

Numero Speciale: Progetto ALForLab (PON03PE_00024_1 - PON R&C- PAC 2007-2013)

“Laboratorio Pubblico-privato per l’applicazione di tecnologie innovative ad elevata sostenibilità ambientale nella filiera foresta-legno-energia”

Guest Editors: Alessandro Paletto (CREA, Trento), Giorgio Matteucci & Mauro Maesano (CNR-ISAFOM)

CFOR: un sistema di supporto alle decisioni per le foreste in Calabria

Nicola Puletti*⁽¹⁻²⁾, **Antonio Floris**⁽²⁾, **Gianfranco Scrinzi**⁽²⁾, **Francesco Chianucci**⁽¹⁾, **Giacomo Colle**⁽⁴⁾, **Tamara Michelini**⁽²⁾, **Nicola Pedot**⁽⁴⁾, **Andrea Penasa**⁽²⁾, **Stefano Scalercio**⁽³⁾, **Piermaria Corona**⁽¹⁾

(1) Consiglio per la ricerca in agricoltura e l’analisi dell’economia agraria - Centro di ricerca per la selvicoltura (CREA SEL), v.le Santa Margherita 80, I-52100 Arezzo (Italy); (2) Consiglio per la ricerca in agricoltura e l’analisi dell’economia agraria - Unità di ricerca per il monitoraggio e la pianificazione forestale (CREA MPF), p.zza Nicolini 6, I-38123 Trento (Italy); (3) Consiglio per la ricerca in agricoltura e l’analisi dell’economia agraria - Unità di ricerca per la selvicoltura in ambiente mediterraneo (CREA SAM), c.da Li Rocchi Vermicelli 83, I-87036 Rende (CS - Italy); (4) Effetreszero s.r.l., Spin-off del Consiglio per la ricerca in agricoltura e l’analisi dell’economia agraria, p.zza Nicolini 6, I-38100 Trento (Italy) - *Corresponding Author: Nicola Puletti (nicola.puletti@crea.gov.it).

Abstract: CFOR: a spatial decision support system dedicated to forest management in Calabria. In this work, a spatial decision support system dedicated to forest management in Calabria (CFOR) is presented. The main aim of the tool is to assess wood production under various harvesting options. All functionalities have been developed by Python and R languages for QGIS. Main inputs are digital models, mainly derived from Lidar, and vector shapefiles.

Keywords: SDSS, Geographic Information Systems, Growing Stock, Aboveground Biomass, Forest Management

Received: Jan 18, 2017; Accepted: Feb 13, 2017; Published online: Apr 03, 2017

Citation: Puletti N, Floris A, Scrinzi G, Chianucci F, Colle G, Michelini T, Pedot N, Penasa A, Scalercio S, Corona P, 2017. CFOR: un sistema di supporto alle decisioni per le foreste in Calabria. *Forest@* 14: 135-140 [online 2017-04-03] URL: <http://www.sisef.it/forest@/contents/?id=efor2363-014>

Introduzione

La conoscenza puntuale dello stato delle risorse naturali è requisito decisivo per un’efficace gestione forestale. All’uopo, è essenziale disporre di banche dati ampie ed aggiornate e di strumenti in grado di rendere le informazioni disponibili facilmente accessibili ed interrogabili. In questa prospettiva, in molte discipline, tra cui la pianificazione e la gestione del patrimonio forestale, si sono affermati i Sistemi di Supporto alle Decisioni (DSS), che rappresentano uno degli strumenti fondamentali della *Precision Forestry* (Corona et al. 2017).

Una definizione di DSS ampiamente accettata

nell’ambito delle scienze informatiche è proposta da Burstein & Holsapple (2008), che ne individuano le seguenti componenti fondamentali: il linguaggio di sviluppo, il sistema di presentazione dei risultati, il sistema di gestione della conoscenza, il sistema di analisi dei problemi. La caratteristica principale dei DSS è di poter rendere esecutivi strumenti di modellistica previsionale con i quali supportare le attività di gestione e pianificazione. Una rassegna analitica in merito ai principali DSS in uso nel settore forestale è reperibile in Gordon (2006) e Borges et al. (2014).

