

**Reg. UE n. 1305/2013 – PSR 2014/2020 – Bando relativo al Sostegno per l’attuazione dei Piani Strategici e la costituzione e gestione dei Gruppi Operativi (GO) del Partenariato Europeo per l’Innovazione in materia di produttività e sostenibilità dell’agricoltura (PEI – AGRICOLTURA) – Annualità 2017. Decreto dirigenziale n. 17516 del 27/11/2017 e s.m.i. Domande di aiuto Prot. ARTEA n. 003/26348 del 21/11/2019 sottomisura 16.2 (CUP ARTEA 861762) relativa al PSGO n. 1/2017 “SURF -**

# REPORT

## “Acquisizione e armonizzazione dati pre-esistenti nelle aree di investimento del progetto WP2”



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE  
**DAGRI**  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE  
E TECNOLOGIE AGRARIE  
ALIMENTARI, AMBIENTALI E FORESTALI

Report redatto da: Gherardo Chirici, Susanna Nocentini, Davide Travaglini, Claudia Coccozza, Patrizia Rossi, Saverio Francini, Giovanni D’Amico, Elia Vangi, Cristiano Castaldi, Francesca Giannetti



## 1. PREMESSA

Gli inventari forestali sono tra i più importanti strumenti conoscitivi per le decisioni di politica forestale e ambientale sia a livello regionale, che nazionale, che internazionale in quanto registrano lo stato delle risorse forestali in un determinato luogo e le sue variazioni nel tempo. A questo scopo gli inventari devono essere periodicamente aggiornati per costituire un'importante rete di monitoraggio permanente in grado di fornire risultati con validità statistica.

Storicamente gli inventari forestali sono nati per la stima dell'entità e del valore delle risorse legnose di un Paese, ma attualmente ricoprono una valenza diversa poiché sono utili strumenti di conoscenza di molteplici servizi ecosistemici forniti dai soprassuoli forestali anche in un'ottica di lotta ai cambiamenti climatici.

Infatti, la conoscenza di variabili forestali strutturali è di fondamentale importanza anche per la conservazione della flora della fauna, inoltre i sistemi forestali ricoprono un ruolo fondamentale nello stoccaggio del carbonio in quanto fissano l'anidride carbonica contribuendo al riequilibrio del ciclo del carbonio, fortemente alterato dalle attività umane, e la trasformano in una risorsa straordinaria: il legno.

Per questo il sistema sviluppato nell'ambito del GO-SURF costituisce nelle aree di investimento una rete di monitoraggio inventariale che sia in grado di fornire informazioni differenti sui sistemi forestali concentrandosi sulla stima di variabili forestali quali: il volume legnoso, la biomassa e la struttura delle formazioni forestali.

Le informazioni sulla foresta vengono raccolte generalmente a scale differenti e per molteplici scopi. In genere, gli inventari forestali si basano su un disegno campionario che individua delle aree a terra che devono essere misurate e sulla base delle quali vengono eseguite le stime aggregate delle variabili di interesse a scale differenti (e.g. provincia, regione, nazione) a seconda della costruzione del disegno campionario (ad es. Tomppo et al.2010; Tomppo et al.2011; Fridman et al.2014). Queste statistiche sono utili nel contesto di monitoraggio delle funzioni dei sistemi forestali sia a livello di azienda, che regionale, nazionale ed internazionali. Infatti, gli IF consentono di effettuare valutazioni sulla sostenibilità e strumenti utili alla pianificazione strategica territoriale. Storicamente, gli IF si sono concentrati sulle risorse legnose, oggi, invece gli IF forniscono informazioni su diversi importanti servizi ecosistemici (vedere Hansen e Malmaeus 2016; Mononen et al.2016), come la fornitura di

materiale all'industria, la bioenergia, la biodiversità e i cambiamenti nello stoccaggio di carbonio (vedere ad esempio Chirici et al.2012; Rondeux et al.2012).

Negli ultimi dieci anni, gli IF tradizionali, si sono modificati in moltissimi paesi, passando dalla produzione di statistiche aggregate alla produzione di mappe delle risorse forestali costruite utilizzando modelli che legano i dati a terra con i dati da telerilevamento come immagini satellitari, scansioni Laser Scanner Aeree, o dati tridimensionali fotogrammetrici. Questi nuovi inventari forniscono stime sullo stato delle risorse forestali attraverso due possibili approcci: stima basata sul disegno, stima assistita da modello.

