

**I danni da incendi boschivi in Toscana:
una proposta metodologica per la valutazione
dei danni in boschi multifunzionali**

*The forest fires damage in Tuscany: a methodological proposal
for damage assessment in multifunctional forests*

IACOPO BERNETTI¹, SEVERINO ROMANO², CLAUDIO FAGARAZZI^{1*},
ROBERTO FRATINI¹, FRANCESCO RICCIOLI¹, SANDRO SACCHELLI¹,
MARIO COZZI², FRANCESCO DI NAPOLI²

Abstract

Every year in Tuscany, the emergency fire recurs regularly, so almost constant throughout the year and with an increased risk during the summer, causing the destruction of hundreds of hectares of forest. The purpose of this work is to develop an assessment methodology to be applied on a regional scale, for estimating, for any hazardous event, the costs of firefighting and the economic value of the environmental good destroyed.

As provided for by law under the sector (Law 353/2000), the proposed approach for the evaluation of the damage by fire is characterized by a policy of compensation (considering fires predominantly of anthropic origin), and identifies precisely the elements to be considered for the determination of damage, in other words: the amount of costs incurred to fight the fires and the estimation of costs due to the lower value of the damaged goods (or the lack of products and services provided by this; art. 18 of the L. 349/1986). In particular, the estimated costs of fire suppression is applied with the "intermediate approach" (Ciancio et al., 2007), which provides for the estimated cost per hour according to the use of each factor considered in the activities of suppression and through the verification of the times of use of the factors considered for each fire. The assessment of the loss of environmental value has been conducted instead in terms of loss of total economic value of forest (TEV).

The study therefore aims to assess the damage to the forest area emphasizing the multifunctional role, not only as a simple producer of wood assortments, but also as a service provider, such as touristic and recreational, naturalistic (desert), regulation of water courses, water quality and climate change mitigation. The current availability of information on the location of the areas traversed by fire has made possible an accurate check of the damage caused to the various functions of the forest, leading to a spatialization of values according to specific methodologies for

1. Department of Agricultural, Food and Forest System Management (GE.S.A.A.F), University of Florence, Firenze, 50144, Italy.

2. School of Agricultural Sciences, Forestry, Food and Environment - SAFE, University of Basilicata, Potenza 85100, Italy.

* Author to whom correspondence should be addressed; E-Mail: claudio.fagarazzi@unifi.it (C.F.); Tel.: +39-055-328-8258; Fax: +39-055-361-771.

each of the functions tested (Bernetti et al. 2011 ; Riccioli, Sacchelli 2014).

Based on obtained data, it is therefore possible to accurately assess the amount of total damage loss (including direct costs of fire suppression), and the efficiency of public spending for this activity.

The evaluation results on two test areas, showed the potential of this evaluation, in terms of efficiency of the intervention organization. This model will be the basis to develop an application that allows the Public Administration to have, in real time with the system SOUPWebRT (*Unified Permanent Control Rooms* of Region of Tuscany), the estimated costs of extinction of fires and environmental damage.

Keywords: Forest fire, economic damage evaluation, fire suppression costs, total economic value.

Introduzione

Il problema degli incendi è da sempre un argomento che coinvolge molti attori della pianificazione territoriale, partendo dagli Enti Pubblici come la Regione, le Province, l'Unione dei Comuni, passando per i Vigili del Fuoco, la Protezione Civile, fino a coinvolgere i singoli cittadini che spesso partecipano in prima persona (volontari) alle operazioni di spegnimento.

Alcuni ambienti si sono adattati agli incendi, ma trattasi di casi sporadici limitati ai soli eventi di origine naturale; per la maggior parte dei casi l'azione del fuoco ha quindi effetti devastanti sull'ecosistema, dove la ripresa delle normali funzioni di un territorio è compromessa per un periodo che varia in relazione alle specifiche condizioni pedoclimatiche e vegetative.

In Toscana, solo nel 2012 si sono verificati 889 incendi che hanno interessato oltre 2,800 ettari di cui quasi 1,900 ettari ricadenti in aree boscate (circa il 67%). Osservando il trend del periodo 2005-2012, possiamo individuare un incremento progressivo del fenomeno passando dai 580 casi del 2007 per giungere fino agli 889 del 2012³.

Si tratta quindi di un fenomeno che richiede un'attenzione crescente in quanto agisce su un capitale naturale che ha un ruolo importante nel garantire lo sviluppo sostenibile dei territori: il bosco.

Essere in grado di stimare gli effetti di tali eventi calamitosi, soprattutto in termini di danni alle molteplici funzioni del bosco, siano esse di produzione di beni (legname, funghi, ecc.), che di servizi (ricreativi, regimazione deflussi, ecc.), rappresenta dunque un importante traguardo anche di carattere pianificatorio.

In letteratura, esistono molteplici approcci valutativi proposti per la sti-

3. Fonte: Regione Toscana <<http://www.regione.toscana.it/enti-e-associazioni/agricoltura-e-foreste/servizio-antincendio>> [ultimo accesso 7 novembre 2014].

ma dei danni da incendi (Carbone, 2005; Ciancio et al., 2007; Valesse et al., 2009). Ciascuno di essi presenta un fattore comune, ovvero, l'esigenza di valutare il danno su un bene misto per eccellenza, ovvero il bosco (Muraro e Merlo, 1987). Le formazioni forestali, anche se di proprietà privata, svolgono infatti una pluralità di funzioni pubbliche talvolta difficilmente stimabili: funzioni di regimazione dei deflussi, paesaggistica, ecologica, di mitigazione dei cambiamenti climatici, ecc.

Malgrado questo, la normativa italiana (legge-quadro di settore L. 353/2000) propone, per la valutazione del danno da incendi, un approccio tipicamente risarcitorio (data la prevalente origine antropica degli incendi), e identifica in modo puntuale gli elementi da considerare ai fini della determinazione del danno, ovvero: l'ammontare delle spese sostenute per la lotta attiva e la stima dei danni al soprassuolo e al suolo (art. 18 della L. 349/1986). Nello specifico, la legge-quadro, identifica quindi due componenti principali del danno:

- il costo legato agli interventi di estinzione;
- il costo connesso al diminuito valore del bene danneggiato (ovvero dei mancati prodotti e servizi da questo erogati).

Scopo del presente lavoro è quindi quello di sviluppare una metodologia estimativa, da applicare su scala territoriale, per la stima puntuale dei danni causati da incendi. In particolare, tramite il metodo proposto sono stati quantificati i danni causati da incendi in due boschi dell'Appennino pistoiense associando le classiche metodologie economico-estimative a tecniche di spazializzazione dei dati con lo scopo tradurre in termini monetari le modificazioni dei flussi di utilità sociale del bosco.

La metodologia rappresenta un primo step di una proposta metodologica più articolata volta a verificare l'efficacia della spesa pubblica legata al servizio Antincendi Boschivi e l'efficacia dei singoli interventi.

Le aree di studio

Le aree campione esaminate nel presente studio, sono state selezionate dall'archivio dati disponibili sul sistema SOUPWeb^{RT} della Sala Operativa Unificata Permanente (S.O.U.P.) della Regione Toscana. In particolare, sono state identificate due zone boscate situate sull'Appennino pistoiense in cui si sono verificati incendi nell'estate 2012.

Nello specifico, la prima area di studio, ricadente nel comune di Pistoia, ha un'estensione di 4.69 ettari ed un soprassuolo a prevalenza di cerro (*Quercus cerris* L.) gestito a ceduo. L'altitudine varia tra i 354 e 205 m s.l.m., con una

pendenza media compresa tra il 20 e il 50% e un'esposizione prevalente Sud-Est. La seconda area è situata nel comune di San Marcello Pistoiese e presenta una superficie percorsa dal fuoco di 8.24 ettari. La vegetazione è caratterizzata da boschi di castagno (*Castanea sativa* Miller) governati a fustaia. L'altimetria della zona varia tra i 974 m ed i 1015 m s.l.m. con una pendenza compresa tra il 20 e il 50% e un'esposizione Sud (Fig. 1).

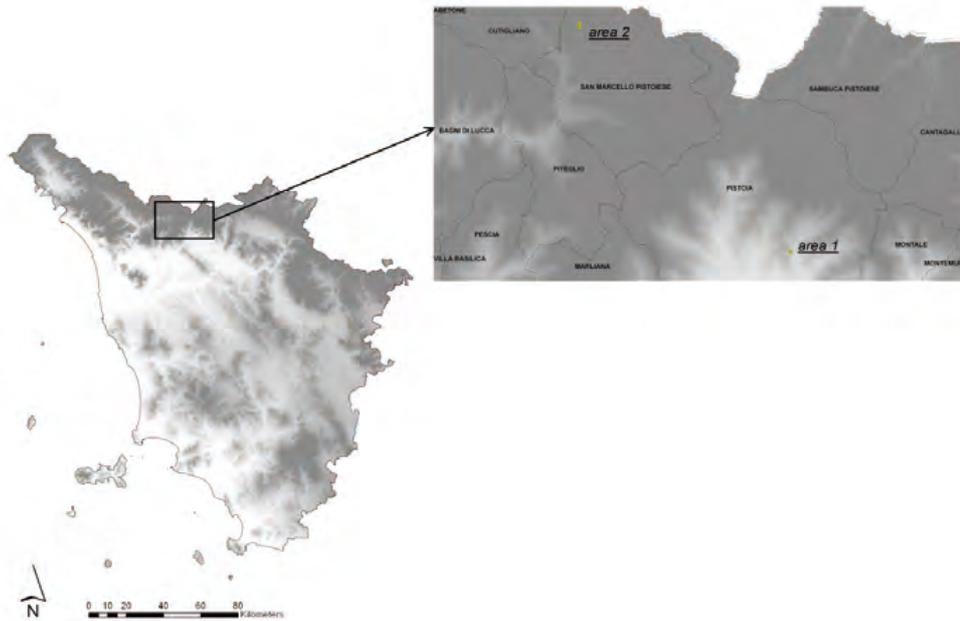


Figura 1. Inquadramento territoriale

Metodologia

Da un punto di vista economico-estimativo il bosco rappresenta il bene misto per eccellenza. La peculiare natura del bosco fa sì che esso sia in grado di generare in modo congiunto beni privati (legname, prodotti del sottobosco, ecc.) e servizi di pubblica utilità (ricreativi, regimazione dei deflussi idrici, tutela della biodiversità, stoccaggio di CO₂, ecc.). In presenza di danni, tale multifunzionalità introduce peraltro un rilevante problema di ripartizione dell'indennizzo tra i due soggetti titolari di diritto di risarcimento, ovvero: il privato che ha subito il danno al proprio bene, ed il pubblico, titolare dei diritti risarcitori sulla componente servizi di utilità per la collettività.

