sup>15</sup> (per le aree con pendenza <40% non viene generalmente individuata una necessità di intervento, Ciancio *et al.*, 2007). In questo modo si è potuto definire il valore di surrogazione annuale della funzione protettiva delle foreste rispetto ai fenomeni erosivi.

Con riferimento, poi, alla funzione di *Sequestro di carbonio* da parte delle foreste – ossia alla quantità di carbonio rimosso annualmente dall’atmosfera mediante fotosintesi e immagazzinamento nei tessuti vegetali di nuova formazione (viene qui considerata la massa epigea), funzione cruciale per la regolazione del clima (Stern, 2007; Wunder e Thorsen, 2014) – questa è stata valutata applicando i valori unitari di assorbimento (t/ha), definiti dall’Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio, INFC (Gasparini *et al.*, 2013), alle differenti specie vegetazionali individuate dalla CUS<sup>16</sup>. La valutazione economica del SEF si è avvalsa del prezzo di mercato delle emissioni così come regolato dallo *European Union Emissions Trading Scheme*<sup>17</sup>. Si tratta di uno dei possibili metodi per la valutazione monetaria dell’assorbimento del carbonio che, a fronte di altri metodi come il calcolo del costo sociale o del valore sociale del carbonio (Mavsar *et al.*, 2014), presenta evidenti vantaggi in termini di rapidità di stima (adatto dunque ad una valutazione speditiva a scala regionale, come quella qui presentata), ma che sconta anche alcuni limiti, tipicamente la mancata considerazione della componente sociale e l’estrema variabilità del prezzo di riferimento, sia sul medio termine (si pensi alla crisi del 2008 che ha comportato un significativo ridimensionamento del prezzo, vedi seguito), sia sul breve termine (il valore presenta oscillazioni giornaliere).

Infine, lo studio ha valutato la dimensione *culturale* dei FES guardando alla *funzione ricreativo-turistica* svolta dalle foreste. Pur assolvendo le foreste a diverse funzioni culturali – oltre alle funzioni ricreative, quelle ad esempio este-

tiche, simboliche, educative, parte integrante della multifunzionalità forestale – è indubbio che la funzione turistica sia quella maggiormente indagata in letteratura, non solo per quanto riguarda i SEF, ma anche, più generalmente, i SE (si veda al proposito l’interessante rassegna di studi valutativi curata da Milcu *et al.*, 2013); ciò in ragione della innegabile complessità di operare una stima economica di fattori culturali “immateriali” come quelli citati, che non a caso sono spesso oggetto di metodi valutativi alternativi, anche non economici (si vedano ad esempio Edwards *et al.*, 2012 o Plieninger, 2013).

La scelta attuata in questo studio di focalizzare l’attenzione sulla funzione turistica – scelta che non intende sottovalutare l’importanza di altri SEF culturali<sup>18</sup> – è stata condotta principalmente per ragioni di disponibilità dati. Si è infatti potuto fare riferimento ai dati relativi agli arrivi annuali nelle aree forestali (Sardegna Foreste, 2011)<sup>19</sup>, per quanto limitati solo a 13 foreste (13 Unità Gestionali di Base gestite dall’Agenzia Forestale Regionale Fo.Re.S.T.A.S, corrispondenti a circa il 9% della complessiva area forestale dell’isola). Il valore di una visita giornaliera è stato determinato attraverso un approccio di *benefit transfer*, e in particolare attraverso un metodo di “*unity value transfer*” (Brander e Crossman, 2017), mutuando parametri di valore definiti in contesti simili (aree forestali italiane) e modulandoli rispetto al contesto sardo<sup>20</sup>.

### 4.3 Il paesaggio forestale della Sardegna: risultati

Il metodo valutativo è stato applicato sia a scala regionale (l’insieme delle foreste della Regione Sardegna, territorio coperto al 20% da vegetazione boschiva), sia a scala locale (foresta demaniale di Monte Pisanu, Provincia di Sassari).

La Tabella 4, riportata di seguito, evidenzia i valori biofisici ed economici<sup>21</sup> annuali relativi ai sei indicatori calcolati a

<sup>18</sup> “An overemphasis on recreation and ecotourism, although pointing to a general helplessness towards measuring other cultural ecosystem services, may lead researchers and policymakers to assume that these represent cultural ecosystem services as a whole, thereby contributing to an unconscious marginalization of other important cultural ecosystem services” (Milcu *et al.*, 2013).

<sup>19</sup> Fatto questo raro e dunque apprezzabile, essendo più spesso i dati turistici riferiti a territori amministrativi, generalmente comunali, e dunque difficilmente riconducibili alle aree prettamente boschive.

<sup>20</sup> I parametri considerati sono stati: scopo della visita, tipologia sociale dei visitatori, provenienza dei visitatori, tipologia della stazione e accessibilità (Ciancio *et al.*, 2007). Il costo di una visita giornaliera è stato individuato in circa 6 €

<sup>21</sup> A questo proposito è opportuno sottolineare che, per quanto la valutazione sia stata condotta sulla base di dati ufficialmente validati a attraverso rigorose procedure di calcolo, i risultati degli indicatori sono necessariamente soggetti ad un certo grado di incertezza, connesso in particolare alle elaborazioni resesi necessarie per correlare diverse fonti di dati improntate a criteri valutativi differenti. È inoltre opportuno ricordare che la valutazione economica dei FES è fortemente condizionata dai metodi valutativi scelti. È infatti noto come la valutazione economica, per quanto di strategica utilità (vedi par. 1), non sia esente da limiti e criticità, soprattutto perché fortemente soggettiva (Spangenberg e Settele, 2010; Mavsar e Varela, 2014).

<sup>15</sup> Idrosemina: 1,48 €/mq; palificata viva a parete doppia, con inter-distanza di 10m: 160 €/mc (Prezziario dei Lavori Pubblici, Regione Sardegna, 2009). I costi relativi alle due tipologie di intervento sono stati annualizzati, attraverso la formula iniziale di annualità, considerando un saggio di sconto dell’1% e un periodo di 30 anni.

<sup>16</sup> Essendo la distinzione di specie proposta dall’INFC più dettagliata di quella presente nella CUS – che resta tuttavia un riferimento obbligato per la georeferenziazione dei dati quali-quantitativi che strutturano gli indicatori e dunque per la mappatura dei valori forestali – è stata attuata una sintesi semplificativa riportando le categorie di specie individuate dall’INFC alle macro-categorie della CUS. Gli indici di assorbimento del carbonio forniti dall’INFC sono pertanto stati applicati alle seguenti categorie forestali (tra parentesi sono segnalate le categorie INFC accorpate): latifoglie (boschi a rovere, boschi igrofili, altri boschi caducifogli, leccete, altri boschi di latifoglie sempreverdi), sugherete, castagneti, arboricoltura di latifoglie, conifere (pini neri, pini mediterranei, altri boschi di conifere), arboricoltura di conifere, misto.

<sup>17</sup> 5,16 €/t (<http://carbon-pulse.com>, ultimo accesso marzo 2017).

**Tabella 4 - Valori biofisici ed economici annuali dei SEF della Sardegna a scala regionale (il VET in questo caso non considera il SEF relativo al Turismo\*, essendo stato calcolato solo per 13 foreste)**

|                    | SEF                        | Valore biofisico | UM  | Valore economico | UM | VET (%) |
|--------------------|----------------------------|------------------|-----|------------------|----|---------|
| APPROVVIGIONAMENTO | Legname da lavoro          | 2.593            | mc  | 184.711          | €  | 0,14%   |
|                    | Legname per uso energetico | 113.921          | mc  | 5.393.994        | €  | 4,12%   |
|                    | Sughero                    | 166.091          | q   | 11.626.376       | €  | 8,88%   |
| REGOLAZIONE        | Protezione idrogeologica   | 167.241          | ha  | 111.226.897      | €  | 84,90%  |
|                    | Sequestro di carbonio      | 497.148          | t   | 2.565.283        | €  | 1,96%   |
| CULTURALI          | Turismo*                   | 150.764          | num | [940.345]        | €  | -       |
|                    |                            |                  | VET | 130.997.261      | €  | 100%    |

scala regionale e il Valore Economico Totale, VET (che in questo caso non considera il SEF relativo al turismo, essendo stato questo calcolato solo per 13 foreste).

Dalla lettura dei dati, e in particolare dalla lettura disaggregata del VET (valori percentuali), emerge evidente il ruolo di primo piano giocato dal SEF correlato alla *protezione idrogeologica*. L'elevato valore economico, in questo caso, è connesso agli importanti costi di surrogazione che bisognerebbe sostenere per supplire alla funzione protettiva della foresta, in particolare nelle aree ad elevata acclività (pendenza >70%). Queste infatti, benché rappresentino solo il 5% delle aree forestali regionali, svolgono una funzione cruciale in termini di protezione dall'erosione, la cui eventuale "sostituzione" dovrebbe essere operata tramite interventi di ingegneria naturalistica onerosi, come appunto la palificata viva a parete doppia, ma indispensabili per garantire la stabilità di versanti scoscesi e privi di vegetazione<sup>22</sup>. Gli interventi di idrosemina, invece, che hanno costituito il riferimento per la definizione del costo di surrogazione della funzione protettiva delle foreste situate nelle aree di pen-

<sup>22</sup> Si vedano in proposito le schede tecniche allegate allo "Studio generale per la definizione delle Linee Guida regionali per la realizzazione degli interventi di riassetto idrogeologico con tecniche di Ingegneria Naturalistica" che la Regione Sardegna ha elaborato nel 2010 ([http://www.regione.sardegna.it/documenti/1\\_327\\_20110208185054.pdf](http://www.regione.sardegna.it/documenti/1_327_20110208185054.pdf), ultimo accesso luglio 2017).

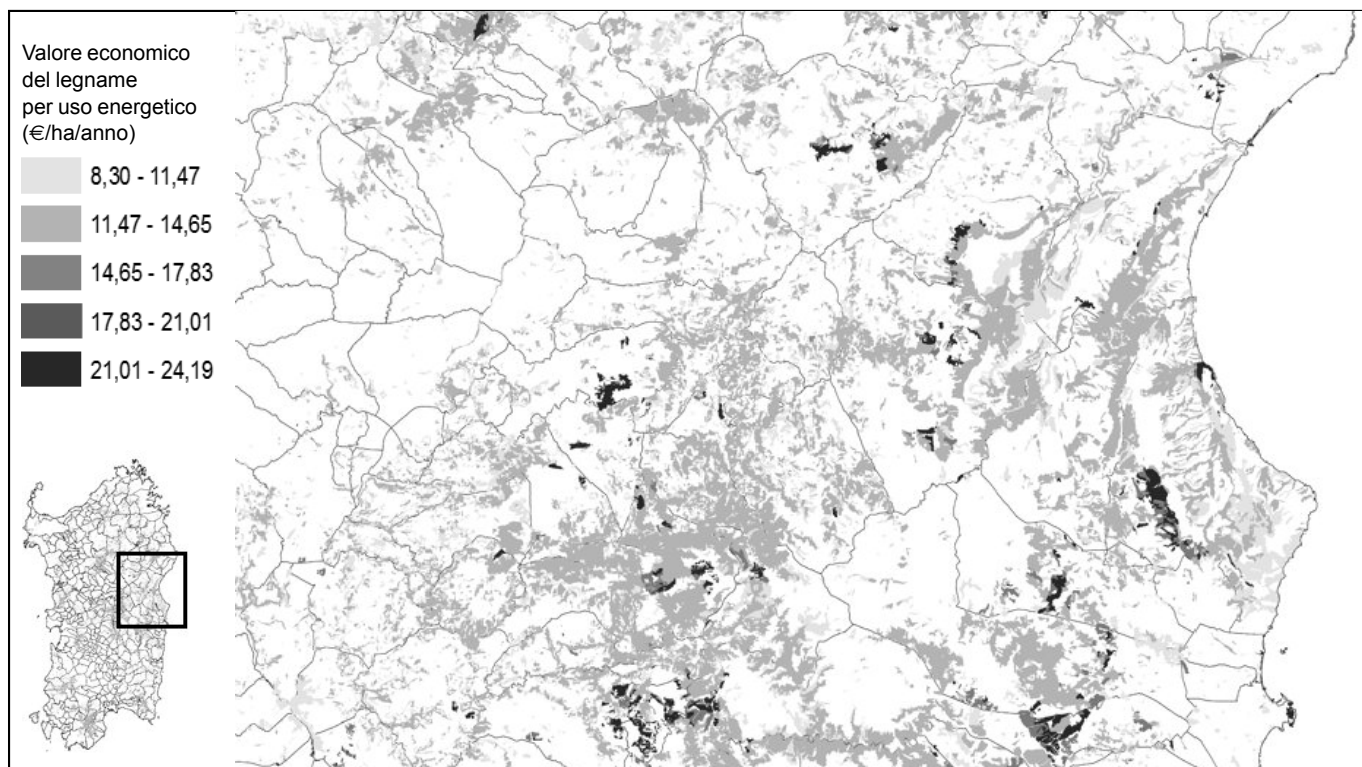
denza 40%-70%, incidono in modo meno significativo sulla valutazione economica del SEF: nonostante facciano riferimento a più del 30% della superficie forestata, il prezzo dell'intervento infatti è molto più contenuto (vedi nota 14).