In entrambi i casi l'utilizzo di variabili predittive ausiliarie derivanti da dati di telerilevamento consente di aumentare la precisione di stima rispetto agli IF tradizionali riducendo anche il numero di acquisizione di aree campionarie a terra. Sono diversi i metodi che possono essere utilizzati per produrre mappe delle variabili della foresta integrando osservazioni campionarie (plot) e dati telerilevati (Corona et al., 2014). Tali metodi si basano sul presupposto che sia possibile costruire un modello della relazione tra le variabili forestali da prevedere (provvigione legnosa e biomassa) e le variabili predittive disponibili per l'intera area forestale (dati satellitari, dati LiDAR, variabili cartografiche). Questi metodi includono sia tecniche parametriche (ovvero regressione lineare multipla, regressione ponderata geograficamente) che non parametriche (ovvero k-NN, RandomForests, reti neurali, ecc.) (Barrett et al., 2016; Brosfske et al., 2014; Chirici et al. al., 2016; Moser et al., 2017) e sono già stati testati in diversi tipi di foreste e regioni (Chirici et al., 2016).

Tutti questi metodi sono stati ampiamente applicati con l'utilizzo di variabili predittive telerilevate basate su dati 3D (LiDAR, radar o fotogrammetria) (ad es. McRoberts et al., 2010a, b; Næsset, 2007; Nilsson et al., 2017; Nord-Larsen e Schumacher, 2012; Persson et al. al., 2017; Waser et al., 2017, 2015; Hobi e Ginzler, 2012; Ginzler e Hobi, 2015; Breidenbach e Astrup, 2012; Rahlf et al., 2014) o immagini multispettrali acquisite da aereo o da piattaforme satellitari (ad esempio Brosfske et al., 2014; Fernández-Landa et al., 2018; Matasci et al., 2018; Reese et al., 2002). Tutti questi approcci sono già diventati operativi in molti paesi europei (Kangas et al., 2018), mentre nelle aree mediterranee le esperienze sono ancora limitate (Chirici et al., 2020).

Tuttavia, l'approccio inventariale di tipo nuovo è fondamentale nelle aree mediterranee, come la Regione Toscana dove si riscontra una crescente necessità conoscenza del patrimonio foreste che

risulta essere più vulnerabili agli scenari di cambiamento climatico e ai disturbi naturali e antropici come gli incendi boschivi e l'espansione urbana (FAO, 2013; Scarascia -Mugnozza et al., 2000).

Per questo anche a livello di azienda è fondamentale implementare questi nuovi metodi al fine di implementare attività di controllo e pianificazione sempre più precise. Infatti, si riscontra la necessità di disporre di un moderno strumento di tutela e valorizzazione delle superfici, del paesaggio e dell'economia forestale, in conformità anche con i contenuti del Testo unico in materia di foreste e filiere forestali (D.L. 3 aprile 2018, n. 34).

La disponibilità di informazioni dettagliate a livello locale sullo stato e sulle caratteristiche del patrimonio forestale è di primaria importanza al fine non solo della conoscenza del territorio, ma soprattutto come base informativa e propositiva per una gestione sostenibile delle risorse naturali.

La necessità di disegnare le scelte colturali sull'individualità ecosistemica e biologica dei popolamenti forestali implica un'approfondita e puntuale conoscenza nonché la caratterizzazione delle tendenze strutturali nello sviluppo dei soprassuoli, dei caratteri stazionali condizionanti e della percorribilità delle soluzioni gestionali in rapporto alla stabilità e al dinamismo delle diverse situazioni.

Per poter sviluppare tutto questo il primo passo è stato quello di acquisire tutte le informazioni telerilevate, inventariali e di cartografia di base pre-esistenti per il territorio toscano in generale e per le aree di investimento.

## **2. Obiettivi**

L'Università degli Studi di Firenze (UNIFI) è il beneficiario responsabile dell'Azione WP2 - Raccolta informazioni per progetto pilota - del progetto GO SURF.

