

DEMONSTRATING  
REMOTE SENSING  
INTEGRATION  
IN SUSTAINABLE  
FOREST MANAGEMENT

**FRESH** LIFE

REPORT FOR POLICY MAKERS



LIFE 14 ENV/IT/000414



## FRESH LIFE

**“Demonstrating Remote Sensing integration in sustainable forest management”**

LIFE Project Number  
LIFE14 ENV/IT/000414

### PARTNER



### INFORMAZIONI

[www.freshlifeproject.net](http://www.freshlifeproject.net)

Sito Web



Youtube



Facebook



**Autori del Report del policy makers:** Francesca Giannetti, Gherardo Chirici, Andrea Barzagli, Simone Carrara, Anna Barbatì, Davide Travaglini, Patrizia Rossi

# Contenuti

Fasi del progetto FRESh Life .....	4
Problematiche nella mappatura degli indicatori di gestione forestale sostenibile .....	6
Le metodologie innovative del FRESh LIFE .....	6
Vantaggi nei siti dimostrativi grazie ai risultati FRESh Life .....	8
Standizzazione nelle acquisizioni di dati in campo .....	9
Uso di Sistemi Aeromobili a Pilotaggio Remoto (SAPR) .....	10
Limitazioni all'uso di SAPR nella mappatura delle foreste .....	11
Il costo medio del processo di mappatura degli indicatori GFS .....	12
Importanza dei dati RS in 3D nella mappatura di GFS .....	14
FRESh Life e strategie dell'UE .....	16
Le Foreste dell'UE contribuiscono all'innovazione, alla crescita dell'occupazione e all'economia .....	17
Le Foreste europee combattono il cambiamento climatico .....	18
UE indirizza i cambiamenti forestali internazionali .....	19
Sfide UE per i policy makers per applicare i risultati di FRESh LIFE a scale territoriali più ampie .....	20

# Fasi del progetto FRESh Life



## ACQUISIZIONE DEI DATI

- Dati dell'inventario (posizione, elenco impianti e dati aggregati dai plot esistenti);
- Dati telerilevati (ortofoto, dati multispettrali e LiDAR);
- Piani di gestione con le loro mappe;
- Dati ausiliari (mappe topografiche, mappe di uso del suolo, ecc.).

## RACCOLTA DEI DATI DELL'INVENTARIO FORESTALE

Sono stati campionati 50 plot quadrati di 23mx23m (dimensione del terreno = 529 m<sup>2</sup>) in cui sono state campionate tutte le piante (alberi e arbusti) con un dbh> 2,5 cm. La posizione spaziale dei plot inventariali (coordinate x, y del centro del plot) è stata acquisita con ricevitori GNSS con una precisione al di sotto del metro. Le seguenti informazioni sono state misurate in ciascun plot

- Posizione, specie, diametro, altezza, area della chioma, stato di salute e microhabitat degli alberi viventi;
- Posizione, diametro, altezza e classe di decadimento di alberi morti in piedi, ceppi e legno morto.

## ACQUISIZIONE DATI TELERILEVATI

**Dalle immagini acquisite con eBee sono stati elaborati i seguenti prodotti:**

- 2 nuvole di punti (RGB e NIR) con una media di 20-40 punti/m<sup>2</sup>;
- 2 modelli digitali di superficie (DSM) con risoluzione spaziale di 50 cm;
- 2 ortofoto (RGB e NIR) con risoluzione spaziale di 10 cm.

**Dai dati LiDAR abbiamo ottenuto i seguenti prodotti:**

- Nuvola di punti densa con una media di 70-120 punti/m<sup>2</sup>;
- Modello digitale del terreno (DTM) con risoluzione spaziale di 50 cm;
- Modello digitale di superficie (DSM) con risoluzione spaziale di 25-50 cm;
- Modello digitale delle chiome (CHM) con risoluzione spaziale di 50 cm.

## MAPPATURA DEGLI INDICATORI DI GESTIONE FORESTALE SOSTENIBILE

Indicatori derivati da dati multispettrali

- 
- Mappa dei tipi forestali europei (EFTs);
  - Defogliazione;
  - Danni alle foreste;
  - Composizione delle specie arboree;
  - Introduzione di specie arboree. Indicatori derivati da dati LiDAR
  - Provvigione
  - Biomassa

## SISTEMA GEOGRAFICO INFORMATIVO FORESTALE (FIS)

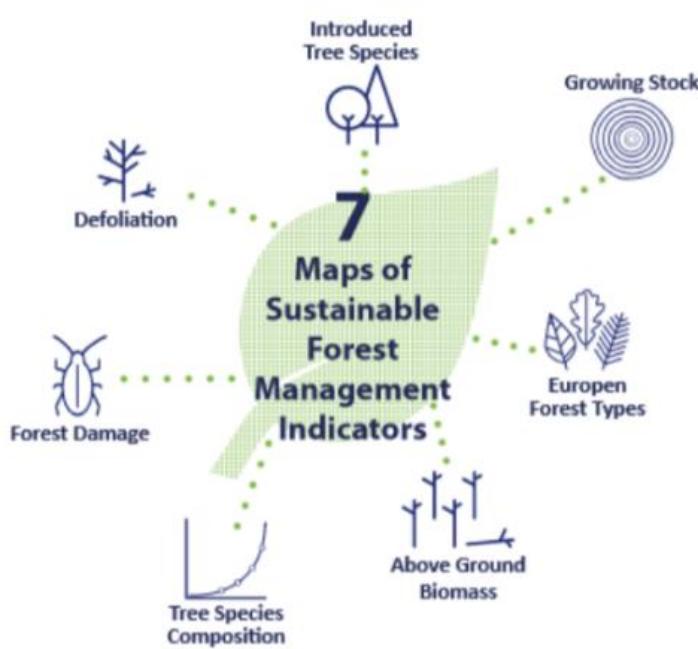
Per fornire ai gestori delle aree oggetto di studio un utile strumento di supporto per la gestione delle foreste, tutti i dati acquisiti ed elaborati nell'ambito del progetto FRESh LIFE sono stati organizzati in un FIS basato su GIS. È stato preparato un pacchetto di dati georeferenziati utilizzabili da selvicoltori e da gestori che hanno seguito un corso di aggiornamento ad hoc sull'uso dei software GIS.

Tutti i dati raccolti durante il progetto sono stati archiviati nel FIS fornito alla scala delle unità di gestione forestale.





# Problematiche nella mappatura degli indicatori di gestione forestale sostenibile

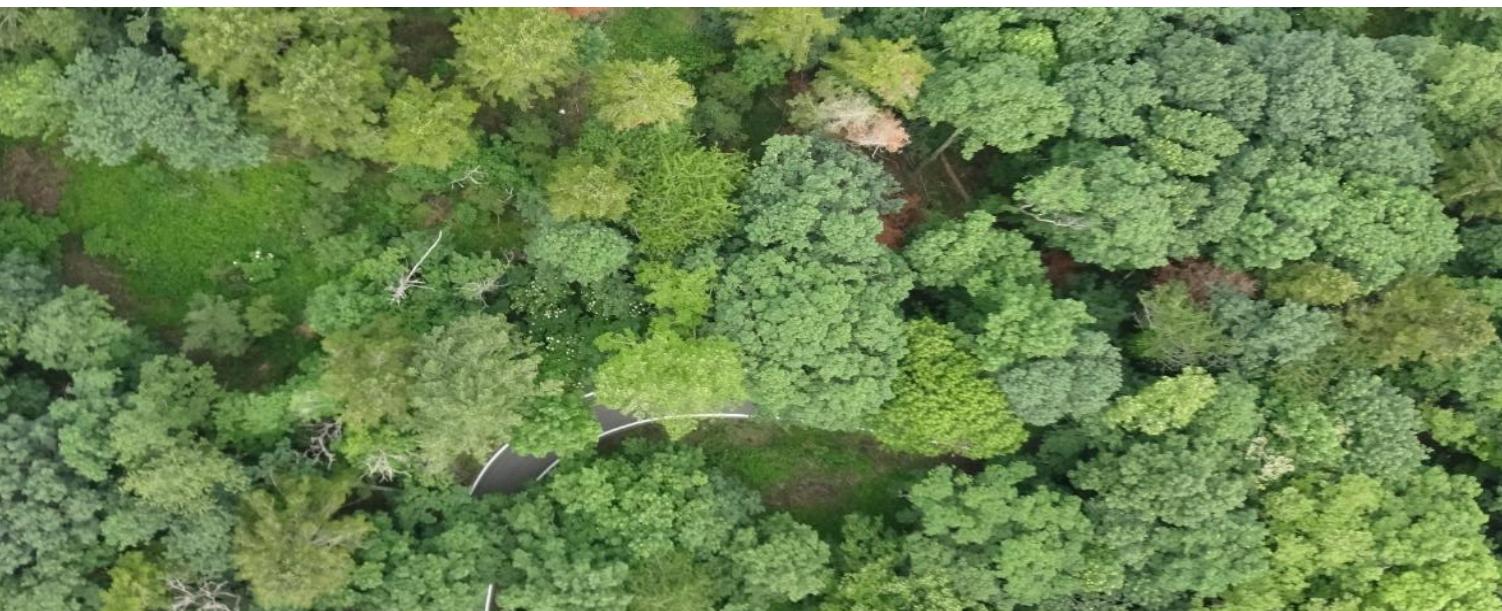


di questi, è di vitale importanza per studiare dettagliatamente i loro trend a scale differenti. Tuttavia, spesso, i dati relativi agli indicatori GFS vengono calcolati soltanto a partire da dati inventariali, raccolti seguendo schemi di campionamento su plot inventariali che rappresentano soltanto una piccola parte della superficie forestale. A livello mondiale, invece, la mappatura di indicatori GFS è considerata cruciale per misurare e monitorare spazialmente su tutta la superficie forestale i trend di questi indicatori. La mappatura, infatti, consente alle istituzioni e ai decisori pubblici e privati di comprendere meglio i flussi dei servizi ecosistemici ad essi correlati. In questa prospettiva, sviluppare metodologie che consentono la mappatura degli indicatori GFS a scala differente risulta di particolare interesse.