L'elevato peso percentuale assunto dal SEF di protezione idrogeologica entro il VET è anche connesso alla scarsa performance degli altri indicatori. In particolare, risultano estremamente bassi i valori relativi alla produzione di *legname da lavoro* e *legname per uso energetico*, non essendo le foreste sarde gestite e sfruttate sistematicamente in tal senso. Infatti, il legname da lavoro estratto dalle foreste dell'isola corrisponde solamente allo 0,13% della produzione italiana, mentre quello destinato ad uso energetico al 4%. Rispetto al valore complessivo della produzione di legname da lavoro e per uso energetico, giocano un ruolo di primo piano le latifoglie, estesamente presenti sull'isola; le conifere, tuttavia, si contraddistinguono per valori economici *unitari* (€/ha) più elevati rispetto alle latifoglie poiché, pur a fronte di prezzi del legname inferiori (vedi nota 10), sono connotati da indici di produzione (mc/ha) sensibilmente più alti, soprattutto per quanto riguarda il legname per uso energetico (Fig. 1).

Sempre con riferimento alla funzione di approvvigionamento delle foreste, molto più significativa è, rispetto alla produzione di legname, la produzione di *sughero*: la Sardegna contribuisce infatti a circa l'80% della produzione italiana di sughero (più di 160.000 q/anno) e il valore annuo pre estrazione derivante dalle querce da sughero (al netto dunque dei ricavi connessi alla lavorazione del materiale, tra industria diretta e indotto) ammonta a più di 11 milioni di euro.

Meno rilevante, invece, il valore delle foreste sarde in termini di *assorbimento del carbonio*. Nonostante infatti la Regione Sardegna presenti la quarta superficie forestata per estensione a livello nazionale, il suo contributo in termini di sequestro del carbonio è relativamente basso (la Sardegna è quattordicesima in Italia, Gasparini *et al.*, 2013) a causa della predominanza di specie con valori unitari di assorbimento di carbonio (t/ha) non elevati. Nella Regione il bosco alto costituisce la principale fonte di assorbimento, ma si distingue anche l'arboricoltura da latifoglie, pioppeti in particolare, che presenta l'indice di assorbimento unitario più elevato (Fig. 2). Il basso valore economico del SEF relativo all'assorbimento del carbonio è anche connesso al prezzo definito dallo *European Union Emissions Trading Scheme*, che ha subito drastici ridimensionamenti a partire dal 2009 a causa del crollo dei consumi energetici connesso alla crisi economica.

Emerge infine il ruolo del SEF correlato al *turismo*. Come detto, essendo stato calcolato solo per 13 foreste, non è stato compreso nella definizione del VET a scala regionale, ma, se si considera che circa il 9% delle foreste dell'isola sono visitate annualmente da oltre 150.000 turisti, con un valore stimato di circa 940.000 euro annuali, non è peregrino considerare il turismo un SEF importante e promettente. Se infatti applicassimo, in un'operazione di carattere puramente teorico ma comunque indicativo, il medesimo valore economico medio unitario (€/ha/anno) rintracciato per le 13 foreste a tutte le foreste dell'isola, otter-



**Figura 1** - Valori economici unitari ed annuali (€/ha/anno) della produzione di legname per uso energetico (Sardegna centro-orientale, golfo di Orsei). Sono evidenziati nelle tonalità del grigio scuro e nero i boschi di conifere.

Fonte: elaborazione a cura degli autori, con la collaborazione di Antonio Cittadino (LARTU, Laboratorio di Analisi e Rappresentazioni Territoriali e Urbane, Politecnico di Torino)

remmo un valore economico complessivo di più di 10 milioni di euro, corrispondenti a circa il 7% del VET ricalcolato. È questo peraltro il valore percentuale (VET) rivestito dal *turismo* nella foresta demaniale di Monte Pisanu, ambito forestale situato nella Provincia di Sassari, rispetto a cui è stato condotto un approfondimento applicativo del metodo di valutazione (Tab. 5). Trattandosi di una delle 13 aree rispetto a cui è disponibile il dato relativo alle visite turistiche, è stato possibile calcolare un VET complessivo di tutti e sei gli indicatori previsti dal metodo, entro cui, appunto, il turismo riveste un ruolo significativo, “ridimensionando” tra l’altro il ruolo della *protezione idrogeologica* (che tuttavia resta, anche nel caso locale, il SEF dal “peso” più rilevante entro il VET, sostanzialmente in linea con i valori regionali). Risulta significativa inoltre, nella foresta di Monte Pisanu, la produzione di *legname ad uso energetico* (mentre quella ad *uso costruzioni* si attesta sui modesti valori regionali), il cui valore (€/mc) è sensibilmente più alto rispetto a quello regionale, connesso alla presenza diffusa, in questo caso, di aree di latifoglie ad elevata densità (ricordiamo che il legname da latifoglie per uso energetico è caratterizzate da un prezzo più che doppio rispetto a quello delle conifere, vedi nota 10). Più ridotto invece il “peso” della produzione di *sughero* entro il VET della foresta, rispetto a quello rivestito a scala regionale, essendo presenti nell’area solo 112 ha di querce da sughero. I valori connessi all’*assorbimento del carbonio*, infine, sono in linea, con i valori regionali (€/t).

#### 4.4 Dalla valutazione alla pianificazione

Il metodo valutativo elaborato, per quanto concepito per la realtà locale della Regione Sardegna, è applicabile anche ad altri contesti. I punti di forza del metodo risiedono nella definizione di un set agile, ma al contempo comprensivo, di indicatori dei SEF, che ne consentono una duplice valutazione (biofisica ed economica) e, soprattutto, spazializzata, dunque utile a politiche di pianificazione territoriale e paesaggistica. La relativa semplice applicabilità del metodo – che ha guidato anche la scelta di alcuni metodi di stima (si veda in generale il non utilizzo di modelli, oppure, più specificatamente, la valutazione del sequestro di carbonio fondata sul prezzo di mercato, o la traduzione della dimensione culturale dei SEF nei servizi di tipo ricreativo-turistico, par 4.2) – risponde, come detto (par. 4.1), alla volontà di predisporre uno strumento utilizzabile dagli stessi amministratori: “*Incorporating ES in decision-making can make the planning process more complex. This is a significant challenge that might be alleviated by developing (...) simple but robust methods and tools (...)*” (Albert et al., 2017, p. 306). Questi stessi vantaggi del metodo – in particolare spazializzazione e facile applicabilità – ne costituiscono ovviamente anche gli aspetti di parziale debolezza, indirizzandolo verso una necessaria semplificazione procedurale.

In una prospettiva di ulteriore sviluppo della ricerca qui presentata, è possibile prevedere, pur non volendo abban-



**Figura 2** - Valori economici unitari ed annuali (€/ha/anno) dell'assorbimento di carbonio (Sardegna centro-occidentale, piana di Oristano). Sono evidenziate nella tonalità del grigio scuro le aree di arboricoltura da latifoglia (pioppeti).

Fonte: elaborazione a cura degli autori, con la collaborazione di Antonio Cittadino (LARTU, Laboratorio di Analisi e Rappresentazioni Territoriali e Urbane, Politecnico di Torino)

donare l'approccio indicato, un approfondimento, più che una complessificazione, di alcuni degli indicatori individuati, facendoli poggiare su dati di maggiore dettaglio e ricchezza (che consentano ad esempio un rilievo più fedele dei PFL, con particolare riferimento a quelli ad uso energetico, o un'estensione della valutazione dei SEF culturali ad aspetti non solo ricreativo-turistici).

Inoltre, intendendo questo strumento valutativo come potenziale supporto di politiche di pianificazione e gestione dei paesaggi forestali, è opportuno che la valutazione venga integrata con un'analisi dei trade-off tra i diversi SEF (de Groot *et al.*, 2010), identificando così potenziali conflitti e sinergie tra le molteplici funzioni dei paesaggi forestali e sostenendo efficacemente le scelte di pianificazione e gestione – secondo le prospettive applicative delineate nel seguente paragrafo – che si fonderanno, a seconda degli obiettivi, su diversi scenari e ordini di priorità (si veda ad esempio in merito Lerouge, 2017).

## 5. LA VALUTAZIONE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI FORESTALI PER IL PIANO, IL PROGETTO E LA GESTIONE

Al di là degli obiettivi specifici del metodo – sensibilizzazione di istituzioni e stakeholder rispetto ai rischi connessi agli incendi forestali per la definizione di politiche di

prevenzione efficaci, vedi par. 4.1 – è utile sottolineare le ulteriori e più generali implicazioni che questo può avere per le politiche di pianificazione, gestione e progetto del territorio e del paesaggio, forestale in particolare.

In generale, considerare nelle politiche di *pianificazione* dei paesaggi forestali il tema dei SEF sostiene una pianificazione orientata, in una prospettiva di sviluppo sostenibile (vedi par.1), alla conservazione della biodiversità. La biodiversità, infatti, è un valore sotteso a quello dei SE: garantire la fornitura di SE significa garantire un alto livello di biodiversità<sup>23</sup> (per una trattazione del discusso rapporto tra SE e biodiversità, si veda UWE 2015), sostenendo dunque un'interpretazione delle foreste, diffusa nelle politiche di pianificazione, quali sedi di valori naturalistici e di biodiversità, elementi strutturali della rete ecologica.

Con specifico riferimento, invece, al contesto della Regione Sardegna e guardando a come il metodo proposto può interagire e supportare i principali strumenti di pianificazione delle aree forestali, occorre anzitutto specificare che,

<sup>23</sup> «In summary, the answer to the central question – will use of the ecosystem services approach protect biodiversity? – is likely to be a qualified yes. As long as the approach is implemented via policies based on sound evidence, and in conjunction with strategies that recognise the intrinsic value of biodiversity, it has the potential to be a powerful instrument in the struggle to halt biodiversity decline» (UWE, 2015).

**Tabella 5 - Valori biofisici ed economici annuali dei SEF nella foresta di Monte Pisanu (il VET in questo caso considera il SEF relativo al Turismo, essendo la foresta di Monte Pisanu, Provincia di Sassari, una delle 13 foreste per cui è stato calcolato)**

|                    | SEF                        | Valore biofisico | UM  | Valore economico | UM | VET (%) |
|--------------------|----------------------------|------------------|-----|------------------|----|---------|
| APPROVVIGIONAMENTO | Legname da lavoro          | 12               | mc  | 870              | €  | 0,35%   |
|                    | Legname per uso energetico | 540              | mc  | 26.504           | €  | 10,51%  |
|                    | Sughero                    | 134              | q   | 9.417            | €  | 3,73%   |
| REGOLAZIONE        | Protezione idrogeologica   | 353              | ha  | 187.765          | €  | 74,44%  |
|                    | Sequestro di carbonio      | 1.833            | t   | 9.458            | €  | 3,75%   |
| CULTURALI          | Turismo                    | 2.921            | num | 18.219           | €  | 7,22%   |
|                    |                            |                  | VET | 252.233          | €  | 100%    |

nonostante il Piano Forestale Ambientale regionale (PFAR, 2007) e il Piano Paesaggistico Regionale (PPR, 2006) tendano ad una virtuosa integrazione tra obiettivi e indicazioni normative con particolare riferimento agli aspetti di conservazione e gestione della naturalità delle foreste, il PFAR fornisce una lettura più complessa degli ambiti forestali rispetto al PPR, interpretandoli come sistemi di cui si esplicita il valore protettivo-regolativo (stabilità idrogeologica e assorbimento di carbonio), naturalistico-paesaggistico, produttivo (attività agro-forestale), culturale e sociale (ricerca, educazione e sensibilizzazione). Il PPR, al contrario, fornisce una lettura delle foreste con riferimento prevalente agli aspetti di naturalità ed uso (differenziando tra "aree naturali", "seminaturali" e "aree ad utilizzazione agro-forestale"). Il metodo valutativo dei SEF qui proposto si pone in linea con l'interpretazione complessa delle foreste data dal PFAR, rispetto al quale si propone come potenziale supporto, contribuendo ad evidenziare i valori protettivi-regolativi (protezione idrogeologica e assorbimento di carbonio), produttivi (legname da lavoro e per uso energetico, sughero) e socio-culturali (turismo) delle foreste. La valutazione dei SEF, inoltre, può sostenere l'azione locale del PFAR che si esplica attraverso i POS (Progetti Operativi Strategici, programmi d'intervento direttamente promossi dal PFAR), grazie all'elaborazione di una cartografia di dettaglio che rende evidente, anche a scala locale, la ricchezza dei valori fore-

stali (Figg. 1, 2). Tale lettura coadiuva una trasmissione più efficace, tra scale di governo del territorio, degli indirizzi di pianificazione e gestione forestali, garantendo che ogni livello, compreso quello comunale (piani urbanistici comunali), possa contribuire alla valorizzazione e gestione delle foreste, favorendo così anche l'efficacia delle misure finanziate dal Programma di Sviluppo Rurale (PSR)<sup>24</sup>.

Rispetto al PPR, invece, nella prospettiva della sua estensione dalle coste alle aree interne (è in atto l'integrazione ed estensione a tutto il territorio dell'attuale Piano), una lettura delle aree forestali fondata anche sulla valutazione dei SEF può costituire un efficace supporto per elaborare un'analisi articolata e completa dei valori dei paesaggi forestali (non solo naturalistici e di uso, come avviene ora) e, conseguentemente, per declinare in modo appropriato ad ogni livello di governo del territorio le misure di tutela, (specificando e differenziando i vincoli relativi alle foreste, in quanto bene paesaggistico), gestione e pianificazione.

Da un punto di vista prettamente *gestionale*, il metodo proposto può contribuire a legittimare i costi delle attività di gestione delle risorse forestali, che si presentano in genere ingenti (in Sardegna si stima che gravino su ogni residente nella misura di ca. 100 euro annuali, cfr. intervista Agenzia regionale Fo.Re.S.T.A.S, giugno 2017), evidenziando i benefici sociali derivanti da tali attività. Ciò può risultare particolarmente utile proprio rispetto all'attività antincendio che, almeno nella Regione Sardegna, rappresenta circa il 30%-40% dell'attività svolta dall'Agenzia regionale. Se infatti i valori misurati attraverso il metodo qui proposto vengono letti in termini di "mancato danno" rispetto ai fenomeni di incendio, questi restituiscono efficacemente i benefici, biofisici e soprattutto economici, apportati alla società dall'attività di gestione e monitoraggio svolta dall'Agenzia.

