



GO-SURF: decision support system for a participatory approach to forest management

GO-SURF: sistema di supporto alle decisioni per un approccio partecipativo alla gestione forestale

Francesca Giannetti ^{(a)(b)(*)} - Davide Travaglini ^{(a)(b)} - Walter Mattioli ^(c) - Piermaria Corona ^(d)
Emanuela Lombardo ^(c) - Yamuna Giambastiani ^{(b)(e)} - Ilaria Zorzi ^(e) - Giovanni D'Amico ^{(a)(c)}
Elia Vangi ^(a) - Marta Chiesi ^(f) - Fabio Maselli ^(f) - Remo Bertani ^(g) - Simone Scopetani ^(h)
Simone Carrara ⁽ⁱ⁾ - Gherardo Chirici ^{(a)(b)}

^(a) GeoLAB - Laboratorio di Geomatica Forestale, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali, Università degli Studi di Firenze, via San Bonaventura 13 - 50145 Firenze, Italia.

^(b) Laboratorio Congiunto ForTech, Università degli Studi di Firenze - 50145 Firenze, Italia.

^(c) CREA Centro di Ricerca Foreste e Legno, via Valle della Quistione, 27 - 00166 Roma, Italia.

^(d) CREA Centro di Ricerca Foreste e Legno, viale S. Margherita, 80 - 52100 Arezzo, Italia.

^(e) Bluebiloba Startup Innovativa s.r.l., via C. Salutati 78 - 50126 Firenze, Italia.

^(f) CNR IBE, via Madonna del Piano 10 - 50019 Sesto Fiorentino (FI), Italia.

^(g) R.D.M. Progetti S.r.l., Via Maragliano 31/a - 50144 Firenze, Italia.

^(h) D.R.E.A.M Italia, via Garibaldi, 3 - 52015 Pratovecchio Stia (AR), Italia.

⁽ⁱ⁾ Studio Demetra, via R. Morandi, 39 - Val di Cava, 56038 Ponsacco (PI), Italia.

^(*) Corresponding author; francesca.giannetti@unifi.it

Abstract: The European Forests, Biodiversity and Social Strategy, together with the Italian National Forest Strategy, recognize the critical importance of sustainable forest management in addressing new challenges. These challenges include the increased severity and frequency of extreme events such as windstorms, droughts, and insect infestations, as well as the diverse and sometimes conflicting social demands placed on sustainable forest management and forest systems. It is essential to engage both public and private forest owners and various stakeholders in the decision-making process. In this context, Forest Decision Support Systems (FDSS) are considered valuable tools for optimizing forest management and involving various stakeholders. These systems assist users in decision-making processes, considering environmental, economic, administrative, legal, and social aspects. In Europe, the European Agricultural Innovation Partnership has recognized the importance of FDSS and has funded Operational Groups (OGs) to develop innovative solutions. In the Tuscany region, within the framework of PEI-AGRI, the GO-SURF (Sustainable Forest Management Decision Support System) was funded. GO-SURF developed an FDSS based on spatial modeling to support sustainable forest management using a participatory approach. This work presents the WebGIS application "GO-SURF APP" which allows the extraction of various ecosystem services (growing stock volume, biomass, mean annual increment, and basal area) at spatial level. The participatory approach involves different forest management actors. Different FDSS users were identified, including their needs, and the development of the FDSS with common process's objectives. This has made data accessible through a custom-developed WEB-GIS system for the forest sector, accessible to a broad audience, that can contribute to increased knowledge of forest systems in Tuscany.

Key words: Sustainable Forest Management; Decision Support System; Participatory Approach; Operational Groups; Biomass, Growing Stock volume; Mean Annual Increment; Ecosystem Services.

Citation: Giannetti F., Travaglini D., Mattioli W., Corona P., Lombardo E., Giambastiani Y., Zorzi I., D'Amico G., Vangi E., Chiesi M., Maselli F., Bertani R., Scopetani S., Carrara S., Chirici G., 2023 - *GO-SURF: sistema di supporto alle decisioni per un approccio partecipativo alla gestione forestale*. *L'Italia Forestale e Montana*, 78 (4): 145-159; <https://dx.doi.org/10.36253/ifm-1110>

1. INTRODUZIONE

Le strategie Europee per le Foreste per la Biodiversità, per il suolo e la Strategia Forestale Nazionale (European Commission, 2013, 2020, 2021a, 2021b; Ministero delle politiche Agricole *et al.*, 2021), riconoscono alla gestione forestale sostenibile un ruolo chiave per affrontare le nuove sfide (Tiebel *et al.*, 2022) legate alla gestione delle molteplici utilità ecosistemiche fornite dalle foreste in un contesto di cambiamenti climatici (De Angelis *et al.*, 2007). Le nuove sfide della gestione forestale sostenibile riguardano soprattutto il crescente aumento della severità e della frequenza degli eventi estremi come le tempeste di vento (Chirici *et al.*, 2018; Giannetti *et al.*, 2021; Little *et al.*, 2023), i periodi di siccità (Bento *et al.*, 2023; Bussotti *et al.*, 2023; Pollastrini *et al.*, 2019; Puletti *et al.*, 2019) e le pullulazioni di insetti dannosi (Sommerfeld *et al.*, 2020; Battisti, 2023), oltre alla gestione dei conflitti legati alle differenti richieste provenienti dai vari portatori di interesse (Giannetti *et al.*, 2023; Winkel *et al.*, 2022). Nocentini *et al.* (2022) hanno evidenziato come la gestione delle foreste per la fornitura di molteplici servizi, talvolta contrastanti tra loro, sia una questione complessa e ancora irrisolta. Per la gestione dei conflitti tra i portatori di interesse, vari autori hanno sottolineato l'importanza di coinvolgere i proprietari forestali pubblici e privati nei processi decisionali (Tiebel *et al.*, 2022; Winkel *et al.*, 2022; Ministero delle politiche Agricole *et al.*, 2021). Questo risulta importante soprattutto in un contesto come quello italiano, dove le proprietà private rappresentano il 63,5%

dell'intera superficie forestale, con punte oltre l'80% in alcune regioni del centro Italia (Gasparini *et al.*, 2022), e dove la proprietà è molto frammentata, con una superficie media per singolo proprietario di circa 8,2 ettari (Giannetti *et al.*, 2023), ma che in molti contesti è ancora più contenuta (inferiore ad 1 ettaro) rispetto alla superficie media di 12,7 ettari a livello europeo (Giannetti *et al.*, 2022; Alberti *et al.*, 2016).

Tra le possibili innovazioni utili al settore, i Sistemi di Supporto alle Decisioni Forestali (SSDF), che si configurano come sistemi informatici complessi progettati per assistere gli utenti nei processi decisionali attraverso una serie di strumenti, dati e modelli di analisi, sono riconosciuti come uno strumento importante per l'implementazione della gestione forestale finalizzata alla fornitura di utilità ecosistemiche multiple (Corona *et al.*, 2017, 2022, 2023; Giannetti *et al.*, 2023; Barbarese *et al.*, 2022; Nobre *et al.*, 2016; Segura *et al.*, 2014; Matthews *et al.*, 2008). Ad esempio, Segura *et al.* (2014) hanno evidenziato come i SSDF rappresentano uno strumento utile per valorizzare gli aspetti ambientali, economici, amministrativi, legali e sociali legati alla gestione forestale sostenibile.