Nel caso specifico, la metodologia proposta mira quindi a definire il danno totale da incendio (DT) rispetto alle due componenti individuate dalla legge quadro 353 del 2000, ovvero:

- il costo legato agli interventi di estinzione;
- il costo connesso alla riduzione di valore del bene danneggiato (ovvero dei mancati prodotti e servizi da questo erogati).

La prima componente è rappresentata dai *Costi Specifici di Lotta (CSL)* ovvero le spese sostenute dalle istituzioni per lo spegnimento degli incendi boschivi. Esse comprendono le spese sostenute dal momento dell'allarme incendio boschivo fino al suo spegnimento, comprensivo delle operazioni di bonifica dell'area (Carbone, 2005).

La seconda componente è invece stimata in termini di *Valore Economico Totale (VET)* del bosco considerando sia le funzioni private prevalenti (produzione di legname), sia alcune funzionali ambientali pubbliche prevalenti (funzione turistico-ricreativa, naturalistica, regimazione dei deflussi, servizio idropotabile e mitigazione dai cambiamenti del clima).

Formalmente il danno totale (DT) sarà quindi dato da:

$$DT_i = Dss_i + CSL_i \quad [1]$$

dove

DT_i = danno totale della i -esima area percorsa da incendio

Dss_i = Valore Economico Totale perso nella i -esima area percorsa da incendio

CLS_i = Costi Specifici di Lotta della i -esima area percorsa da incendio

In particolare, la metodologia proposta nel presente lavoro, rappresenta il primo step di un approccio valutativo di carattere territoriale, volto alla stima di danni da incendi su comprensori di ampia estensione. Per tale ragione, non essendo possibile una valutazione puntuale dei singoli eventi, in merito al grado di danneggiamento e all'intensità dell'evento, l'approccio proposto richiede la definizione di alcune ipotesi iniziali. Innanzitutto si ipotizza che il danno coinvolga la totalità del bosco che insiste sull'area percorsa da incendio, ovvero che si tratti di un danno totale e non parziale⁴, inoltre, si ipotizza che gli effetti sulle funzioni private e pubbliche siano di carattere temporaneo e quindi sussista un *tempo di ripristino* entro il quale tutte le funzioni potranno ricostituirsi⁵.

4. La valutazione è infatti basata su dati rilevati dalla Regione Toscana con individuazione dell'area con dettaglio cartografico, ma non fornisce indicazioni sulla percentuale di soprassuolo coinvolto.

5. Tale ipotesi si basa sul fatto che i boschi toscani sono prevalentemente caratterizzati da boschi cedui, per cui è plausibile ipotizzare che i tempi di ripristino anche delle funzioni ambientali siano piuttosto contenuti e pressoché congruenti.

Metodologia per la stima dei Costi specifici di Lotta

Relativamente alla stima dei Costi Specifici di Lotta, possiamo constatare che in letteratura uno fra gli studi più esaustivi è stato condotto dall'Accademia Italiana di Scienze Forestali nel 2007 (Ciancio et al. 2007). Secondo tale ricerca i costi specifici di lotta possono essere valutati con approcci sintetici, intermedi ed analitici in relazione al grado di dettaglio della valutazione, nonché alla disponibilità di dati e di risorse. Si tratta infatti di una componente che può assumere una notevole rilevanza nella definizione del Danno Totale. Sovente sono rilevabili costi di estinzione che non sono proporzionali al valore del bosco su cui si verifica l'incendio per cui essi possono rappresentare il costo prevalente nella stima del Danno da incendio.

In dettaglio, l'approccio sintetico è utilizzato soprattutto per la stima dei costi di estinzione di incendi di limitata estensione e si basa sulla stima dei costi standard del personale impiegato, oppure sulla stima dei costi standard di alcune tipologie di squadre impiegate nel servizio di estinzione. E' quindi una valutazione molto speditiva con limitato dettaglio e precisione. L'approccio intermedio, si basa invece sulla stima dei costi unitari delle attrezzature e del personale impiegato nella lotta agli incendi. Si tratta di valutazioni più dettagliate che possono risultare utili anche nella valutazione di congruità dei costi di intervento oppure per valutare tipologie alternative di intervento (Bovio, 2002). In questo caso sono richieste dettagliate schede di analisi degli interventi, per quantificare in modo corretto il mix di fattori utilizzati (mezzi, personale, materiali di consumo, ecc.). Infine, l'approccio analitico contabile, utilizzato soprattutto per incendi di particolare rilevanza, dove è richiesta una accurata analisi dei costi di estinzione ed anche la ripartizione per competenza (es. Corpo Forestale dello Stato, Vigili del Fuoco, Volontari, ecc.).

Nello studio in oggetto, è stato applicato un approccio intermedio, basato sulla dettagliata definizione di costi unitari del personale e delle attrezzature, in relazione ai Contratti Collettivi Nazionali del Lavoro dei vari operatori coinvolti (Vigili del Fuoco, CFS, personale della P.P.A.A., ecc.) e dei costi orari delle attrezzature desumibili da contratti di servizio⁶, tabelle edili di Confindustria, bibliografia di settore, schede tecniche dei mezzi, ecc. (tab. 1) In particolare, l'applicazione dell'approccio intermedio (Ciancio et al., 2007) ai due contesti esaminati ha quindi richiesto la definizione dei costi unitari del personale e dei mezzi impiegati durante le attività antincendio. Per la stima dei costi unitari degli operatori si è proceduto ad una attenta analisi dei:

6. Decreto 3 febbraio 2006 Aggiornamento delle tariffe dovute per i servizi a pagamento resi dal Corpo nazionale dei vigili del fuoco ai sensi della legge 26 luglio 1965, n. 966.

- CCNL relativi al Personale delle Forze di Polizia ad ordinamento civile (CFS);
- CCNL per addetti sistema forestale e idraulico-forestale;
- DECRETO 3 febbraio 2006 Aggiornamento delle tariffe dovute per i servizi a pagamento resi dal Corpo nazionale dei vigili del fuoco ai sensi della legge 26 luglio 1965, n. 966;
- Tabelle edili di Confindustria

Sulla base di tali contratti e prezzari, è stato possibile definire i seguenti costi unitari degli operatori (tab. 1):

| Personale | costo orario €/h |
|--|-------------------------|
| Volontari ⁽¹⁾ | 11.13 |
| Operai di enti locali ⁽²⁾ | 8.43 |
| Operai del CFS ⁽³⁾ | 11.07 |
| CFS ⁽⁴⁾ | 13.13 |
| Vigili del fuoco ⁽⁵⁾ | 20.00 |
| Direttori operativi ⁽⁶⁾ | 29.00 |
| Mezzi | costo orario €/h |
| VS - Veicolo di Servizio ⁽⁷⁾ | 8.00 |
| PK - Pickup ⁽⁷⁾ | 14.00 |
| AB - Autobotte ⁽⁷⁾ | 65.00 |
| MMT Macchina Movimento Terra (buldozer 160 hp) ⁽⁸⁾ | 45.55 |

(1) Operaio specializzato fonte: 'Tabelle edili confindustria Siracura 2012

(2) Operario specializzato forestale fonte CCNL per addetti sistema forestale e idraulico-forestale 2006

(3) Agente senza indennità d'impiego con 17 anni servizio (CCNL personale corpo forestale)

(4) Sovrintendente con 17 anni servizio (CCNL personale corpo forestale)

(5) Vigile dell'area operativa DECRETO 3 febbraio 2006 Aggiornamento delle tariffe dovute per i servizi a pagamento resi dal Corpo nazionale dei vigili del fuoco, ai sensi della legge 26 luglio 1965, n. 966.

(6) Personale della carriera direttiva dell'area operativa DECRETO 3 febbraio 2006 Aggiornamento delle tariffe dovute per i servizi a pagamento resi dal Corpo nazionale dei vigili del fuoco, ai sensi della legge 26 luglio 1965, n. 966.

(7) Tariffa oraria - Automezzi DECRETO 3 febbraio 2006 Aggiornamento delle tariffe dovute per i servizi a pagamento resi dal Corpo nazionale dei vigili del fuoco, ai sensi della legge 26 luglio 1965, n. 966.