L’integrazione fra DSS e moderne tecnologie in ambito geografico, come ad esempio i Sistemi di Po-

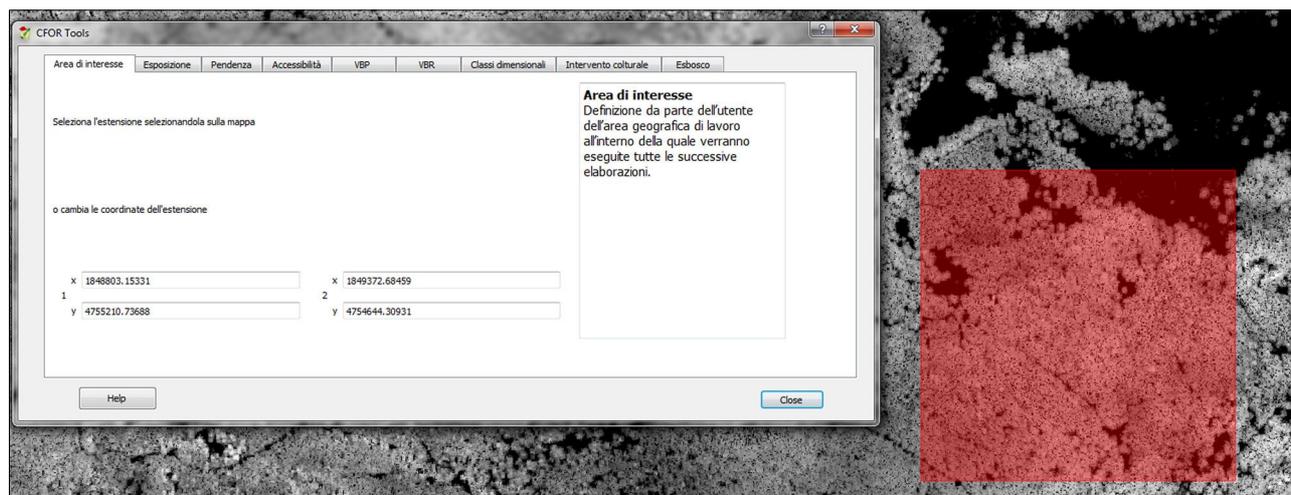


Fig. 1 - L'interfaccia grafica di CFOR su QGIS. In rosso l'extent della Area di interesse selezionata dall'utente.

sizionamento Globale Satellitare (GNSS), i dati telerilevati (acquisiti da satellite, da aereo o da drone) e i Sistemi Informativi Geografici (GIS), ha portato negli ultimi anni allo sviluppo dei cosiddetti Sistemi Spaziali di Supporto alle Decisioni (*Spatial Decision Support System* - SDSS). Alcuni esempi di SDSS sviluppati in Italia per il settore forestale, e in particolare nello specifico ambito della determinazione delle risorse legnose e della loro ritraibilità in termini di legname da opera e di biomasse per la produzione di energia, sono Biomassfor (Sacchelli et al. 2013), PooDYBLEP (Frombo et al. 2009), FopP (Lubello 2008).

Un quadro dei DSS forestali sviluppati in Italia è fornito da Portoghesi et al. (2014), che evidenziano la problematica della "manutenzione" nel tempo dei DSS, spesso confinati entro i limiti temporali del progetto di ricerca nel cui ambito sono stati sviluppati, e la difficoltà per il loro trasferimento nella pratica gestionale. Con l'intento di ovviare a questi limiti, nel presente lavoro vengono illustrati i metodi e le caratteristiche architettoniche di un nuovo SDSS chiamato CFOR (Calabrian FOREsts), messo a punto nell'ambito del progetto PON "Ambi.Tec.Fil.Legno" (ALFor-Lab). Attraverso una serie di strumenti operanti sul GIS *open source* QGIS (Fig. 1), l'obiettivo principale è fornire al gestore forestale un utile e pratico supporto per migliorare la fornitura di materiale legnoso nella Regione Calabria.