In Europa, nell'ambito del Partenariato Europeo per l'Innovazione nel settore dell'agricoltura, focalizzato sulla produttività e sostenibilità (PEI-AGRI), i SSD sono stati considerati importanti applicativi. In questo contesto, diversi Gruppi Operativi (GO) sono stati finanziati con l'intento di sviluppare SSD con un approccio multi-attore e con l'obiettivo di identificare soluzioni innovative per affron-

tare specifici problemi. La formazione di tali GO in Italia è stata finanziata attraverso i Programmi di Sviluppo Rurale (PSR) regionali, in particolare attraverso le sottomisure 16.1 e 16.2. In Toscana, che è la regione italiana con la maggiore superficie forestale e dove l'80% delle foreste è di proprietà privata (Gasparini *et al.*, 2022), nell'ambito dei PEI-AGRI è stato creato un gruppo operativo multi-attore denominato *GO-SURF - Sistema di Supporto decisionale alla pianificazione Forestale sostenibile* - con l'obiettivo di sviluppare un SSD basato su modellistica spaziale di supporto alla gestione forestale sostenibile.

L'obiettivo di questo lavoro è quello di presentare la nuova applicazione WebGIS online denominata "GO-SURF APP", funzionante su tutta la Regione Toscana. L'applicativo, ad accesso libero, costituisce il primo esempio di sistema per la pianificazione e la programmazione forestale a livello regionale utile a supportare lo sviluppo di forme di gestione forestale sostenibili orientate alla ottimizzazione della produzione di alcune utilità ecosistemiche. Rispetto ad altri SSDF sviluppati in Italia e in Europa, GO-SURF APP (<https://go-surf.app/it/#/it>) fornisce un quadro delle risorse forestali presenti in Toscana in termini di volume legnoso, biomassa, area basimetrica e incremento di volume legnoso, permette ad un singolo utente di ricavare informazioni utili sulla propria proprietà, come i vincoli presenti sul territorio.

2. MATERIALI E METODI

2.1 Area di Studio

La Toscana è una Regione dell'Italia centrale con una superficie di 22.992 km², il cui territorio è prevalentemente collinare (67%) e montuoso (25%), con limitate aree pianeggianti (circa l'8% del territorio). La superficie foresta-

le della Toscana ammonta complessivamente a 1.189.722 ettari classificati come bosco o altre terre boscate (Gasparini *et al.*, 2022), con un indice di boscosità del 51,7%. La formazione forestale prevalente è rappresentata dai querceti caducifogli (24 % cerro, 15% roverella), che corrispondono al 39% della superficie boscata, seguiti dai soprassuoli a prevalenza di castagno (15%). In ambiente montano la specie principale è il faggio, seguita dall'abete bianco e dal pino nero. Nelle aree più propriamente mediterranee predominano le leccete, che rappresentano per estensione la quarta specie della regione (Figura 1).

2.2 Approccio partecipativo per lo sviluppo del Sistema di Supporto alle Decisioni Forestali GO-SURF APP

Il GO-SURF è costituito da un partenariato multi-attore che ha permesso di costruire un percorso partecipativo per lo sviluppo del SSDF. In dettaglio, il partenariato strategico GO-SURF è composto da rappresentanti della filiera di gestione forestale a livello regionale e ha visto la partecipazione di tre Enti di Ricerca, un'Associazione Culturale, tre Aziende Forestali, tre studi impegnati nella pianificazione forestale a vari livelli ed un'azienda di comunicazione forestale.

Per lo sviluppo del SSDF sono state prese in esame le quattro componenti chiave identificate da Burstein e Holsapple (2008): il sistema di analisi dei problemi, il sistema di gestione della conoscenza, il sistema di presentazione dei risultati e il linguaggio di sviluppo. Le quattro componenti chiave sono state analizzate ricorsivamente al fine di guidare il processo di sviluppo, utilizzando per ognuna delle componenti chiave un approccio partecipativo.

In primo luogo, è stato analizzato *il sistema di analisi dei problemi* individuando gli utenti target del sistema GO-SURF ed i bisogni da soddisfare (Tabella 1). L'individuazione degli

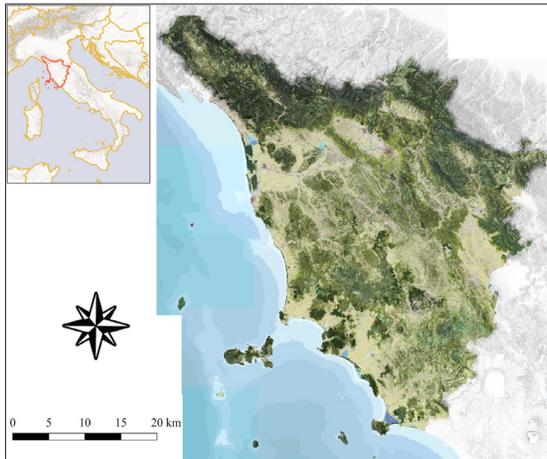


Figura 1 - Area di studio, Regione Toscana.

utenti target è stata effettuata coinvolgendo dieci persone all'interno del partenariato analizzando i risultati e l'architettura di sistemi SSDF simili sviluppati in altri contesti territoriali, come Biomassfor sviluppato in Trentino (Sacchelli *et al.* 2013), PoodyBLEP sviluppato in Liguria (Frombo *et al.*, 2009), CFOR sviluppato in Calabria (Puletti *et al.*, 2017) e TOOFES in una piccola area della Toscana (Sacchelli *et al.*, 2018).

L'analisi dei bisogni reali di ciascun utente target ha permesso di guidare *il sistema delle conoscenze*, che nel caso del GO-SURF è costituito dai dati ospitati nel SSDF e i tool di analisi utili ad interrogare i dati e generare informazioni. Questi due segmenti del sistema di conoscenze sono descritti in dettaglio nella sezione successiva.

In seguito, è stata condotta un'analisi dettagliata del *sistema di presentazione dei risultati*, che ha guidato l'implementazione tecnica del SSDF. In particolare, durante questa analisi è emerso che l'applicazione dovesse disporre di un'interfaccia di sistema (GUI) di tipo Web-GIS, progettata per semplificare l'uso di strumenti di analisi spaziale e che consentisse la generazione di report. Durante il confronto partecipativo, è emersa chiaramente l'esigenza

di sviluppare un'interfaccia web facile da utilizzare, anche per un pubblico non esperto, e che consentisse la geolocalizzazione al momento dell'uso.

I professionisti esperti nell'uso di sistemi GIS hanno sottolineato che, dal punto di vista della progettazione grafica, sarebbe stato vantaggioso utilizzare icone per l'analisi spaziale simili a quelle presenti nei software GIS desktop.

Nella fase di presentazione dei risultati è inoltre emersa l'importanza di poter interrogare il sistema e generare report sulla base dei confini delle particelle catastali e dei rispettivi numeri di particella. Tuttavia, questa implementazione non è stata possibile poiché soltanto gli enti pubblici e l'Agenzia delle Entrate hanno accesso ai dati grezzi del catasto.