(8) Prezzario lavori edili Regione Umbria 2011

Tabella 1. Costi unitari degli operatori e dei mezzi terrestri AIB

Dall'esame della tabella 1, risulta evidente che anche l'impegno del volontariato è stato computato ai fini della stima del danno. In assenza di questa tipologia di operatore sarebbe infatti necessario ricorrere a personale specializzato dipendente di strutture private o pubbliche. Ai fini risarcitori è quindi opportuno computare anche l'impiego di questa tipologia di manodopera. Nel caso in esame, è stato fatto riferimento all'operaio specializzato del settore edile⁷ che ha un costo orario leggermente superiore a quello del settore forestale.

Per quanto riguarda i mezzi è opportuno sottolineare che i costi orari dei mezzi terrestri si intendono senza operatore, mentre i costi orari dei mezzi aerei includono il costo dell'operatore (pilota) (tab. 1 e 2).

| Tipologia | Mezzo | Costo medio* (€/ora) | Consumo medio carburante* (l/ora) | PREZZO KEROSENE AVIO** €/l | COSTO CARBURANTE €/h | Costo totale orario €/h |
|------------|-----------------|-------------------------|---|----------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Aereo | Canadair | 12,000 | 1,200 | 0.52 | 628.94 | 12,628.94 |
| Elicottero | NH 500 | 800 | 100 | 0.52 | 52.41 | 852.41 |
| Elicottero | AB 412 | 3,050 | 500 | 0.52 | 262.06 | 3,312.06 |
| Elicottero | S64 F | 19,400 | 2,000 | 0.52 | 1,048.24 | 20,448.24 |
| Elicottero | ECUREUIL | 3,050 | 400 | 0.52 | 209.65 | 3,259.65 |
| Elicottero | LAMA | 700 | 100 | 0.52 | 52.41 | 752.41 |
| Elicottero | I-EPIU | 3,050 | 400 | 0.52 | 209.65 | 3,259.65 |
| Elicottero | I-ENKY | 3,050 | 400 | 0.52 | 209.65 | 3,259.65 |
| Elicottero | I-DAST | 3,050 | 400 | 0.52 | 209.65 | 3,259.65 |

(*) Fonte Regione Toscana - SOUP Sala Operativa Unificata Permanente; Ciancio et al., 2007

(**) Jet fuel daily price: <http://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=jet-fuel> (ottobre 2014)

Tabella 2. Costi unitari dei mezzi aerei AIB

L'impiego dei suddetti fattori (personale, mezzi, ecc.), è stato computato in relazione al loro uso, ovvero, sulla base delle schede di intervento realizzate dalla Sala Operativa Unificata Permanente (SOUP) della Regione Toscana, cui è demandato il compito di coordinamento delle attività antincendio sul territorio di propria competenza.

Per ogni area interessata da incendio, la Regione Toscana, nell'ambito dell'organizzazione operativa regionale Antincendi Boschivi (AIB)⁸, mette a

7. La scelta di questo profilo professionale è legata al fatto che nella maggior parte dei casi i profili dei soggetti che svolgono attività di volontariato sono più elevati rispetto a quelli degli operai del settore forestale (Bocuzzo, 2009). Si è quindi cercato di valutare in qualche misura questa maggiore professionalità di tali operatori.

8. <<http://www.regione.toscana.it/-/l-organizzazione-operativa-regionale-antincendi-boschivi-aib>> [ultimo accesso 6 novembre 2014]

disposizione per le singole operazioni, delle schede da compilare con i dettagli delle attività realizzate durante lo spegnimento.

Il *Costo Specifico di Lotta* per ogni singolo intervento è dunque dato da:

$$CSL_i = \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M C_{m,i} \cdot D_{t,i} \quad CSL_i = \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M C_{m,i} \cdot D_{t,i} \quad [1]$$

dove:

CSL_i = Costi Specifici di Lotta dell'incendio i -esimo

$C_{m,i}$ = costo orario dell'operatore o del mezzo m -esimo impiegato nell'incendio i -esimo (€/ore)

$D_{t,i}$ = durata dell'intervento t -esimo realizzato sull'incendio i -esimo (ore)

T = Numero di interventi effettuati sull'incendio i -esimo

M = numero di operatori e mezzi impiegati per l'incendio i -esimo

Metodologia per la stima del danno ambientale: il Valore Economico Totale

Relativamente alla seconda componente, cioè il Valore Economico Totale, Di Renzo et al. (2012), sottolineano che la determinazione del danno e il suo risarcimento, non può prescindere dalle varie componenti che contribuiscono al valore economico totale delle superficie forestale, mentre Carbone (2005), definisce il danno come la somma dei danni di interesse privato (DP) e dei danni di interesse pubblico (DS). Nello specifico definisce i danni di interesse privato come quelli ascrivibili al soprassuolo forestale, alle strutture ed alle infrastrutture (DP), mentre quelli di interesse pubblico sono rappresentati dai danni a tutti quei beni e risorse che a seguito del passaggio del fuoco hanno compromesso la loro capacità di erogare servizi di interesse pubblico (DS).

Secondo molteplici autori, un modello di quantificazione del VET (Silvestri, 2005; Polelli, 2006; Pearce, 2001) può essere ricondotto ad uno schema di classificazione dei valori che distingue: *valore di uso* (strumentale) e di *non uso* (intrinseco), suddivisi a loro volta in *valori di uso diretti, indiretti e di opzione* e *valore di non uso di eredità e di esistenza*.

Nel caso specifico, per la stima del VET, faremo riferimento agli approcci proposti da alcuni autori (Bernetti et al., 2011; Bernetti et al., 2013; Marinelli e Marone, 2013). In particolare, sulla base di tali approcci, è stato possibile quantificare le funzioni che costituiscono il VET con un approccio di tipo territoriale che permette la spazializzazione dei risultati sul territorio toscano, considerando sia la componente privata che pubblica del danno.

Attraverso l'impiego di geodati raster⁹, definiti su variabili territoriali (pendenza, permeabilità suolo, indici di biodiversità, indici di fissazioni del carbonio, ecc.), è stato quindi possibile restituire il danno, cagionato a ciascuna funzione, su strati cartografici che definiscono, per ciascun pixel del territorio esaminato, il Valore Economico annuale delle funzioni pubbliche e private del bosco (eq. 2).

$$VET_k = \sum_{j=1}^J F_{jk} \quad [2]$$

con:

VET_k = Valore Economico Totale annuo del pixel k -esimo appartenente all'area forestale percorsa dal fuoco i -esima;

F_{jk} = Valore della funzione j -esima in corrispondenza del pixel k -esimo;

J = Numero totale di funzioni esaminate.

La successiva sovrapposizione dei vari strati informativi che definiscono le singole funzioni del bosco, con le perimetrazioni delle aree percorse da incendio, ha portato alla quantificazione della perdita di VET causata da ciascun incendio. Formalmente avremo:

$$Dss_i = \sum_0^P VET_{ki} \quad [3]$$

con:

Dss_i = Valore Economico Totale annuo perso nella i -esima area percorsa da incendio;

$VET_{k,i}$ = Valore Economico Totale del pixel k -esimo appartenente all'area forestale percorsa dal fuoco i -esima;

P = Numero di pixel (risoluzione di 100x100 m) appartenenti all'area i -esima.

Come evidenziato in precedenza, nella presente valutazione è stato ipotizzato il carattere temporaneo dei danni da incendio, ovvero che le riduzioni ai flussi di utilità conseguenti all'incendio, si manifestino con entità costante in un determinato lasso di tempo, detto *periodo di ripristino*. A conclusione del

9. Sono rappresentazioni di dati, tramite una griglia (generalmente quadrata) che copre l'intera estensione del geo-dato. L'informazione geografica, una singola informazione per ogni strato informativo, è attribuita sistematicamente a ciascuna cella della griglia. La presenza di oggetti territoriali, di qualità territoriali o di quantificazione di fenomeni è in altre parole registrata sistematicamente per ciascuna cella (pixel).

periodo di ripristino, il flusso di utilità sarà completamente ristabilito.

Da un punto di vista finanziario tali “perdite di utilità”, si comportano come una annualità costante posticipata limitata, la cui accumulazione iniziale determinerà il Valore Economico Totale (eq 4).

$$Dss_tot_i = Dss_i \cdot \frac{q^n - 1}{r \cdot q^n} \quad [4]$$

dove:

Dss_tot_i = Accumulazione iniziale degli n Valori Economici Totali annui persi nella i -esima area percorsa da incendio;

Dss_i = Valore economico totale annuo perso nella i -esima area percorsa da incendio;

q = $1 + r$

r = saggio di attualizzazione;

n = periodo di ripristino.

Le funzioni del bosco

Il Valore Economico Totale delle aree percorse da incendio è quindi dato dalla sommatoria dei valori delle funzioni assolte dal bosco. Esse sono state definite sulla base di un'ampia rassegna bibliografica: Zhongwei et al., 2001, Pearce, 2001, Pettenella e Secco, 2006, Cavatassi, 2004, Marinelli e Marone, 2013, dalla quale sono deducibili alcune funzioni caratterizzanti. In particolare, le funzioni che risultano prevalere nella stima del Valore Economico Totale delle aree percorse da incendio risultano essere:

- funzione turistico - ricreativa;
- funzione naturalistica;
- servizio di regimazione dei deflussi;
- servizio idropotabile;
- valore della produzione legnosa;
- funzione di mitigazione dai cambiamenti del clima.