Architettura del sistema

Il *plugin* di QGIS CFOR si presenta come una *suite* costituita da otto moduli, ciascuno dei quali deputato all'esecuzione di una specifica fase dell'elaborazione (Fig. 2):

- *area di interesse* (delineazione da parte dell'utente

dell'area geografica di lavoro all'interno della quale verranno eseguite le successive elaborazioni);

- *esposizione* (calcolo dell'esposizione, in gradi sessagesimali);
- *pendenza* (calcolo della pendenza percentuale);
- *accessibilità* (delineazione delle aree accessibili al personale forestale);
- *VBP* (stima di Volume legnoso e Biomassa legnosa epigea Presenti);
- *classi dimensionali* (stima della consistenza percentuale del volume legnoso e della biomassa legnosa ripartiti in tre classi di dimensione dei fusti arborei);
- *VBR* (stima di Volume legnoso e Biomassa legnosa epigea Ritraibili, tenuto conto dei vincoli di accessibilità, normativi e gestionali);
- *intervento culturale* (quantificazione del volume legnoso e della biomassa legnosa ritraibili secondo le esigenze dell'utente);
- *esbosco* (definizione delle aree tecnicamente esboscabili sulla base del sistema di utilizzazione forestale).

Alcune funzionalità di base, come quella di rasterizzazione (trasparente all'utente) e quelle svolte dai moduli *esposizione* e *pendenza*, sono comuni a funzionalità analoghe presenti in tutti i *software* GIS. La scelta di implementare nella *suite* anche questi moduli basilari assicura all'utente il mantenimento di un unico ambiente di lavoro, garantendo al tempo stesso uniformità e caratteristiche degli elaborati intermedi per tutto il processo di analisi. Tutti i moduli lavorano su formato *raster*, con risoluzione spaziale a 30 metri tranne che per il modulo *accessibilità*, per il quale la risoluzione può essere invece definita dall'utente.