Infine, tenuto conto delle prime tre componenti chiave del SSD, i tecnici incaricati dello sviluppo della piattaforma hanno scelto *il linguaggio di sviluppo del sistema* che si appoggia principalmente sul linguaggio di programmazione *Python*. Inoltre, è stato sviluppato un geodatabase post-GIS in grado di archiviare i dati di tipo geografico sviluppati appositamente per il sistema GO-SURF APP.

2.3 Dati geografici implementati nel sistema SSDF

L'analisi del *sistema delle conoscenze* ha permesso di individuare i dati da implementare nel Web-GIS SSDF GO-SURF APP al fine di supportare gli utenti nelle decisioni. I dati individuati con l'approccio partecipativo sono tutti di tipo geografico e si dividono in due categorie:

- dati pre-esistenti a livello regionale e/o nazionale, ma attualmente visualizzabili su diverse piattaforme;
- dati sviluppati *ad hoc* dal progetto GO-SURF per la valutazione delle utilità ecosistemiche.

Tabella 1 - Utenti target dell'SSDF GO-SURF APP e bisogni.

Utente Target	Bisogni
Proprietari Forestali privati	Conoscere la risorsa forestale presente nella loro proprietà Conoscere i vincoli insistenti sulla propria proprietà
Aziende Forestali	Conoscere la risorsa forestale presente nella loro proprietà Conoscere i vincoli insistenti Possibilità di supporto all'aggiornamento dei piani di gestione forestale Supporto alla redazione di documentazione per processi autorizzativi
Liberi Professionisti	Possibilità di aggiornare i piani di gestione forestale Supporto alla progettazione degli interventi forestali Supporto alla redazione dei Piani d'Indirizzo Forestale Supporto alla redazione di progetti di filiera Supporto alla redazione di documentazione per processi autorizzativi
Enti pubblici impegnati nella gestione forestale	Supporto al controllo del territorio e dei processi autorizzativi
Associazioni Non Governative	Conoscere le risorse forestali
Cittadini	Conoscere le risorse forestali

2.3.1 Dati geografici pre-esistenti

I dati pre-esistenti visualizzabili come WMS sull'applicativo WEB-GIS sono stati identificati nei seguenti due geoportali: GEOSCOPIO - Portale Cartografico della Regione Toscana (<https://www.regione.toscana.it/-/geoscopio>) e Geoportale nazionale (<http://www.pcn.miamambiente.it/mattm/>). Tra i dati sono stati individuati gli strati informativi (layer) ritenuti di maggiore importanza per supportare la gestione forestale e necessari a soddisfare i bisogni degli utenti target (Tabella 2).

2.3.2 Dati geografici sviluppati per GO-SURF

Gli strati geografici specificatamente realizzati per il SSDF riguardano la quantificazione di alcune utilità ecosistemiche necessarie per supportare le scelte di gestione forestale. Per realizzare tali strati informativi è stato primariamente fatta una ricognizione sui dati disponibili a livello regionale, sia dei dati rilevati a terra, che dei dati telerilevati, al fine di poter applicare un approccio modellistico. I dati a

terra utili a questo scopo sono risultati essere i dati dell'Inventario Forestale Nazionale e dei serbatoi forestali di Carbonio (INFC) (Gasparini *et al.*, 2022; INFC, 2007). I dati INFC utilizzati sono quelli rilevati in campo durante la terza fase dell'inventario del 2005 (INFC, 2007). I dati a terra sono stati integrati con dati telerilevati da satellite (*Landsat*, MODIS), dati climatici (temperatura minima, massima e media, precipitazioni), dati orografici (Modelli Digitali del Terreno) e dati estratti dalle cartografie forestali (tipologie forestali derivate da *Corine Land Cover* IV livello) al fine di generare su tutta la Toscana, con un approccio modellistico, una mappa raster per ciascuno delle seguenti utilità ecosistemiche:

- mappa raster della provvigione legnosa regionale ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), risoluzione spaziale 23 m;
- mappa raster dell'incremento medio di provvigione legnosa ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{anno}^{-1}$), risoluzione spaziale 250 m;
- mappa raster della biomassa (t ha^{-1}), risoluzione spaziale 23 m;

- mappa raster dell'area basimetrica ($m^2 ha^{-1}$), risoluzione spaziale 23 m;

Per dettagli sulla metodologia di realizzazione delle varie mappe si rimanda alle seguenti pubblicazioni: provvigione legnosa; biomassa (Giannetti *et al.*, 2022; Vangi *et al.*, 2021, 2023), incremento medio di volume legnoso (Chirici *et al.*, 2022; Giannetti *et al.*, 2022). La mappa dell'area basimetrica è stata realizzata con lo stesso approccio impiegato per la provvigione legnosa; in particolare, è stato implementato un modello *Random Forest* utilizzando come variabile dipendente i dati di area basimetrica rilevati nell'ambito dell'INFC (INFC, 2007) e come variabili predittive le stesse utilizzate per la provvigione legnosa, vale a dire le bande delle immagini *Landsat*, i dati climatici spazializzati di temperatura minima, media e massima, i dati di precipitazione, i dati orografici relativi al DTM. Per maggiori dettagli si rimanda a Chirici *et al.* (2020).

2.4 Architettura del sistema SSDF GOSURF APP

L'architettura del sistema si basa su due componenti principali:

- un geodatabase munito di interfaccia per l'aggiornamento sia automatico che manuale dei dati geografici che ne permetta l'archiviazione e la visualizzazione.
- la piattaforma Web-GIS, sviluppata con interfaccia grafica, che ospita i tool di analisi spaziale (Figura 2).

Il geodatabase sviluppato per l'architettura del sistema SSDF si basa sul database PostGIS, un database geospaziale basato su PostgreSQL, che consente di costruire un sistema di gestione di database relazionali. Il database PostGIS estende PostgreSQL, consente di gestire i dati geospaziali e permette la memorizzazione, l'interrogazione (*query*) e l'analisi di dati geografici complessi, supportando sia l'utilizzo di dati geografici di tipo vettoriale - *Point* (punto), *Line-*

String (linea), *Polygon* (poligono), *MultiPoint* (multi-punto), *MultiLineString* (multi-linea), *MultiPolygon* (multi-poligono) e *GeometryCollection* (collezione di geometrie) - che dati di tipo raster. Utilizzando per l'archiviazione dei dati un database di tipo PostGIS che offre un ampio insieme di funzioni per l'analisi geospaziale, è stato possibile implementare i tool per l'acquisizione delle informazioni. Queste funzioni, attraverso l'interfaccia grafica del sistema SSDF, consentono di generare query spaziali migliorando le prestazioni del sistema. Inoltre, PostGIS consente di garantire gli standard aperti *Simple Features for SQL* (SFSQL) ed è conforme alle specifiche dell'*Open Geospatial Consortium* (OGC).