Il WP2 ha lo scopo di raccogliere tutte le informazioni già esistenti nei siti pilota identificati per lo svolgimento delle attività dimostrative.

Si tratta in particolare di raccogliere informazioni riguardanti misure fatte a terra in aree di saggio, cartografie tematiche, piani di gestione già realizzati, informazioni telerilevate.

Nel corso del WP2 le informazioni saranno tra loro armonizzate in termini di standard informativi internazionali (direttiva INSPIRE).

Con il contributo del CNR-IBIMET saranno quindi prodotte le stime degli indicatori dei servizi ecosistemici nelle aree pilota per integrazione tra immagini telerilevate e aree misurate a terra.

Aree di investimento del progetto:

- Grosseto – Pinete Litoranee
- Mensano – Azienda Alma Ceres
- Monte Morello – SIC Monte Morello IT5140008
- Pizzorne – Azienda La Selva
- Rincine - Complesso forestale regionale di Rincine
- Vallombrosa – Riserva Naturale Biogenetica di Vallombrosa

### 3. Acquisizioni informazioni generali forestali sulla Regione Toscana

La Toscana è una Regione dell'Italia centrale con una superficie di 22992 km<sup>2</sup>, il territorio è prevalentemente collinare (67%) e montuoso (25%), con limitate aree pianeggianti (circa l'8% del territorio). La superficie boscata della Toscana risulta di 1086000 ettari, pari al 47% del territorio regionale con predominanza di querceti caducifogli (cerro, roverella), che ricadono su 414000 ettari, pari al 38% di tutta la superficie boscata, seguiti dai soprassuoli a prevalenza di castagno (177000 ettari). In ambiente montano la specie principali è il faggio che insiste su 76000 ettari, seguita da abeti (14000 ettari) e pino nero (21000 ettari). Nelle aree più propriamente mediterranee predominano le leccete che, occupando 119000 ettari rappresentano per estensione la quarta specie della regione (Fig. 1).