In una prospettiva *progettuale*, infine, la valutazione dei SE è uno strumento di particolare utilità per la costruzione della rete ecologica alla scala locale<sup>25</sup>, supportando l'individuazione di aree strategiche per la rete, di cui vengono evidenziate le potenzialità per il rafforzamento della funzionalità ecologica, in termini di fornitura di SEF, derivanti dai progetti di rinaturalizzazione. In questa prospettiva la rete ecologica è ovviamente intesa come portatrice di una molteplicità di valori, non solo quelli prettamente correlati alla biodiversità, ma anche valori paesaggistici, fruitivi ed economici.

<sup>24</sup> Interessanti in merito sono le esperienze di valutazione dell'efficacia delle misure forestali nei PSR in Puglia a Toscana (De Blasi *et al.*, 2011, Locandro e Saccheli, 2014). La valutazione dei SEF può costituire una misura dell'efficacia della spesa pubblica anche in relazione alle specifiche misure forestali del PSR.

<sup>25</sup> Si rimanda, sul tema, alle ricerche sviluppate negli ultimi quattro anni dal Politecnico di Torino, con ENEA e Città Metropolitana, sui territori dell'Eporediese, di Bruino e di Chieri, coordinate da Angioletta Voghera (Voghera e Negrini, 2016; Voghera, 2016).

\* **Roberta Ingaramo**, Dipartimento di Architettura e Design (DAD), Politecnico di Torino.

e-mail: roberta.ingaramo@polito.it

\*\* **Emma Salizzoni**, Dipartimento Interateneo di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio (DIST), Politecnico di Torino

e-mail: emma.salizzoni@polito.it

\*\*\* **Angioletta Voghera**, Dipartimento Interateneo di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio (DIST), Politecnico di Torino.

e-mail: angioletta.voghera@polito.it

## Riferimenti bibliografici

ALBERT C., GENELETTI D., KOPPEROINEN L., "Application of ecosystem services in spatial planning", in Burkhard B., Maes J. (a cura di), *Mapping Ecosystem Services*, Pensoft Publishers, Sofia, 2017.

AYRES R.U., *Analysis on the practical limits to substitution*, Ecological Economics, Vol. 61, num. 1, 2007, pp. 115-128.

BARBIER E.B., *Valuing ecosystem services as productive inputs*, Economic Policy, Vol. 22, 2007, pp. 177-229.

BOGGIO F. (a cura di), *Atlante economico della Sardegna*, Jaca Book, Milano, 1988.

BRAAT L.C., DE GROOT R., *The ecosystem services agenda: bridging the worlds of natural science and economics, conservation and development, and public and private policy*, Ecosystem Services, Vol. 1, n. 1, 2012, pp. 4-15.

BRANDER L.M., CROSSMAN N.D., "Economic quantification", in Burkhard B., Maes J. (a cura di), *Mapping Ecosystem Services*, Pensoft Publishers, Sofia, 2017.

BRESSO M., *Per un'economia ecologica*, Nuova Italia Scientifica, Roma, 1993.

CHAS-AMILA M.L., TOUZAB J., GARCÍA-MARTÍNEZA E., *Forest fires in the wildland-urban interface: A spatial analysis of forest fragmentation and human impacts*, Applied Geography, n. 43, 2013, pp. 127-137.

CIANCIO O., CORONA P., MARINELLI M., PETTENELLA D., *Valutazione dei danni da incendi boschivi*, Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, 2007.

CICES, COMMON INTERNATIONAL CLASSIFICATION OF ECOSYSTEM SERVICES (2013), <http://cices.eu/resources/> (ultimo accesso luglio 2017).

COMINO E., BOTTERO M., POMARICO S., ROSSO M., *Exploring the environmental value of ecosystem services for a river basin through a spatial multicriteria analysis*, Land use policy, n. 36, 2014, pp. 381-395.

COSTANZA R., D'ARGE R., DE GROOT R., FARBER S., GRASSO M., HANNON B., LIMBURG K., NAEEM S., ONEILL R.V., PARUELO J., RASKIN R.G., SUTTON P., VAN DEN BELT, M., *The value of the world's ecosystem services and natural capital*, Nature, n. 387, 1997, pp. 253-260.

DE BLASI G., DE BONI A., MORETTI M., ROMA R., *Efficacia degli indicatori di valutazione delle politiche. Un'analisi delle misure previste per la forestazione nel PSR 2007-'13 della Regione Puglia*, Aestimium, Atti del XL incontro di studio (Napoli) "La valutazione dei finanziamenti pubblici per le politiche strutturali", n. 2, 2011, pp. 213-234.

DE GROOT R.S., ALKEMADE R., BRAAT L.C., HEIN L., WILLEMEN L., *Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making*, Journal of Ecological Complexity, Vol. 7, n. 3, 2010, pp. 260-272.

EDWARDS D. M., JAY M., JENSEN F.S., LUCAS B., MARZANO M., MONTAGNÉ C., PEACE A., WEISS G., *Public preferences across Europe for different forest stand types as sites for recreation*, Ecology and Society, Vol. 17, num. 1, art. 27, 2012.

EEA, EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, *European forests - ecosystem conditions and sustainable use*, EEA Report, n. 3, Copenhagen, 2008.

EEA, EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, *Forest fire risk affecting urban areas, Data and maps*, [www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/forest-fire-risk-affecting-urban-areas/forest-fire-risk-affecting-urban-areas](http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/forest-fire-risk-affecting-urban-areas/forest-fire-risk-affecting-urban-areas), 2016 (ultimo accesso luglio 2017).

EMERTON, L. YAN MING A., *The Economic Value of Forest Ecosystem Services in Myanmar and Options for Sustainable Financing*. International Management Group, Yangon, 2013.

FOREST EUROPE, *Expert Group and Workshop on a pan-European approach to valuation of forest ecosystem services. Final Report*, Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, Madrid, 2014.

GAMBINO R., *Conservare, innovare. Paesaggio, ambiente, territorio*, UTET Libreria, Torino, 1997.

GASPARINI P., DI COSMO L., POMPEI E. (a cura di), *Il contenuto di carbonio delle foreste italiane. Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio INFC2005. Metodi e risultati dell'indagine integrativa*, Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, Corpo Forestale dello Stato, Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura, Unità di ricerca per il Monitoraggio e la Pianificazione Forestale, Trento, 2013.

GIOS G., GOIO I., POLLINI C., *Ambiente e territorio: la valutazione economica dei beni ambientali: il bosco di montagna*, Economia Montana, Vol. 35, n. 4, 2003, pp. 19-24.

HARDIN G., *The tragedy of the commons*, Science, num. 162, 1968, pp. 1243-1248.

HÄYHÄ T., FRANZESE P., *Ecosystem services assessment: A review under an ecological-economic and systems perspective*, Ecological Modelling, Vol. 289, 2014, pp. 124-132.

HÄYHÄ T., FRANZESE P., PALETTO A., FATH B.D., *Assessing, valuing, and mapping ecosystem services in Alpine forests*, Ecosystem Services, n. 14, 2015, pp. 12-23.

HAUCK J., GÖRG C., VARIJOPURO R., RATAMÄKI 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*, n. 4, 2013, pp. 25-32.
- KRIEGER D.J., *Economic Value of Forest Ecosystem Services: A Review*, The Wilderness Society, Washington D.C., 2001.
- LEROUGE F., GULINCK H., VRANKEN L., *Valuing ecosystem services to explore scenarios for adaptive spatial planning*, *Ecological Indicators*, n. 81, 2017, pp. 30-40
- LOCANDRO E., SACCHELLI S., *Misure forestali e monetizzazione dei servizi ecosistemici: una valutazione di efficacia del PSR 2007-2013 della Toscana*, Semestrale dell'Associazione Forestale del Trentino, Anno 35, n. 1-1 semestre 2014, pp. 67-75.
- MAES, MAPPING AND ASSESSMENT OF ECOSYSTEMS AND THEIR SERVICES, *Indicators for ecosystem assessments under Action 5 of the EU Biodiversity Strategy to 2020*, European Union, 2014.
- MAES J., EGOH B., WILLEMEN L., LIQUETE 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*, n. 1, 2012, pp. 31-39.
- MARANGON F., GOTTARDO E., "La valutazione monetaria dei danni ai boschi del Friuli Venezia Giulia", in Marangon F. e Tempesta T. (a cura di), *La valutazione dei beni ambientali come supporto alle decisioni pubbliche*, Forum Editrice, Udine, 2001.
- MARINELLI A., MARONE E. (a cura di), *Il valore economico totale dei boschi della Toscana*, Franco Angeli, Milano, 2013.
- MAVSAR R., VARELA E., "Why should we estimate the value of ecosystem services?", in THORSEN B.G., MAVSAR R., TYRVÄINE L., PROKOFIEV I., STENGER A. (a cura di), *The Provision of Forest Ecosystem Services. Volume I: Quantifying and valuing non-marketed ecosystem services*, European Forest Institute, Joensuu, Finland, 2014.
- MAVSAR R., VARELA E., PETTENELLA D., VEDEL S.E., JACOBSEN J.B., "The Value of Carbon Sequestration", in THORSEN B.G., MAVSAR R., TYRVÄINE L., PROKOFIEV I., STENGER A. (a cura di), *The Provision of Forest Ecosystem Services. Volume I: Quantifying and valuing non-marketed ecosystem services*, European Forest Institute, Joensuu, Finland, 2014.
- MEA, MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, *Ecosystems and Human Assessment. Current State and Trends. Forest and Woodland Systems*, Hassan R., Scholes R., Ash N. (a cura di), Islandpress, Washington, Covelo, London, 2005.
- MERLO M., CROITORU L. (a cura di), *Valuing Mediterranean Forests. Towards Total Economic Value*, CABI Publishing, Wallingford, 2005.
- MILCU A.I., HANSPACH J., ABSON D., FISCHER J., *Cultural ecosystem services: a literature review and prospects for future research*, *Ecology and Society*, Vol. 18, num. 3, art. 44, 2013.
- MODUGNO S., BALZTER H., COLE B., BORRELLI P., *Mapping regional patterns of large forest fires in Wildland Urban Interface areas in Europe*, *Journal of Environmental Management*, n. 172, 2016, pp. 112-126.
- MOTRONI A., CANU S., BIANCO G., LOJ G. (a cura di), *Realizzazione di un Sistema Informativo Territoriale per lo studio delle aree sensibili alla desertificazione in Sardegna*, Arpa Sardegna, 2004 (<http://www.sar.sardegna.it/pubblicazioni/miscel-lanea/desertificazione/index.asp>, ultimo accesso luglio 2017).
- NASI R., WUNDER S., J.J. CAMPOS A., *Forest Ecosystem Services: Can they pay our way out of deforestation?* CIFOR for the Global Environmental Facility (GEF), Bogor, Indonesia, 2002.
- PEARCE D.W., *Economic Values and the Natural World*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1993.
- PEARCE D.W., *The Economic Value of Forest Ecosystems*, *Ecosystem Health*, Vol. 7, n.4, 2001, pp. 284-296.
- PLIENINGER T., DIJKS S., OTEROS-ROZAS E., BIELING C., *Assessing, mapping and quantifying cultural ecosystem services at community level*, *Land Use Policy*, Vol. 33, 2013, pp. 118-129.
- RITTER E., DAUKSTRA D. (a cura di), *New Perspectives on People and Forests*, Springer, Dordrecht, 2011.
- SARDEGNA FORESTE, *Monitoraggio del flusso turistico nei Complessi Forestali gestiti dall'Ente Foreste della Sardegna*, Regione Autonoma della Sardegna, 2011.
- SCHÄGNER J.P., BRANDER L., MAES J., HARTJE V., *Mapping ecosystem services' values: Current practice and future prospects*, *Ecosystem Services*, n. 4, 2013, pp. 33-46.
- SPANGENBERG J.H., SETTELE J., *Precisely incorrect? Monetising the value of ecosystem services*, *Ecological Complexity*, n. 7, 2010, pp. 327-337.
- STERN N., *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Cambridge University Press, Cambridge and New York, 2007.
- TEEB, THE ECONOMICS OF ECOSYSTEMS AND BIODIVERSITY, *Ecological and Economic Foundations*, Pushpam K. (a cura di), Earthscan, London and Washington, 2010.
- TEMPESTA T., MARANGON F., *Una stima del valore economico totale dei paesaggi forestali italiani tramite la valutazione contingente*, *Genio Rurale*, n. 11, 2004.
- TURNER R.K., PEARCE D.W., *Economia ambientale*, Il Mulino, Bologna, 1996.
- UN, *The Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020 and the Aichi Biodiversity Targets*, 2010.
- UWE, *Ecosystem Services and the Environment*, In-depth Report 11 produced for the European Commission, DG Environment, 2015.
- VOGHERA A., "Approaches, Tools, Methods and Experiences for Territorial and Landscape Design", in Ingaramo R., Voghera A. (a cura di), *Topics and Methods for Urban and Landscape Design. From the river to the project*, Springer, Dordrecht, 2016.
- VOGHERA A., NEGRINI G., "Parks and landscape: Land use plan experimentation for biodiversity", in Hammer T., Mose I., Siegrist D., Weixlbaumer N. (a cura di), *Parks of the Future. Protected Areas in Europe Challenging Regional and Global Change*, Oekom, Munchen, 2016.
- VON HAAREN, C., ALBERT, C., GALLER, C., "Spatial and Landscape planning: A place for ecosystem services" in Potschin M., Haines-Young R., Fish R. Turner R.K. (a cura di), *Routledge Handbook of Ecosystem Services*, Routledge, London and New York, 2016, pp. 568-578.
- WUNDER S., THORSEN B.J., "Ecosystem services and their quantification", in THORSEN B.G., MAVSAR R., TYRVÄINE L., PROKOFIEV I., STENGER A. (a cura di), *The Provision of Forest Ecosystem Services. Volume I: Quantifying and valuing non-marketed ecosystem services*, European Forest Institute, Joensuu, Finland, 2014.