La piattaforma Web-GIS sviluppata si basa sull'infrastruttura g3WSUITE (<https://g3wsuite.it/>), che consente di creare gestionali cartografici, di utilizzare tool di analisi spaziale e di gestire gli accessi. Grazie alla possibilità di importare un progetto QGIS, l'infrastruttura consente anche ad utenti non esperti in programmazione di aggiornare i dati in tempi rapidi e di visualizzarli. La g3WSUITE consente di interagire con i dati mediante tutte le funzioni base dei sistemi GIS. Infatti, al suo interno sono già presenti i tool di disegno di geometrie vettoriali (punti, linee e poligoni) e di analisi spaziale come le funzioni vettore/raster di intersezione, statistiche zonali e la funzione di geolocalizzazione dell'utente che sta utilizzando la piattaforma. Inoltre, sono implementate la funzione di aggiunta di ulteriori layer da parte dell'utente e la possibilità di interrogazione attraverso gli strumenti di misura. In Figura 2 è possibile osservare le varie funzionalità presenti nel sistema.

Nel dettaglio, l'interfaccia grafica è organizzata in tre sezioni: i) la sezione colonna Ricerca, *Geoprocessing*, e Strati si trova sulla sinistra, ii) il *frame* per la visualizzazione delle mappe nella parte centrale, e iii) tool di analisi semplice geospaziali (Figura 2).

Tabella 2 - Dati geografici pre-esistenti.

BISOGNI	DATI GEOGRAFICI PRE-ESISTENTI
Conoscere le risorse forestali	<p><i>Ortofoto RGB e NIR:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Layer Ortofoto AGEA RGB (colori reali) e NIR (falso colore) anno 2016, 20 cm • Layer Ortofoto AGEA RGB e NIR anno 2019, 20 cm • Tipologie Forestali (limitatamente ad alcune aree) secondo la classificazione della Regione Toscana, Tipologie Forestali Europee
	<p><i>Cartografie parchi e zone a protezione speciale:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Layer confini Siti natura 2000 e zone di conservazione • Layer confini Parchi Regionali • Layer confini Parchi Provinciali • Layer confini Parchi Nazionali <p><i>Cartografie degli ambiti di paesaggio e zone soggette a vincoli naturali speciali:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Layer Zone soggette a vincoli naturali o ad altri vincoli specifici ai sensi degli artt. 31 e 32 del Reg. UE 1305/2013 - valido fino al 01/11/2020 - • Layer Zone soggette a vincoli naturali o ad altri vincoli specifici ai sensi degli artt. 31 e 32 del Reg. UE 1305/2013 - valido dal 02/11/2020 - R.D. n.3267/1923 • R.D. n 3267/1923 • Immobili ed aree di notevole interesse pubblico - DCP n. 46 del 23/07/2019 <p><i>Cartografia del bosco:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Layer Aree boscate 2016
Conoscere i vincoli	
Supporto alla redazione di documentazione per processi autorizzativi	<p><i>Cartografia di base:</i> Carta tecnica regionale 1:10000</p> <p><i>Cartografia catastale:</i> Fogli catastali - Particelle catastali</p>

Nella sezione Layer vengono visualizzati i dati geografici che sono organizzati nelle seguenti sezioni:

- *Carta tecnica regionale* (CTR 1:10.000);
- *Utilità ecosistemiche* (Volume, Incremento, Biomassa, Area Basimetrica);
- *Catasto* (Fogli di mappa catastale, Particelle Catastali);
- *Vincoli* (Siti natura 2000 - Zone Speciali di

Conservazione (ZSC) - SIC e pSCI; Parchi Regionali, Parchi provinciali, Parchi Nazionali, Ambiti di Paesaggio, Zone soggette a vincoli naturali o ad altri vincoli specifici ai sensi degli artt. 31 e 32 del Reg. UE 1305/2013 - valido fino al 01/11/2020; Zone soggette a vincoli naturali o ad altri vincoli specifici ai sensi degli artt. 31 e 32 del Reg. UE 1305/2013 - valido dal 02/11/2020 -

- R.D. n. 3267/1923; Aree boscate 2016; Immobili ed aree di notevole interesse pubblico - DCP n. 46 del 23/07/2019);
- *Cartografia di base* (Ortofoto 2019 NIR; Ortofoto 2019 RGB; Ortofoto 2016 NIR; Ortofoto 2016 RGB).

2.5 Modello di geoprocessing implementato per l'analisi delle utilità ecosistemiche

Il modello di *geoprocessing* è stato sviluppato per estrarre in un'area selezionata dall'utente le statistiche relative alle mappe delle utilità ecosistemiche implementate nel SSDF (Figura 3). Si è deciso di lasciare libertà all'utente di disegnare l'area di interesse, in quanto non è stato possibile implementare la ricerca e l'estrazione delle informazioni su base catastale. Il modello di *geoprocessing* GO-SURF per l'analisi delle utilità ecosistemiche utilizza un approccio ricorsivo che permette all'utente di caricare nel SSDF un proprio file geografico poligonale dell'area o aree di interesse in diversi formati - ESRI Shapefile (.shp), Keyhole Markup Language (.kml), GeoPackage (.gpkg) - o di disegnare un poligono (Figura 4) ed estrarre per la superficie di interesse le informazioni di provvigione legnosa, biomassa, area basimetrica ed incremento.

Il modello di *geoprocessing* restituisce, sulla base dell'area del poligono, le statistiche zonali del valore medio, minimo, massimo e la deviazione standard di ognuna delle mappe delle utilità ecosistemiche e restituisce due tipi di dati:

- un file geografico di tipo poligonale nel formato preferito (.shp, .kml, .gpkg) dove all'interno del database associato sono riportati i dati derivanti dalle statistiche zonali (Figura 5);
- un report in formato PDF con la tabella dei valori estratti dalle statistiche zonali e 4 mappe, una per ciascun servizio ecosistemico (Figura 6).

2.6 Impiego da parte dell'utente

Dal punto di vista dell'utente, l'interrogazione del SSDF inizia con l'accesso all'interno della piattaforma che porta nell'area di interfaccia grafica. L'utente, nell'area mappa, può selezionare il nome della località utilizzando il database di *Open Street Map*, e questo consente di creare uno zoom nell'area di interesse. L'utente interessato alla sola visualizzazione dei dati può attivare sulla colonna layer i vari strati informativi di interesse. Se è interessato a generare dei report, l'utente può disegnare un poligono nell'interfaccia di visualizzazione una volta entrato nell'area di *geoprocessing* e, sulla base del poligono disegnato, il sistema effettua l'analisi restituendo nel report PDF il valore medio, minimo e massimo delle mappe delle utilità ecosistemiche e la panoramica dei vari layer.