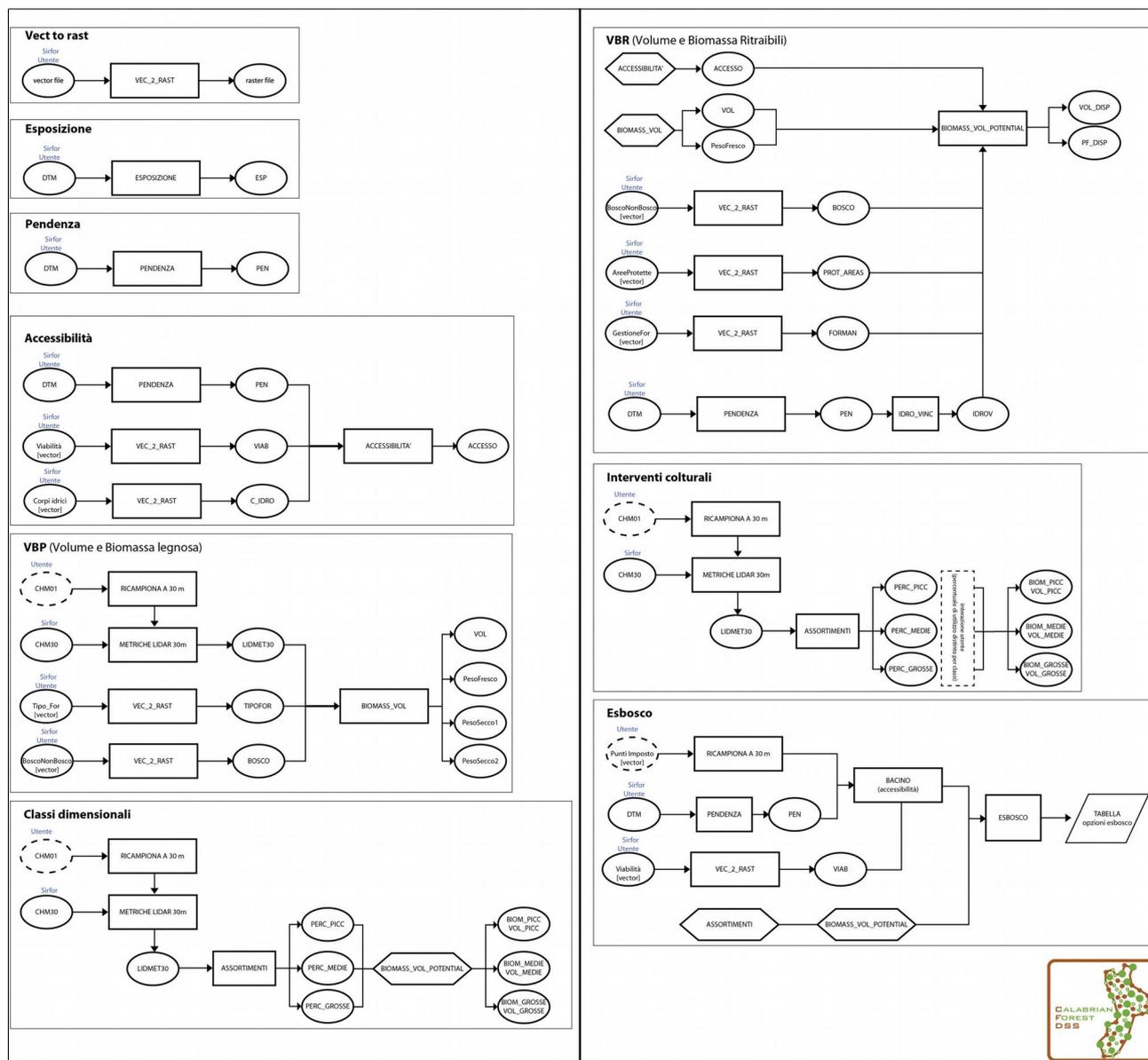


Fig. 2 - Schema dell'architettura del modello CFOR. All'interno di ogni box, ciascuno relativo a uno dei diversi moduli implementati, i rettangoli rappresentano gli algoritmi principali; gli ovali rappresentano le variabili di *input* e di *output* degli algoritmi; gli esagoni individuano gruppi di algoritmi già definiti in altri moduli. In basso a destra il logo di CFOR.

Nella prima finestra dell'interfaccia grafica (modulo *area di interesse* – Fig. 1) è richiesto all'utente di definire l'area di interesse secondo tre diverse modalità: (1) dalla *extent* di uno *shapefile* che l'utente fornisce; (2) dalla *extent* della *view* della finestra di QGIS; (3) sulla base di un *input* manuale da parte dell'utente (Fig. 3).

Il modulo *accessibilità* permette di stabilire, sulla base del DTM e della viabilità, la potenzialità di accesso del personale forestale. Ad ogni *pixel*, sulla base della morfologia del terreno e dei tempi di percorrenza dalla rete stradale forestale, viene attribuita

una delle seguenti tre classi di accesso: "accessibile", "scarsamente accessibile" e "non accessibile" (Chirici et al. 2003). Il modulo richiede come *input* un file vettoriale della viabilità presente nell'area di studio (file già presente in CFOR oppure fornibile dall'utente qualora ritenuto più preciso e/o più aggiornato) e il *raster* delle pendenze, che può essere generato anche utilizzando l'apposito *tool* messo a disposizione in CFOR.

Il modulo *VBP* fornisce una mappa *raster* della produzione legnosa dei soprassuoli forestali presenti nell'area in esame, sia in termini di provvigione le-