Tali funzioni, prese a riferimento nel presente studio, sono state quindi determinate come segue:

Il valore della *funzione turistico ricreativa* (V_{tr}) è dato dalla somma dell'attività turistico ricreativa, dell'attività venatoria e di quella della raccolta dei funghi. La prima attività è stata stimata facendo riferimento al metodo del costo di viaggio - Travel Cost Method (TCM). Per il calcolo del costo del viaggio sono stati impiegati i modelli logit specifici per le aree naturalistiche toscane proposte da Ferrini, 2002. In questo caso il valore turistico ricreativo è stato stimato

come variazione di benessere conseguente al cambiamento di alcuni attributi dell'insieme di scelta¹⁰. Nello specifico, è stata valutata la variazione del surplus del consumatore conseguente ad un incremento del 10 % della superficie dei 19 parchi naturali toscani.

La variazione di benessere media per ciascuna visita è risultata pari a 1.84 euro.

La stima del valore dell'attività venatoria è stata sviluppata sulla base dei risultati di uno studio sulla disponibilità a pagare dei cacciatori realizzato da Marinelli e Romano nel 1997 in provincia di Firenze. Il risultato, attualizzato, è stato successivamente correlato con numero di cacciatori attualmente in attività in Toscana ottenendo quindi un valore complessivo di utilità sociale dell'attività venatoria. Infine, la funzione ricreativa legata alla raccolta dei funghi è stata calcolata sulla base dei massimi prezzi previsti dalla normativa regionale per le autorizzazioni alla raccolta.

Il *valore della funzione naturalistica* (V_n) è stato stimato sulla base delle disponibilità a pagare delle famiglie (euro/famiglia/anno) definite in alcuni studi di settore (Randall e Stoll, 1982; Freeman, 1993; Ten Brink et al., 2000; De Groot et al., 2012; AA.VV., 2014; Gaodi X. et al., 2010; Pak M., et al., 2010) e relative alle seguenti tipologie di funzione naturalistica: biodiversità, valore ecologico e specie a rischio estinzione.

La stima del *valore del servizio di regimazione dei deflussi* (V_{rd}) si è basata sul costo di surrogazione calcolato in relazione alle opere di sistemazione che sarebbe necessario realizzare per garantire la regimazione delle portate di massima piena in assenza del bosco. In particolare, per ogni bacino sono stati calcolati i deflussi superficiali "con" e "senza" bosco¹¹ relativi a eventi eccezionali rilevati dalla rete di stazioni meteorologiche dell'Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione in Agricoltura. Per ciascun bacino è stato quindi effettuato un dimensionamento di massima del sistema di casse di espansione necessario a garantire lo smaltimento dell'incremento di portata dovuta all'eventuale assenza di bosco, quindi si è proceduto alla stima del costo totale annualizzato (esproprio, costruzione, manutenzione e mancati redditi) di realizzazione del sistema di casse. Tale costo di surrogazione è stato infine attribuito a ciascun "pixel" dei bacini in proporzione alla quantità di acqua regimata dalla presenza del bosco.

La stima del *valore del servizio idropotabile* (V_{si}) si basa sull'ipotesi che la miglior alternativa all'acqua di falda è rappresentata dalle riserve idriche imma-

10. La modificazione di uno o più attributi dell'insieme di scelta comporta notevoli problemi di ordine teorico, risolti da Small e Rosen (1981) e McConnell (1995).

11. Senza bosco si intende il suolo nudo, senza copertura.

gazzinate nei bacini artificiali e sul conseguente contributo dei suoli forestali alla produzione di acqua potabile calcolato con il metodo del bilancio idrico. In questo caso, i valori di immagazzinamento di acqua nei bacini idrografici in toscana sono stati definiti sulla base degli studi realizzati da Civita et al. 1999, Pettenella e Secco 2006 e CISPEL nel 2008.

Il *valore della produzione legnosa* (Vpl) è stato calcolato annualizzando il valor capitale del soprassuolo forestale ottenuto sulla base della classica formula di Faustmann.

Infine, la *funzione di mitigazione dai cambiamenti climatici* (Vmc) è stata quantificata attraverso l'attività di fissazione del carbonio immagazzinato negli alberi e per questo non liberata nell'atmosfera; attività calcolata per ogni singolo pixel, in relazione all'incremento medio dei diversi boschi, al fattore di allocazione della biomassa e ai crediti di carbonio¹².

Risultati

Stima dei Costi Specifici di Lotta

Relativamente ai Costi Specifici di Lotta, i risultati delle due aree sono illustrati nelle tabelle 3 e 4.

Grazie alle schede di intervento disponibili presso la Sala Operativa Unificata Permanente (SOUP) della Regione Toscana, ed ai costi unitari definiti in modo dettagliato sulla base di contrattualistica e di prezziari nazionali, è stato possibile definire i costi delle singole operazioni, ed anche la loro successione temporale (tabb. 3 e 4).

Complessivamente il costo di estinzione per l'area 1 (4.69 ha) ammonta a 34,969 euro, di cui 7,203 euro dovuti a costo del personale e 27,766 euro a costo dei mezzi, prevalentemente ascrivibili ai tre interventi aerei realizzati nelle prime fasi di estinzione. Il costo per ettaro è stato dunque pari a circa 7,440 euro circa, mentre il costo orario è stato pari a 368 euro (tab. 2). Nel complesso sono stati utilizzati 34 uomini e 37 mezzi.

Nella seconda area esaminata area 2 (8.2 ettari), i CSL ammontano a 60,004 euro, di cui 8,257 euro di costi del personale e 51,747 euro di costo dei mezzi (tab. 3).

Il costo ad ettaro è molto prossimo a quello del caso precedente (7,282 euro), mentre il costo orario dell'intervento raggiunge i 1,380 euro, ovvero quasi il quadruplo del caso precedente. Nel complesso sono stati impiegati 65 uomini e 42 mezzi.

12. Il prezzo di riferimento dei crediti di carbonio è stato pari a 5,79 euro/t, ovvero il prezzo medio dei Diritti di Emissione EUA nel biennio del periodo ottobre 2013- ottobre 2014 (<http://www.sendeco2.com/it/precio_co2.asp?ssidi=5 [ultimo accesso 6 novembre 2014]).

Come evidenziato nelle tabelle 3 e 4, sono stati computati anche i costi connessi all'operatore SOUP che ha coordinato le attività di estinzione delle due aree, poiché, di fatto, lavora in remoto sull'incendio. Spesso tali costi non vengono computati perché ritenuti ascrivibili ai costi generali di prevenzione (Ciancio et al., 2007). In questo caso però, grazie alle schede di intervento SOUP, è possibile computare in modo preciso l'impegno diretto del personale della SOUP nel processo di coordinamento degli eventi antincendi. Tale attività è quindi imputabile direttamente ai singoli eventi.

Stima dei valori del danno ambientale: il Valore Economico Totale

La valutazione del Valore Economico Totale annuo perso a seguito degli incendi (D_{ss_i}), ha portato alla stima dei valori illustrati in tabella 5. In particolare emerge che il Valore Economico Totale annuo delle due aree (D_{ss_i}) ammonta rispettivamente a 4,728 euro/anno per l'area 1 e 8,899 euro/anno per l'area 2. Si tratta di riduzioni del VET che si verificano nel periodo di ripristino delle aree percorse da incendio.

Di conseguenza, per stimare la perdita di Valore Economico Totale nel periodo di ripristino $D_{ss_tot_i}$, è necessario attualizzare e sommare le perdite di D_{ss_i} in tale periodo (eq. 4).

Per tale ragione, si è quindi preferito far riferimento ad una analisi della sensitività del

$D_{ss_tot_i}$ che definisca l'entità del VET attualizzato in relazione alla durata del periodo di ripristino ed alla variazione del saggio di attualizzazione (tabb. 6 e 7).

Dall'esame di tali tabelle, è possibile constatare una significativa variazione del $D_{ss_tot_i}$ in relazione ai due parametri esaminati.

Ipotizzando però, per le due aree di studio, un periodo di ripristino pari a 10 anni (fig. 2), emerge chiaramente che l'entità del Valore Economico Totale attualizzato $D_{ss_tot_i}$ è molto prossima ai Costi Specifici di Lotta, dimostrando che l'intervento diretto di estinzione rappresenta sempre una delle principali voci di costo nella stima dei danni da incendio (fig. 2).

Nel caso di periodi di ripristino inferiori ai 10 anni possiamo constatare che le variazioni del saggio di attualizzazione hanno un effetto piuttosto contenuto (a 10 anni l'area 1 passa da 44,780 euro a 33,207 euro se il saggio passa dall'1 al 7%, mentre l'area 2 passa da 84,285 euro a 62,503 euro) (fig. 2).

Se il periodo di ripristino raggiunge o supera i 20 anni, la scelta del saggio può invece diventare un parametro di grande importanza poiché la sensibilità aumenta considerevolmente. Nel caso dell'area 1 le modificazioni del saggio

riducono il $D_{ss_tot_i}$ da 85,519 euro a 50,088 euro, mentre per l'area 2 passano dai 160,587 euro ai 94,276 euro (fig. 2).