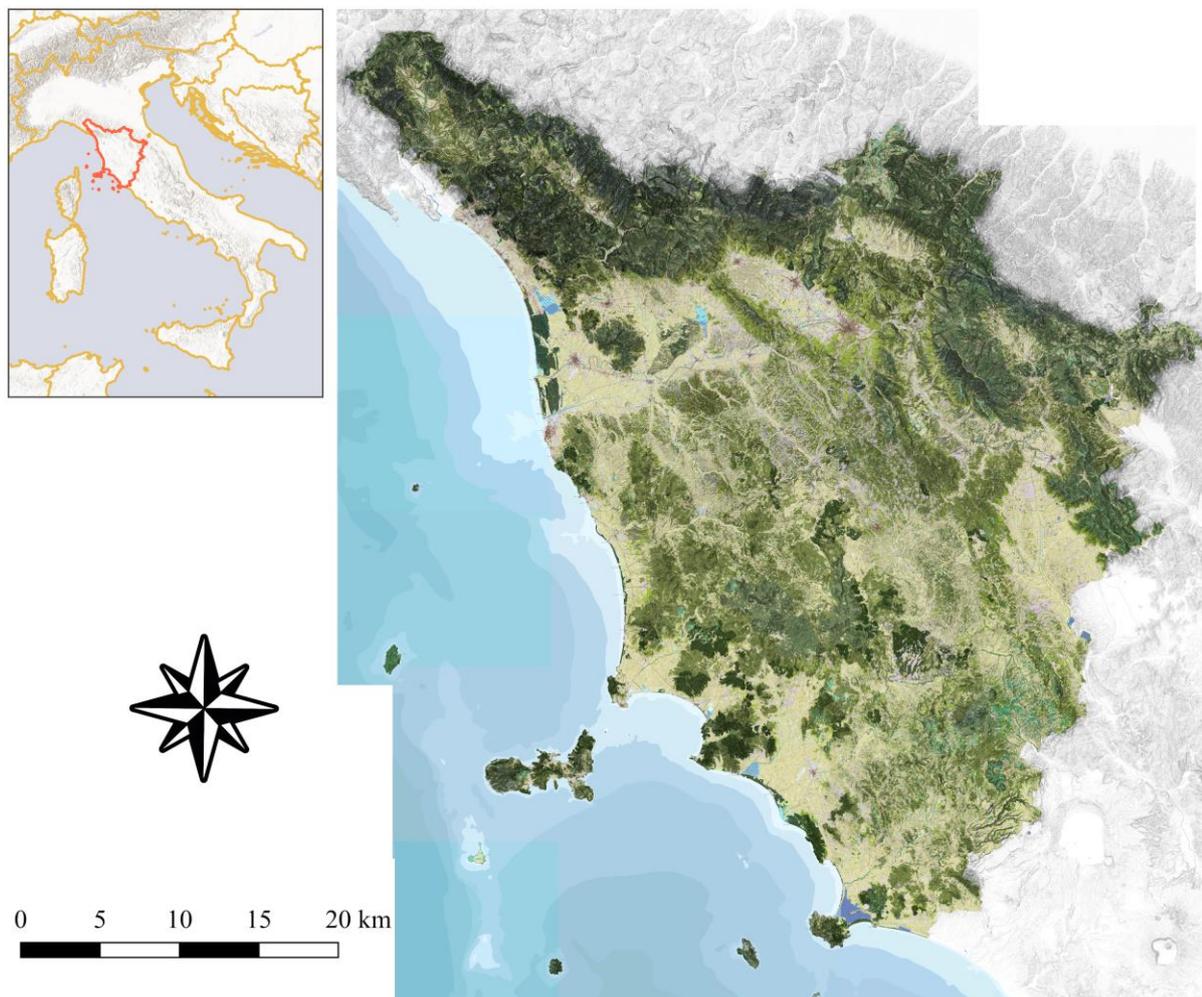


Figura 1. Regione Toscana

#### 4. Acquisizione dati Inventariali

##### 4.1. *Inventario Forestale Nazionale 2015*

Il Corpo Forestale dello Stato (CFS), in collaborazione con il Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria (CREA) del Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali mette a disposizione gratuitamente on-line i dati grezzi dell'Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali del Carbonio - INFC2005, il secondo inventario forestale nazionale italiano dati sono disponibili insieme ai relativi metadati all'indirizzo ⇒ <http://www.inventarioforestale.org/>.

Previa registrazione i dati INFC 2005 relativi ai cavallettamenti dei plot ricadenti in Toscana e nelle regioni limitrofe (Liguria, Emilia Romagna, Umbria, Lazio) (Figura 2) sono stati scaricati dall'Università degli Studi di Firenze ed elaborati attraverso codici propri sviluppati su R-CRAN al fine di derivare variabili inventariali come Provvigione Legnosa, Biomassa e Area Basimetrica. Per il calcolo della provvigione legnosa (m3/ha) e Biomassa (kg/ha) sono state utilizzate le equazioni dell'inventario forestale nazionale (Tabacchi et al., 2011).