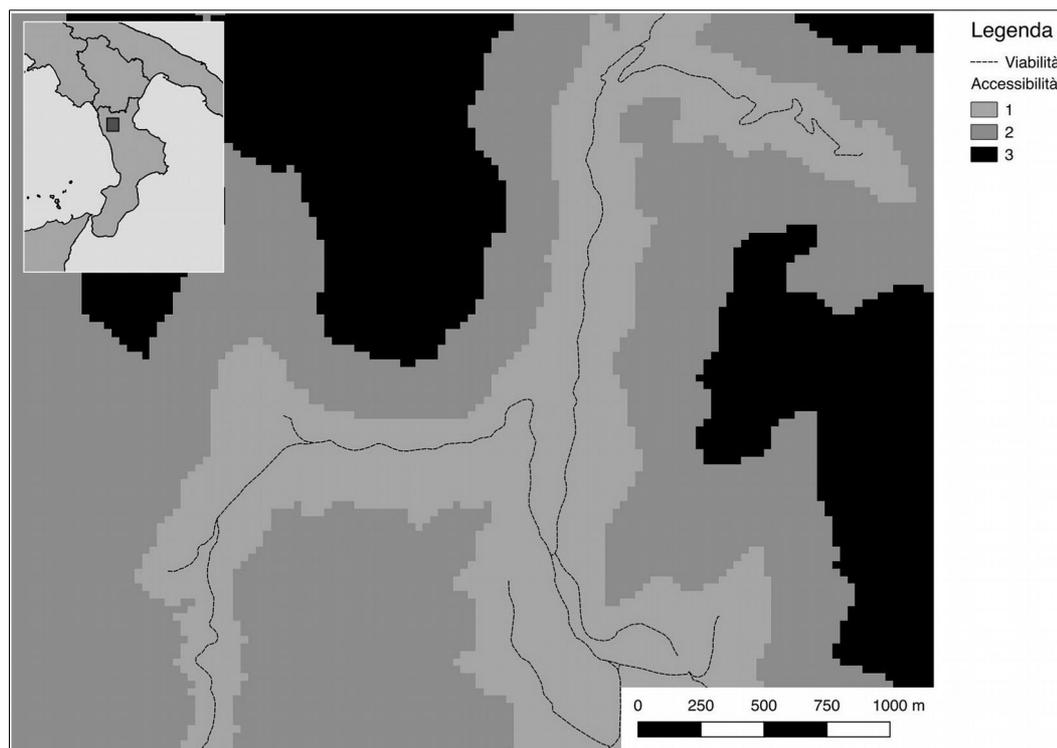


Fig. 3 - Esempio di output del modulo accessibilità in un'area di interesse definita all'interno della area test "Pollino". La linea nera tratteggiata indica la viabilità disponibile, in scala di grigi i livelli previsti di accessibilità (1: "accessibile"; 2: "scarsamente accessibile"; 3: "non accessibile").

gnosa (volume ad ettaro) che di biomassa epigea (peso secco della componente legnosa e totale e peso fresco della componente legnosa, ad ettaro). La provvigione e la biomassa sono stimate sulla base di modelli di regressione sviluppati a partire da metriche estratte dal *Canopy Height Model* (CHM) di derivazione LiDAR, calibrati con appositi rilievi al suolo. Per individuare il corretto modello di stima da applicare, CFOR utilizza una cartografia delle formazioni forestali opportunamente riclassificate secondo il sistema messo a punto da Scrinzi et al. (2017), al quale si rinvia anche per i dettagli dei modelli di stima. Il modulo VBP permette, inoltre, di caricare anche dati LiDAR propri ed indipendenti qualora disponibili da parte dell'utente.

Con l'intento di permettere una valutazione orientativa della possibile destinazione d'uso del materiale legnoso presente nell'area di interesse, è stato sviluppato uno specifico modulo chiamato *classi dimensionali*. Come per il precedente, anche questo modello è stato sviluppato calibrando relazioni empiriche tra il dato LiDAR e i dati rilevati a terra. In questo caso, seguendo un approccio basato su regressione lineare multipla, sono state messe in relazione alcune metriche estratte dal CHM con la distribuzione del diametro a petto d'uomo (dbh) dei fusti inclusi nei *plot* di campionamento a terra. In questo modo, è stato possibile sviluppare un modello di stima della percentuale di volume legnoso o di biomassa legno-

sa ripartita su tre grandi classi diametriche: fusti piccoli ($dbh < 12$ cm), fusti medi ($12 \text{ cm} < dbh < 28$ cm), fusti grossi ($dbh > 28$ cm).

Il modulo VBR sfrutta i *raster* prodotti dai due moduli precedenti (*accessibilità* e *VBP*) e li integra con strati informativi relativi a limitazioni d'uso della risorsa forestale potenzialmente disponibile; successivamente viene prodotta la mappa del volume legnoso e della biomassa legnosa effettivamente ritraibili per i boschi oggetto di interesse. Le limitazioni sono principalmente di carattere normativo, come ad esempio la presenza di vincoli protezionistici, o di tipo gestionale connessi alla forma di governo (ceduo o fustaia). Ad esempio, se per il ceduo la funzione offre la possibilità del "taglio a raso" con rilascio delle matricine secondo la normativa vigente, per la fustaia si è scelto di adottare come riferimento il principio della "provvigione minimale" (Ciancio 2009, Nocentini 2009), criterio cautelativo che consente un uso sostenibile della risorsa forestale.