La gestione forestale sostenibile (GFS) è riconosciuta a livello globale come l'obiettivo principale per la politica e le pratiche forestali. Al fine di monitorare, valutare e diffondere i progressi nella gestione sostenibile delle foreste nella regione europea, sono stati individuati sei criteri principali, standardizzati che sono misurati da una serie di indicatori paneuropei di tipo quantitativo e qualitativo che consentono di monitorare la gestione forestale sostenibile. Il sistema ha lo scopo di facilitare la valutazione dei risultati raggiunti rispetto agli obiettivi di ciascun criterio e i successivi progressi nella crescita della GFS a livello regionale, nazionale o sovranazionale. A causa della variabilità spaziale degli indicatori GFS, anche all'interno dello stesso tipo di foresta (ad es. Provvidone, biomassa, composizione specifica), la mappatura di questi indicatori che consente di analizzare anche le modifiche nel tempo



# *Le metodologie innovative del FRESh LIFE*



Il cambiamento climatico è una sfida senza precedenti per tutto il mondo, ma soprattutto per il settore forestale. Infatti, è dimostrato come questo abbia un impatto significativo sul funzionamento degli ecosistemi forestali e sui servizi ecosistemici ad essi correlati.

La complessa natura dei cambiamenti climatici ha aumentato l'incertezza associata alle previsioni delle future dinamiche degli ecosistemi forestali. Si riscontra quindi la necessità di un cambio nell'approccio di gestione dei sistemi forestali attraverso una gestione di tipo adattativa. I gestori delle foreste hanno, infatti, sempre più bisogno di strumenti di monitoraggio e analisi che permettano di valutare le condizioni attuali e future delle risorse forestali e la loro capacità di fornire servizi ecosistemici. A questo proposito, i sistemi di informazione geografica (GIS) e il telerilevamento sono considerati strumenti utili per quantificare gli indicatori di GFS poiché consentono di sviluppare sistemi di supporto alle decisioni e sistemi informativi forestali (FIS) che possono essere implementati a scala di gestione differente per svolgere analisi, misure e monitoraggi sugli indicatori GFS.

La GFS è ampiamente riconosciuta come obiettivo chiave della politica e delle pratiche forestali. E in Europa per monitorare, valutare e tracciare i progressi della GFS a livello regionale, nazionale e internazionale, sono stati adottati e sviluppati sei criteri chiave che devono essere monitorati e misurati attraverso una serie di indicatori pan-europei quantitativi e qualitativi di gestione forestale.

**Il progetto FRESh LIFE – Demonstrating Remote Sensing Integration in Sustainable Forest Management (LIFE14/IT000414)" ha sviluppato metodi innovativi per integrare i dati dell'inventario forestale raccolti in plot inventariali con le informazioni derivate da dati telerilevati al fine di stimare e mappare spazialmente alcuni dei più importanti indicatori GFS a piccola scala (scala aziendale). Nell'ambito del progetto, i dati ad alta risoluzione sono stati raccolti in tre siti nel centro Italia usando sistemi aerei a pilotaggio remoto (SAPR) dotati di sensori LiDAR e di sensori ottici. Grazie all'uso di questi dati è stato possibile sviluppare dei sistemi di mappatura automatica e semi-automatica per caratterizzare spazialmente gli indicatori GFS a scala di unità di gestione e implementare i prodotti derivati in un Sistema Informativo Forestale (FIS) che supporta i gestori dei siti dimostrativi nell'attuare misure di gestione adattative.**



# Vantaggi nei siti dimostrativi grazie ai risultati FRESh Life



## RINCINE

Il potenziale del sistema informativo forestale (FIS) fornito dal progetto ha portato i gestori a considerare la possibilità di estendere le indagini dal sito dimostrativo all'intera foresta per disporre dei dati necessari per avviare il nuovo piano di gestione basato su metodologie sviluppate nell'ambito del FRESh LIFE. I dati del volume legnoso, forniti dalla FIS a livello di singola unità forestale, sono risultati estremamente utili operativamente, ad esempio, a migliorare la preparazione delle aste di legname all'interno dell'area test.

## CAPRAROLA

L'area dimostrativa è sottoposta ad antiche tradizioni riguardanti l'utilizzo del suolo pubblico, come il diritto d'uso civico del legnatico da parte dei membri della comunità locale. Inoltre, il sito dimostrativo di Caprarola è incluso in una Riserva Naturale Regionale, e l'accessibilità del pubblico e l'uso dell'area per le attività del tempo libero sono la priorità assoluta dell'area. Durante il progetto FRESh LIFE è stata individuata come possibile criticità l'invecchiamento della foresta che può causare incidenti quali la caduta di alberi/ rami, mettendo in pericolo i visitatori. In questa prospettiva, il FIS in questa area dimostrativa ha fornito l'opportunità di mappare queste criticità e di progettare tramite questo la riorganizzazione dei percorsi turistici (esempio sentieri) all'interno dell'area al fine di migliorare l'uso turistico/ricreativo della foresta.

## BOSCO PENNATORO

L'approccio cartografico della FIS è risultato molto utile per supportare il processo decisionale nella gestione delle foreste locali. Infatti, questo ha permesso di raccogliere e archiviare dati per produrre diverse mappe tematiche che sono molto utili per visualizzare lo stato della foresta e supportare le decisioni delle figure coinvolte nella gestione forestale. Le mappe tematiche offrono l'opportunità di avere documenti comuni per discutere e prendere decisioni sulla raccolta forestale e altre attività connesse alle foreste.





# Standizzazione nelle acquisizioni di dati in campo



La prima azione del progetto B.1 aveva l'obiettivo di acquisire dati in campo esistenti per ciascun sito dimostrativo. Il primo passo è stato acquisire i dati dei piani di gestione forestale attivi nelle tre aree.

Alla fine della raccolta dei dati abbiamo scoperto che c'erano molte differenze tra i dati disponibili per i tre siti dimostrativi. In primo luogo, i plot degli inventari forestali a scala locale non erano standardizzati nello schema di campionamento, nelle dimensioni e nel protocollo delle misurazioni in campo, mentre la standardizzazione nell'acquisizione in campo è necessaria quando gli indicatori GFS devono essere confrontati tra loro. Secondariamente, nei siti dimostrativi, la stima della provviggione nei plot era stata effettuata utilizzando tabelle di volumi diverse.

La non standardizzazione dei dati è da attribuire alle differenze nelle normative forestali tra le diverse regioni italiane, o più in generale alle diverse regioni europee. Infatti, le diverse normative forestali italiane non riportano uno schema standard da seguire per acquisire i plot per la realizzazione di piani di gestione forestale perché seguono il modo tradizionale di acquisire questo tipo di dato e lasciano ad ogni tecnico forestale la libertà nella scelta del protocollo. Quindi, i tecnici forestali tipicamente posizionano i plot con criterio soggettivo e senza seguire uno schema campionario rigoroso. Nell'azione B.2 del progetto abbiamo dimostrato che l'uso di un campionamento statistico rigoroso per la localizzazione dei plot, insieme ad un rigoroso protocollo di acquisizione dei dati in campo, che imita quello dell'inventario forestale nazionale italiano, è utile per acquisire dati standardizzati per quantificare gli indicatori GFS tra i diversi siti dimostrativi, collocati in tre diverse regioni.