3. RISULTATI E DISCUSSIONE

Il Sistema SSDF descritto in questo articolo, mira ad aiutare i gestori forestali fornendo libero accesso ad informazioni generate con approcci analitici complessi, ma che vengono rese disponibili sul SSDF in maniera semplice e di facile lettura anche per utenti non esperti. Infatti, come evidenziato da altre ricerche, in passato sono stati sviluppati numerosi SSDF che hanno esaminato una varietà di problemi. Tuttavia, nonostante la disponibilità di tecnologie avanzate, il loro utilizzo ha spesso deluso le aspettative degli utenti finali (Van Meensel *et al.*, 2012; Portoghesi *et al.*, 2014). Secondo Van Meensel *et al.* (2012), che hanno esaminato i SSD sviluppati in campo agricolo, le cause principali della loro limitata applicazione sono l'eccessiva complessità e l'uso di un linguaggio e di una logica sconosciuti agli agricoltori, l'aggiornamento non frequente, l'ingente immissione di dati richiesta, l'irrilevanza, l'inaffidabilità e/o l'inflessibilità, oltre all'accessibilità limitata per gli utenti. Questi fattori evidenzia-



Figura 2 - Interfaccia grafica della piattaforma Web-GIS, e dettaglio dei tool dal basso verso l'alto: 1. Possibilità di cattura dello schermo sull'area in visualizzazione esportando un'immagine georiferita che può essere importata su altri sistemi GIS, 2. Possibilità di cattura dello schermo senza informazione geografica utile per implementare le immagini nelle relazioni, 3. Disegno e misura di poligoni e determinazione di area e perimetro, 4. Possibilità di effettuare misure lineari; 5. Aggiunta di ulteriori layer da parte dell'utente, 6. Geolocalizzazione, 7. Strumento per interrogare layer e ricevere informazioni, 8. Zoom in, disegnando un poligono, 9. Zoom out, 10. Zoom in, 11. Riporta la visualizzazione sull'intera Regione Toscana.

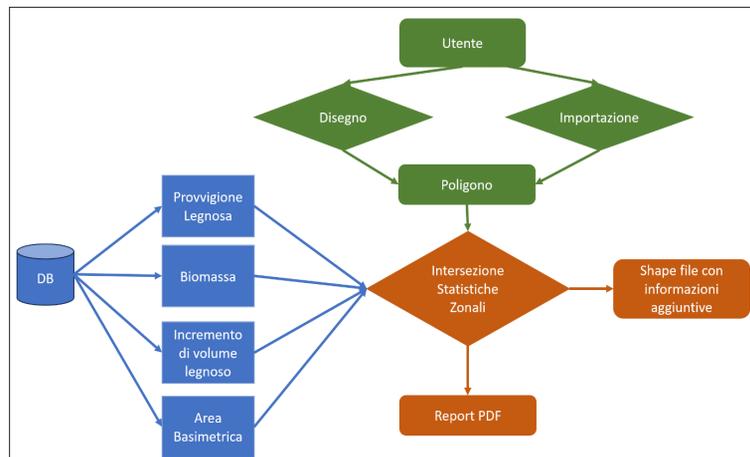


Figura 3 - Modello del geoprocessing implementato.

no come la distanza tra il mondo della ricerca e la pratica è spesso vista come una delle ragioni per cui i SSD non vengono concretamente implementati. In questo contesto, l'approccio partecipativo istituito nell'ambito del GO-SURF ha permesso un confronto aperto tra tutti gli attori impegnati nella gestione fore-

stale e la realizzazione di un sistema basato sui reali bisogni degli utenti individuati. Va sottolineato infatti, che da parte del settore scientifico del partenariato sarebbe stato possibile sviluppare anche un sistema più complesso, che però rischiava di non essere realmente adottato dagli utenti target perché troppo complicato

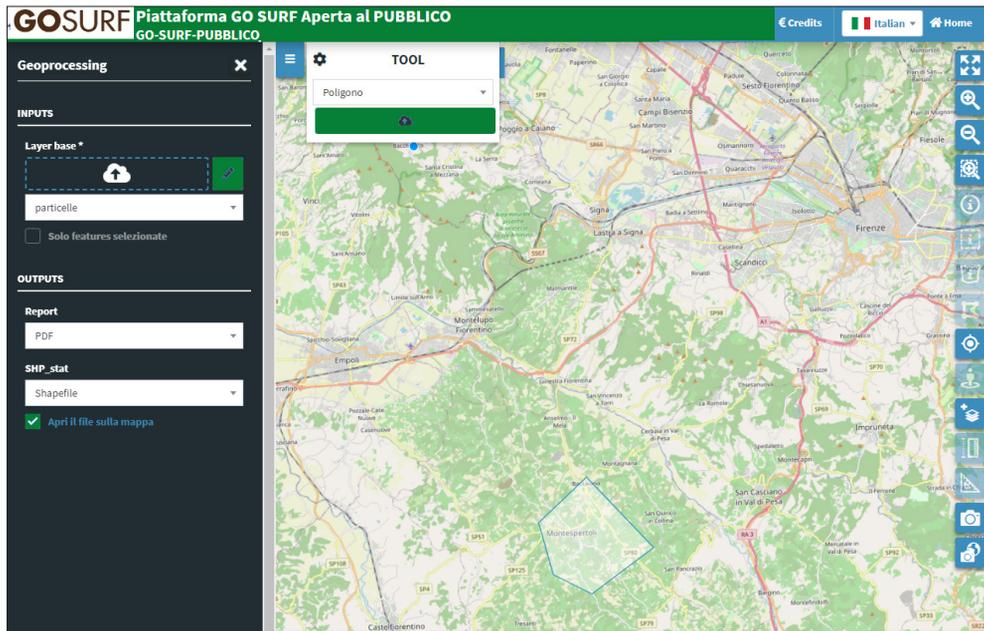


Figura 4 - Dettaglio del modulo di *geoprocessing*: sulla sinistra in alto è possibile caricare o disegnare il poligono, mentre sotto è possibile selezionare gli output che devono essere generati.

e poco attinente ai loro reali bisogni. Infatti, come evidenziato da Portoghesi *et al.* (2014), gli strumenti informatici che devono supportare le attività selvicolturali in bosco devono essere semplici e customizzati, altrimenti rischiano di rimanere approcci e metodologie sviluppate nel campo della ricerca che non hanno una reale applicabilità e utilità per gli utenti finali.

Nel caso del progetto GO-SURF, la partecipazione dei diversi attori della gestione forestale ha migliorato i risultati nello sviluppo dell'applicativo, poiché le attività di ricerca e i risultati sono ben allineati alle aspettative dei partecipanti. Tuttavia, un approccio partecipativo ha anche alcuni svantaggi: sono necessari tempo e risorse (Carberry *et al.*, 2002), è necessario identificare gli stakeholder appropriati (Mathews *et al.*, 2008) e gli stakeholder devono concordare sugli obiettivi del processo (Reed, 2008). Nel caso di GO-SURF, l'opportunità di aver potuto istituire un Gruppo Operativo nell'ambito dell'iniziativa PEI-AGRI ha con-

sentito, fin dalla nascita del gruppo operativo con la misura 16.1 del PSR, di individuare ed identificare i diversi stakeholder e di creare una concordanza tra gli obiettivi di processo che, attraverso la misura 16.2 del PSR, si sono concretizzati nello sviluppo dell'applicativo.

Come evidenziato da Ganapati (2010), l'utilizzo di sistemi GIS che permettono di consultare i dati e le informazioni su determinati aspetti, possono concorrere ad aumentare il coinvolgimento dei cittadini. Nel caso di GO-SURF APP, la messa in rete ad accesso libero dei dati relativi alle variabili di gestione forestale sostenibile, può concorrere ad aumentare la conoscenza relativa ai sistemi forestali della regione Toscana e a ridurre i conflitti sociali legati alla gestione forestale (Fernández-manjarés *et al.*, 2021; Winkel *et al.*, 2022).