Il Danno Totale DT_p può quindi assumere entità variabili in relazione alla durata del periodo di ripristino ed alla scelta del saggio di attualizzazione. Nel caso dell'area 1 in corrispondenza di un tempo di ripristino di 10 anni il DT_i potrà assumere valori variabili dai 79,749 euro ed i 68,176 euro, mentre, nel caso dell'area 2, ipotizzando sempre un tempi di ripristino di 10 anni, avremo un DT_i compreso tra i 144,289 euro ed i 122,507 euro (fig. 2).

Nel caso dell'area 1 il Danno Totale DT_p , ad ettaro, in corrispondenza di un tempo di ripristino di 10 anni, potrà quindi variare tra i 17,000 ed i 14,500 euro/ha, mentre nell'area 2 il DT_p , ad ettaro varierà tra i 17,500 euro/ha ed in 14,900 euro/ha.

XLIV INCONTRO DI STUDI CE.S.E.T.

| squadra | attività | ente | persone | n. mezzi 1 | tipo di mezzo 1 | n. mezzi 2 | tipo di mezzo 2 | ora invio | ora rientro | Durata intervento (incluso tempo trasferimento in zona operativa) h_decimali | Costo personale € | Costo mezzi € |
|---------|-----------------------------|------|----------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|---------------|---|----------------------|---------------|
| 13 | VAB Pistoia | | 2 | 2 | pk | | 19/8/12 15:36 | 20/8/12 5:58 | 14.37 | 319.76 | 402.27 | |
| 3 | Comun Montana App Pistoiese | | 6 | 2 | pk | | 19/8/12 15:40 | 20/8/12 0:54 | 9.23 | 466.94 | 258.53 | |
| 9 | VAB Montale | | 2 | 1 | pk | | 19/8/12 15:40 | 19/8/12 19:58 | 4.30 | 95.71 | 60.20 | |
| 25 | Elicottero Firenze | | | | I-EPIU | | 19/8/12 15:50 | 19/8/12 17:28 | 1.63 | | 5,324.09 | |
| 26 | Elicottero Lucca | | | | I-ENKY | | 19/8/12 16:04 | 19/8/12 18:35 | 2.52 | | 8,203.45 | |
| 24 | VVF Pistoia Centrale | | 20 | 5 | ab | 2 | pk | 19/8/12 16:19 | 19/8/12 21:39 | 5.33 | 1,400.61 | 1,882.67 |
| 1 DO | Provincia PT | | 1 | 1 | vs | | | 19/8/12 16:40 | 19/8/12 22:08 | 5.47 | 158.53 | 43.73 |
| 27 | Elicottero Pistoia | | | | I-DAST | | | 19/8/12 16:45 | 19/8/12 19:42 | 2.95 | | 9,615.96 |
| 20 | VAB Pistoia | | 2 | 1 | pk | | 19/8/12 17:30 | 20/8/12 5:58 | 12.47 | 277.47 | 174.53 | |
| 12 | VAB Pistoia | | 2 | 1 | pk | | 19/8/12 17:55 | 20/8/12 0:58 | 7.05 | 156.91 | 98.70 | |
| 2 DO | Provincia PT | | 1 | 1 | vs | | | 19/8/12 18:00 | 19/8/12 21:38 | 3.63 | 105.37 | 29.07 |
| 22 | VAB Pistoia | | 2 | 1 | pk | | 19/8/12 18:25 | 19/8/12 22:08 | 3.72 | 82.72 | 52.03 | |
| 11 | VAB Montale | | 2 | 1 | pk | | 19/8/12 19:00 | 19/8/12 22:06 | 3.10 | 69.00 | 43.40 | |
| 8 | CRI San Marcello | | 2 | 1 | pk | | 19/8/12 21:39 | 20/8/12 2:03 | 4.40 | 97.93 | 61.60 | |
| 5 | Comun Montana App Pistoiese | | 1 | 1 | vs | | | 20/8/12 7:30 | 20/8/12 11:48 | 4.30 | 36.24 | 34.40 |
| 6 | Comun Montana App Pistoiese | | 5 | 1 | pk | 1 | vs | 20/8/12 9:23 | 20/8/12 19:32 | 10.15 | 427.75 | 223.30 |
| 23 | VAB Quarrata | | 2 | 1 | pk | | 20/8/12 9:26 | 20/8/12 14:24 | 4.97 | 110.54 | 69.53 | |
| 7 | Comun Montana App Pistoiese | | 1 | 1 | ab | | 20/8/12 13:35 | 20/8/12 17:43 | 4.13 | 34.84 | 268.67 | |
| 14 | VAB Pistoia | | 2 | 1 | pk | | 20/8/12 13:50 | 20/8/12 18:00 | 4.17 | 92.74 | 58.33 | |
| 10 | VAB Montale | | 2 | 1 | pk | | 20/8/12 17:20 | 20/8/12 21:33 | 4.22 | 93.85 | 59.03 | |
| 15 | VAB Pistoia | | 2 | 1 | pk | | 20/8/12 20:15 | 21/8/12 0:33 | 4.30 | 95.71 | 60.20 | |
| 21 | VAB Pistoia | | 2 | 1 | pk | | 20/8/12 21:25 | 21/8/12 0:33 | 3.13 | 69.74 | 43.87 | |
| 16 | VAB Pistoia | | 2 | 1 | pk | | 21/8/12 6:34 | 21/8/12 10:18 | 3.73 | 83.09 | 52.27 | |
| 17 | VAB Pistoia | | 2 | 1 | pk | | 21/8/12 14:30 | 21/8/12 18:10 | 3.67 | 81.61 | 51.33 | |
| 19 | VAB Pistoia | | 2 | 1 | pk | | 21/8/12 16:59 | 21/8/12 17:41 | 0.70 | 15.58 | 9.80 | |
| 4 | Comun Montana App Pistoiese | | 7 | 2 | pk | | 21/8/12 20:10 | 21/8/12 20:35 | 0.42 | 24.58 | 11.67 | |
| 18 | VAB Pistoia | | 2 | 1 | pk | | 21/8/12 21:40 | 21/8/12 23:55 | 2.25 | 50.08 | 31.50 | |
| 28 | CENTRO SOUP | | 1 | 74 | 34 | 3 | 15:36 | 14:37 | 95.02 | 2,755.48 | 542.33 | |
| | | | | | | | | | | 7,202.79 | 27,766.46 | |
| | | | | | | | | | | Costo totale intervento € | 34,969.25 | |

Tabella 3. Interventi attuati nell'area 1 in occasione dell'incendio del 19-21 agosto 2012 e relativi costi

IL DANNO. ELEMENTI GIURIDICI, URBANISTICI E ECONOMICO-ESTIMATIVI

Tabella 4. Interventi attuati nell'area 2 in occasione dell'incendio del 24-26 agosto 2012 e relativi costi