Seguendo quando imparato all'interno del FRESh LIFE, suggeriamo ai policy makers di considerare la possibilità di aggiungere alla regolamentazione forestale un articolo che identifichi una metodologia standardizzata (ad esempio schema di campionamento, protocollo di acquisizione dati e stima del volume) per acquisire i dati dei plot inventariali per la redazione dei piani di gestione forestali per due motivi importanti:

- **la standardizzazione consente di confrontare i dati tra foreste diverse e tra diversi tipi forestali;**
- **l'utilizzo di dati standardizzati potrebbe consentire di utilizzare i dati di diversi piani per stimare gli indicatori GFS a scala anche regionale.**

Riteniamo che l'implementazione del nuovo articolo nel regolamento forestale sia facile perché è possibile aggiungere un protocollo che imita quello dell'Inventario Forestale Nazionale Italiano, per il quale è importante ricordare che:

- le coordinate geografiche vengono acquisite con GNSS a basso costo;
- l'area di ciascun plot è di soli 530 m<sup>2</sup>;
- esiste già il protocollo di acquisizione dati sul campo;
- l'equazione per stimare la biomassa e la provviggione è standardizzata per tutta l'Italia e implementata in software open-access (es. Package R-CRAN ForIT: Functions from the 2nd Italian Forest Inventory (INFC) - <https://rdrr.io/cran/ForIT>);
- lo schema di campionamento sul campo è facile da implementare usando uno strumento GIS.

Sappiamo che anche una standardizzazione a livello europeo sarebbe certamente utile, ma molto più difficile da realizzare, poiché gli inventari forestali sono diversi tra i diversi paesi dell'UE e non esiste attualmente un inventario forestale europeo. Quindi, in primo luogo, vorremmo suggerire alla Commissione europea l'attuazione di un inventario forestale dell'UE standardizzato, che sarà utile per quantificare l'indicatore SMF a livello dell'UE, prima di pensare di standardizzare l'acquisizione dei plot per la realizzazione dei piani di gestione forestale.



# Uso di Sistemi Aeromobili a Pilotaggio Remoto (SAPR)



L'uso di Sistemi Aeromobili a Pilotaggio Remoto (SAPR) nella gestione delle foreste è particolarmente vantaggioso per i seguenti motivi:

- La risoluzione spaziale delle immagini da droni è nell'ordine di pochi centimetri, per la bassa quota di volo dei piccoli droni; questa caratteristica aumenta la capacità di interpretazione delle immagini;
- Alta risoluzione temporale: il costo relativamente basso di funzionamento e manutenzione di piccoli droni consente agli utenti di acquisire immagini più frequentemente rispetto alle tecnologie di telerilevamento convenzionali come con le immagini satellitari commerciali e di aerei pilotati; possibilità di effettuare acquisizioni in tempi quasi reali in caso di eventi specifici;

Possibilità di effettuare acquisizioni multi-sensore grazie alla disponibilità di UAV equipaggiati con strumenti ottici multispettrali o LiDAR.

Nel progetto FRESh LIFE sono stati utilizzati due SAPR: un octocoptero e un'ala fissa.

## OCTOCOPTER



- Diametro di 1,8 m
- Peso totale 15 kg
- Autonomia di volo 20 minutes
- Altezza di volo 20 m sopra la chioma
- Possibilità di coprire da 20 to 50 ha in un giorno
- Equipaggiato con YellowScan LiDAR che consente di ottenere nuvole di punti con una densità di 50 punti/m<sup>2</sup>

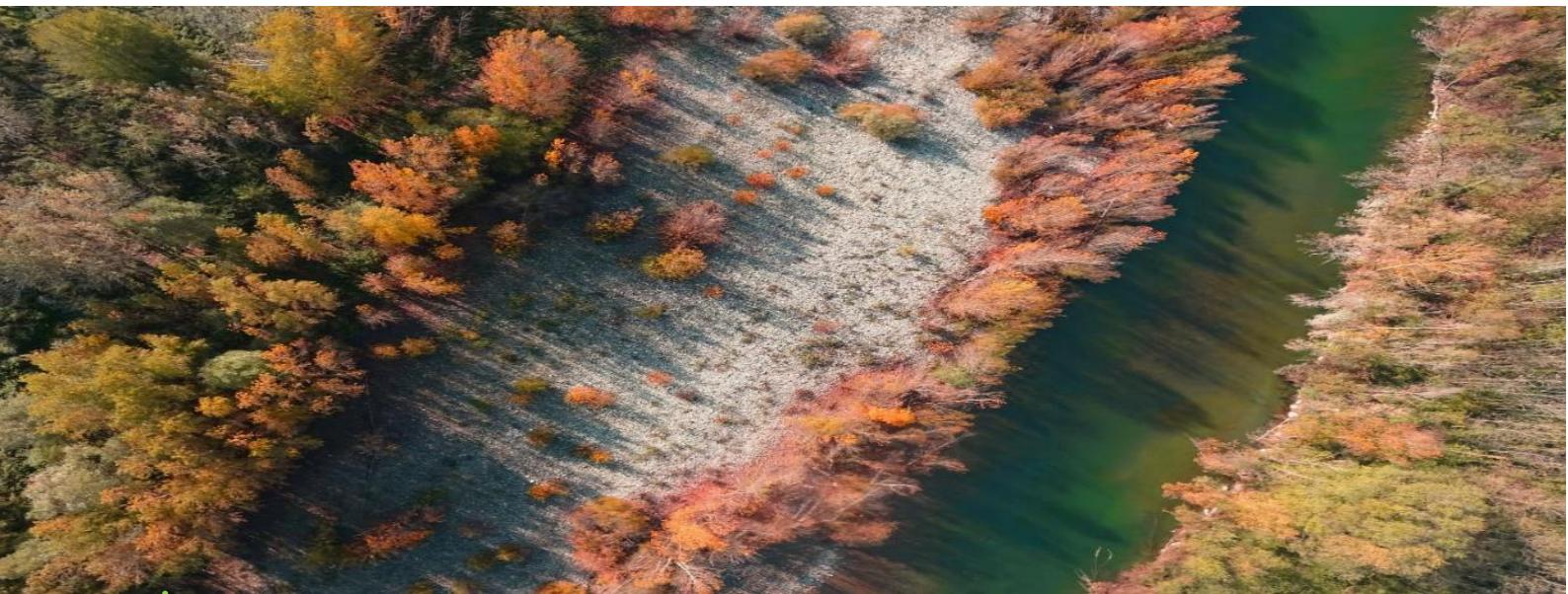
## FIXED WING

- eBee modello SenseFly
- Camera con RGB e NIR (infrarosso vicino) sensori in grado di Acquisire di immagini multispettrali ad alta definizione
- Apertura alare 98cm
- Peso 700 g
- Autonomia di volo 45 minuti
- Possibilità di coprire oltre 60 ha con un singolo volo
- Creato per applicazioni fotogrammetriche in grado di creare modelli digitali 3D e ortofoto ad alta risoluzione





# *Limitazioni all'uso di SAPR nella mappatura delle foreste*



Il regolamento sul volo dei Sistemi a pilotaggio Remoto (SAPR) è cambiato tre volte durante il progetto FRESH LIFE e i piloti dei nostri SAPR, hanno dovuto aggiornare la loro licenza due volte. Inoltre, durante il progetto, tutti i paesi europei erano dotati di un regolamento sui SAPR differente, che non ha consentito ai nostri piloti di andare ad acquisire dati in area al di fuori del territorio italiano. Fortunatamente, il nuovo regolamento della Commissione europea relativo alle norme sull'uso dei SAPR, che entrerà in vigore il 1° luglio 2020, ha già preso in considerazione una correzione sulle limitazioni che abbiamo riscontrato durante il progetto. Tuttavia, riteniamo che sia importante riferire ai policy makers tutte difficoltà che abbiamo riscontrato durante il progetto FRESH LIFE relative all'utilizzo dei SAPR per la mappatura delle risorse forestali.

L'uso dei SAPR, durante il progetto, era consentito soltanto in modalità VLOS (Visual Line of Sight). VLOS significa che sistema a pilotaggio remoto senza pilota a bordo può essere pilotato soltanto se l'aeromobile può essere osservato dal pilota senza ausili come binocolo, macchina fotografica o altri ausili. Rispettare questa modalità di volo si è rivelato un compito arduo durante i rilievi per il progetto perché acquisire dati forestali con i SAPR sempre in linea visiva con il pilota è stato complicato. Infatti, di solito le aree aperte dove era possibile decollare si trovavano in spazi nella foresta circondati da alberi alti. Di solito, immediatamente dopo il decollo, il pilota situato nel sito di decollo perdeva, a causa della conformità della radura, la visuale del SAPR. Nel nostro caso, abbiamo mitigato l'inconveniente con due piloti, in contatto tra di loro con VHF, collocati in due diverse aree della foresta (uno posto nella radura di decollo con il telecomando automatico (computer) e uno sulla cima della montagna dotato di telecomando manuale. Quest'ultimo pilota era collocato in un'area dove poteva sempre rimanere in linea visiva con il SAPR).