Parte delle informazioni geografiche implementate nella piattaforma (dati pre-esistenti) erano già consultabili sul geoportale della regione Toscana e/o sul geoportale nazionale. Tuttavia, gli utenti per poter interagire con i

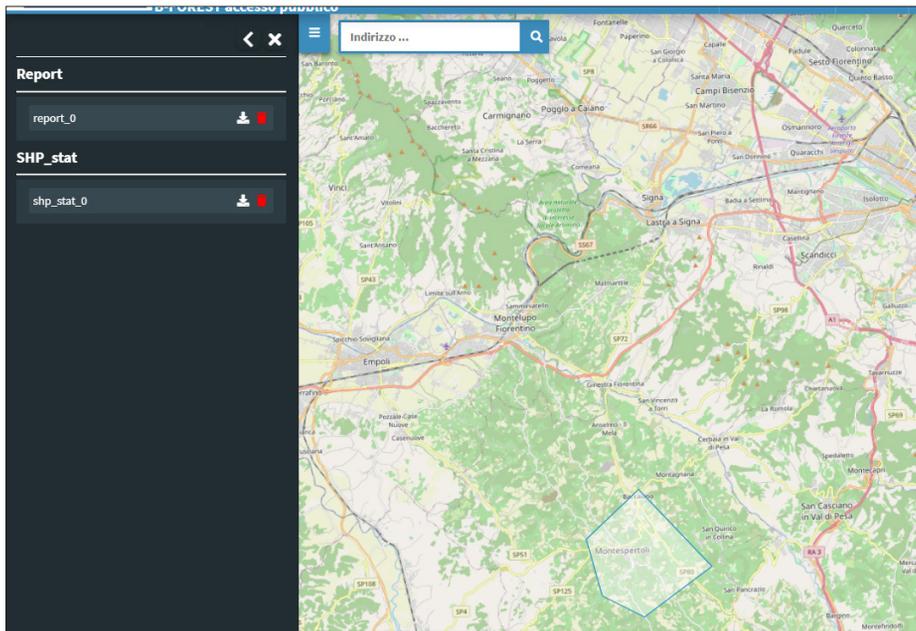


Figura 5 - Interfaccia di estrazione dei risultati Report e Shape file.

geoportali necessitano di competenze in materia di sistemi GIS. Dalle prime analisi effettuate tra le aziende agricole all'interno del partenariato, è emerso che il sistema consente un risparmio di tempo del 70% nel reperimento delle informazioni di interesse. Gli utenti hanno infatti evidenziato che i geoportali pre-esistenti non consentono una facile navigazione all'interno delle loro banche dati che sono pluristratificate e non disegnate specificatamente per il settore forestale. Gli utenti hanno evidenziato come all'interno dei geo-portali pre-esistenti spesso risulta difficile individuare i dati geografici di interesse, con un dispendio di tempo e di risorse molto alto. L'applicativo GO-SURF APP, invece, consente di visualizzare soltanto i dati di interesse per il settore della gestione forestale sostenibile, organizzati in sezioni che sono state individuate con l'approccio partecipativo. Queste sezioni ricalcano quanto più possibile il sistema mentale che solitamente gli utenti seguono nel loro processo di ricerca delle informazioni. Gli utenti del partenariato impegnati nel testing hanno riportato

che tutto questo semplifica molto il processo di estrazione dell'informazione necessaria.

Le variabili forestali delle mappe sviluppate per il SSDF sono state scelte perché supportano la gestione orientata verso differenti aspetti. Per esempio, l'area basimetrica, che è una classica variabile di interesse inventariale, è ampiamente utilizzata anche per valutare la conservazione della biodiversità (Giannetti *et al.*, 2020; McElhinny *et al.*, 2005; Oettel e Lapin, 2021). La quantificazione della biomassa, invece, è la variabile più importante per misurare la quantità di CO₂ immagazzinata negli ecosistemi forestali e fondamentale per valutare il potenziale di sequestro del carbonio (Forzieri *et al.*, 2020; Martes and Köhl, 2022; Peñuelas and Sardans, 2021; Ruiz-Peinado *et al.*, 2017). La mappa dell'incremento di volume legnoso, che fornisce una stima esplicita spaziale dell'incremento annuo medio (m³ha⁻¹anno⁻¹), è utile per l'aggiornamento annuale della mappa della provvigione legnosa e, di conseguenza, della mappa della biomassa (Giannetti *et al.*, 2022). Attualmente le mappe con anno nominale

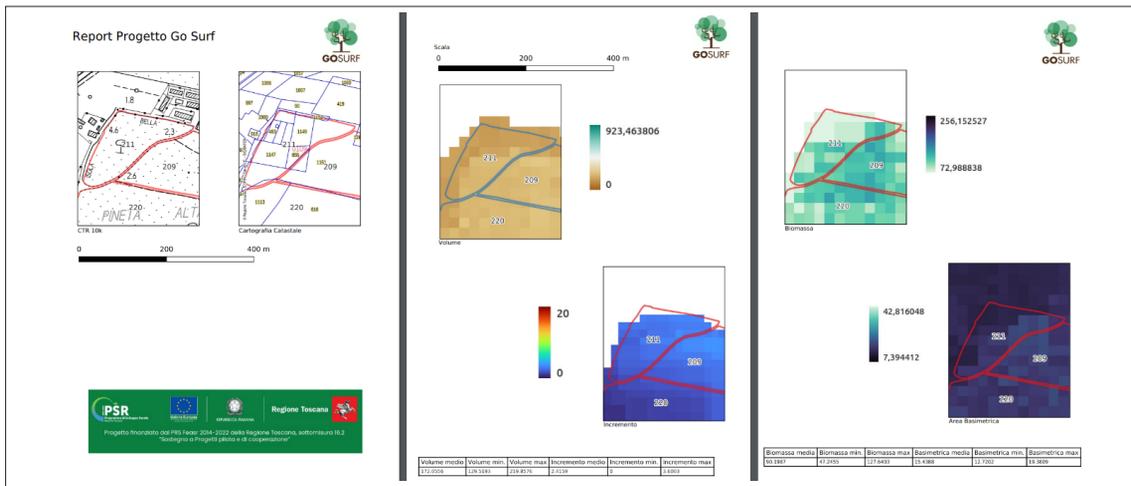


Figura 6 - Report in PDF generato dal sistema.

2005 implementate nell'SSDF sono in fase di aggiornamento, grazie alla possibilità di poter utilizzare i dati dell'Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi di Carbonio del 2015 (Gasparini *et al.*, 2022). Appena le nuove mappe saranno pronte verranno implementate nel sistema on-line.