| quadratura | attività | ente | persone | n. mezzi 1 | tipo di mezzo 1 | n. mezzi 2 | tipo di mezzo 2 | ora invio | ora rientro | Durata intervento (incluso tempo esperimento in zona operativa) h. decimali | Costo personale € | Costo mezzi € |
|------------|-------------------------------------|------|---------|------------|-----------------|------------|-----------------|---------------|---------------|---|---------------------------|---------------|
| | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Comun Montana App Pistotese Prov PT | | 5 | 2 | pk | | | 24/8/12 15:37 | 25/8/12 2:56 | 11,32 | 476,92 | 316,87 |
| 1 do | Elicottero Massa Carrara | | 1 | 1 | pk | | | 24/8/12 15:45 | 25/8/12 0:56 | 9,18 | 266,32 | 128,57 |
| 31 | VVF San Marcello Pistotese | | 5 | 1 | ab | | | 24/8/12 15:55 | 24/8/12 18:17 | 2,37 | - | 7.218,33 |
| 30 | Comun Montana App Pistotese | | 1 | 1 | pk | | | 24/8/12 15:57 | 24/8/12 21:53 | 5,95 | 595,00 | 470,05 |
| 8 | Comun Montana App Pistotese | | 1 | 1 | pk | 1 | pk | 24/8/12 15:57 | 24/8/12 16:30 | 0,55 | 4,64 | 7,70 |
| 12 | Comun Montana App Pistotese | | 1 | 1 | pk | | | 24/8/12 16:15 | 25/8/12 1:15 | 9,00 | 75,86 | 126,00 |
| 18 | CRI SAN MARCELLO | | 2 | 1 | pk | | | 24/8/12 16:16 | 25/8/12 7:39 | 15,38 | 342,39 | 215,37 |
| 4 do | Prov PT | | 1 | 1 | pk | | | 24/8/12 16:20 | 24/8/12 18:26 | 2,10 | 60,90 | 29,40 |
| 13 | Comun Montana App Pistotese | | 1 | 1 | pk | | | 24/8/12 16:28 | 25/8/12 1:30 | 9,03 | 76,14 | 126,47 |
| 9 | Comun Montana App Pistotese | | 2 | 1 | pk | | | 24/8/12 16:30 | 25/8/12 8:46 | 2,52 | 274,21 | 227,73 |
| 32 | Elicottero Firenze | | 1 | 1 | pk | | | 24/8/12 16:30 | 24/8/12 19:01 | 2,52 | - | 7.675,83 |
| 17 | CRI BUGLIANO | | 2 | 1 | pk | | | 24/8/12 16:42 | 25/8/12 2:41 | 9,98 | 222,20 | 139,77 |
| 11 | Comun Montana App Pistotese | | 1 | 1 | ab | | | 24/8/12 17:26 | 25/8/12 9:04 | 15,65 | 131,77 | 1.016,17 |
| 10 | Comun Montana App Pistotese | | 3 | 1 | pk | | | 24/8/12 18:21 | 25/8/12 4:50 | 10,48 | 265,08 | 146,77 |
| 5 | CFS PIAN DEGLI ONTANI | | 2 | 1 | pk | | | 24/8/12 18:32 | 25/8/12 13:30 | 18,97 | 498,09 | 265,53 |
| 21 | CRI SAN MARCELLO | | 2 | 1 | pk | | | 24/8/12 18:35 | 25/8/12 0:05 | 5,50 | 122,41 | 77,00 |
| 33 | Elicottero Massa Carrara | | 1 | 1 | pk | | | 24/8/12 18:37 | 24/8/12 20:32 | 1,92 | - | 5.845,83 |
| 34 | Elicottero Livorno | | 1 | 1 | pk | | | 24/8/12 18:59 | 24/8/12 20:22 | 1,38 | - | 4.219,17 |
| 35 | Elicottero Firenze | | 1 | 1 | pk | | | 24/8/12 19:21 | 24/8/12 20:38 | 1,28 | - | 3.914,17 |
| 24 | VAB Massa e Cozzile | | 2 | 1 | pk | | | 24/8/12 19:24 | 24/8/12 20:29 | 1,08 | 24,11 | 15,17 |
| 27 | VAB Pistota | | 2 | 1 | pk | | | 24/8/12 20:52 | 25/8/12 7:35 | 10,72 | 238,52 | 150,03 |
| 26 | VAB Montale | | 2 | 1 | pk | | | 24/8/12 21:00 | 25/8/12 7:45 | 10,75 | 239,26 | 150,50 |
| 2 do | Prov PT | | 1 | 1 | pk | | | 24/8/12 21:03 | 25/8/12 9:11 | 12,13 | 351,87 | 169,87 |
| 22 | VAB Larciano | | 3 | 1 | pk | | | 24/8/12 23:12 | 25/8/12 7:40 | 8,47 | 282,67 | 118,53 |
| 29 | VAB Valdinevole | | 2 | 1 | pk | | | 25/8/12 5:00 | 25/8/12 5:14 | 10,23 | 227,76 | 145,27 |
| 36 | Elicottero Pistota | | 4 | 1 | pk | | | 25/8/12 6:45 | 25/8/12 9:34 | 2,82 | - | 8.590,83 |
| 14 | Comun Montana App Pistotese | | 4 | 1 | pk | | | 25/8/12 7:00 | 25/8/12 18:26 | 11,43 | 385,47 | 160,07 |
| 16 do | Comun Montana App Pistotese | | 1 | 1 | pk | | | 25/8/12 7:15 | 25/8/12 16:32 | 9,28 | 269,22 | 129,97 |
| 28 | VAB Quartata | | 2 | 1 | pk | | | 25/8/12 12:10 | 25/8/12 18:52 | 6,70 | 149,12 | 93,80 |
| 37 | Elicottero Pistota | | 1 | 1 | pk | | | 25/8/12 13:53 | 25/8/12 14:59 | 1,10 | - | 3.555,00 |
| 19 | CRI SAN MARCELLO | | 3 | 1 | pk | | | 25/8/12 14:22 | 26/8/12 0:36 | 10,23 | 341,65 | 143,27 |
| 3 do | Prov PT | | 1 | 1 | vs | | | 25/8/12 15:03 | 25/8/12 21:50 | 6,78 | 196,72 | 54,27 |
| 38 | Elicottero Pistota | | 1 | 1 | HDAST | | | 25/8/12 16:10 | 25/8/12 17:16 | 1,10 | 3,555,00 | 3,555,00 |
| 6 | Comun Pescaia | | 2 | 1 | pk | | | 25/8/12 17:29 | 25/8/12 23:14 | 5,75 | 96,93 | 80,50 |
| 15 | Comun Montana App Pistotese | | 4 | 1 | pk | 1 | vs | 25/8/12 17:54 | 26/8/12 1:08 | 7,23 | 243,87 | 159,13 |
| 39 | Elicottero Pistota | | 2 | 1 | HDAST | | | 25/8/12 17:56 | 25/8/12 18:39 | 0,72 | 203,28 | 2.185,83 |
| 23 | VAB Larciano | | 2 | 1 | pk | | | 25/8/12 21:08 | 26/8/12 6:16 | 9,13 | 127,87 | 127,87 |
| 25 | VAB Massa e Cozzile | | 3 | 1 | pk | | | 25/8/12 21:40 | 26/8/12 6:17 | 8,62 | 287,67 | 120,63 |
| 20 | CRI SAN MARCELLO | | 2 | 1 | pk | | | 26/8/12 7:15 | 26/8/12 9:20 | 2,08 | 46,37 | 29,17 |
| 40 | CENTRO SOUP | | 1 | 1 | pk | 2 | | 15:25 | 10:53 | 43,47 | 1.260,53 | 248,10 |
| | | | 65 | 40 | | | | | | 8.256,93 | 51.747,51 | 60.004,45 |
| | | | | | | | | | | | Costo totale intervento € | |

XLIV INCONTRO DI STUDI CE.S.E.T.

| Area | Superficie (ha) | VET _b (€/ha*anno ⁻¹) | Dss _i totale (€/anno) |
|------|-----------------|---|----------------------------------|
| 1 | 4.69 | 1,008 | 4,728 |
| 2 | 8.24 | 1,080 | 8,899 |

Tabella 5: Valore Economico Totale annuo

| VET area I | | saggio (r) | | | | | | | |
|---------------------------|----|------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 4,728 | | 1% | 2% | 3% | 4% | 5% | 6% | 7% | 8% |
| periodo di ripristino (n) | 1 | 4,681 | 4,635 | 4,590 | 4,546 | 4,503 | 4,460 | 4,419 | 4,378 |
| | 2 | 9,316 | 9,180 | 9,047 | 8,917 | 8,791 | 8,668 | 8,548 | 8,431 |
| | 3 | 13,905 | 13,635 | 13,374 | 13,121 | 12,876 | 12,638 | 12,408 | 12,185 |
| | 4 | 18,448 | 18,003 | 17,574 | 17,162 | 16,765 | 16,383 | 16,015 | 15,660 |
| | 5 | 22,947 | 22,285 | 21,653 | 21,048 | 20,470 | 19,916 | 19,386 | 18,878 |
| | 6 | 27,401 | 26,484 | 25,612 | 24,785 | 23,998 | 23,249 | 22,536 | 21,857 |
| | 7 | 31,811 | 30,600 | 29,457 | 28,378 | 27,358 | 26,393 | 25,481 | 24,616 |
| | 8 | 36,177 | 34,635 | 33,189 | 31,832 | 30,558 | 29,360 | 28,232 | 27,170 |
| | 9 | 40,500 | 38,591 | 36,813 | 35,154 | 33,606 | 32,158 | 30,804 | 29,535 |
| | 10 | 44,780 | 42,470 | 40,331 | 38,348 | 36,508 | 34,798 | 33,207 | 31,725 |
| | 11 | 49,018 | 46,272 | 43,746 | 41,420 | 39,273 | 37,289 | 35,454 | 33,753 |
| | 12 | 53,214 | 50,000 | 47,063 | 44,373 | 41,905 | 39,639 | 37,553 | 35,631 |
| | 13 | 57,368 | 53,655 | 50,282 | 47,212 | 44,413 | 41,855 | 39,515 | 37,369 |
| | 14 | 61,482 | 57,238 | 53,408 | 49,942 | 46,801 | 43,947 | 41,349 | 38,979 |
| | 15 | 65,554 | 60,751 | 56,443 | 52,568 | 49,075 | 45,920 | 43,062 | 40,469 |
| | 16 | 69,586 | 64,195 | 59,389 | 55,092 | 51,241 | 47,781 | 44,664 | 41,849 |
| | 17 | 73,578 | 67,572 | 62,249 | 57,519 | 53,304 | 49,536 | 46,161 | 43,127 |
| | 18 | 77,531 | 70,882 | 65,027 | 59,853 | 55,268 | 51,193 | 47,559 | 44,310 |
| | 19 | 81,445 | 74,128 | 67,723 | 62,097 | 57,139 | 52,756 | 48,867 | 45,406 |
| | 20 | 85,319 | 77,310 | 70,341 | 64,255 | 58,921 | 54,230 | 50,088 | 46,420 |
| | 21 | 89,156 | 80,429 | 72,882 | 66,330 | 60,618 | 55,621 | 51,230 | 47,359 |
| | 22 | 92,954 | 83,487 | 75,350 | 68,325 | 62,235 | 56,933 | 52,298 | 48,229 |
| | 23 | 96,715 | 86,486 | 77,745 | 70,243 | 63,774 | 58,170 | 53,295 | 49,034 |
| | 24 | 100,439 | 89,425 | 80,071 | 72,088 | 65,240 | 59,338 | 54,227 | 49,780 |
| | 25 | 104,125 | 92,307 | 82,329 | 73,861 | 66,636 | 60,440 | 55,098 | 50,470 |
| | 26 | 107,776 | 95,132 | 84,522 | 75,567 | 67,966 | 61,479 | 55,912 | 51,110 |
| | 27 | 111,390 | 97,902 | 86,650 | 77,206 | 69,232 | 62,459 | 56,673 | 51,701 |
| | 28 | 114,968 | 100,618 | 88,717 | 78,783 | 70,438 | 63,384 | 57,384 | 52,249 |
| | 29 | 118,511 | 103,280 | 90,723 | 80,299 | 71,587 | 64,257 | 58,049 | 52,757 |
| | 30 | 122,019 | 105,890 | 92,671 | 81,757 | 72,681 | 65,080 | 58,670 | 53,227 |