Un'altra limitazione che abbiamo riscontrato sull'uso dei SAPR per la mappatura delle risorse forestali è legata alla distanza consentita tra i piloti e il SAPR che il regolamento identificava in 500 m. La distanza consentita, molto bassa, ha fatto sì che, per rispettare il regolamento, siano stati necessari molti decolli per coprire le aree dimostrative. Infatti, anche se i SAPR che abbiamo testato nel progetto possono volare oltre 20 minuti con una distanza dal pilota di 3 km, per rispettare il regolamento non è stato possibile sfruttare la loro potenzialità a pieno. Inoltre, è stato difficile trovare spazi aperti utili al decollo per rispettare le regole "distanze tra SAPR e pilota" perché nei nostri siti dimostrativi le radure erano limitate soprattutto a Caprarola e Bosco Pennataro. Sappiamo che le nuove regole europee sui SAPR hanno già preso in considerazione una correzione di queste limitazioni aprendo la possibilità di volare in modalità BLOS (la capacità di guidare un aereo senza pilota oltre la linea di vista del pilota) e di aumentare la distanza tra i piloti e il SAPR tramite la richiesta di un permesso speciale dall'autorità nazionale per l'aviazione civile.

**Ci teniamo comunque a sottolineare che i policy makers dovrebbero prendere in considerare le possibilità di classificare tutte le foreste, nelle aree rurali, come "a basso rischio" al fine di consentire il volo sulle foreste utilizzando la modalità BLOS e aumentando le distanze tra i piloti e il SAPR, senza richiedere un permesso speciale.**

Ciò è importante, in particolare, quando i SAPR vengono utilizzati per mappare i danni alle foreste, dopo eventi estremi come ad esempio il fuoco e il vento, poiché i danni devono essere mappati rapidamente. Pertanto, in tali condizioni, non è possibile attendere i tempi dell'autorizzazione da parte dall'autorità nazionale per l'aviazione civile e potrebbe essere importante avere la possibilità di volare immediatamente in quella zona senza richiedere un'autorizzazione al fine di quantificare i danni.



# *Il costo medio del processo di mappatura degli indicatori GFS*



Il costo medio del processo di mappatura degli indicatori GFS si riferisce ad una superficie di 5 ha e fa riferimento al costo medio di acquisizione ed elaborazione dei dati delle tre tecniche utilizzate nel progetto FRESh Life per mappare gli indicatori GFS.



- Rilievi in campo - 360 €
- Ebee - 100 €
- Lidar – 500 €

Il costo dei "rilievi in campo", considerata come "normale attività", ammonta a oltre un terzo del costo totale.

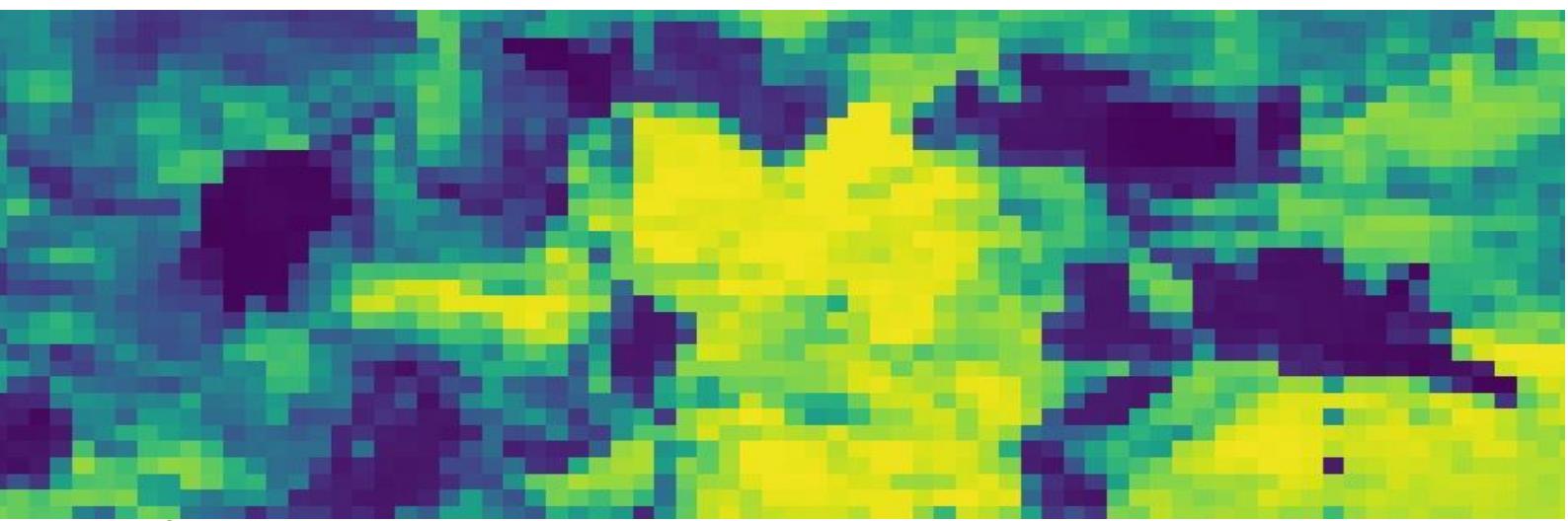
Se quantifichiamo il tempo necessario per produrre le mappe degli indicatori GFS Forest Europe utilizzati in questo progetto:

- Defogliazione

- Danno alla foresta
- Numero di specie forestali
- Area coperta dalle specie forestali introdotte

possiamo evidenziare che il tempo di stima degli indicatori GFS utilizzati è paragonabile a quello impiegato per la raccolta dei dati in campo nei 50 plot campione. Sulla base dell'analisi dei costi nei tre siti dimostrativi, il costo totale delle mappe degli indicatori GFS a livello di comparto forestale, mediante tecniche di telerilevamento, è in gran parte influenzato dal costo dell'acquisizione fotogrammetrica dei dati UAV piuttosto che dal costo del lavoro dell'interpretazione visiva delle immagini SAPR. Nel complesso, la fattibilità economica dell'uso di immagini fotogrammetriche acquisite da SAPR ad ala fissa per mappare gli indicatori GFS è dimostrata da un costo totale per la mappatura di questi indicatori GFS molto più bassi (4770-5250 €) rispetto ai costi per le indagini sul campo (18000 €). Questi costi sono calcolati utilizzando la stessa intensità di campionamento utilizzata nel progetto (1 plot di 529 m<sup>2</sup> - ogni 5 ha) e la tariffa oraria di un professionista con esperienza in base ai prezzi di mercato (40 € / ora).

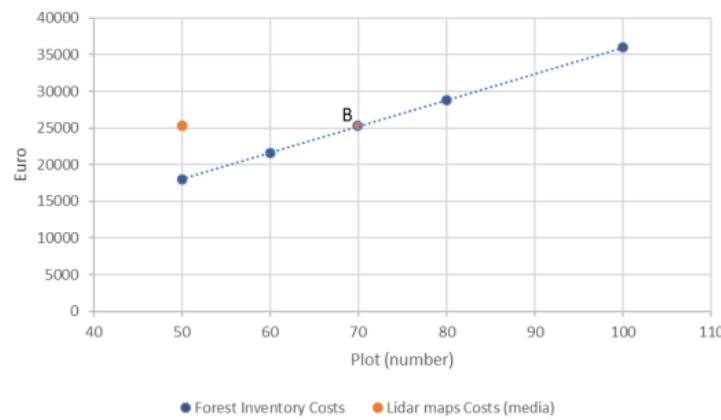
Ancora più importante, è il fatto che questi due approcci non possono essere confrontati tra loro perché le informazioni sugli indicatori GFS a livello di plot sono fornite solo per una piccola parte delle aree di saggio (circa l'1% di 250 ha), mentre quelli forniti dalla mappatura con SAPR sono quantificati per l'intera superficie.



Se quantifichiamo il tempo necessario per produrre le mappe degli indicatori Forest Europe GFS:

- Provvigione
- Biomassa

Vediamo che il costo totale è significativamente influenzato dal costo dell'acquisizione dei dati LIDAR e, in misura minore, dal costo dei rilievi in campo. Applicando la stessa intensità di campionamento utilizzata nel progetto (1 plot di 529 m<sup>2</sup> ogni 5 ha), il costo dei rilievi in campo su 50 plots, calcolato sulla base della tariffa oraria di un professionista con esperienza in base ai prezzi di mercato (40 € / ora), ammonterebbe a 18.000 €. Sulla base di questa valutazione, si può sostenere che il costo del lavoro nello stesso scenario, ovvero rilievi inventariali forestali tradizionali, raggiunge il costo (medio) per le mappe degli indicatori derivati da LiDAR quando il numero di plot di campionamento è pari a 70 unità ca. A questa intensità di campionamento, l'area totale coperta dai plot di campionamento rilevati a terra è di 3,7 ha, vale a dire l'1,4% dell'area dimostrativa. Allo stesso costo, l'approccio basato su LIDAR fornisce mappe degli indicatori GFS per tutta l'area dimostrativa. Nel complesso, la fattibilità economica dell'uso di immagini