Editorial..... 1

**The parameterization of physical quantities in the definition of parametric costs. The Legislative Decree n. 50/2016 on public works design ..... 3**  
*Orazio Campo, Francesco Rocca*

## EXPERIENCES

**Social Housing and measurement of social impacts: steps towards a common toolkit..... 11**  
*Marco Camoletto, Giordana Ferri, Claudia Pedercini, Luisa Ingaramo, Stefania Sabatino*

**The grass roots participation create new value? Simulation models for bottom-up enhancement processes of public real-estate properties ..... 41**  
*Alessia Mangialardo, Ezio Micelli*

## ANALYSIS AND DEBATE

**Methodological approaches to the valuation of investments in biogas production plants: incentives vs market prices in Italy ..... 53**  
*Chiara D'Alpaos*

**Valuing Forest Ecosystem Services for Spatial and Landscape Planning and Design ..... 65**  
*Roberta Ingaramo, Emma Salizzoni, Angioletta Voghera*

**Historical center planning in Sardinia: the replacement of the inconsistent building fabric for the renovation of the historic landscape ..... 79**  
*Anna Maria Colavitti, Sergio Serra*

**Evaluation of the effects induced by environmental characteristics on the behavioural models of people affected by dementia. Design oriented towards the therapeutic significance of spaces ..... 91**  
*Alessandra Cucurnia, Gianluca Darvo*

# La rivista della siev

Società italiana di Estimo e Valutazione

www.siev.org

**Abbonamento  
annuo, 2 numeri,  
€ 20,00**

rivista della  
SIEV  
Società Italiana  
di Estimo e  
Valutazione  
Semestrale anno I  
numero 1 giugno 2008

**valori  
e valutazioni**  
teorie ed esperienze

dei  
TIPOGRAFIA DEL GENIO CIVILE

## I TEMI DELLA RIVISTA

- ✓ estimo dei beni immobili e dei lavori
- ✓ valutazioni dei piani e dei progetti urbanistici
- ✓ valutazioni economiche e finanziarie
- ✓ valutazioni in ambito ambientale

### DECORRENZA E RINNOVO ABBONAMENTO:

L'abbonamento decorre dal primo numero raggiungibile e può avere inizio in qualsiasi periodo dell'anno.

Lo scadere dell'abbonamento è comunicato con lettera di richiesta rinnovo.

**PER ULTERIORI INFORMAZIONI su contenuti e modalità di abbonamento, contatti pure il ns. Servizio Clienti tramite:**

- tel. 0644163772 fax 064403307
- dei@build.it www.build.it

**Sì**, desidero sottoscrivere l'abbonamento a **valori e valutazioni**, la rivista della **SIEV Società Italiana di Estimo e Valutazione**

**Abbonamento ANNUALE**  
(2 numeri) € 20,00

Effettuo il pagamento:

tramite versamento anticipato su c/c postale n. 65047003 intestato a:  
DEI srl Tipografia del Genio Civile Via Nomentana, 16 - 00161 Roma

CartaSI/MasterCard/Eurocard/Visa

Data di nascita

N.

Scadenza

Data .....

Firma .....

nome/cognome

ing.  arch.  geom.  altro

Ente o Comune ecc.

Referente dell'Ente

(Vi preghiamo, se l'abbonato fosse un Ente o un Comune, di fornirci il nome di un referente e il rispettivo numero telefonico, per trasmettere eventuali comunicazioni)

indirizzo

C.A.P. città prov.

tel. fax

e-mail partita IVA

Il trattamento dei dati personali che La riguardano è svolto nell'ambito della banca dati elettronica della DEI e nel rispetto di quanto stabilito dalla Legge 675/96 sulla tutela dei dati personali. Il trattamento dei dati, di cui Le garantiamo la massima riservatezza, è effettuato al fine di aggiornare sulle iniziative della nostra casa editrice. I Suoi dati non saranno comunicati o diffusi a terzi e per essi Lei potrà richiedere, in qualsiasi momento, la modifica o la cancellazione, scrivendo all'attenzione del Responsabile Dati. Se Lei non desidera ricevere comunicazioni barri la casella a fianco

**Da inviare per fax al n. 06.44.03.307  
oppure spedire in busta chiusa a**

**dei** srl TIPOGRAFIA DEL GENIO CIVILE  
Servizio Abbonamenti  
Via Nomentana - 00161 Roma RM

# Valuing Forest Ecosystem Services for Spatial and Landscape Planning and Design

Roberta Ingaramo\*, Emma Salizzoni\*\*,  
Angioletta Voghera\*\*\*

key words: ecosystem services, forests, valuation and mapping, planning and management policies

## Abstract<sup>1</sup>

Forest landscapes perform a wide range of functions, which are not merely environmental but also socio-economic and cultural in nature, constituting valuable sources of Ecosystem Services (ES). In the countries of southwestern Europe, widespread fires, caused not only by climate change but also trends in land use (renaturalisation and urban sprawl, with an increase in the “forest-city” interface), jeopardise the provision of Forest Ecosystem Services (FES). Valuation and mapping of FES to better define forest fire risk and to increase awareness among institutions and stakeholders of the value of forest landscapes represent an important step towards establishing policies that are effective in preventing the risk of fires. This paper, which is the result of research conducted as part of the European project “Advanced Forest Fire Fighting” (AF3, Seventh Framework Programme), sets out a method for valuing and mapping FES in the Sardinia Region, which is particularly prone to the risk of forest fires. The method

has been designed so that it can be applied if necessary by public administrators themselves, thus it does not entail the use of models but the application of both biophysical and economic GIS-based indicators. Economic valuation of FES, which refer to Total Economic Value (TEV) theory, has been based on different valuation methods, searching for an equilibrium between the reliability of valuation and its potential applicability by institutional actors.

Moreover, geo-referencing these indicators has made it possible to draw up maps of forest values, important tools to support planning policies for forest landscapes.

The paper reports the premises, structure, results and prospects of the method, applied to the forests of the Sardinia Region at both the regional and local scale. It concludes by focusing not only on the method's potential for specific awareness-raising, but also the more general implications for spatial and landscape planning, management and design policies.

## 1. ECOSYSTEM SERVICES, A BRIDGE AMONG NATURE, SOCIETY, AND ECONOMY FOR SUSTAINABLE PLANNING

The increasing attention paid in the spatial planning field to the topic of Ecosystem Services (ES) – construed

<sup>1</sup> This paper - which is the result of the research coordinated by Angioletta Voghera (Interuniversity Department of Regional and Urban Studies and Planning, DIST, Politecnico di Torino) and

according to a well-established definition, as the benefits which ecosystems provide humans (MEA, 2005)<sup>2</sup> – stems

Roberta Ingaramo (Department of Architecture and Design, DAD, Politecnico di Torino), in the framework of the AF3 European project - has been prepared jointly by the three authors. Nevertheless, the final version of Section 5 is by Roberta Ingaramo, that of Sections 1 and 3 is by Angioletta Voghera, and that of Section 4 is by Emma Salizzoni.

<sup>2</sup> “Goods provided by natural ecosystems are the basic building blocks of human welfare” (Krieger, 2001, p. 1).

not only from the now-widespread awareness of the need to integrate environmental issues into local policies but also the acknowledged potential of the concept of “Ecosystem Services” itself. Indeed, it connects the environmental and socio-economic sphere, biophysical-ecosystem aspects and human welfare extremely effectively, by translating environmental “values” into “benefits” for humans, thus highlighting the added value which ecosystems provide for society and the economy. It is the nature of ES as a “bridging concept” (Braat and de Groot, 2012), connected with their clearly anthropocentric perspective which underpins them (Wunder and Thorsen, 2014), which makes them a potential tool for drawing up, implementing and communicating sustainable policies which combine conservation and development perspectives effectively. This potential is closely linked to the clarification and communication of the benefits connected with ES, which must come through their assessment and valuation.

In recent year, assessment and valuation of ES has been at the core of several institutional initiatives, including the Millennium Ecosystem Assessment (MEA, 2005), The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB, 2010) and the Common International Classification of Ecosystem Services (CICES, 2013). Some of these initiatives are still in progress, such as Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services (MAES, 2013, 2014), designed to support the implementation of the European Biodiversity Strategy<sup>3</sup>. These institutional initiatives have been accompanied over the years by several academic studies which have dealt with the subject of ES assessment and valuation. Specifically, in the wake of the study – as pioneering as it was controversial (Krieger, 2001) – by Costanza *et al.* (1997), which proposed making an economic valuation of ES at the global scale, there has been a proliferation of studies which have set out to assess not only the biophysical aspect of ES but also to value the economic aspect (of interest in this regard is the survey study of valuation methods in Häyhä and Franzese, 2014). The advisability of a joint, complementary assessment of these two aspects is acknowledged at the international level (UN 2010), in relation to the resulting

opportunity not only to take account of the effective “stock” of available natural capital but also to *communicate* the value of this natural capital in the most effective way (Häyhä *et al.*, 2015). Indeed, economic valuation of ES has unquestionable power in terms of raising awareness among social actors with regard to the role played by ES (Nasi *et al.*, 2002). In addition, it supports the development of policies “by providing useful information to policy-makers by highlighting the economic consequences of an alternative course of action” (Mavsar and Varela, 2014, p. 44).

To these ends, the mapping of ES values – which, with the development of GIS technologies, is becoming increasingly widespread and important (in this regard, see the survey of studies and methods of valuation and mapping in Maes *et al.*, 2012 and Schägner *et al.*, 2013) – takes on a crucial role. Indeed, the high “educational” value of maps is well-known (Hauck *et al.*, 2013), as they can convey otherwise complex information – in this case, the value of ES – simply and effectively. In addition, the “spatialisation” of the value of ES is essential for the development of planning policies that systematically take account of benefits provided by ES.

The valuation and mapping of ES – although not systematically integrated in planning policies yet (Lerouge *et al.*, 2017) – thus constitute two crucial steps in the development of sustainable territorial government processes at both the regional and local scale.

## 2. THE VALUATION OF ENVIRONMENTAL GOODS: PARADIGMS AND METHODS APPLIED TO ECOSYSTEM SERVICES

As mentioned above, economic valuation of ES has raised a growing interest during the last two decades. Since the Seventies, in the wake of the strengthening, of the “environmental awareness” (Gambino, 1997), the need of linking economy to ecology has been widely acknowledged (Bresso, 1993), so as to “give voice” to the contribution that natural resources provide to economy, which otherwise could be dangerously undervalued (Hardin, 1968). This need asked for the definition of new theoretical paradigms that allowed the valuation of environmental goods, which, as public goods, are often non-marketed and unpriced. At the beginning of the Nineties, the introduction of the Total Economic Value (TEV) concept (Pearce, 1993, Turner and Pearce, 1996) allows a “comprehensive” valuation of environmental goods, also in their non-marketed components. This approach makes it possible to estimate, in monetary terms, the economic value of benefits provided by ecosystems and so by ES.

In this perspective, the TEV of an ecosystem is made up of:

- use values – direct (consumptive, such as, wood, and non-consumptive, such as tourism) and indirect (such as hydrogeological protection) – and option values,

<sup>3</sup> Based on the ES classification framework provided by CICES, in 2014 the MAES (*Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services*, biodiversity.europa.eu/maes) working group – established as part of the Common Implementation Framework (CIF), the organisation tasked with overseeing the implementation of the European Biodiversity Strategy – has developed a study which aims to draw up a set of guidelines that can support Member States in fulfilling Action 5 of the Strategy, that is, mapping and assessing, including from an economic point of view, the state of ecosystems and related services (“Map and assess the state and economic value of ecosystems and their services in the entire EU territory; promote the recognition of their economic worth into accounting and reporting systems across Europe”, Target 2: “Maintain and restore ecosystems”).

related to the future availability of ES for personal benefit;

- non-use values, namely existence, altruism and bequest values, connected, respectively, to the awareness that ES exists and to the availability of ES for other people (intra-generational equity) and future generations (inter-generational equity).

In the framework of a TEV approach, there are several methods to estimate the monetary value of use values and non-use values of ecosystems. Their selection mainly depends on the scale and aims of valuation and on data availability. Usually, the following methods are used (TEEB, 2010): (i) market valuation methods (e.g. market price or cost-based methods, such as avoided and substitution costs), (ii) revealed preferences methods (travel cost method, hedonic pricing method), (iii) simulated valuation methods (contingent valuation, group valuation).

Beyond these methods, definable as “primary valuation methods”, based on the use of original data, it is possible to use the so-called “value transfer methods”, better known as “benefit transfer methods”, that, on the contrary, refers to data already existing in context that are similar to the valuation context, to be exported (see Brander and Crossman 2017 for strengths and limits of the benefit transfer method).

This paper, consistently with a TEV approach (Table 2) and applying some of the abovementioned valuation methods, presents and discusses an experiment in the biophysical and economic valuation and mapping of ES. The paper focuses in particular on ES provided by forests, which represent landscape heritage of exceptional value not only from an environmental but also a socio-economic and cultural perspective (Ritter and Daukstra, 2011).