In aggiunta, per permettere all'utente di interagire nella definizione dei livelli di prelievo per le diverse classi dimensionali, è stato sviluppato uno specifico modulo chiamato *intervento colturale*, attivabile dall'utente. Tale modulo trova la sua migliore applicazione nell'ambito della pianificazione comprensoriale, dove stima delle masse e valutazione del legname ritraibile, al netto da vincoli, sono informazioni che servono alla definizione di linee di indirizzo per la

gestione forestale multifunzionale di un'area vasta.

Infine, per supportare il gestore forestale nella valutazione della fattibilità tecnica e dell'onere, anche economico, derivante dalla asportazione del materiale legnoso, è stato implementato un modulo chiamato *esbosco*, deputato alla produzione della mappa delle aree tecnicamente esboscabili. Stabilita dall'utente un'area da esboscare, CFOR, dopo aver eseguito un aggancio automatico (*snapping*) al più vicino punto su strada (imposta), definisce un'area di pertinenza dell'imposta all'interno della *extent*. Sulla base della pendenza del terreno e della viabilità, il modulo realizza dapprima una mappa della distanza reale di ciascun *pixel* dall'imposta, applicando l'algoritmo *r.cost* di GRASS. Questa viene successivamente classificata in funzione dei parametri intrinseci (distanza massima, pendenza minima e massima) e di operabilità del sistema di esbosco scelto dall'utente: strascico con animali, trattore a strascico, trattore con verricello, gru a cavo. Incrociando questo prodotto con l'*output* del modulo *intervento colturale*, l'applicativo genera, inoltre, una tabella che riassume indicazioni sulle quantità di legname asportabili verso l'imposta e sui costi derivanti dalle diverse modalità di esbosco stabilite (Paletto et al. 2017).

Are test

Tutti i moduli sono stati sperimentati in due aree del Pollino e delle Serre. Poiché gli strati informativi necessari al funzionamento dell'applicativo sono attualmente disponibili solo per le quattro grandi aree di studio del progetto ALForLab (Pollino, Serre, Sila, Catena costiera), il *tool* viene fornito come funzionante in tutte le sue parti solamente in questi contesti. Al di fuori di questi scenari, CFOR può comunque essere utilizzato dall'utente che, però, deve disporre dell'insieme delle informazioni necessarie e caricarle autonomamente nei diversi moduli.

Conclusioni

I Sistemi di Supporto alle Decisioni Spaziali sono strumenti che possono favorire lo sviluppo e l'ammodernamento del settore operativo forestale. La presente nota illustra le caratteristiche architettoniche e le metodologie di CFOR, un SDSS sviluppato per la regione Calabria nell'ambito del progetto ALForLab. Il *tool*, attraverso una serie di moduli, guida i professionisti forestali a decisioni di carattere tecnico allo scopo di favorire l'uso sostenibile delle risorse legnose.

I punti di forza di CFOR sono: semplicità di utilizzo; integrazione in un ambiente di lavoro GIS *open-*

source, quale plug-in di QGIS liberamente distribuito; utilizzo di modelli di stima della provvigione legnosa su base LiDAR, permettendo di effettuare valutazioni di precisione su vaste aree; estrazione in tempo reale e in modo versatile di informazioni di carattere gestionale. In particolare, disponendo del dato LiDAR, e a condizione di mantenere la stessa risoluzione geometrica dei *raster* di *output*, sarebbe possibile usare CFOR per l'inventariazione delle masse evitando la fase dei rilievi dendrometrici di un piano di assestamento forestale.