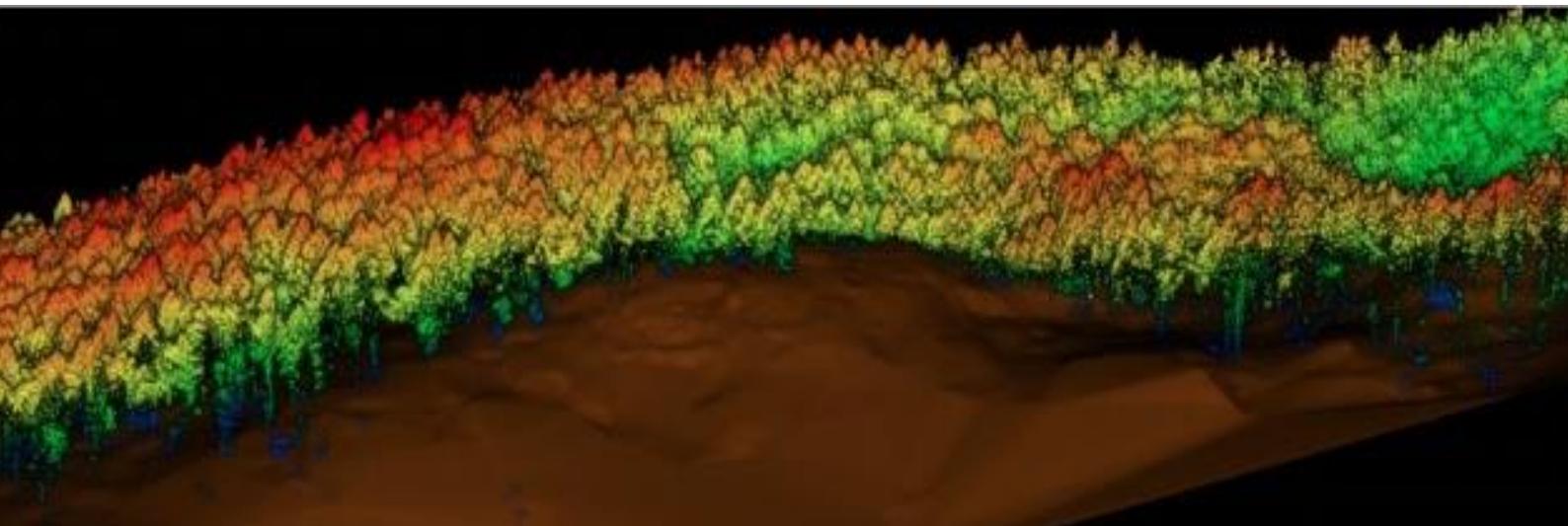


In conclusione, nonostante il costo delle attività tradizionali, come l'inventario forestale tradizionale nelle aree di saggio, è inferiore al costo delle mappe di provvigione e di biomassa derivate da LiDAR per dimensioni del campione <70 unità. Tuttavia, è necessario sottolineare che i benefici finali dei due approcci non possono essere confrontati. Infatti, i tradizionali rilievi in campo fanno sì che gli indicatori GFS siano conosciuti soltanto per una frazione relativamente piccola della superficie dell'area dimostrativa, mentre i (buoni) modelli di regressione derivati dai dati LIDAR consentono la stima spaziale degli

indicatori GFS Provvigione e Biomassa su tutte le unità di campionamento su tutta la superficie.



# Importanza dei dati RS in 3D nella mappatura di GFS



Dall'inizio del progetto l'uso di dati telerilevati (RS) nella selvicoltura è aumentato in tutta l'UE anche grazie all'uso di SAPR. FRESH LIFE ha dimostrato che l'uso di dati RS ad alta risoluzione ha migliorato la stima di indicatori GFS e ha dato la possibilità di ottenere mappe utilizzabili in Sistemi Informativi Forestali (FIS). Sulla varietà di dati che abbiamo testato per mappare GFS, i dati tridimensionali, che possono descrivere l'albero o l'altezza della chioma, sono stati dimostrati da FRESH Life come essenziali per quantificare con molta precisione gli indicatori GFS, in particolare la provvigenza e la biomassa.

I dati 3D che abbiamo utilizzato all'interno del progetto sono stati ottenuti utilizzando due diversi SAPR e due diversi tipi di dati telerilevati:

- dati LiDAR acquisiti da SAPR ottocottero;
- dati fotogrammetrici da SAPR ad ala fissa.

Abbiamo dimostrato che i dati LiDAR acquisiti da SAPR sono ottimi dati sui quali è possibile ottenere il modello dell'altezza della chioma (CHM) grazie al fatto che questo sensore è in grado di rilevare sia le caratteristiche del terreno (Modello Digitale del Terreno (DTM)), sia quelle della cima della chioma (Modello Digitale della Superficie (DSM)). Tuttavia, come menzionato da altri autori in letteratura, negli ultimi anni, i dati fotogrammetrici 3D, che possono descrivere la parte superiore della foresta (DSM), sono utili per derivare CHM se utilizzati insieme ad un DTM ad altissima risoluzione deviato da sensore LiDAR. I policy makers nelle loro considerazioni per la mappatura dei soprassuoli forestali devono sapere che i SAPR fotogrammetrici sono meno costosi rispetto a quelli equipaggiati con sensori LiDAR. Infatti, negli ultimi due anni sono presenti sul mercato molti SAPR fotogrammetrici, che possono volare automaticamente, con un costo di circa 1000 €. Quindi, per chi volesse fare investimenti di nuovi strumenti per la propria organizzazione, deve tener conto che l'uso di SAPR fotogrammetrici consente di ottenere dati 3D e dati ottici, e quindi sono da preferire rispetto ai SAPR LiDAR.

Inoltre, è importante notare che in alcuni paesi dell'UE, ad esempio i paesi nordici come Norvegia, Svezia, Finlandia, negli ultimi 20 anni, l'uso dei dati LiDAR da aereo (ALS) è stato ampiamente utilizzato per scopi di inventario forestale nazionale ed questi sono diventati dati standard per la mappatura a livello nazionale di indicatori. Pertanto, i gestori delle foreste non hanno bisogno di acquisire questo tipo di dati tramite SAPR, poiché possono utilizzare i dati disponibili acquisiti dai governi riducendo molto il costo di mappatura degli indicatori GFS a scala di unità di gestione. Tuttavia, bisogna sottolineare, che in alcuni paesi, come in Italia, l'uso di SAPR con LiDAR è obbligatorio perché non esiste una copertura completa dei dati ALS. Infatti, nella figura in alto, è possibile vedere la disponibilità parziale di dati ALS in Italia.

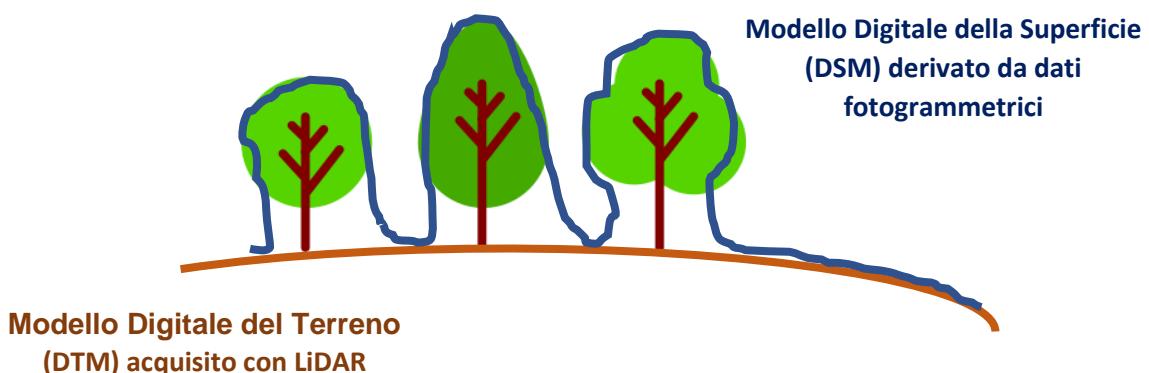


Dall'esperienza di FRESH LIFE, possiamo suggerire ai policy makers dei paesi che non dispongono di una copertura ALS completa di fare investimenti che consentano di terminare l'acquisizione di questi dati su tutto il territorio. In questo modo, i proprietari forestali potrebbero essere aiutati nel ridurre il costo derivante dalla mappa delle GFS. Infatti, se i dati ALS fossero disponibili su tutto il territorio, l'uso dei SAPR potrebbe essere ridotto a piccole superfici dove è necessario aggiornare i dati nazionali a seguito di modifiche occorse, come ad esempio i tagli rasi.

Inoltre, se fosse disponibile un modello digitale del terreno (DTM) ad alta risoluzione derivante da dato LiDAR, i CHM potrebbero essere aggiornati utilizzando SAPR fotogrammetrici che sono a più basso costo rispetto a quelli LiDAR e che consentono di ricavare contemporaneamente dati tridimensionali della Superficie forestale (DSM) e dati ottici.