### 3. MULTIFUNCTIONALITY AND RISKS POSED TO FOREST LANDSCAPES

Multifunctionality is a typical characteristic of forest landscapes (Merlo and Croitoru, 2005; MEA, 2005). Different systems exist for the interpretation and classification of forest functions in terms of ES (for an overview of the main international classification frameworks for Forest Ecosystem Services, FES, see Forest Europe, 2014), based on different taxonomic criteria. Nevertheless, they all illustrate the wealth of functions performed by forests of an environmental nature (e.g. water regulation and filtration, hydrogeological protection, carbon sequestration, etc.), socio-economic nature (e.g. wood and non-wood forest products, etc.) and cultural nature (e.g. tourism, aesthetic and spiritual values, etc.).

However, these landscapes are subject to high risks. In Europe, while the patterns of renaturalisation which have affected large areas of abandoned farmland since World War II, particularly in mountain areas, have led to an increase in the amount of forest cover, they have also

increased one of the most serious risks currently posed to forest landscapes: fire (EEA, 2008). Recent figures in fact show that the number of fires is constantly on the increase, particularly in the countries of southwestern Europe and in areas close to inhabited areas (EEA, 2016). This is due not only to the general conditions of aridity connected with increasingly evident climate change, but also to the aforementioned renaturalisation patterns which, in combination with the land use patterns that have manifested themselves in growing suburbanisation, have contributed to increase of the so-called “Wildland-Urban Interface” (WUI), that is, the area of interface between wildland and built environments, particularly subject to the risk of fire (Chas-Amil *et al.*, 2013; Modugno *et al.*, 2016).

Preventing and reducing the risk of forest fires is therefore a current challenge, not only because of their growing spread but also because of the impact that a large-scale fire may have on a forest area, with long-term consequences that have a significant impact on the resilience of these landscapes, which are no longer able to provide the abovementioned FES for long periods:

*“in addition to the destruction of vegetation, forest fires produce other damaging effects [...]. Among these are [...] the destruction of the organic layer of the soil, and the changes in the water infiltration rates in the soil, which makes burnt areas prone to erosion, soil loss, and landslides”* (EEA, 2008).

The AF3 research project (Advanced Forest Fire Fighting, Grant Agreement no. 607276, funded under the Seventh European Framework Programme, Theme SEC-2013.4.1-6, involving 19 international partners including the Politecnico di Torino, ending in July 2017) acknowledged the urgent need for effective policies to prevent and reduce the risk of forest fires and set out to overcome current shortcomings in the management of fire risk – which, it is known, also contribute to the growing spread of fires (MEA, 2005) – by developing new methods and technologies<sup>4</sup>. As part of the project, the DIST/DAD research group at the Politecnico di Torino<sup>5</sup> has developed a method for valuing FES, applying it to the Sardinian Region.

<sup>4</sup> “These so-called ‘mega-fires’ are particularly destructive and difficult to control with the technologies and systems currently available to fire fighters and emergency agencies. The AF3 project intends to provide an improvement to the efficiency of current fire-fighting operations and to the protection of human lives, the environment and property by developing innovative technologies and means to ensure a high level of integration between existing and new systems” (<http://af3project.eu/description/>, last accessed July 2017).

<sup>5</sup> The research activity developed by the Politecnico di Torino in the framework of the AF3 project was coordinated by Vittorio Verda, Department of Energy (DENERG).

## 4. VALUATION OF FOREST ECOSYSTEM SERVICES IN THE SARDINIA REGION

### 4.1 Methodological framework

The purpose of the current research regarding the valuation of FES in the Sardinia Region is twofold: to extend the definition of forest fire risks by providing a more detailed assessment of so-called “exposure” (i.e. the value of elements at risk)<sup>6</sup> while developing a highly communicative assessment tool to help raise awareness among both public administrators and stakeholders regarding the value of forest landscapes and to support effective fire prevention and risk reduction policies.

Considering these objectives, the method developed involves:

- not only a biophysical but also an economic valuation of FES, “spatialised” by means of GIS tools in order to draw up maps of the values of forest landscapes, which are highly communicative tools<sup>7</sup>;
- using, for FES valuation purposes, not complex mathematical/computational models but rather indicators which can be calculated on the basis of easily accessible, updateable information, thus enabling them to be applied if necessary by public administrators for monitoring purposes.

Starting from the ES classification framework provided by CICES 2013 (Forest Europe, 2014), that classifies ES under three general classes (provisioning, regulation and cultural ES), six indicators were selected (Table 1) according to the following criteria:

- the representativeness of the main ES classes (provisioning, regulation and cultural);
- the representativeness of the main functions performed

<sup>6</sup> We should stress that risk, as commonly understood in the literature and also in the Sardinia Region’s “Piano regionale di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi 2014-2016” (“Regional Forest Fire Forecasting, Prevention and Fighting Plan 2014-2016”), is calculated as the relation between the factors Hazard, Vulnerability and Exposure ( $R=H*V*E$ ). The method proposed intends to integrate and enhance the definition of the Exposure variable, especially with regard to vegetational aspects, which are currently considered in economic terms with reference only to “Average Agricultural Values of the Province” and, in environmental terms, by means of unspecified indices of environmental value (from 0 to 10) connected with the land use classes of wooded areas defined by Corine Land Cover (see “Piano regionale di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi” 2014-2016, pp. 70-71).

<sup>7</sup> In Italy, several studies have been developed regarding the valuation – Total Economic Value (TEV) – of FES in various regional contexts. See, for example, Marangon and Gottardo, 2001; Gios *et al.*, 2003; Tempesta and Marangon, 2004. Nevertheless, “spatialisation” of TEV has become the subject of attention only recently. Of interest in this regard is the work done by Marinelli and Marone (2013) regarding Tuscany’s forests. Particularly interesting studies in an international context include Pearce (2001), Emerton and Ming Aung (2013), and Häyhä *et al.* (2015).

by forests as commonly identified in the literature (among the others, Pearce, 2001; Merlo and Croitoru 2005; Ciancio *et al.*, 2007);

- the importance of the FES to the local context (in this case the Sardinia Region);
- the actual possibility not only to develop, at regional local, a quali-quantitative valuation of FES, but also to “spatialise” the valuation outcomes; this purpose is in turn conditioned by the availability of data that are: (i) quali-quantitative, both biophysical and economic, (ii) geo-referable, that is, relatable to the main georeferencing source used by the research, the Sardinia Region’s *Carta dell’Uso del Suolo*, CUS, 2008, (iii) homogeneous for the regional scale.
- the actual possibility to develop a FES valuation replicable by public administrators for monitoring purposes that is in turn conditioned by the availability of data supported by easily accessible, periodically updated sources.

The selected FES refer, under a TEV approach, to direct and indirect use values, while the values of non-use of forest landscape have not been assessed due to lack of data (Table 2).

Economic valuation made use of various estimation methods (market price, substitution cost, and benefit transfer) defined with respect to the valuation aim (each FES features) and data availability. In particular, simulated valuation methods, such as contingent valuation method (in this regard, see, for example, Tempesta and Marangon, 2004 and Comino *et al.*, 2013), were not applied; this choice was made with a view to making the valuation method easier to apply for individuals who are not always expert in assessment techniques, such as spatial and forest heritage government institutions, and above all to make it possible to update and monitor results.

With regard to each FES, the annual values (provisioning of FES over the course of 12 months<sup>8</sup>) were calculated.

### 4.2 Biophysical and economic indicators: tools

The *provisioning* function of Sardinia’s forests<sup>9</sup> was assessed in relation to three FES connected with the provision of Wood Forest Products (WFP, “timber” and “fuel wood”) and Non-Wood Forest Products (NWFP, “cork”).

<sup>8</sup> For each indicator, the year is defined by the most recent available update of the base data. Where necessary, prices have been discounted, revaluing them, to 2017.

<sup>9</sup> “Forests” here refers to areas with tree cover comprised by forest species with a density of greater than 20%, as defined by the Sardinia Region’s *Carta dell’Uso del Suolo* (CUS) or land use map. Only in relation to cork oak landscapes, as detailed later in the text, have wooded areas with lower density been referenced.

<sup>10</sup> In 2013 CICES classification framework (<https://cices.eu/>), timber is classified under “materials” division and fuelwood under “energy” division (the common section is “provisioning ES”).

**Table 1 - Biophysical and economic indicators for the valuation of Forest Ecosystem Services (FES) in the Sardinia Region**

|                     | FES                            | Biophysical indicator                                    | Structure               | UM             | Economic indicator                                       | Structure | UM |
|---------------------|--------------------------------|--|-------------------------|----------------|--|-----------|----|
| <b>PROVISIONING</b> | <b>Timber</b>                  | Volume of timber   | m <sup>3</sup> /ha/year | m <sup>3</sup> | Market value of timber                                   | €/ha/year | €  |
|                     | <b>Fuel wood</b>               | Volume of fuel wood                                      | m <sup>3</sup> /ha/year | ma             | Market value of fuel wood                                | €/ha/year | €  |
|                     | <b>Cork</b>                    | Quantity of cork   | q/ha/year               | q              | Market value of cork                                     | €/ha/year | €  |
| <b>REGULATION</b>   | <b>Hydrological protection</b> | Surface area protected by forests from erosion phenomena | ha                      | ha             | Substitution value of the protective function of forests | €/ha/year | €  |
|                     | <b>Carbon sequestration</b>    | Amount of carbon absorbed                                | t/ha/year               | t              | Market value of carbon absorbed                          | €/ha/year | €  |
| <b>CULTURAL</b>     | <b>Tourism</b>                 | Annual visitors  | no. visitors/year       | num            | Value of annual visits                                   | €/ha/year | €  |

**Table 2 - The economic valuation of FES in the Sardinia Region under the TEV approach and related valuation methods**

| TEV values     |                  | FES             |                     | Economic indicator             | Valuation method   |                   |
|----------------|------------------|-----------------|---------------------|--------------------------------|--|-------------------|
| <b>USE</b>     | <b>Direct</b>    | Consumptive     | <b>PROVISIONING</b> | <b>Timber</b>                  | Market value of timber                                   | Market price      |
|                |                  |                 |                     | <b>Fuel wood</b>               | Market value of fuel wood                                | Market price      |
|                |                  |                 |                     | <b>Cork</b>                    | Market value of cork                                     | Market price      |
|                | <b>Indiretto</b> | Non-consumptive | <b>REGULATION</b>   | <b>Tourism</b>                 | Value of annual visits                                   | Benefit Transfer  |
|                |                  |                 |                     | <b>Hydrological protection</b> | Substitution value of the protective function of forests | Substitution cost |
|                |                  |                 |                     | <b>Carbon sequestration</b>    | Market value of sequestered carbon                       | Market price      |
| <b>NON USE</b> | <b>Existence</b> |                 |                     |                                |  |                   |
|                | <b>Altruism</b>  |                 |                     |                                |  |                   |
|                | <b>Bequest</b>   |                 |                     |                                |  |                   |

WFP were valued with reference to both timber and fuelwood – in line with some recent studies (see for instance Häyhä *et al.*, 2015) and CICES 2013<sup>10</sup> – to distinguish two different production aspects. The indicators *timber* and *fuel wood*, were calculated by correlating the annual production data (m<sup>3</sup>/year) provided by ISTAT (*“Utilizzazioni legnose forestali per assortimento e tipo di bosco”*, 2015) by type of forest (broadleaf, coniferous and mixed), and the class of land cover of the three types of wood available in the CUS (three land-cover classes – 21-50%, 51-80%, >80% – to which a density coefficient was assigned, assuming that greater cover potentially corresponds to greater forest density and so timber production). The volume thus defined, i.e. the biophysical value of the two FES, was related to the average selling price for timber, once again provided by ISTAT (*“Prezzi medi all'imposto per assortimento e tipo di bosco”*, 2011<sup>11</sup>), in order to obtain the monetary value.

Although every indicator was calculated following different calculation procedures, hereafter it is pointed out, by way of example, the calculation and valuation steps for the first indicator, *Timber*.

Firstly, a biophysical indicator concerning the Volume of Timber (T) was calculated using the following formula (1):

$$T \text{ Volume (m}^3\text{)} = \text{ha (broadleaf, coniferous, mixed)} \times \text{T average production}^{12} \text{ (m}^3\text{/ha)} \times \text{density coefficient}^{13} \quad (1)$$

This volume was then converted in monetary units through the calculation of an economic indicator concerning the Market Value of Timber (T) using the following formula (2):

$$T \text{ Value (€)}: T \text{ volume (m}^3\text{)} \times \text{T average price (€m}^3\text{)} \quad (2)$$

In Table 3, numerical values connected to *Timber* indicator calculation are provided.

The FES connected with the production of *cork* –selected

because of the primary role played by cork production in the island's agro-forestry economy – was assessed with reference both to cork oak forests with a density greater than 25%, as identified by the CUS, and to those characterised by lower density (5%-25%), also identified by the CUS and corresponding to wooded pastures. In this specific case, therefore, areas of woodland with a density of less than 20% (see note 8) were considered, as cork oaks interspersed with pasture land contribute significantly to cork production. The areas thus identified were assigned a homogeneous production indicator (q/year), provided by Agris Sardegna, the Sardinia Region's cork growing and forestry research service (there are in fact no forest density parameters which enable greater or lower cork productivity in the various areas to be plausibly or effectively differentiated at the regional scale; indeed, the lower forest density of some areas is compensated for by the greater diameter and therefore the greater productivity of the trees). For a monetary valuation of production, the average market price of cork (€70/q, 2016) was taken, once again provided by Agris Sardegna. In this case, in contrast to the price of wood products (see above), provided as the “selling price” (i.e. after felling), the price considered here is the so-called “standing price”, the result of a visual assessment of the cork oaks prior to extraction.