Ringraziamenti

Si ringraziano i signori Carlo Di Marco, Franco Calabrese, Gino Scarpelli, Massimo Salerno ed Ettore Salerno per il supporto tecnico. Il lavoro è stato finanziato dal Progetto "ALForLab" (PON03PE_000 24_1) cofinanziato dal Programma Operativo Nazionale Ricerca e Competitività (PON R&C) 2007-2013, attraverso il Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR) e risorse nazionali (Fondo di Rotazione (FDR) - Piano di Azione e Coesione (PAC) MIUR).

Bibliografia

- Borges JG, Nordstrom EM, Garcia-Gonzalo J, Hujala T, Trasobares A (2014). Computer-based tools for supporting forest management. The experience and the expertise world-wide. SLU, Sweden. [ISBN 978-91-576-9237-5]
- Burstein F, Holsapple C (2008). DSS architecture and types. Handbook on Decision Support Systems 1, Springer Berlin Heidelberg, Germany, pp. 163-189.
- Chirici G, Marchi E, Rossi V, Scotti R (2003). Analisi e valorizzazione della viabilità forestale tramite GIS: la Foresta di Badia Prataglia. L'Italia Forestale e Montana 6: 460-481.
- Ciancio O (2009). Riserva naturale statale biogenetica di Vallombrosa. Piano di Gestione e Silvomuseo 2006-2025. Corpo Forestale dello Stato, UTB Vallombrosa, Reggello (FI), 9788887553178, pp. 51-53.
- Corona P, Chianucci F, Quatrini V, Civitarese V, Clementel F, Costa C, Floris A, Menesatti P, Plutino M, Puletti N, Sperandio G, Verani S, Turco R, Bernardini V, Scrinzi G (2017). *Precision forestry*: riferimenti concettuali, strumenti e prospettive di diffusione in Italia. Forest@ 14 (1): 1-12. - doi: [10.3832/efor2285-014](https://doi.org/10.3832/efor2285-014)
- Frombo F, Minciardi R, Robba M, Rosso F, Sacile R (2009). Planning woody biomass logistics for energy production: a strategic decision model. Biomass and Bioenergy 33 (3): 372-383. - doi: [10.1016/j.biombioe.2008.09.008](https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2008.09.008)
- Gordon SN (2006). Decision support systems for forest biodiversity management: a review of tools and an analytical-deliberative framework for understanding their suc-

- successful application. PhD dissertation, Oregon State University, Corvallis, OR, USA, pp. 252.
- Lubello D (2008). A rule-based SDSS for integrated forest harvesting planning. PhD Thesis, Università degli Studi di Padova, Italy.
- Nocentini S (2009). Le solide fondamenta della selvicoltura sistemica. *Forest@ 6*: 337-346. - doi: [10.3832/efor0603-0006](https://doi.org/10.3832/efor0603-0006)
- Paletto A, Giacovelli G, Matteucci G, Maesano M, Pastorella F, Turco R, Scarascia Mugnozza G (2017). Strategie di valorizzazione della filiera foresta-legno in Calabria: il punto di vista dei portatori d'interessi. *Forest@ 14*: 34-48. - doi: [10.3832/efor2277-013](https://doi.org/10.3832/efor2277-013)
- Portoghesi L, Torresan C, De Meo I, Floris A, Scrinzi G (2014). Computer-based tools to support decisions in forest planning in Italy. In: "Computer-based tools for supporting forest management. The experience and the expertise world-wide" (Borges JG, Nordstrom EM, Garcia-Gonzalo J, Hujala T, Trasobares A eds). SLU, Sweden, pp. 227-250. [ISBN 978-91-576-9237-5]
- Sacchelli S, Zambelli P, Zatelli P, Ciolli M (2013). Biomassfor: an open-source holistic model for the assessment of sustainable forest bioenergy. *iForest - Biogeosciences and Forestry 6* (4): 285-293. - doi: [10.3832/ifor0897-006](https://doi.org/10.3832/ifor0897-006)
- Scrinzi G, Clementel F, Floris A, Gasparini P (2017). TaCAL: un sistema di tariffe del volume legnoso e delle fitomasse delle specie forestali della Calabria. *Forest@ - Rivista di Selvicoltura ed Ecologia Forestale 14* (1): 60-74. - doi: [10.3832/efor2278-013](https://doi.org/10.3832/efor2278-013)