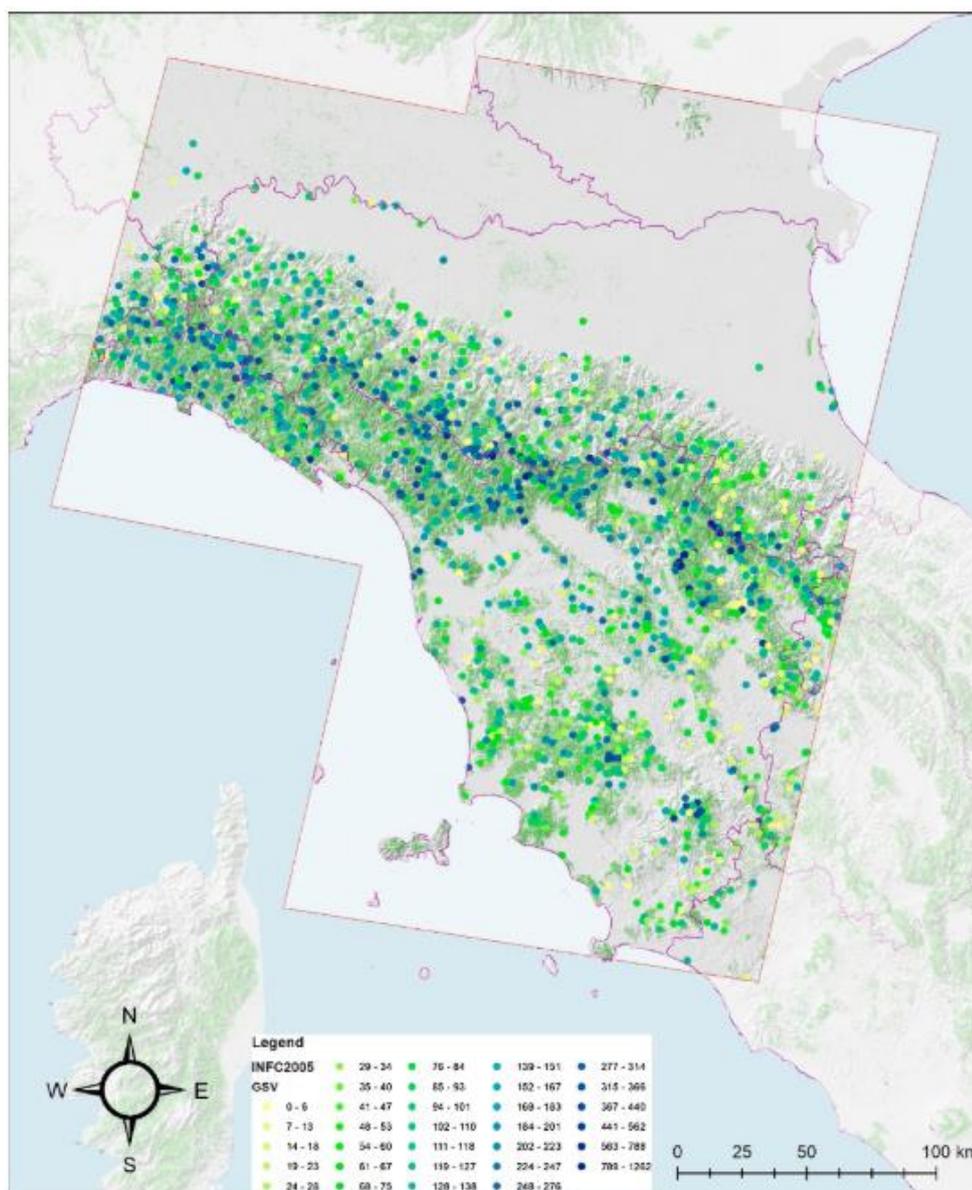


Figura 2 - distribuzione dei plot INFC processati nell'ambito del GO-SURF riportanti il valore di provvigione Legnosa derivato dai dati di cavallettamento totale

La provvigione legnosa ( $m^3/ha$ ) e la biomassa ( $kg/ha$ ) di ogni albero è stato stimata utilizzando modelli allometrici specie-specifici sviluppati nel quadro dell'INFC che utilizzano il diametro a 1.30 e l'altezza totale dell'albero come variabili indipendenti (Tabacchi et al., 2011). La provvigione legnosa e di biomassa per ettaro di ciascun plot è stata stimata come aggregazione del volume di tutti gli alberi misurati nel plot (Figura 2). L'incertezza delle previsioni dei modelli allometrici per la stima delle variabili inventariali dei plot per le operazioni successive di mappatura verrà considerata trascurabile e ignorata (McRoberts et al., 2016a, b). In Figura 2 riportiamo la distribuzione spaziale dei plot INFC, mentre in Figura 3 riportiamo la distribuzione della provvigione legnosa per i 1350 plot utilizzati.