Tabella 6. Analisi di sensitività Dss_tot Area I (periodo ripristino vs saggio)

IL DANNO. ELEMENTI GIURIDICI, URBANISTICI E ECONOMICO-ESTIMATIVI

| VET area 2 | | saggio (r) | | | | | | | |
|---------------------------|----|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 8,899 | | 1% | 2% | 3% | 4% | 5% | 6% | 7% | 8% |
| periodo di ripristino (n) | 1 | 8,811 | 8,725 | 8,640 | 8,557 | 8,475 | 8,395 | 8,317 | 8,240 |
| | 2 | 17,535 | 17,278 | 17,028 | 16,784 | 16,547 | 16,315 | 16,090 | 15,869 |
| | 3 | 26,172 | 25,664 | 25,172 | 24,696 | 24,234 | 23,787 | 23,354 | 22,934 |
| | 4 | 34,724 | 33,885 | 33,078 | 32,302 | 31,555 | 30,836 | 30,143 | 29,475 |
| | 5 | 43,191 | 41,945 | 40,755 | 39,617 | 38,528 | 37,486 | 36,488 | 35,531 |
| | 6 | 51,574 | 49,847 | 48,208 | 46,650 | 45,169 | 43,759 | 42,417 | 41,139 |
| | 7 | 59,874 | 57,594 | 55,443 | 53,412 | 51,493 | 49,678 | 47,959 | 46,331 |
| | 8 | 68,092 | 65,189 | 62,468 | 59,915 | 57,516 | 55,261 | 53,139 | 51,139 |
| | 9 | 76,229 | 72,636 | 69,289 | 66,167 | 63,253 | 60,528 | 57,979 | 55,591 |
| | 10 | 84,285 | 79,936 | 75,910 | 72,179 | 68,716 | 65,497 | 62,503 | 59,713 |
| | 11 | 92,262 | 87,093 | 82,339 | 77,959 | 73,919 | 70,185 | 66,731 | 63,530 |
| | 12 | 100,159 | 94,110 | 88,581 | 83,518 | 78,874 | 74,608 | 70,682 | 67,064 |
| | 13 | 107,978 | 100,989 | 94,640 | 88,862 | 83,593 | 78,780 | 74,375 | 70,336 |
| | 14 | 115,720 | 107,734 | 100,524 | 94,001 | 88,088 | 82,716 | 77,826 | 73,365 |
| | 15 | 123,385 | 114,346 | 106,236 | 98,943 | 92,369 | 86,429 | 81,051 | 76,171 |
| | 16 | 130,974 | 120,828 | 111,781 | 103,694 | 96,445 | 89,932 | 84,066 | 78,768 |
| | 17 | 138,488 | 127,183 | 117,165 | 108,262 | 100,328 | 93,237 | 86,883 | 81,173 |
| | 18 | 145,928 | 133,414 | 122,393 | 112,655 | 104,026 | 96,355 | 89,516 | 83,400 |
| | 19 | 153,294 | 139,523 | 127,467 | 116,879 | 107,547 | 99,296 | 91,976 | 85,462 |
| | 20 | 160,587 | 145,511 | 132,395 | 120,940 | 110,901 | 102,071 | 94,276 | 87,372 |
| | 21 | 167,808 | 151,383 | 137,178 | 124,845 | 114,095 | 104,689 | 96,425 | 89,140 |
| | 22 | 174,958 | 157,139 | 141,823 | 128,600 | 117,138 | 107,158 | 98,434 | 90,776 |
| | 23 | 182,036 | 162,782 | 146,332 | 132,211 | 120,035 | 109,488 | 100,311 | 92,292 |
| | 24 | 189,045 | 168,315 | 150,709 | 135,683 | 122,794 | 111,686 | 102,066 | 93,695 |
| | 25 | 195,984 | 173,739 | 154,960 | 139,021 | 125,422 | 113,759 | 103,705 | 94,995 |
| | 26 | 202,855 | 179,057 | 159,086 | 142,231 | 127,925 | 115,715 | 105,238 | 96,198 |
| | 27 | 209,657 | 184,271 | 163,092 | 145,317 | 130,308 | 117,561 | 106,670 | 97,312 |
| | 28 | 216,392 | 189,382 | 166,982 | 148,285 | 132,578 | 119,301 | 108,008 | 98,344 |
| | 29 | 223,060 | 194,393 | 170,758 | 151,138 | 134,740 | 120,944 | 109,259 | 99,299 |
| | 30 | 229,663 | 199,306 | 174,424 | 153,882 | 136,799 | 122,493 | 110,428 | 100,183 |

Tabella 7. Analisi di sensitività *Dss_tot Area 2* (periodo ripristino vs saggio)

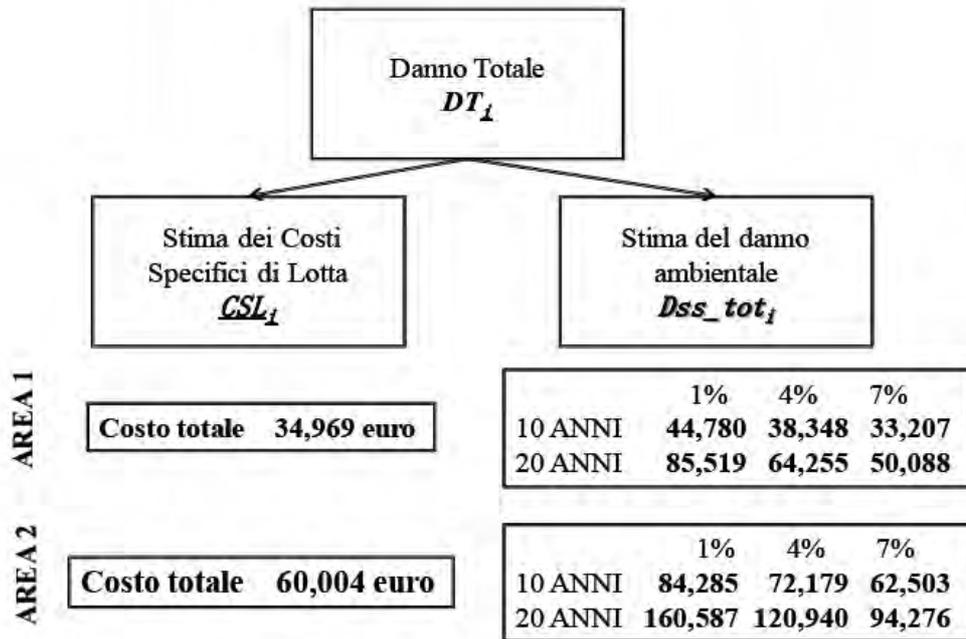


Figura 2. Comparazione dei CSL_i e dei Dss_{tot_i} ai fini della stima del Danno Totale da incendio

Conclusioni

Lo studio si inserisce in una proposta metodologica più ampia e articolata diretta a verificare, su base territoriale, l'efficacia della spesa pubblica legata al servizio Antincendi Boschivi e l'efficacia dei singoli interventi.

Per verificare tutto ciò è però indispensabile approntare una valutazione del Danno Totale da incendio (DT_i) capace di fornire garanzie di affidabilità e sicurezza in relazione ai dati disponibili nell'ambito territoriale di riferimento (regione Toscana).

La ricerca, seguendo quindi le metodologie proposte in letteratura ed in ambito normativo, si è posta l'obiettivo di stimare i Danni Totali da incendio (DT_i) come sommatoria dei costi connessi agli interventi di estinzione e alla riduzione di valore del bene danneggiato (ovvero dei mancati prodotti e servizi da questo erogati) (Carbone, 2005, Ciancio et al., 2007 e Di Renzo et al., 2012).

Nel caso specifico, la metodologia di valutazione ha affiancato ai classici approcci economico-estimativi di valutazione dei beni ambientali, sofisticate tecniche di spazializzazione dei dati territoriali con lo scopo di tradurre in termini monetari le modificazioni dei flussi di utilità sociale del bosco in relazione alle

modificazioni di caratteri territoriali ed orografici (tipo di soprassuolo, forma di governo del bosco, pendenza, accessibilità, ecc.) (Bernetti et al., 2013; Marinelli e Marone, 2013). Tali applicazioni, hanno permesso la spazializzazione dei risultati, su tutto il territorio regionale, fornendo un utile strumento di valutazione del VET dei boschi presenti in Toscana. E' stato quindi possibile incrociare tali risultati con gli archivi cartografici che identificano gli incendi degli ultimi anni in Toscana¹³, verificando le corrispondenti perdite di VET.

Si tratta di importanti strumenti che possono supportare le PP.AA. nel monitoraggio degli interventi e nelle strategie di pianificazione antincendio.

Grazie alla creazione, da parte della Regione Toscana, di un sistema standardizzato di rilevazione degli incendi (SOUPWeb^{RT}), con la creazione e successiva adozione di schede di rilievo standard dei danni è stato dunque possibile realizzare delle procedure standardizzate su base geografica per la stima delle perdite di valore dei boschi percorsi da incendio. Inoltre, tale standardizzazione ha permesso una stima piuttosto dettagliata dei costi di estinzione (CLS).