The *regulating* function performed by forests was assessed with reference to two FES: hydrogeological protection and carbon sequestration.

The function of *hydrogeological protection* was assessed with specific reference to the capacity of the forests concerned to counter – by intercepting and attenuating the kinetic force of rainfall – soil erosion phenomena, which are particularly significant in Sardinia as a result of its irregular rainfall pattern. The FES biophysical assessment was based on geomorphological and species parameters (see hereafter), while the economic valuation entailed the use of the substitution cost method, highlighting the costs that would be necessary to compensate for the protective function of the forest by means of environmental engineering projects. The use of this method, although it presents some limits (Barbier, 2007; Ayres, 2007), is in line with the most common valuation approaches used to estimate the economic value of regulation ES (TEEB 2010).

In order to assess the hydrogeological protection function, information regarding the following was analysed together: (i) the slope class of land areas (<40%, 40%-70%, >70%), assuming that the protective function of the forest increases the greater the slope (not significant in the case of areas with a slope of less than 40%); (ii) type of forest (broadleaf, coniferous, mixed), with a higher or lower capacity to perform the function of protection from erosion each species;<sup>14</sup> (iii) vegetation cover class (21-50%,

<sup>11</sup> Timber: broadleaf - €4.11/m<sup>3</sup>; conifer - €65.72/m<sup>3</sup> - conifer. Fuel wood: broadleaf €4.50/m<sup>3</sup>; conifer - €4.15/m<sup>3</sup>.

<sup>12</sup> Annual average production of Timber: broadleaf - 0,004 m<sup>3</sup>/ha/year, conifer - 0,02 m<sup>3</sup>/ha/year, mixed - 0,01 m<sup>3</sup>/ha/year (the current very low annual timber production per unit is also confirmed by a source of several years ago, namely the Economic Atlas of Sardinia, Boggio, 1988). It is worth reminding that ISTAT (Italy's National Institute for Statistics) provides the figure only with regard to broadleaf and coniferous forests. The figure regarding mixed forests (i.e. a forest in which neither broadleaf trees nor conifers, as defined in the CUS, account for more than 75% of the forest composition), was calculated as an average value between broadleaf and conifer production. The same procedure was used to calculate the average price of timber provided by mixed forests.

<sup>13</sup> Density coefficient (Land cover classes): class 0: 0,98, class 1: 0,73, class 2: 1,03, class 3: 1,28. Class 0 refers to woods with no land cover class specified in the CUS. In this case the density coefficient is the average value of the other density coefficients.

<sup>14</sup> According to Motroni *et al.* (2004), mixed forests are those which most effectively perform the function of protection from soil erosion, followed by coniferous and broadleaf forests.

Table 3 - Numerical values connected to biophysical and economic indicators for Timber FES

| Land use class | Land cover class | Surface (ha) | Average production (m <sup>3</sup> /ha) | Density coefficient | T volume (m <sup>3</sup> ) | T average price (€/mc) | T value (€)       |
|----------------|------------------|--------------|---|---------------------|----------------------------|------------------------|-------------------|
|                | Class 0          | 39.308,07    | 0,004                                   | 0,98                | 154,09                     | 74,11                  | 11.419,43         |
|                | Class 1          | 91.941,75    | 0,004                                   | 0,73                | 268,47                     | 74,11                  | 19.896,31         |
|                | Class 2          | 132.027,91   | 0,004                                   | 1,03                | 543,95                     | 74,11                  | 40.312,50         |
|                | Class 3          | 129.131,39   | 0,004                                   | 1,28                | 661,15                     | 74,11                  | 48.998,03         |
|                | Class 0          | 1.827,85     | 0,02                                    | 0,98                | 35,83                      | 65,72                  | 2.354,48          |
|                | Class 1          | 6.968,30     | 0,02                                    | 0,73                | 101,74                     | 65,72                  | 6.686,17          |
|                | Class 2          | 18.881,31    | 0,02                                    | 1,03                | 388,95                     | 65,72                  | 25.562,12         |
|                | Class 3          | 11.051,35    | 0,02                                    | 1,28                | 282,91                     | 65,72                  | 18.593,14         |
|                | Class 0          | 0            | 0,01                                    | 0,98                | 0                          | 69,92                  | 0                 |
|                | Class 1          | 2.384,52     | 0,01                                    | 0,73                | 20,89                      | 69,92                  | 1.460,52          |
|                | Class 2          | 6.370,64     | 0,01                                    | 1,03                | 78,74                      | 69,92                  | 5.505,58          |
|                | Class 3          | 3.652,81     | 0,01                                    | 1,28                | 56,11                      | 69,92                  | 3.923,01          |
| <b>TOT</b>     |                  |              |   |                     | <b>2.592,83</b>            |                        | <b>184.711,29</b> |

51-80%, >80%), assuming an increasing capacity to intercept rainfall. This biophysical assessment, which gives the surface area of the forest areas that perform a significant function of protection, was then combined with an economic assessment, which in this case used as mentioned above the substitution cost method. In order to calculate the costs, reference was made to hydro-seeding works for areas with slopes of between 40% and 70%, while for areas with a greater slope (>70%), works with live double crib walls<sup>15</sup> (for areas with a slope of less than <40%, the need for engineering works is generally not identified, Ciancio *et al.*, 2007). By proceeding in this way, it was possible to calculate the annual value of substitution of the protective function of forests with regard to erosion phenomena.

With reference to the *carbon sequestration* function of forests – i.e. the amount of carbon removed annually from the atmosphere through photosynthesis and storage in newly-formed plant tissues (the epigeal mass was considered here), a crucial function for climate regulation (Stern 2007, Wunder and Thorsen 2014) – the assessment was performed by applying the unit values of sequestration (t/ha), as defined by the *Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio* (National Inventory of Forests and Forest

<sup>15</sup> Hydro-seeding: € 1.48/m<sup>2</sup>; live double crib wall with interdistance of 10m: €160/m<sup>3</sup> (*Prezzario dei Lavori Pubblici*, Sardinia Region, 2009). The costs of the two types of work have been annualised using the initial annuity formula based on a discount rate of 1% and a period of 30 years.

Carbon Pools), INFC (Gasparini *et al.*, 2013), to the different species recorded in the CUS<sup>16</sup>. The market price of emissions was then applied as regulated by the European Union Emissions Trading Scheme<sup>17</sup>. This is one of the possible methods for monetary valuation of carbon sequestration. Compared to other methods, such as the calculation of the carbon social cost or the carbon social value (Mavsra *et al.*, 2014), it has undoubted advantages in terms of valuation rapidity, but also some critical points such as the great variability of the reference price, both on the medium period (just think to the impact of the 2008 crisis on the carbon price, see hereafter) and on the short one (the price is subject to daily fluctuations).

Finally, the *cultural* dimension of FES was valued by examining the *recreational and tourism function* performed

<sup>16</sup> As the distinction between species proposed by the INFC inventory is more detailed than the one set out in the CUS – which however must necessarily be used for the geo-referencing of the qualitative and quantitative data that underpin the indicators and therefore for the mapping of forest values – a simplified summary was implemented to relate the categories of species identified in the INFC to the main categories in the CUS. The carbon sequestration indicators provided by the INFC were thus applied to the following forest categories (the combined INFC categories are given in brackets): broadleaf (oak forests, hygrophilous forests, other deciduous forests, ilex woods, other evergreen broadleaf forests), cork oak forests, chestnut woods, planted broadleaf forests, coniferous forests (Austrian pines, stone pines, other coniferous forests), planted coniferous forests, mixed.

<sup>17</sup> €5.16/t (<http://carbon-pulse.com>, last accessed March 2017).

by forests. Forests perform a wide range of cultural ES: beyond the recreational and tourism function, also aesthetic, symbolic and educational ones. However, the recreational and tourism function is the most addressed in the literature (see the survey study of valuation methods in Milcu *et al.*, 2013) due to the undeniable complexity in valuing cultural “immaterial” aspects, that, also, usually demand not economic and alternative valuation methods (see, for instance, Edwards *et al.*, 2012 or Plieninger, 2013). The choice made in this study to investigate the tourism function – that does not entail an undervaluation of the importance of other cultural FES<sup>18</sup> – was made considering above all data availability. The study could rely on data concerning annual numbers of visitors to the forest areas (Sardegna Foreste, 2011)<sup>19</sup>, albeit limited to only 13 forests (13 *Unità Gestionali di Base* or Basic Management Units managed by the regional forestry Agency Fo.Re.S.T.A.S., corresponding to around 9% of the island’s total forest area). The value of a tourism day visit was calculated by means of a Benefit Transfer approach, borrowing value parameters established for other similar contexts (Italian forest areas) and adjusting them to the Sardinian context (“unit value transfer”, Brander and Crossman, 2017)<sup>20</sup>.

### 4.3 The Sardinian forest landscape: outcomes

The valuation method was applied at both the regional scale (the total forests of the Sardinia Region, an area with 20% forest vegetation coverage) and the local scale (the state-owned forest of Monte Pisanu, in the rovince of Sassari).

Table 4 below shows the annual biophysical and economic values<sup>21</sup> for six indicators calculated at the

<sup>18</sup> «An overemphasis on recreation and ecotourism, although pointing to a general helplessness towards measuring other cultural ecosystem services, may lead researchers and policymakers to assume that these represent cultural ecosystem services as a whole, thereby contributing to an unconscious marginalization of other important cultural ecosystem services» (Milcu *et al.*, 2013).

<sup>19</sup> A rare and therefore commendable fact, as tourism data are usually provided for administrative areas – generally municipalities – and thus difficult to relate to exclusively forest areas.

<sup>20</sup> The parameters considered were: purpose of the visit, social class of visitors, origin of visitors, type of resort and accessibility (Ciancio *et al.*, 2007); the cost of a day visit was calculated at around €6.

<sup>21</sup> It should be pointed out that although the assessment was carried out on the basis of data that have been officially validated by means of rigorous calculation procedures, the results of the indicators are necessarily subject to a certain degree of uncertainty, connected in particular with the processes required to correlate several sources of data characterised by different assessment criteria. It should also be mentioned that the economic valuation of the FES is strongly influenced by the valuation methods chosen. It is well known, in fact, that economic valuation, despite its strategic usefulness (see Section 1), is not exempt from limitations and critical issues, above all as it is highly subjective (Spangenberg and Settele, 2010; Mavsar and Varela, 2014).

regional scale as well as the TEV (which in this case does not take into account the FES relating to tourism, as this was calculated for only 13 forests).

An examination of the data – in particular the breakdown of the TEV (percentage values) – highlights the primary role played by the FES connected with *hydrogeological protection*. The high economic value, in this case, is connected to the high costs of substitution which would need to be borne in order to compensate for the protective function of the forest, especially in areas with particularly steep slopes (>70%). Indeed, although these represent only 5% of the region’s forest areas, they play a crucial role in terms of protection from erosion, the “substitution” of which would have to be achieved by means of environmental engineering works such as live double crib walls which would be costly but essential to guarantee the stability of steep slopes without vegetation<sup>22</sup>. Hydro-seeding operations, on the other hand, which were taken as reference for the calculation of the cost of substitution of the protective function of forests situated in areas with slopes of between 40% and 70%, have a smaller impact on the economic valuation of the FES: although they constitute over 30% of the forest surface, the price of the works is in fact much lower (see note 14).

The high percentage of the TEV accounted for by the FES of hydrogeological protection is also connected to the poor performance of the other indicators. Specifically, the values relating to the production of *timber* and *fuel wood* are extremely low, as Sardinia’s forests are not managed and exploited systematically for this purpose. In fact, the timber extracted from the island’s forests accounts for just 0.13% of Italy’s production, while for fuel wood the figure is 4%. Broadleaf forests, which are extensively present on the island, account for a very large part of the total production of timber and fuel wood. However, conifers are distinguished by higher *per-unit* (i.e. €/ha) economic values since, despite the lower timber prices (see note 10), they are characterised by markedly higher production indicators (m<sup>3</sup>/ha), especially with regard to fuel wood (Figure 1).

Remaining on the subject of the forests’ provisioning function, a much more significant contribution, compared with timber and fuelwood production, comes from *cork* production: in fact, Sardinia contributes around 80% of Italian production (over 160,000 q/year) and the pre-extraction annual value from cork oaks (that is, excluding revenues connected with processing of the material, in direct manufacturing and induced activity) totals over 11 million euros.

<sup>22</sup> See the technical sheets annexed to “Studio generale per la definizione delle Linee Guida regionali per la realizzazione degli interventi di riassetto idrogeologico con tecniche di Ingegneria Naturalistica” published by the Sardinia Region in 2010 ([http://www.regione.sardegna.it/documenti/1\\_327\\_20110208185054.pdf](http://www.regione.sardegna.it/documenti/1_327_20110208185054.pdf), last accessed July 2017).

**Table 4** - Annual biophysical and economic indicators for FES in Sardinia at the regional scale (\*TEV in this case does not take into account the FES regarding tourism, as this was calculated for only 13 forests)

|              | FES                        | Biophys. value | UM             | Economic value | UM | TEV (%) |
|--------------|----------------------------|----------------|----------------|----------------|----|---------|
| PROVISIONING | Timber                     | 2,593          | m <sup>3</sup> | 184,711        | €  | 0.14%   |
|              | Fuel wood                  | 113,921        | m <sup>3</sup> | 497,148        | €  | 4.12%   |
|              | Cork                       | 166,091        | q              | 11,626,376     | €  | 8.88%   |
| REGULATION   | Hydrogeological protection | 167,241        | ha             | 111,226,897    | €  | 84.90%  |
|              | Carbon sequestration       | 497,148        | t              | 2,565,283      | €  | 1.96%   |
| CULTURAL     | Tourism*                   | 150,764        | num            | [940,345]      | €  | -       |
|              |                            |                | TEV            | 130,997,261    | €  | 100%    |

The value of Sardinia's forests in terms of *carbon sequestration* is lower. Indeed, despite the fact that the Sardinia region has the fourth-largest extent of forest cover at the national level, its contribution in terms of carbon sequestration is relatively small (Sardinia ranks fourteenth in Italy, Gasparini *et al.*, 2013) as species with low per-unit (t/ha) carbon sequestration values dominate. In the Region, high forest constitutes the main source of sequestration, with broadleaf arboriculture – in particular poplars – also standing out as having the highest per-unit carbon sequestration indicator (Figure 2). The low economic value of the FES concerning carbon sequestration is also connected to the price set by the European Union Emissions Trading Scheme, which has been subject to drastic reductions since 2009 as a result of the fall in energy consumption brought about by the economic crisis.