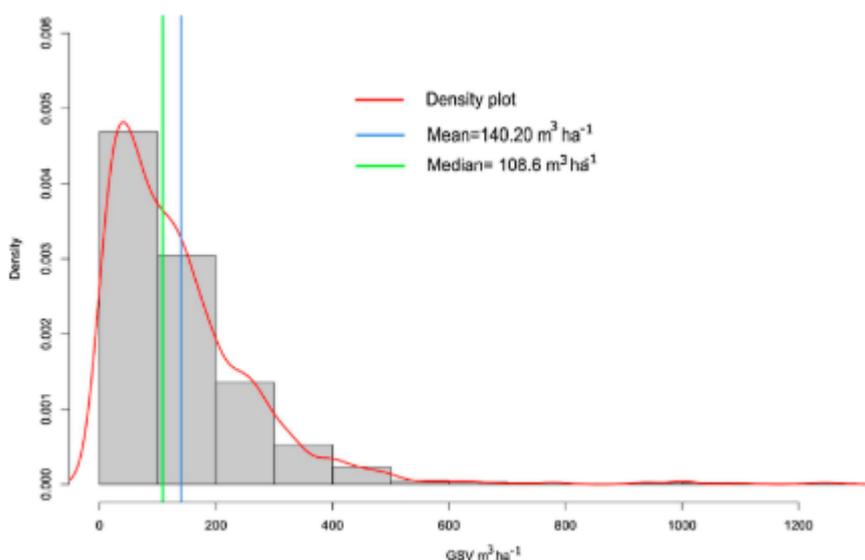


Figura 3 - Distribuzione della provvigione legnosa (GSV) calcolata per i 1350 plot INFC 2005. La linea rossa è la distribuzione della densità, la linea verde è il valore mediano e la linea blu è il valore medio.

## 5. Serie temporali dati multispettrali satellitari

### 5.1. Serie temporale Sentinel-2 2016-2020

I satelliti Sentinel dell'ESA (European Space Agency) costituiscono la componente spaziale del programma Copernicus di osservazione della Terra per il monitoraggio Ambientale. In tale contesto i satelliti Sentinel-2 acquisiscono immagini multispettrali della superficie terrestre nelle lunghezze d'onda del visibile e dell'infrarosso riflesso. Il primo satellite,

Sentinel-2A, è stato lanciato il 23 giugno 2015; il lancio del secondo, Sentinel-2B, è previsto verso la metà del 2016.

I satelliti Sentinel-2 sono equipaggiati con lo strumento MSI (MultiSpectral Instrument) in gradi di acquisire 4 bande nel visibile e vicino infrarosso con risoluzione spaziale 10 m, 6 bande nell'infrarosso con risoluzione spaziale 20 m e 3 bande con risoluzione 60 m di cui una nel blu e due nell'infrarosso. In questo progetto sono state utilizzate immagini dal 2016 al 2020: per ogni mese è stato effettuato un “false color composite RGB 843” utilizzando i pixel con copertura nuvolosa inferiore al 20%. Il dataset delle immagini è stato ottenuto mediante la piattaforma Google Earth Engine con codice elaborato specificamente per questa operazione.

Come esempio riportiamo il codice di estrazione di una singola immagine mensile color composite e il codice di mascheramento delle nuvole utilizzato per generarla. Il codice ogni 5 giorni (tempo di rivisitazione del satellite Sentinel-2) acquisisce i nuovi dati satellitari Sentinel-2 al fine di aggiornare sempre l'immagine disponibile con la più recente

### Code 1 - esempio di codice per il download delle immagini mensili Sentinel-2

```
// Funzione per mascherare le nuvole per le immagini Sentine-2.
function maskS2clouds(image) {
  var qa = image.select('QA60')

  // Bits 10 e 11 sono rispettivamente nuvole e cirri.
  var cloudBitMask = 1 << 10;
  var cirrusBitMask = 1 << 11;
  var mask = qa.bitwiseAnd(cloudBitMask).eq(0).and(
    qa.bitwiseAnd(cirrusBitMask).eq(0)
  )

  // Ritorno della maschera
  return image.updateMask(mask).divide(10000)
    .select("B.*")
    .copyProperties(image, ["system:time_start"])
}

// Creazione del composit cloud free mensile esempio agosto 2019
var collection = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2')
  .filterDate('2019-08-01', '2019-08-31')
  .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 20))
  .map(maskS2clouds)
//visualizzazione del composit mensile
var composite = collection.median()
```

Figura 4 - Implementazione del codice per l'estrazione delle immagini mensili Sentinel-2 su google earth engine e relativo download nella repository di dati del progetto.