Inoltre, vorremmo segnalare ai policy makers che negli ultimi due anni i dati fotogrammetrici acquisiti da aereo hanno dimostrato di essere idonei per la mappatura degli GFS per grandi aree. Infatti, è stato dimostrato che la combinazione di DTM LIDAR e DSM stereo-fotogrammetrici consentono di creare CHM ibridi su aree estese. Questo approccio consiste nell'utilizzare coppie di fotografie aeree in stereo per mappare le superfici delle chiome e usare dati LIDAR per mappare la topografia del terreno. I CHM ibridi "foto-lidar" sono ottenuti calcolando la differenza tra questi due livelli. Dato che i modelli del terreno nella maggior parte delle aree rimangono invariati per almeno alcuni decenni, i CHM potrebbero essere prodotti attraverso qualsiasi rilievo di foto aeree. Inoltre, si deve segnalare il fatto che, le foto aeree scattate in momenti diversi del passato potrebbero essere utilizzate anche per mappare le altezze delle foreste con cadenza temporale diversa, con la possibilità di creare serie temporali retrospettive a lungo termine di CHM derivanti da fotografie storiche.

Pertanto, suggeriamo ai policy makers di chiedere nei capitolati di appalto ai fornitori relativi ai voli aerei, non soltanto l'ortomosaico, come comunemente succede, ma anche i dati 3D ottenuti dall'acquisizione stereo-fotogrammetrica perché questo tipo di dati potrebbe essere utilizzato dai gestori delle foreste per mappare gli indicatori GFS.





# FRESh Life e strategie dell'UE



La strategia forestale dell'UE è il contesto dove si coordina e si garantisce la coerenza nelle politiche relative alle foreste e si quantifica il contributo al raggiungimento degli obiettivi dell'UE da parte delle foreste e del settore forestale. La conferenza "Our Forests, Our Future", organizzata dalla Commissione europea, si è svolta a Bruxelles il 25-26 aprile 2019, è stata un momento di confronto per mettere al centro del dibattito politico il contributo primario che ricoprono le foreste e il settore forestale agli obiettivi UE. Durante la conferenza è stato chiaramente confermato che gli obiettivi della strategia forestale UE sono:

- garantire che tutte le foreste nell'UE siano gestite secondo criteri di sostenibilità;
- rafforzare il contributo alla gestione sostenibile delle foreste e ridurre la deforestazione a livello globale.

Una recente analisi degli obiettivi strategici ha rilevato progressi significativi nell'attuazione delle azioni pianificate verso il raggiungimento degli obiettivi della strategia UE forestale. Inoltre, è stato evidenziato come gli obiettivi strategici siano adeguati per porre al centro il ruolo delle foreste e le relative politiche dell'UE per l'attuazione dell'agenda 2030 nell'UE e nel mondo. Perseguire obiettivi come "coordinare e garantire la coerenza nelle politiche relative alle foreste" e "garantire che tutte le foreste nell'UE siano gestite secondo criteri di sostenibilità", comporta la necessità di strumenti e metodologie che consentano di raccogliere, condividere ed elaborare, dati armonizzati provenienti da tutta Europa. Per garantire un punto di vista paneuropeo, sono essenziali, quindi, metodologie armonizzate e semplici che consentano a tutti i paesi di "fare la loro parte" nella raccolta di questi dati. Gli indicatori, e in particolare l'idea di mappare questi indicatori, sono estremamente utili per monitorare la diffusione e gli impatti dei criteri di gestione sostenibile delle foreste (GFS) a scale differenti. Durante il progetto FRESh LIFE, abbiamo fatto grandi sforzi per garantire che le metodologie utilizzate siano replicabili su scala diversa ed estendibili a diversi ecosistemi forestali. Per questo, è stata utilizzata la classificazione europea dei tipi forestali e sono stati creati dei database seguendo le linee guida dell'azione COST E43 e della direttiva INSPIRE per l'armonizzazione dei metadati. Abbiamo sviluppato un flusso di lavoro robusto ed efficiente che potrebbe dare un contributo importante in un approccio bottom up alla strategia forestale dell'UE. Passando attraverso uno dei documenti presentati dalla direzione generale dell'Agricoltura e dello sviluppo rurale durante la conferenza "Our Forests, Our Future" ([https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/events/documents/forestry-conference-2019-brochure\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/events/documents/forestry-conference-2019-brochure_en.pdf)) abbiamo cercato di delineare come alcuni dei risultati raggiunti dal progetto potrebbero essere integrati nella strategia dell'UE per aiutare a raggiungere i suoi obiettivi.



## *Le Foreste dell'UE contribuiscono all'innovazione, alla crescita dell'occupazione e all'economia*



*La strategia forestale della UE indica che "il legno e gli altri prodotti forestali forniscono un contributo essenziale alla crescita economica e all'innalzamento del tenore di vita. Infatti, nell'UE sono ancora una fonte significativa di benessere in alcuni paesi e regioni. Inoltre, " viene indicato che" il 60% delle foreste dell'UE è di proprietà privata, con circa 16 milioni di proprietari di foreste ".*

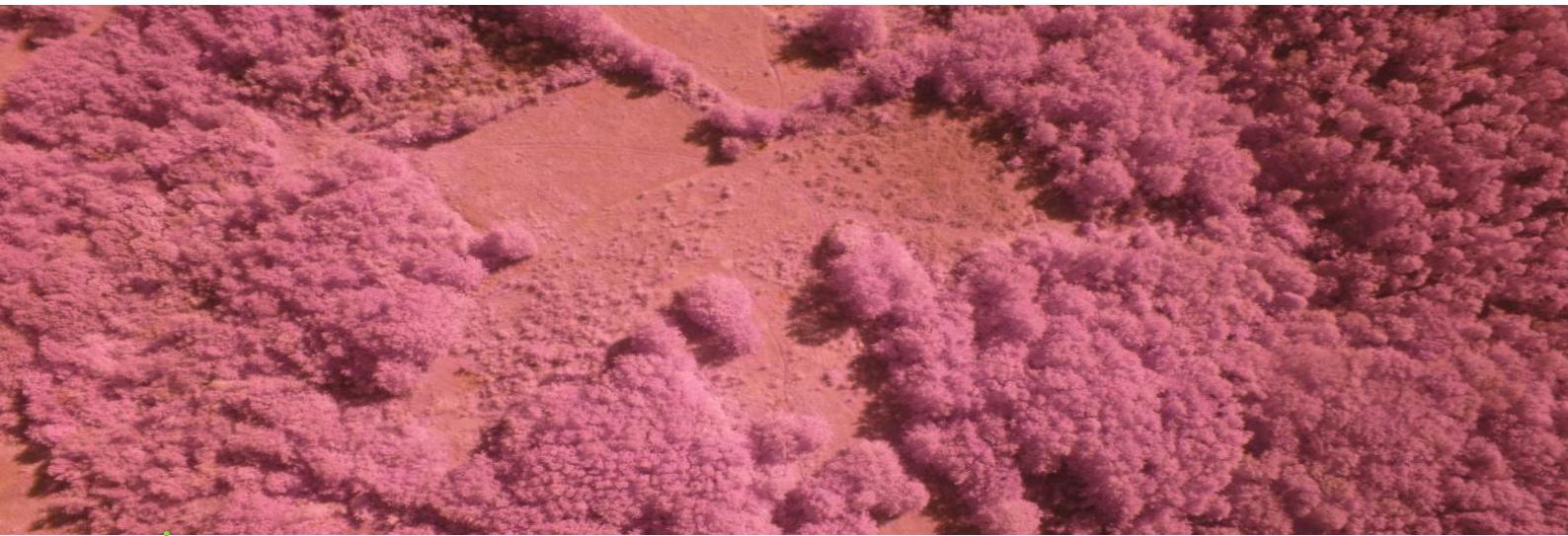
Pensiamo che strumenti come il FIS, sviluppato nell'ambito del nostro progetto, siano estremamente utili per consentire ai proprietari privati di avere accesso a dati e indicatori GFS ad alta risoluzione che sono essenziali per percorrere la strada di un approccio armonizzato di GFS. In situazioni come l'Italia, dove la singola unità forestale privata ha in genere anche una piccola estensione (in ettari), i sistemi di supporto alle decisioni come il FIS, sviluppato a livello regionale o nazionale, potrebbero essere l'unico modo per i proprietari privati di accedere a dati armonizzati ad alta risoluzione. Infatti, la scarsa resa economica per i proprietari privati di piccole foreste non permetterebbe loro di raggiungere gli standard di gestione forestale pubblica, e per loro è molto difficile raggiungere gli standard dei criteri GFS, in autonomia. Invece, l'approccio FIS, se sviluppato su scala regionale, nazionale e persino europea, potrebbe consentire a tutti gli attori del settore forestale di accedere a dati e indicatori armonizzati che coprano l'intera estensione del territorio, e far sì che gli obiettivi della GFS possano essere raggiunti ovunque. Dare un punto di vista paneuropeo, già a partire dai singoli proprietari privati, potrebbe portare a una migliore comprensione della strategia forestale dell'UE consentendo a tutti di accettare disposizioni nazionali e internazionali nella gestione delle foreste che a volte possono sembrare non comprensibili a livello locale.