Finally, with regard to the role of the FES connected with *tourism*, as it was calculated for only 13 forests, it was not included in the calculation of the TEV at the regional scale. However, considering that around 9% of the forests on the island are visited by over 150,000 tourists, with an estimated value of approximately 940,000 euros a year, it is not inappropriate to consider tourism a significant, promising FES. Indeed, if we were to apply – in a purely technical yet meaningful operation – the same per-unit

economic value (€/ha/year) calculated for the 13 forests considered to all of the forests on the island, we would obtain a n overall economic value of over 10 million euros, corresponding to around 7% of the recalculated TEV.

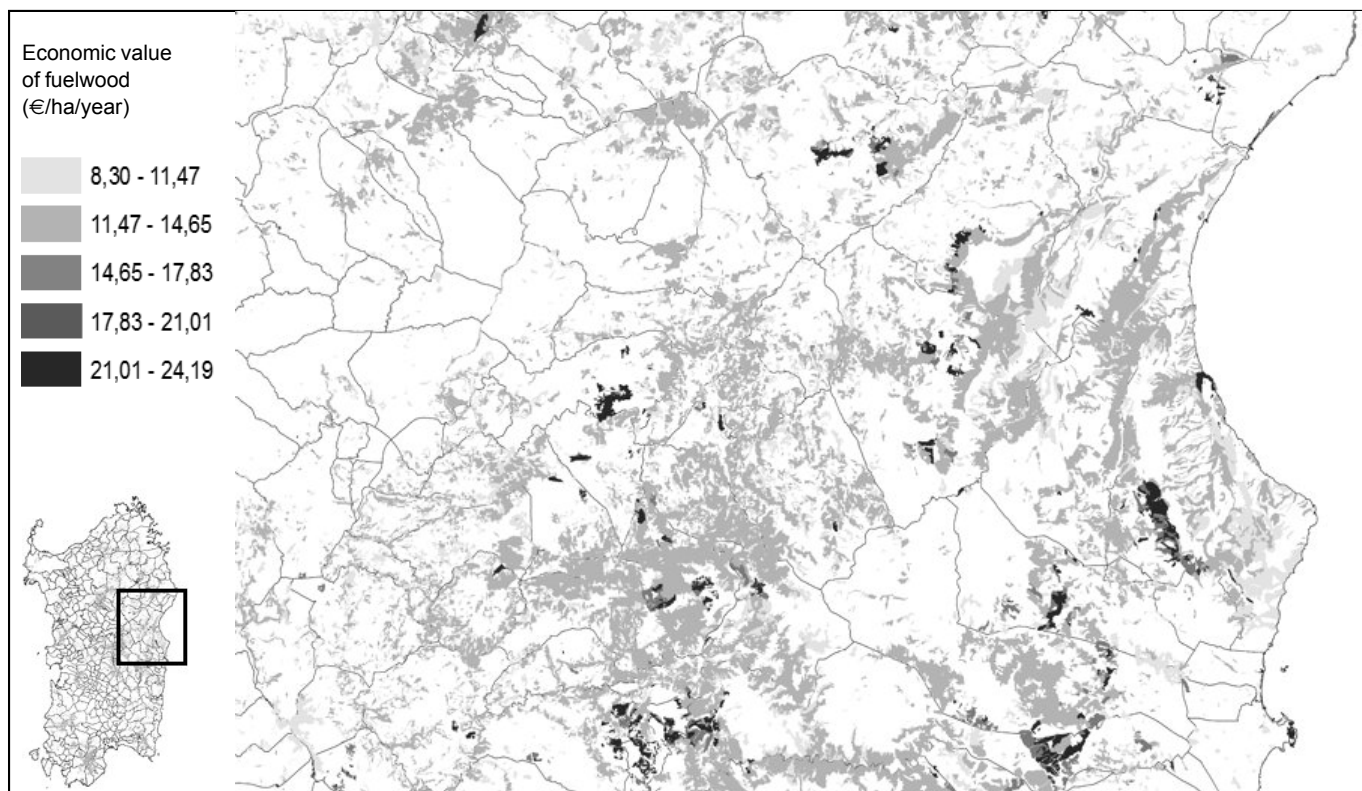
This is also the percentage value (TEV) accounted for by *tourism* in the state-owned forest of Monte Pisanu, a forest context situated in the province of Sassari, on which a more detailed application of the valuation method was conducted (Table 5). As it is one of the 13 areas for which data regarding tourism numbers are available, it was possible to calculate a TEV that includes all six of the indicators provided by the method. Tourism does indeed play a significant role among these indicators, and its inclusion also lead to the role of *hydrogeological protection* being “scaled back” (although it remains even in this local case the FES with the greatest “weight” in terms of its contribution to the TEV and essentially in line with regional values). Also significant is the production of *fuel wood* in the Monte Pisanu forest (while the production of *timber* is in line with the low regional values), as its value (in €/m<sup>3</sup>) is markedly higher than the regional value, due to the extensive presence in this case of high-density areas of broadleaf forest (it is pointed out that the price fuel wood from broadleaf trees is more than double that of fuel wood from conifers, see note 10). In contrast, the “weight” of the contribution of *cork* production to the TEV of the forest is lower than the regional figure, as only 112 ha of cork oaks trees are present. Finally, the values or *carbon sequestration* are in line with the regional values (€/t).

#### 4.4 From valuation to planning

Although the valuation method described has been developed for the Sardinia Region, it is also applicable to other contexts. The method's strengths lie in the definition of a FES indicators set that is at the same time agile and comprehensive, and that allows a “spatialised” biophysical and economic valuation, thus useful to spatial and landscape planning policies. The pretty easy method's applicability, that guided also the selection of the different valuation methods (e.g. the use of indicators instead of models, or, more specifically, the carbon sequestration valuation based on market price, or the focus on tourism function with relation to cultural FES) is in line with the intention to provide public administrators with a valuation tools to be applicable by themselves: «Incorporating ES in decision-making can make the planning process more complex. This is a significant challenge that might be alleviated by developing (...) simple but robust methods and tools (...)» (Albert *et al.*, 2017, p. 306).

These method's strengths correspond also to its partial limitations since they addressed it to a necessary procedural simplification.

With respect to possible methodological development prospects, it is possible to envisage that indicators could be based on more detailed data, also appropriate to a



**Figure 1** - Per-unit and annual economic values (€/ha/year) for fuel wood production (central-western Sardinia, Gulf of Orosei). Coniferous forests are shown in dark grey and black.  
 Source: authors' own work, with the collaboration of Antonio Cittadino, LARTU, Laboratorio di Analisi e Rappresentazioni Territoriali e Urbane (Laboratory of Territorial and Urban Research), Politecnico di Torino

valuation at local scale. Moreover, it should be pointed out that, in the perspectives with regard to the contribution of FES valuation to planning policies, the view of assessment proposed in this paper must necessarily be integrated with a trade-off analysis between the various FES (de Groot *et al.*, 2010). This analysis could identify conflicts and synergies between the variety of functions of forest landscapes and define possible scenarios (Lerouge, 2017) to support planning but also management choices, as outlined in the next Section.

## 5. VALUATION OF FOREST ECOSYSTEM SERVICES FOR PLANNING, DESIGN AND MANAGEMENT

Putting to one side the specific aims of the method – that is, to raise awareness among institutions with regard to the risks connected to forest fires and to establish effective prevention policies (see Section 4.1) – it is worth pointing out the additional, more general implications that it may have for spatial and landscape – in particular forest – planning, management and design policies.

In general, taking the subject of FES into account in forest

landscape *planning* policies supports planning from a perspective of sustainable development (see Section 1) and biodiversity conservation. The value of biodiversity is implicit in ES: ensuring the provision of ES means guaranteeing a high level of biodiversity<sup>23</sup> (for a discussion of the greatly debated relationship between ES and biodiversity, see UWE 2015), thus sustaining a view of forests in planning policies as sites of natural assets and biodiversity as well as constituent elements of the ecological network.

With specific reference to the context of the Sardinia Region and looking at how the method proposed can interact with and support the main planning instrument for forest areas, it must be pointed out first of all that although the *Piano Forestale Ambientale Regionale* (PFAR,

<sup>23</sup> “In summary, the answer to the central question – will use of the ecosystem services approach protect biodiversity? – is likely to be a qualified yes. As long as the approach is implemented via policies based on sound evidence, and in conjunction with strategies that recognise the intrinsic value of biodiversity, it has the potential to be a powerful instrument in the struggle to halt biodiversity decline.” (UWE, 2015).



**Figure 2** - Per-unit and annual economic values (€/ha/year) for carbon sequestration (central-western Sardinia, plain of Oristano). Areas of broadleaf cultivation (poplars) are shown in dark grey.  
Source: authors' own work, with the collaboration of Antonio Cittadino, LARTU, Laboratorio di Analisi e Rappresentazioni Territoriali e Urbane (Laboratory of Territorial and Urban Research), Politecnico di Torino

Regional Environmental Forest Plan, 2007) and the *Piano Paesaggistico Regionale* (PPR, Regional Landscape Plan, 2006) aim towards a virtuous integration of aims and regulatory requirements – particularly with regard to aspects of conservation and management of forests' natural features, the PFAR provides a more detailed description of forest environments than the PPR, seeing them as systems with clear value in terms of protective and regulating functions (hydrogeological protection and carbon sequestration), naturalistic and landscape features, production (agro-forestry), and cultural and social aspects (research, education and awareness-raising). The PPR, in contrast, describes forests primarily in terms of their natural features and use (distinguishing between “natural areas”, “semi-natural areas” and “areas for agro-forestry use”). The FES valuation method set out here is in line with the complex interpretation of forests provided by the PFAR, and is proposed as a potential support for it, in helping to highlight the value of forests in terms of protection and regulation (hydrogeological protection and carbon sequestration), production (timber and fuel wood, cork) and socio-cultural (tourism). The valuation of FES, in addition, can support the local action of the PFAR through the *Progetti Operativi Strategici* (POS, Strategic Operational Projects), the action programmes directly

promoted by the PFAR), thanks to the development of a detailed map which emphasises the wealth of forest values at the local scale (Figs. 1 and 2). Such a perspective makes it easier to convey forest planning and management policies between different scales of territorial government, ensuring that each level, including the municipal level, (*Piani urbanistici comunali*, municipal land use plans), can contribute to the promotion, enhancement and management of forests, while also helping to make the measures funded by the Rural Development Programme (RDP)<sup>24</sup> more effective.

With regard to the PPR, on the other hand, given the prospect of its extension from coastal to inland areas (the current Plan is being extended to the whole region), an interpretation of forest areas also based on an valuation of FES may also provide effective support in drawing up a

<sup>24</sup> Interesting in this regard are the experiences of the Puglia and Tuscany regions in connection with the assessment of the effectiveness of forestry measures in their Rural Development Programmes (De Blasi *et al.*, 2011; Locandro and Saccheli, 2014). Assessment of FES may constitute a measurement of the effectiveness of public spending in relation to the specific forestry measures contained in rural development programmes.

**Table 5 - Annual biophysical and economic indicators for FES in the Monte Pisanu forest (the TEV takes into account the tourism FES, as the Monte Pisanu forest in the province of Sassari is one of the 13 forests for which this was calculated)**

|              | FES                        | Biophys. value | UM             | Economic value | UM | TEV (%) |
|--------------|----------------------------|----------------|----------------|----------------|----|---------|
| PROVISIONING | Timber                     | 12             | m <sup>3</sup> | 870            | €  | 0.35%   |
|              | Fuel wood                  | 540            | m <sup>3</sup> | 26,504         | €  | 10.51%  |
|              | Cork                       | 134            | q              | 9,417          | €  | 3.73%   |
| REGULATING   | Hydrogeological protection | 353            | ha             | 187,765        | €  | 74.44%  |
|              | Carbon sequestration       | 1.833          | t              | 9,458          | €  | 3.75%   |
| CULTURAL     | Tourism                    | 2.921          | num            | 18,219         | €  | 7.22%   |
|              |                            |                | TEV            | 252,233        | €  | 100%    |

complete, detailed analysis of forest landscape values (not only in terms of their natural features and use, as is currently the case) and thus set out, at every spatial

planning level, protection (specifying and distinguishing between restrictions relating to forests, as landscape heritage), management and planning measures.

From a pure *management* perspective, the method proposed may help to justify the costs of managing forest resources, which are generally considerable (in Sardinia they are estimated to be around 100 euros per year; see the interview with the regional Agency Fo.Re.S.T.A.S., June 2017), by highlighting the social benefits. This may be particularly beneficial with regard to firefighting activity which – at least in the Sardinia Region – accounts for around 30-40% of the regional Agency's activities. In fact, if the values measured by means of the method described herein are interpreted in terms of "damage avoidance" with regard to fire phenomena, they are easily repaid in terms of the biophysical and above all economic benefits for society of the Agency's management and monitoring activities.