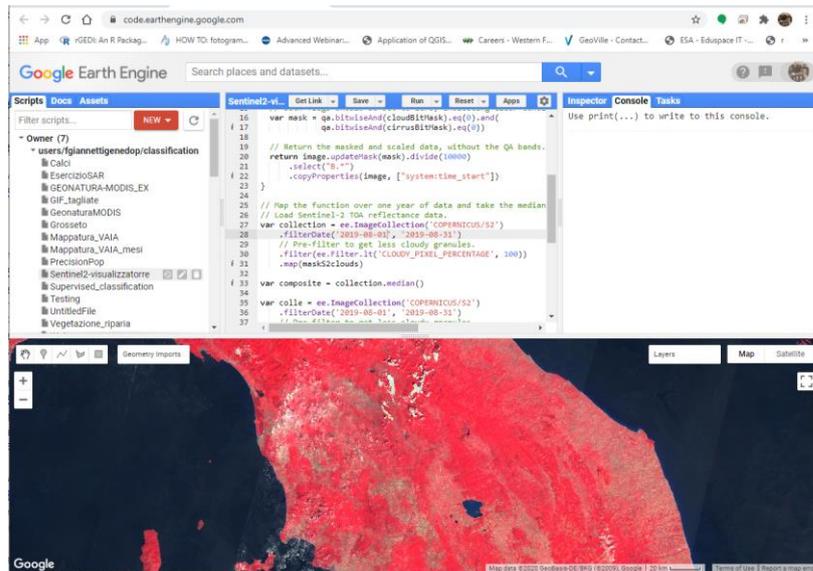
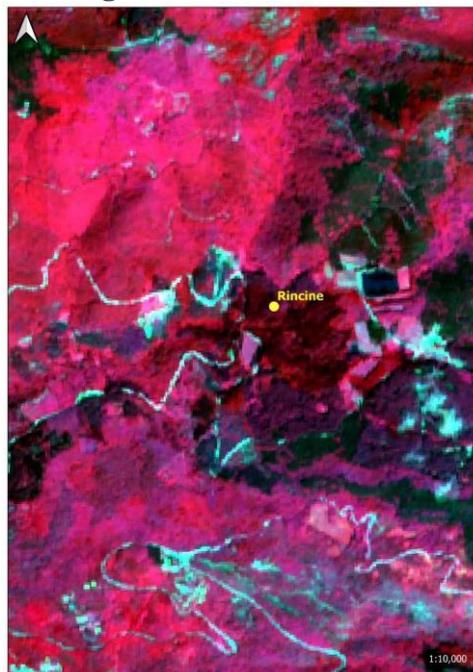


Figura 5 - esempio di immagine Sentinel-2 nell'area di investimento Rincine



### 5.2. Serie temporale Landsat 2015-2020

I dati delle missioni satellitare Landsat sono stati a lungo utilizzati per condurre analisi su cambiamenti e dinamiche ambientali, grazie alla libera disponibilità di immagini multispettrali delle superfici terrestre di più lunga data (45 anni) e alla sua alta risoluzione spaziale (30 m) e temporale (16-18 giorni). Il dataset Landsat completo (che include le missioni Landsat 5, 7 e 8) è disponibile nella piattaforma cloud Google Earth Engine (GEE), che rende facile l'accesso a risorse di calcolo ad alte prestazioni (HPC, High Performance Computing) per l'elaborazione di dataset geospaziali (Gorelick et al., 2017).

Per studiare il comportamento spettrale delle foreste e l'andamento dell'attività fotosintetica nel corso degli ultimi anni abbiamo prodotto 72 composite cloudfree, uno per ogni mese dal 2015 ad oggi. Ognuna delle 72 immagini presenta 13 bande fra le quali le 6 bande Landsat (blue, green, red, nir, swir1, swir2) e 7 indici (NDVI, EVI, NBR, e tasselled cap brightness, wetness, greenness e angle). Le immagini sono state prodotte utilizzando una metodologia chiamata "Best Available Pixel" (BAP), metodologia proposta da White et al. (2014; 2017). Per applicare il BAP su tutta la Toscana e per 72 mesi consecutivi abbiamo implementato la metodologia su Google Earth Engine (GEE) (Gorelick et al., 2017), una piattaforma cloud che permette di selezionare e processare un enorme quantitativo di immagini rendendo possibili applicazioni sofisticate a diverse scale.