*Negli ultimi anni, sia la politica agricola comune che la ricerca finanziata dall'UE hanno cercato di "connettersi all'innovazione per sfruttare al meglio le biomasse forestali, al fine di sostituire i materiali e prodotti non rinnovabili, con i prodotti forestali che sono biodegradabili e permettono di proteggere l'ambiente". Ciononostante, mentre "gli la provvigione legnosa nelle foreste dell'UE è in costante crescita, si rileva che in UE si raccoglie meno del 70% dell'incremento annuale delle foreste".*

Pertanto, la disponibilità di dati e indicatori paneuropei sull'GFS potrebbe essere utile anche in questo caso per migliorare la conoscenza delle persone sulla complessità del settore forestale. In periodi come questo, con una rinnovata attenzione ai temi del cambiamento climatico, dare libero accesso a informazioni valide e complete sulla valutazione delle foreste in Europa consente alle persone di comprendere meglio il significato della strategia forestale dell'UE e riduce la probabilità di proteste innescate da una mancanza di conoscenza, come quelle relative ai tagli boschivi svolti secondo standard di GFS. Nel frattempo, come indicato nella sezione precedente, la disponibilità di dati armonizzati e di alta precisione potrebbe migliorare la precisione della stima della provvigione e, di conseguenza, l'efficienza di una pianificazione europea della gestione forestale che tenga conto dei diversi aspetti della GFS



## Le Foreste europee combattono il cambiamento climatico



*La strategia forestale della UE indica che "la GFS è necessaria per contrastare i cambiamenti climatici, poiché le foreste e la selvicoltura contribuiscono in maniera decisiva agli obiettivi della politica energetica e climatica dell'UE definita dagli obiettivi 2030". In questo contesto, la GFS è importante poiché il ruolo le foreste ed il legno ricoprono un ruolo fondamentale nello stoccaggio e nella cattura del carbonio. Infatti, la Commissione sottolinea come l'importanza dell'GFS sia strategica per "affrontare anche eventi catastrofici come incendi boschivi, parassiti e altre eventi perturbativi, poiché la GFS può essere una misura di prevenzione di queste anche grazie alla possibilità di mettere insieme meccanismi coordinati che permettono una risposta rapida nel caso di interventi di ripristino di aree danneggiate"*

Il progetto FRESh LIFE ha dimostrato che l'uso dei SAPR grazie al basso costo delle campagne di volo e del tempo relativamente breve per la loro organizzazione, può svolgere un ruolo chiave nella mappatura di danni alle foreste. Le metodologie testate nel nostro progetto, infatti, consentono di creare un sistema di supporto alle decisioni che può essere aggiornato facilmente acquisendo nuove immagini di telerilevamento tramite SAPR per mappare eventuali danni. Infatti, durante le emergenze, come incendi boschivi o tempeste di vento, l'utilizzo di questi strumenti è fondamentale per monitorare i danni alle foreste ed elaborare rapidamente informazioni utili ai gestori durante e dopo le catastrofi. Inoltre, si deve segnalare anche l'avvento di nuovi servizi di satelliti che forniscono immagini quotidiane dell'intero globo con risoluzione centimetrica. Le immagini acquisite da questi nuovi satelliti possono essere utilizzate in combinazione con le immagini rilevate da SAPR per "aiutare" i sistemi di supporto alle decisioni nella mappatura dei danni. Anche se a volte la "gestione delle foreste" è vista come uno dei fattori che influiscono negativamente sulla biodiversità e sulla fornitura di servizi ecosistemici, la GFS ha comunque un ruolo centrale nel conservare e ripristinare anche gli aspetti ecologici degli ecosistemi. Infatti, le politiche dell'UE in materia di biodiversità e sviluppo rurale promuovono l'integrazione della biodiversità e la GFS e progetti come FRESh LIFE offrono strumenti per comprendere e divulgare meglio questi argomenti. La mappatura degli indicatori GFS considerati dal nostro progetto è un esempio di come le diverse variabili forestali, chiamate in questo caso "indicatori", possano essere stimate per grandi aree al fine di creare mappe utili sia per il monitoraggio che per le attività di disseminazione. Nel nostro progetto ci siamo concentrati sulla salute delle foreste e sulla produzione di legno, ma le stesse metodologie potrebbero essere applicate per studiare più aspetti relativi alla biodiversità al fine di ottenere informazioni utili, ad esempio, nella gestione delle aree Natura 2000. L'approccio quantitativo sviluppato nell'ambito di queste metodologie ha anche forti potenzialità di stima e "quantificazione" dei servizi ecosistemici forniti dalle foreste europee, aiutando l'UE ad affrontare il modo in cui i servizi ecosistemici possono essere migliorati attraverso la progettazione e l'attuazione delle politiche.



## *UE indirizza i cambiamenti forestali internazionali*



*La strategia forestale UE in materia di foreste sottolinea come "L'UE e gli Stati membri devono promuovere attivamente la GFS in sedi e processi paneuropei (FOREST EUROPE) e internazionali relativi (ad esempio UNFF, FAO, ITTO, Convenzione delle Nazioni Unite sulla diversità biologica), tra cui l'Agenda 2030 e i suoi obiettivi di sviluppo sostenibile (SDGs)." "*

Progetti come FRESh LIFE sono essenziali in contesti internazionali e paneuropei, poiché si fondano su un approccio armonizzato. Infatti, tutte le metodologie sviluppate all'interno di questo progetto sono replicabili ed estendibili sia in aree diverse che in aree più estese. Il flusso di lavoro del progetto per ottenere le mappe degli indicatori GFS è semplicemente codificato e può essere applicato a qualsiasi tipo di ecosistema a qualsiasi scala con semplici piccoli aggiustamenti relativi all'acquisizione dei dati telerilevati. La decisione di adottare standard internazionali come le linee guida dell'azione COST E43 e la direttiva INSPIRE per l'armonizzazione dei metadati, ha consentito di condividere dati ed elaborazioni con collaboratori provenienti da tutta Europa. Strumenti come il FIS, sviluppato per i siti dimostrativi, può essere replicato e pensiamo che possa essere estremamente utile anche un suo upgrade a livello paneuropeo per quantificare tutti gli indicatori GFS che devono essere monitorati e misurati per gli accordi e le agende internazionali. Ciò è ancora più vero se lo si estendesse a scala globale laddove l'UE è coinvolta nella cooperazione allo sviluppo per sostenere una governance migliorata e promuovere la conservazione delle foreste attraverso le attività FLEGT e REDD + (Riduzione delle emissioni da deforestazione e degradazione delle foreste). Soprattutto nei paesi in via di sviluppo in cui la mancanza di dati è la norma, metodologie come quelle sviluppate nel nostro progetto potrebbero aiutare, ad esempio, nello sviluppo e nella promozione della strategia REDD +. Infatti, spesso in questi paesi manca l'inventario, ma un'implementazione delle metodologie FRESh LIFE potrebbe essere la base per rispondere alle esigenze delle attività come FLEGT e REDD +. La stima di variabili come la provvigione o la biomassa nei paesi in cui non è così facile accedere sia ai dati esistenti che ai dati telerilevati potrebbero essere stimate trarre le metodologie dimostrate nel nostro progetto. In questi paesi, si potrebbe sviluppare una metodologia analoga a quella del FRESh che integri dati acquisiti da diversi vettori nell'acquisizione dei dati (SAPR, satelliti, ecc.) per creare un flusso di lavoro che permetta di implementare un campionamento di tipo gerarchico.