RIASSUNTO

Le Strategie Europee per le Foreste per la Biodiversità e per il Suolo, insieme alla Strategia Forestale Nazionale, riconoscono l'importanza cruciale della gestione forestale sostenibile nell'affrontare nuove sfide. Queste sfide comprendono l'aumento della gravità e della frequenza di eventi estremi, come tempeste di vento, siccità e pullulazioni di insetti, oltre alle diverse richieste sociali, a volte contrastanti tra loro, che i portatori di interesse hanno nei confronti della gestione forestale sostenibile e dei sistemi forestali. È quindi necessario coinvolgere i proprietari forestali pubblici e privati, ma anche i vari portatori di interesse nel processo decisionale. I Sistemi di Supporto alle Decisioni Forestali (SSDF) sono strumenti utili per ottimizzare la gestione forestale e coinvolgere i vari attori, in quanto assistono gli utenti nei processi decisionali, tenendo conto di aspetti ambientali, economici, amministrativi, legali e sociali. In Europa, il Partenariato Europeo per l'Innovazione nel settore agricolo ha riconosciuto l'importanza dei SSDF e ha finanziato Gruppi Operativi (GO) per sviluppare soluzioni innovative. In regione Toscana, nell'ambito dei PEI-AGRI è stato finanziato il GO-SURF (Sistema

di Supporto Decisionale alla Pianificazione Forestale Sostenibile) che ha sviluppato un SSDF basato su modellistica spaziale per supportare la gestione forestale sostenibile utilizzando un approccio partecipativo. In questo lavoro, viene presentata l'applicazione WebGIS "GO-SURF APP," che permette di estrarre su base spaziale informazioni relative alle diverse utilità ecosistemiche (provvigione legnosa, biomassa, incremento medio annuo e area basimetrica) e il processo partecipativo che ha guidato lo sviluppo e l'implementazione dell'SSDF. L'approccio partecipativo che ha coinvolto i diversi attori della gestione forestale ha consentito di identificare gli utenti dell'SSDF, i loro bisogni e di concordare sugli obiettivi del processo. Questo ha consentito di rendere accessibili i dati attraverso un sistema WEB-GIS sviluppato *ad hoc* per il mondo forestale e fruibile ad un ampio pubblico, contribuendo ad aumentare la conoscenza dei sistemi forestali in Toscana.

BIBLIOGRAFIA

- Alberti G., Brunetti M., Danelon M., De Simon G., Florean M., Francescato N., Muzzolini V. *et al.*, 2016 - *Linee guida per la gestione selvicolturale di boschi misti di acero e frassino di origine secondaria: aspetti economici, selvicolturali e tecnologici*. Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia.
- Barbarese F., Alivernini A., Bascietto M., Oreti L., Carbone F., 2022 - *The Digitalization Framework of the National Forest System at 2020*. Environmental Sciences Proceedings, 22 (1): 36. <https://doi.org/10.3390/iescf2022-13111>
- Battisti A., 2023 - *Clima e abete rosso: una difficile con-*

- vinzenza. *L'Italia Forestale e Montana*, 78 (2): 69-76. <https://dx.doi.org/10.36253/ifm-1104>
- Bento V.A., Russo A., Vieira I., Gouveira C.M., 2023 - *Identification of forest vulnerability to droughts in the Iberian Peninsula*. *Theor Appl Climatol*, 152: 559-579. <https://doi.org/10.1007/s00704-023-04427-y>
- Burstein F., Holsapple C., 2008 - *DSS architecture and types*. *Handbook on Decision Support Systems 1*. Springer Berlin Heidelberg, Germany, p. 163-189.
- Bussotti F., Bettini D., Carrari E., Selvi F., Pollastrini M., 2023 - *Cambiamenti climatici in atto: osservazioni sugli impatti degli eventi siccitosi sulle foreste toscane*. *Forest@*, 20: 1-9. <https://doi.org/10.3832/efor4224-019>
- Carberry P.S., Hochman Z., McCown R.L., Dalgliesh N.P., Foale M.A., Poulton P.L., Hargreaves J.N.G. *et al.*, 2002 - *The FARMSCAPE approach to decision support: Farmers', advisers', researchers' monitoring, simulation, communication and performance evaluation*, *Agricultural Systems*. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(02\)00025-2](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(02)00025-2)
- Chirici G., Chiesi M., Fibbi L., Giannetti F., Corona P., Maselli F., 2022 - *High spatial resolution modeling of net forest carbon fluxes based on ground and remote sensing data*. *Agricultural and Forest Meteorology*, 316, 108866. ISSN 0168-1923. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2022.108866>
- Chirici G., Giannetti F., McRoberts R.E., Travaglini D., Pecchi M., Maselli F., Chiesi M. *et al.*, 2020 - *Wall-to-wall spatial prediction of growing stock volume based on Italian National Forest Inventory plots and remotely sensed data*. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 84, 101959, ISSN 1569-8432. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.101959>
- Corona P., Costa C., Barbetti R., Bergante S., Cesaretti L., Chiarabaglio P.M., Chirici G., *et al.*, 2023 - *Digital Forests: innovations and opportunities*. *Forest@ - Rivista Di Selvicoltura Ed Ecologia Forestale*, 20 (2): 52-60. <https://doi.org/10.3832/efor4353-020>
- Corona P., Cucca B., Alivernini A., 2022 - *Un percorso sfidante per la pianificazione forestale in Italia*. *Forest@* 19: 95-97. <https://doi.org/10.3832/efor4175-019>
- Corona P., Chianucci F., Quatrini V., Civitarese V., Clementel F., Costa C., Floris A. *et al.*, 2017 - *Precision forestry: concepts, tools and perspectives in Italy*. *Forest@ - Rivista Di Selvicoltura Ed Ecologia Forestale*, 14 (1): 1-12. <https://doi.org/10.3832/efor2285-014>
- De Angelis P., Valentini R., Scarascia Mugnozza G., 2007 - *Foreste e cambiamenti climatici: 10 anni di ricerche italiane*. *Forest@* 4: 450-450. - doi: 10.3832/efor0500-0040450
- European Commission, 2021a - *EU Soil Strategy for 2030 Reaping the benefits of healthy soils for people, food, nature and climate*. In European Commission, Brussels, SWD (2021) 323 final, pp. 27. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0699>
- European Commission, 2021b - *New EU Forest Strategy for 2030*. European Commission, Brussels, SWD (2021) 651-652 final, p. 5-24. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:0d918e07-e610-11eb-a1a5-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF
- European Commission, 2020 - *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, EU Biodiversity Strategy for 2030*. European Commission, Brussels, COM (2020) 380 final, p. 22. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:a3c806a6-9ab3-11ea-9d2d-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF
- European Commission, 2013 - *A new EU Forest Strategy: for forests and the forest-based sector. Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions*, Bruxelles, SWD (2013) 342-343 final, p. 17. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Fernández-manjarrés J.F., Machunter J., Zavala M.A., 2021 - *Forest management, conflict and social-ecological systems in a changing world*. *Forests*, 12: 4-9. <https://doi.org/10.3390/f12111459>
- 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.
- Forzieri G., Pecchi M., Girardello M., Mauri A., Klaus M., Nikolov C., Rüetschi M. *et al.*, 2020 - *A spatially explicit database of wind disturbances in European forests over the period 2000-2018*. *Earth Syst. Sci. Data* 12. <https://doi.org/10.5194/essd-12-257-2020>
- Gasparini P., Di Cosimo L., Floris A., De Laurentis D., 2022 - *Italian National Forest Inventory - Methods and Results of the Third Survey - Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di*