I risultati dello studio, evidenziano l'elevata consistenza dei danni totali da incendio. In entrambi i casi il Danno Totale DT_p , ad ettaro, nell'ipotesi di un tempo di ripristino della superficie di 10 anni, si attesta tra i 14,000 euro/ettaro ed i 17-18,000 euro/ha.

Si tratta quindi di danni consistenti che possono però subire oscillazioni apprezzabili in relazione alle variazioni dei tempi di ripristino dell'area.

I modelli di valutazione proposti per la valutazione su base territoriale del VET (valore turistico ricreativo, naturalistico, ecc.) presentano sicuramente alcuni limiti legati alla molteplicità di fonti ed alla eterogeneità degli approcci, talvolta basati su metodi statistici e su ipotesi preliminari molto discussi in ambito accademico.

Sicuramente la valutazione, potrà essere ulteriormente implementata e migliorata introducendo i *tempi di ripristino* delle funzioni del bosco come variabili specifiche del modello. E' infatti plausibile ipotizzare che i tempi di ripristino delle funzioni paesaggistiche o turistico ricreative siano diverse rispetto a funzioni di regimazione dei deflussi o di produzione di legna.

Una possibile evoluzione di questo modello territoriale di stima del danno da incendio sarà quella di giungere alla stima dei "danni evitati" grazie agli interventi AIB. In pratica, si cercherà di definire quali sarebbero state le aree attraversate dal fuoco in assenza di interventi AIB. Per questo dovranno essere approntate analisi delle dinamiche di incendio che in relazione a parametri

13. Nel caso specifico si sono testati i risultati di due aree percorse da incendio.

come: tipo di bosco, velocità e direzione del vento, pendenza, quota, ecc. siano in grado di stimare l'evoluzione degli incendi.

La standardizzazione delle procedure di rilevazione degli incendi sta quindi favorendo lo sviluppo di nuovi approcci economico-estimativi, dove il carattere territoriale può assumere grande importanza e grande utilità ai fini della programmazione degli investimenti del settore.

Bibliografia

- AA.VV. (2014), *The Provision of Forest Ecosystem Services: Quantifying and valuing non-marketed ecosystem services*, What science can tell us, European Forest Institute.
- BERNETTI I., ALAMPI SOTTINI V., MARINELLI N., MARONE E., MENGHINI S., RICCIOLI F., SACCHELLI S., MARINELLI A., 2013, *Quantification of the total economic value of forest systems: spatial analysis application to the region of Tuscany (Italy)*, Aestimium n.62, Firenze University Press, pp 29-65. ISSN 1592-6117 (print), ISSN 1724-2118 (online).
- BERNETTI I., MARINELLI A., RICCIOLI F., 2011, *L'allocatione spaziale del beneficio turistico-ricreativo del bosco*, Aestimium n.59, Firenze University Press, pp. 87-104.
- BOCCUZZO G., 2009, *Il ruolo dei volontari del terzo settore: verso una qualificazione professionale?*, in (a cura di) BALBI S., BOCCUZZO G., GRASSIA M.G., *Profili formativi e bisogni di competenze nel terzo settore*, Collana Formazione e lavoro.
- BOVIO G., 2002, *La pianificazione antincendi boschivi*. Atti del XXXIX Corso di Cultura in Ecologia, San Vito di Cadore. DITESAF, Università degli Studi di Padova, Padova.
- CARBONE F., 2005, *Stima in via equitativa dei danno alle aree forestali percorse dal fuoco*, Aestimium 47, pp 1-32, Firenze University Press.
- CAVATASSI R., 2004, *Valuation methods for environmental benefits in forestry and watersheds investment projects*, ESA Working Paper n. 04-01, Agricultural and Development. Economics Division, Investment Center Division, FAO.
- CIANCIO O., CORONA P., MARINELLI M., PETTENELLA D., 2007, *Metodologia per la valutazione economica dei danni da incendi boschivi*, Accademia Italiana di Scienze Forestali, Corpo Forestale dello Stato.
- CISPEL, 2008, *Una strategia per l'approvvigionamento idrico in Toscana*, NET, n. 42.
- CIVITA M., DE MAIO M., VIGNA B., 1999, *Una metodologia GIS per la valutazione della ricarica attiva degli acquiferi* in *Atti del III convegno nazionale sulla Protezione e gestione delle acque sotterranee*, Parma, 13-15/10/1999.
- DE GROOT R., BRANDER L., VAN DER PLOEG S., COSTANZA R., BERNARD F., BRAAT L., NEVILLE CROSSMAN M. C., GHERMANDI A, HEIN L., HUSSAIN S., KUMAR P., MCVITTIE A., J, PORTELA R., RODRIGUEZ L. C., BRINK P., VAN BEUKERING P., 2012, *Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units*, *Ecosystem Services*1(2012)50-61, 2212-0416 & 2012 Elsevier B.V.

- DI RENZO F., FRATINI R., MARCHI E., 2012, *Stima dei danni da incendio sui Monti Pisani*, Sherwood n. 187, Compagnia delle Foreste, pp. 9-14.
- FERRINI S., 2002, *La domanda di ricreazione all'aperto in parchi e riserve della Toscana*, Aestimum, 40, Firenze University Press.
- FREEMAN A.M., 1993, *The Measurement of Environmental and Resource Values: Theory and Methods*, Resources for the Future, Washington.
- GALLERANI V., ZANNI G., VIAGGI D., 2004, *Manuale di estimo*, Milano, McGraw-Hill.
- GAODI X., WENHUA L., YU X., BIAO Z., CHUNXIA L., KAI A., JIXING W., KANG X., JINZENG W., 2010, *Forest Ecosystem Services and Their Values in Beijing*.
- MCCONNELL K.E., 1995, *Consumer Surplus from Discrete Choice Models*, Journal of Environmental Economics and Management 29(3). pp. 263-270.
- MARANGON F., GOTTARDO E., 2001, *La valutazione monetaria del danno ai boschi del Friuli-Venezia Giulia*, in MARANGON F., TEMPESTA T. (a cura di), *La valutazione dei beni ambientali come supporto alle decisioni pubbliche*, Udine, Forum Editrice Universitaria.
- MARINELLI A., ROMANO S., 1997, *La valutazione economica dei benefici e dell'impatto aggregato della caccia nella provincia di Firenze*, Giunti, Firenze.
- MARINELLI A., MARONE E. (a cura di), 2013, *Il valore economico totale dei boschi della Toscana*, Franco Angeli editore.
- MICHIELI I., MICHIELI M., 2002, *Trattato di estimo*, Bologna, Edagricole.
- MURARO M., MERLO M., 1987, *L'economia del bosco come bene pubblico e privato*, in *Il bosco e l'ambiente: aspetti economici, giuridici ed estimativi (Atti del XVII Incontro di Studi CESET)*, Firenze, Edizione Baccini e Chiappino.
- PAK M., TÜRKER M. F., ÖZTÜRK A., (2010), *Total economic value of forest resources in Turkey*, African Journal of Agricultural Research Vol. 5(15), pp. 1908-1916, 4 August, 2010.
- PEARCE D. (2001), *The economic value of forest ecosystems*, *Ecosystem Health*, vol. 7, n. 4, pp 284-296.
- PETTENELLA D., SECCO L., 2006, *Metodologie di valutazione economica e di reporting pubblico dei benefici offerti da una corretta gestione delle foreste mediterranee per la tutela delle risorse idriche*, Regione dell'Umbria, Progetto IN- TERREG IIIB MEDOCC, RECOFORME, *Structuration de Réseaux Et d'actions de COopération sur la FORêt Méditerranéenne*.
- POLELLI M., 2006, *Nuovo trattato di estimo*, Maggioli, Dogana.

- RANDALL A., STOLL J.A., 1982, *Existence value in a total valuation framework*, in ROWE R. D., CHESTNUT L. G. (eds.), *Measuring Air Quality and Scenic Resources in National Parks and Wilderness Areas*, Westview, Boulder.
- SILVESTRI F., 2005, *Lezioni di economia dell'ambiente ed ecologica*, Clueb, Bologna.
- SMALL K.A., ROSEN H.S., 1981, *Applied Welfare Economics with Discrete Choice Models*, *Econometrica* 49(1), pp. 105-130.
- TEN BRINK B.J.E., VAN VLIET A.J.H., HEUNKS C., PEARCE D.W., HOWARTH A., 2000, *Technical report on biodiversity in Europe: An integrated economic and environmental assessment*, Prepared by RIVM, EFTEC, NTUA and IIASA in association with TME and TNO. RIVM Report 481505019, National Institute for Public Health and the Environment, Bilthoven.
- VALESE E., LUBELLO D., ANFODILLO T., CAVALLI R., PETTENELLA D., TEMPESTA T., CARRARO V., GARADOZZI M., RAMON E., LEMESSI A., 2009, *Valutazione economica dei danni da incendi boschivi nel nord est dell'Italia*, in (a cura di) ANGELI L., COSTANTINI R., CRISTOFORI S., *Incendi Boschivi Prevenzione, lotta e controllo con i nuovi strumenti tecnologici*, Collana Ricerca Trasferimento Innovazione n. 8, Regione Toscana Giunta regionale Direzione generale dello sviluppo economico.
- ZHONGWEI G., XIANGMING X., YALING G., YUEJUN Z., 2001, *Ecosystem functions, services and their values, a case study in Xingshan County of China*, Elsevier *Ecological Economics* 38, pp. 141-154.

XLIV INCONTRO DI STUDI CE.S.E.T.