Finally, from a *design* perspective, the assessment of ES is particularly useful for the construction of an ecological network on a local scale<sup>25</sup>, insofar as it helps to identify strategic areas for the network and highlight their potential for reinforcing ecological functions, in terms of the provision of FES, as a result of renaturalisation projects. In this regard, the ecological network is obviously understood as bringing a multitude of values, not only those strictly connected with biodiversity but also with landscape, exploitation and the economy.

<sup>25</sup> On this topic see the researches developed in the last four years by Politecnico di Torino, with ENEA and Città Metropolitana, on the Ivrea territorial area and on the Bruino and Chieri municipal areas, coordinated by Angioletta Voghera (Voghera and Negrini, 2016; Voghera, 2016).

\* **Roberta Ingaramo**, Dipartimento di Architettura e Design (DAD), Politecnico di Torino.

e-mail: roberta.ingaramo@polito.it

\*\* **Emma Salizzoni**, Dipartimento Interateneo di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio (DIST), Politecnico di Torino

e-mail: emma.salizzoni@polito.it

\*\*\* **Angioletta Voghera**, Dipartimento Interateneo di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio (DIST), Politecnico di Torino.

e-mail: angioletta.voghera@polito.it

## Bibliographic references

ALBERT C., GENELETTI D., KOPPEROINEN L., "Application of ecosystem services in spatial planning", in Burkhard B., Maes J. (a cura di), *Mapping Ecosystem Services*, Pensoft Publishers, Sofia, 2017.

AYRES R.U., *Analysis on the practical limits to substitution*, *Ecological Economics*, Vol. 61, num. 1, 2007, pp. 115-128.

BARBIER E.B., *Valuing ecosystem services as productive inputs*, *Economic Policy*, Vol. 22, 2007, pp. 177-229.

BOGGIO F. (a cura di), *Atlante economico della Sardegna*, Jaca Book, Milano, 1988.

BRAAT L.C., DE GROOT R., *The ecosystem services agenda: bridging the worlds of natural science and economics, conservation and development, and public and private policy*, *Ecosystem Services*, Vol. 1, n. 1, 2012, pp. 4-15.

BRANDER L.M., CROSSMAN N.D., "Economic quantification", in Burkhard B., Maes J. (a cura di), *Mapping Ecosystem Services*, Pensoft Publishers, Sofia, 2017.

- BRESSO M., *Per un'economia ecologica*, Nuova Italia Scientifica, Roma, 1993.
- CHAS-AMILA M.L., TOUZAB J., GARCÍA-MARTÍNEZA E., *Forest fires in the wildland-urban interface: A spatial analysis of forest fragmentation and human impacts*, Applied Geography, n. 43, 2013, pp. 127-137.
- CIANCIO O., CORONA P., MARINELLI M., PETTENELLA D., *Valutazione dei danni da incendi boschivi*, Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, 2007.
- CICES, COMMON INTERNATIONAL CLASSIFICATION OF ECOSYSTEM SERVICES (2013), <http://cices.eu/resources/> (ultimo accesso luglio 2017).
- COMINO E., BOTTERO M., POMARICO S., ROSSO M., *Exploring the environmental value of ecosystem services for a river basin through a spatial multicriteria analysis*, Land use policy, n. 36, 2014, pp. 381-395.
- COSTANZA R., D'ARGE R., DE GROOT R., FARBER S., GRASSO M., HANNON B., LIMBURG K., NAEEM S., ONEILL R.V., PARUELO J., RASKIN R.G., SUTTON P., VAN DEN BELT, M., *The value of the world's ecosystem services and natural capital*, Nature, n. 387, 1997, pp. 253-260.
- DE BLASI G., DE BONI A., MORETTI M., ROMA R., *Efficacia degli indicatori di valutazione delle politiche. Un'analisi delle misure previste per la forestazione nel PSR 2007-'13 della Regione Puglia*, Aestim, Atti del XL incontro di studio (Napoli) "La valutazione dei finanziamenti pubblici per le politiche strutturali", n. 2, 2011, pp. 213-234.
- DE GROOT R.S., ALKEMADE R., BRAAT L.C., HEIN L., WILLEMEN L., *Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making*, Journal of Ecological Complexity, Vol. 7, n. 3, 2010, pp. 260-272.
- EDWARDS D. M., JAY M., JENSEN F.S., LUCAS B., MARZANO M., MONTAGNÉ C., PEACE A., WEISS G., *Public preferences across Europe for different forest stand types as sites for recreation*, Ecology and Society, Vol. 17, num. 1, art. 27, 2012.
- EEA, EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, *European forests - ecosystem conditions and sustainable use*, EEA Report, n. 3, Copenhagen, 2008.
- EEA, EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, *Forest fire risk affecting urban areas, Data and maps*, [www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/forest-fire-risk-affecting-urban-areas/forest-fire-risk-affecting-urban-areas](http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/forest-fire-risk-affecting-urban-areas/forest-fire-risk-affecting-urban-areas), 2016 (ultimo accesso luglio 2017).
- EMERTON, L. YAN MING A., *The Economic Value of Forest Ecosystem Services in Myanmar and Options for Sustainable Financing*. International Management Group, Yangon, 2013.
- FOREST EUROPE, *Expert Group and Workshop on a pan-European approach to valuation of forest ecosystem services. Final Report*, Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, Madrid, 2014.
- GAMBINO R., *Conservare, innovare. Paesaggio, ambiente, territorio*, UTET Libreria, Torino, 1997.
- GASPARINI P., DI COSMO L., POMPEI E. (a cura di), *Il contenuto di carbonio delle foreste italiane. Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio INFC2005. Metodi e risultati dell'indagine integrativa*, Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, Corpo Forestale dello Stato, Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura, Unità di ricerca per il Monitoraggio e la Pianificazione Forestale, Trento, 2013.
- GIOS G., GOIO I., POLLINI C., *Ambiente e territorio: la valutazione economica dei beni ambientali: il bosco di montagna*, Economia Montana, Vol. 35, n. 4, 2003, pp. 19-24.
- HARDIN G., *The tragedy of the commons*, Science, num. 162, 1968, pp. 1243-1248.
- HÄYHÄ T., FRANZESE P., *Ecosystem services assessment: A review under an ecological-economic and systems perspective*, Ecological Modelling, Vol. 289, 2014, pp. 124-132.
- HÄYHÄ T., FRANZESE P., PALETTO A., FATH B.D., *Assessing, valuing, and mapping ecosystem services in Alpine forests*, EcosystemServices, n. 14, 2015, pp. 12-23.
- HAUCK J., GÖRG C., VARJOPURO R., RATAMÄKI 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, n. 4, 2013, pp. 25-32.
- KRIEGER D.J., *Economic Value of Forest Ecosystem Services: A Review*, The Wilderness Society, Washington D.C., 2001.
- LEROUGE F., GULINCK H., VRANKEN L., *Valuing ecosystem services to explore scenarios for adaptive spatial planning*, Ecological Indicators, n. 81, 2017, pp. 30-40.
- LOCANDRO E., SACCHELLI S., *Misure forestali e monetizzazione dei servizi ecosistemici: una valutazione di efficacia del PSR 2007-2013 della Toscana*, Semestrare dell'Associazione Forestale del Trentino, Anno 35, n. 1-1 semestre 2014, pp. 67-75.
- MAES, MAPPING AND ASSESSMENT OF ECOSYSTEMS AND THEIR SERVICES, *Indicators for ecosystem assessments under Action 5 of the EU Biodiversity Strategy to 2020*, European Union, 2014.
- MAES J., EGOH B., WILLEMEN L., LIQUETE C., VIHERVAARA P., SCHÄGNER J.P., GRIZZETTI B., DRAKOU E.G., LA NOTTE A., ZULIAN G., BOURAOUI F., PARACCHINI M.L., BRAAT L., BIDOGGIO G., *Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union*, Ecosystem Services, n. 1, 2012, pp. 31-39.
- MARANGON F., GOTTARDO E., *"La valutazione monetaria dei danni ai boschi del Friuli Venezia Giulia"*, in Marangon F. e Tempesta T. (a cura di), *La valutazione dei beni ambientali come supporto alle decisioni pubbliche*, Forum Editrice, Udine, 2001.
- MARINELLI A., MARONE E. (a cura di), *Il valore economico totale dei boschi della Toscana*, Franco Angeli, Milano, 2013.
- MAVSAR R., VARELA E., *"Why should we estimate the value of ecosystem services?"*, in THORSEN B.G., MAVSAR R., TYRVÄINE L., PROKOFIEV I., STENGER A. (a cura di), *The Provision of Forest Ecosystem Services. Volume I: Quantifying and valuing non-marketed ecosystem services*, European Forest Institute, Joensuu, Finland, 2014.
- MAVSAR R., VARELA E., PETTENELLA D., VEDEL S.E., JACOBSEN J.B.,

- “The Value of Carbon Sequestration”, in THORSEN B.G., MAVSAR R., TYRVÄINEN L., PROKOFIEV I., STENGER A. (a cura di), *The Provision of Forest Ecosystem Services. Volume I: Quantifying and valuing non-marketed ecosystem services*, European Forest Institute, Joensuu, Finland, 2014.
- MEA, MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, *Ecosystems and Human Assessment. Current State and Trends. Forest and Woodland Systems*, Hassan R., Scholes R., Ash N. (a cura di), Islandpress, Washington, Covelo, London, 2005.
- MERLO M., CROITORU L. (a cura di), *Valuing Mediterranean Forests. Towards Total Economic Value*, CABI Publishing, Wallingford, 2005.
- MILCU A.I., HANSPACH J., ABSON D., FISCHER J., *Cultural ecosystem services: a literature review and prospects for future research*, Ecology and Society, Vol. 18, num. 3, art. 44, 2013.
- MODUGNO S., BALZTER H., COLE B., BORRELLI P., *Mapping regional patterns of large forest fires in Wildland Urban Interface areas in Europe*, Journal of Environmental Management, n. 172, 2016, pp. 112-126.
- MOTRONI A., CANU S., BIANCO G., LOJ G. (a cura di), *Realizzazione di un Sistema Informativo Territoriale per lo studio delle aree sensibili alla desertificazione in Sardegna*, Arpa Sardegna, 2004 (<http://www.sar.sardegna.it/pubblicazioni/miscellanea/desertificazione/index.asp>, ultimo accesso luglio 2017).
- NASI R., WUNDER S., J.J. CAMPOS A., *Forest Ecosystem Services: Can they pay our way out of deforestation?* CIFOR for the Global Environmental Facility (GEF), Bogor, Indonesia, 2002.
- PEARCE D.W., *Economic Values and the Natural World*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1993.
- PEARCE D.W., *The Economic Value of Forest Ecosystems*, Ecosystem Health, Vol. 7, n. 4, 2001, pp. 284-296.
- PLIENINGER T., DIJKS S., OTEROS-ROZAS E., BIELING C., *Assessing, mapping and quantifying cultural ecosystem services at community level*, Land Use Policy, Vol. 33, 2013, pp. 118-129.
- RITTER E., DAUKSTRA D. (a cura di), *New Perspectives on People and Forests*, Springer, Dordrecht, 2011.
- SARDEGNA FORESTE, *Monitoraggio del flusso turistico nei Complessi Forestali gestiti dall'Ente Foreste della Sardegna*, Regione Autonoma della Sardegna, 2011.
- SCHÄGNER J.P., BRANDER L., MAES J., HARTJE V., *Mapping ecosystem services' values: Current practice and future prospects*, Ecosystem Services, n. 4, 2013, pp. 33-46.
- SPANGENBERG J.H., SETTELE J., *Precisely incorrect? Monetising the value of ecosystem services*, Ecological Complexity, n. 7, 2010, pp. 327-337.
- STERN N., *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Cambridge University Press, Cambridge and New York, 2007.
- TEEB, THE ECONOMICS OF ECOSYSTEMS AND BIODIVERSITY, Ecological and Economic Foundations, Pushpam K. (a cura di), Earthscan, London and Washington, 2010.
- TEMPESTA T., MARANGON F., *Una stima del valore economico totale dei paesaggi forestali italiani tramite la valutazione contingente*, Genio Rurale, n. 11, 2004.
- TURNER R.K., PEARCE D.W., *Economia ambientale*, Il Mulino, Bologna, 1996.
- UN, *The Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020 and the Aichi Biodiversity Targets*, 2010.
- UWE, *Ecosystem Services and the Environment*, In-depth Report 11 produced for the European Commission, DG Environment, 2015.
- VOGHERA A., “Approaches, Tools, Methods and Experiences for Territorial and Landscape Design”, in Ingaramo R., Voghera A. (a cura di), *Topics and Methods for Urban and Landscape Design. From the river to the project*, Springer, Dordrecht, 2016.
- VOGHERA A., NEGRINI G., “Parks and landscape: Land use plan experimentation for biodiversity”, in Hammer T., Mose I., Siegrist D., Weixlbaumer N. (a cura di), *Parks of the Future. Protected Areas in Europe Challenging Regional and Global Change*, Oekom, Munchen, 2016.
- VON HAAREN, C., ALBERT, C., GALLER, C., “Spatial and Landscape planning: A place for ecosystem services” in Potschin M., Haines-Young R., Fish R. Turner R.K. (a cura di), *Routledge Handbook of Ecosystem Services*, Routledge, London and New York, 2016, pp. 568-578.
- WUNDER S., THORSEN B.J., “Ecosystem services and their quantification”, in THORSEN B.G., MAVSAR R., TYRVÄINEN L., STENGER A. (a cura di), *The Provision of Forest Ecosystem Services. Volume I: Quantifying and valuing non-marketed ecosystem services*, European Forest Institute, Joensuu, Finland, 2014.