- Carbonio - Metodi e Risultati della Terza Indagine*. Springer Tracts in Civil Engineering, 576 p., ISBN 978-3-030-98677-3; ISBN 978-3-030-98678-0 (eBook). <https://doi.org/10.1007/978-3-030-98678-0>
- Ganapati S., 2010 - *Using geographic information Systems to increase Citizen Engagement*. Public Adm., p. 89-93.
- Giannetti F., Laschi A., Zorzi I., Foderi C., Cenni E., Guadagnino C., Pinzani G. et al., 2023 - *Forest Sharing as an Innovative Facility for Sustainable Forest Management of Fragmented Forest Properties: First Results of Its Implementation*. Land, 12 (3): 521. <https://doi.org/10.3390/land12030521>
- Giannetti F., Chirici G., Vangi E., Corona P., Maselli F., Chiesi M., Amico G.D., Puletti N., 2022 - *Wall-to-Wall Mapping of Forest Biomass and Wood Volume Increment in Italy*. Forests, 13 (12): 1989. <https://doi.org/10.3390/f13121989>
- Giannetti F., Puliti S., Puletti N., Travaglini D., Chirici G., 2020 - *Modelling Forest structural indices in mixed temperate forests: comparison of UAV photogrammetric DTM-independent variables and ALS variables*. Ecological Indicators, 117: 106513, ISSN 1470-160X. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106513>
- INFC, 2007 - *Le stime di superficie 2005 - Prima parte*. In: Tabacchi G. et al. (a cura di), Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio (V ed.). MiPAF - Corpo Forestale dello Stato - Ispettorato Generale, CRA-ISAF, Trento, Italy. <http://www.infc.it>
- Little A.S., Priestley M.D.K., Catto J.L., 2023 - *Future increased risk from extratropical windstorms in northern Europe*. Nat. Commun., 14: 4434. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-40102-6>
- Martes L., Köhl M., 2022 - *Improving the Contribution of Forests to Carbon Neutrality under Different Policies - A Case Study from the Hamburg Metropolitan Area*. Sustain. 14. <https://doi.org/10.3390/su14042088>
- Matthews K.B., Schwarz G., Buchan K., Rivington M., Miller D., 2008 - *Wither agricultural DSS?* Comput. Electron. Agric., 61: 149-159. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2007.11.001>
- McElhinny C., Gibbons P., Brack C., Bauhus J., 2005 - *Forest and woodland stand structural complexity: Its definition and measurement*. For. Ecol. Manage., 218: 1-24. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.08.034>
- Ministero delle Politiche Agricole, Ministero della Cultura, Ministero della Transizione Ecologica e Ministero dello Sviluppo Economico, 2021 - *Strategia Forestale Nazionale*, p. 1-8.
- Nobre S., Eriksson L.O., Trubins R., 2016 - *The use of decision support systems in forest management: Analysis of FORSYS country reports*. Forests, 7 (3). <https://doi.org/10.3390/f7030072>
- Nocentini S., Travaglini D., Muys B., 2022 - *Managing Mediterranean Forests for Multiple Ecosystem Services: Research Progress and Knowledge Gaps*. Current Forestry Reports, 8: 229-256. <https://doi.org/10.1007/s40725-022-00167-w>
- Oettel J., Lapin K., 2021 - *Linking forest management and biodiversity indicators to strengthen sustainable forest management in Europe*. Ecol. Indic., 122, 107275. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107275>
- Peñuelas J., Sardans J., 2021 - *Global change and forest disturbances in the mediterranean basin: Breakthroughs, knowledge gaps, and recommendations*. Forests, 12: 1-27. <https://doi.org/10.3390/f12050603>
- Pollastrini M., Puletti N., Selvi F., Iacopetti G., Bussotti F., 2019 - *Widespread Crown Defoliation After a Drought and Heat Wave in the Forests of Tuscany (Central Italy) and Their Recovery - A Case Study From Summer 2017*. Front. For. Glob. Change, 2: 74. doi: 10.3389/ffgc.2019.00074
- Portoghesi L., Torresan C., De Meo I., Floris A., Scrinzi G., 2014 - *Computer-based tools to support decisions in forest planning in Italy*. In: Borges J.G. et al. (a cura di), Computer-based tools for supporting forest management. The experience and the expertise world-wide. SLU, Sweden, p. 227-250. [ISBN 978-91-576-9237-5] https://pub.epsilon.slu.se/11417/7/borges_jg_etal_140825.pdf
- Puletti N., Mattioli W., Bussotti F., Pollastrini M., 2019 - *Monitoring the effects of extreme drought events on forest health by Sentinel-2 imagery*. J. Appl. Remote Sens., 13 (2): 020501. <https://doi.org/10.1117/1.JRS.13.020501>
- Puletti N., Floris A., Scrinzi G., Chianucci F., Colle G., Michelini T., Pedot N. et al., 2017 - *CFOR: a spatial decision support system dedicated to forest management in Calabria*. Forest@ - Rivista di Selvicoltura ed Ecologia Forestale, 14 (2): 135-140. <https://doi.org/10.3832/efor2363-014>
- Reed M.S., 2008 - *Stakeholder participation for environmental management: A literature review*. Biol. Conserv., 141: 2417-2431. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.07.014>
- Ruiz-Peinado R., Bravo-Oviedo A., López-Senespleda

- E., Bravo, F., del Río M., 2017 - *Forest management and carbon sequestration in the Mediterranean region: A review*. For. Syst., 26: 1-25. <https://doi.org/10.5424/fs/2017262-11205>
- 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.
- Sacchelli S., 2018 - *A decision support system for trade-off analysis and dynamic evaluation of forest ecosystem services*. iForest, 11 (1): 171-180. <https://doi.org/10.3832/ifor2416-010>
- Segura M., Ray D., Maroto C., 2014 - *Decision support systems for forest management: A comparative analysis and assessment*. Computers and Electronics in Agriculture, 101: 55-67. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2013.12.005>
- Sommerfeld A., Rammer W., Heurich M., Hilmers T., Müller J., Seidl R., 2021 - *Do bark beetle outbreaks amplify or dampen future bark beetle disturbances in Central Europe?* J Ecol. Feb., 109 (2): 737-749. doi: 10.1111/1365-2745.13502.
- Tiebel M., Mölder A., Plieninger T., 2022 - *Conservation perspectives of small-scale private forest owners in Europe: A systematic review*. Ambio, 51: 836-848. <https://doi.org/10.1007/s13280>
- Vangi E., D'Amico G., Francini S., Borghi C., Giannetti F., Corona P., Marchetti M. et al., 2023 - *Large-scale high-resolution yearly modeling of forest growing stock volume and above-ground carbon pool*. Environmental Modelling & Software, 159: 105580, ISSN 1364-8152. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2022.105580>
- Vangi E., D'Amico G., Francini S., Giannetti F., Lasserre B., Marchetti M., McRoberts R.E., Chirici G., 2021 - *The effect of forest mask quality in the wall-to-wall estimation of growing stock volume*. Remote Sensing, 13 (5): 1-20. <https://doi.org/10.3390/rs13051038>
- Van Meensel J., Lauwers L., Kempen I., Dessein J., Van Huylenbroeck G., 2012 - *Effect of a participatory approach on the successful development of agricultural decision support systems: The case of Pigs2win*. Decis. Support Syst., 54: 164-172. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2012.05.002>
- Winkel G., Lovrić M., Muys B., Katila P., Lundhede T., Pecurul M., Pettenella D. et al., 2022 - *Governing Europe's forests for multiple ecosystem services: Opportunities, challenges, and policy options*. Forest Policy and Economics, 145: 102849, ISSN 1389-9341, <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2022.102849>