***Suggeriamo ai policy makers di attivare misure economiche che possano aiutare i proprietari di foreste a utilizzare nelle loro aziende forestali SAPR e FIS. Alcuni di queste misure economiche potrebbero essere potenzialmente aggiunte alle misure dei piani di sviluppo rurale relative alle innovazioni***

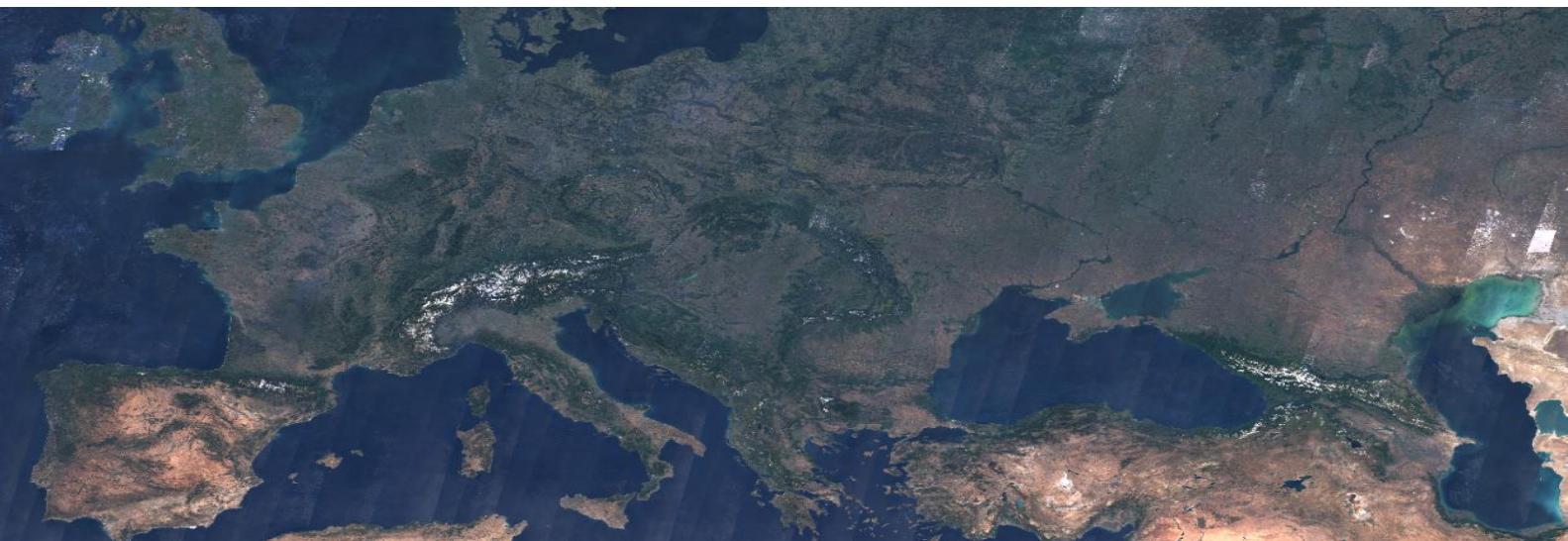


## *Sfide UE per i policy makers per applicare i risultati di FRESH LIFE a scale territoriali più ampie*



I risultati raggiunti dal progetto FRESH LIFE dimostrano le potenzialità dell'integrazione dei dati da telerilevamento ad alta risoluzione nella GFS. La scala su cui si è concentrato il progetto è quella della singola proprietà forestale singola al fine di fornire ai gestori forestali locali strumenti specifici progettati per i loro territori. I dati da telerilevamento (RS) acquisiti dagli SAPR hanno dimostrato la loro efficacia migliorando la precisione della stima degli indicatori di GFS rispetto ad altri tipi di dati RS. A partire dal 2014, quando il progetto è stato approvato, l'uso dei dati SAPR per le applicazioni forestali è aumentata di anno in anno insieme alla disponibilità di nuovi modelli e sensori. Gli studi, condotti su diversi tipi di ecosistemi forestali, hanno dimostrato che l'uso dei dati SAPR offre nuove opportunità per il monitoraggio delle risorse forestali ad alta risoluzione spaziale e temporale. Tuttavia, il loro utilizzo per l'inventario forestale a livello nazionale o panaeuropeo è ostacolato dagli elevati costi di acquisizione dei dati SAPR per la copertura completa di aree di dimensioni superiori a 10 km<sup>2</sup> (Dandois ed Ellis, 2013; Whitehead et al., 2014). Oltre ai costi, un'altra grave limitazione all'uso pratico degli SAPR nella selvicoltura, come abbiamo già sottolineato in precedenza, è la regolamentazione nazionale. Indipendentemente dalle grandi differenze tra le legislazioni nazionali, le attuali normative aeronautiche in generale svolgono un ruolo principale nella definizione della gamma di aree per le quali i SAPR possono essere utilizzati e nella definizione delle dimensioni dei velivoli utilizzati; anche se il nuovo regolamento sui droni dell'UE, sta cercando di rispondere a tale limitazione. Come già detto, il requisito di condurre operazioni con SAPR all'interno di una linea visiva (VLOS) spesso limita l'area che può essere coperta da ogni volo poiché il SAPR deve essere sempre visibile ad occhio nudo.

Le limitazioni dei pesi consentiti ai SAPR influiscono anche indirettamente sulla gamma di funzionamento di questi sistemi ostacolando l'uso di batterie grandi, pesanti e di lunga durata. È quindi chiaro che le metodologie proposte dal progetto FRESH LIFE necessitano di un qualche adattamento per essere applicate su una scala più ampia. Pensare ad un ampliamento dei risultati del progetto su scala regionale o nazionale ci pone immediatamente di fronte al problema dell'impossibilità di acquisire la copertura totale dell'intera area di studio con i dati SAPR. Nei siti dimostrativi in cui l'area è di circa 200-300 ha, questo non è un problema; anche l'ampliamento attività legate al piano di gestione forestale di Vallombrosa e Rincine dove l'area, intorno ai 1000 ha, ha consentito una copertura completa da parte dei SAPR con un costo ancora basso. La sfida tecnica per esplorare il potenziale dei dati SAPR negli inventari forestali è stata raccolta da molti autori negli ultimi anni. Laddove non sia possibile un'acquisizione della copertura completa, anche in presenza di un ampio database di dati inventariali in campo (plot), sono necessari altri dati completi per collegare i diversi strati e migliorare l'accuratezza dei modelli di stima. Il modo proposto è quello di combinare più dati RS utilizzando, nel nostro caso, campioni di dati SAPR e una copertura satellitare completa, come suggerito da Puliti et al. (2018). Secondo il suo metodo, la combinazione di dati SAPR con immagini satellitari potrebbe portare ad un aumento della precisione degli stimatori delle proprietà chiave delle foreste e consentire la produzione di mappe. Questo approccio può pertanto beneficiare dei dati SAPR ad alta risoluzione e della vasta copertura delle immagini satellitari e, potenzialmente, offrire un'alternativa economica ai metodi esistenti per le indagini forestali su vasta area.



I dati satellitari utilizzati in questo studio sono quelli della missione multispettrale Sentinel-2 che si prestano bene anche ai nostri casi per la loro elevata risoluzione spettrale, spaziale e temporale (Drusch et al., 2012). Tenendo conto dei risultati raggiunti dagli studi citati e di quelli del progetto FRESH LIFE, le attività di up-scaling potrebbero portare al miglioramento delle stime dell'Inventario forestale nazionale italiano attraverso un approccio basato su modelli di inferenza gerarchici (Saarela et al., 2016). Con lo stesso metodo proposto da Puliti et al. (2018) possiamo provare a combinare i dati dei plot dell'Inventario forestale nazionale italiano (INFC) con i dati RS di Sentinel-2 e SAPR. Aggiungendo un campione di dati RS acquisiti da SAPR che volano sui plot dell'inventario è possibile aumentare l'accuratezza della stima delle variabili sia rispetto alla procedura di inferenza basata sul modello (spazializzazione semplice dei dati dell'inventario) sia sul metodo di inferenza basato sul modello con dati Sentinel-2 con copertura totale. Come indicato nella proposta di progetto, l'uso dei dati SAPR in questo flusso di lavoro comporta la possibilità di aggiornare i valori INFC immettendo nuovi dati SAPR e RS che sono più facili e veloci da acquisire rispetto ai dati RS da altri vettori.

Pertanto, suggeriamo all'Ufficio Regioni e Foreste del Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali dei Paesi UE di includere queste nuove metodologie nelle nuove strategie forestali nazionali, specialmente nei Paesi che non hanno una copertura completa dei dati LIDAR.

#### **Bibliografia della sezione:**

- Dandois, J.P., Ellis, E.C., 2013. High spatial resolution three-dimensional mapping of vegetation spectral dynamics using computer vision. *Remote Sens. Environ.* 136, 259–276.
- Drusch, M., Del Bello, U., Carlier, S., Colin, O., Fernandez, V., Gascon, F., Hoersch, B., Isola, C., Laberinti, P., Martimort, P., Meygret, A., Spoto, F., Sy, O., Marchese, F., Bargellini, P., 2012. Sentinel-2: Esa's optical high-resolution mission for Gmes operational services. *Remote Sens. Environ.* 120, 25–36.
- Puliti, S.; Saarela, S.; Gobakken, T.; Ståhl, G.; Næsset, E. Combining UAV and Sentinel-2 auxiliary data for forest growing stock volume estimation through hierarchical model-based inference. *Remote Sens. Environ.* 2018, 204, 485–497
- Whitehead, K., Hugenholtz, C.H., Myshak, S., Brown, O., LeClair, A., Tamminga, A., Barchyn, T.E., Moorman, B., Eaton, B., 2014. Remote sensing of the environment with small un-manned aircraft systems (Uass), part 2: scientific and commercial applications. *J. Unmanned Veh. Sys.* 02, 86–102.



## FRESH LIFE

**“Demonstrating Remote Sensing integration in sustainable forest management”**

LIFE Project Number  
LIFE14 ENV/IT/000414

[www.freshlifeproject.net](http://www.freshlifeproject.net)