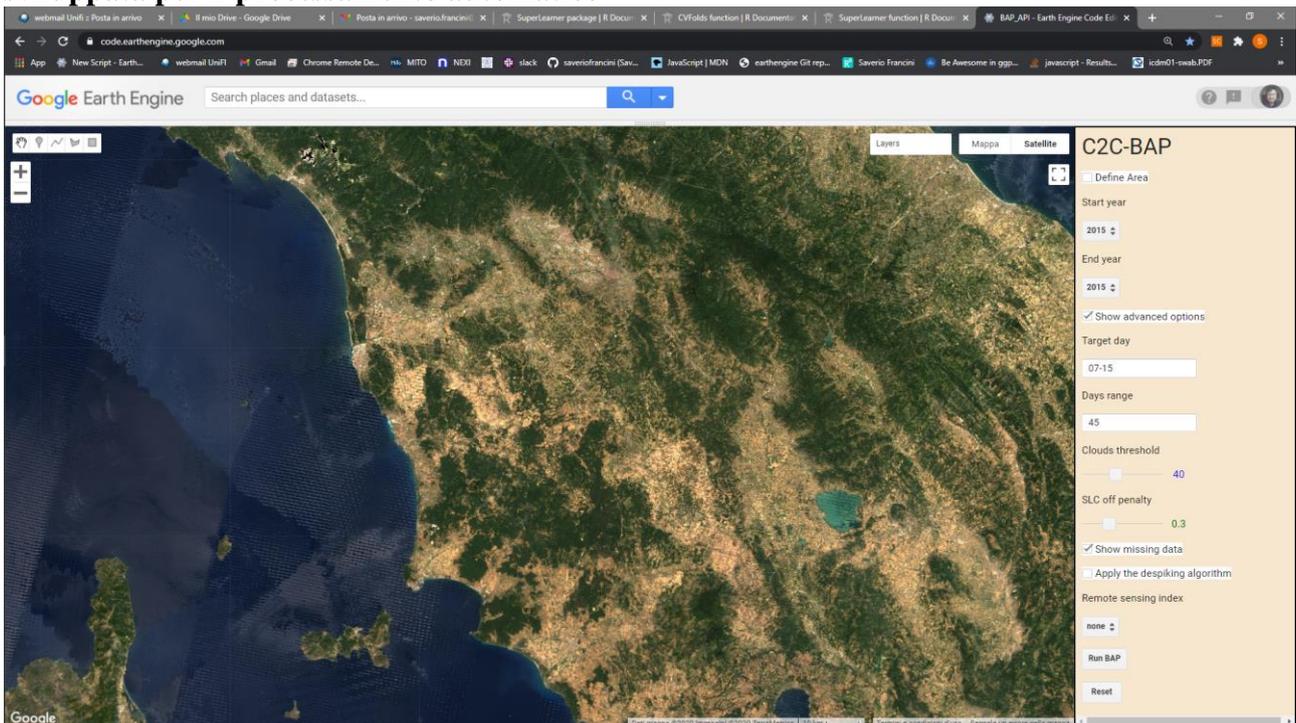
Di seguito si riassumono i passaggi che vengono effettuati dal nostro codice (linguaggio JavaScript) su GEE.

1. Selezione di tutte le immagini Landsat acquisite in Toscana con una copertura nuvolosa inferiore al 70%. Le immagini Landsat sono state acquisite da tre diverse missioni spaziali: Landsat-5 ETM (1984-2012), Landsat-7 ETM+ (2000-Now) e Landsat-8 OLI/TIRS (2013-Now). Per maggiori informazioni sulle immagini si rimanda al catalogo (<https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/landsat>).
2. Le immagini grezze sono state corrette atmosfericamente usando gli algoritmi LaSRC e CFMASK. Il risultato sono delle immagini con la riflettanza al di sotto dell'atmosfera e con le nuvole mascherate (eliminate dalle immagini)
3. Per ognuno dei 72 mesi è stato dato ad ogni pixel un "punteggio" sulla base di 4 criteri:
  - i) distanza dalle nuvole identificate al passaggio 2;
  - ii) distanza in giorni dal

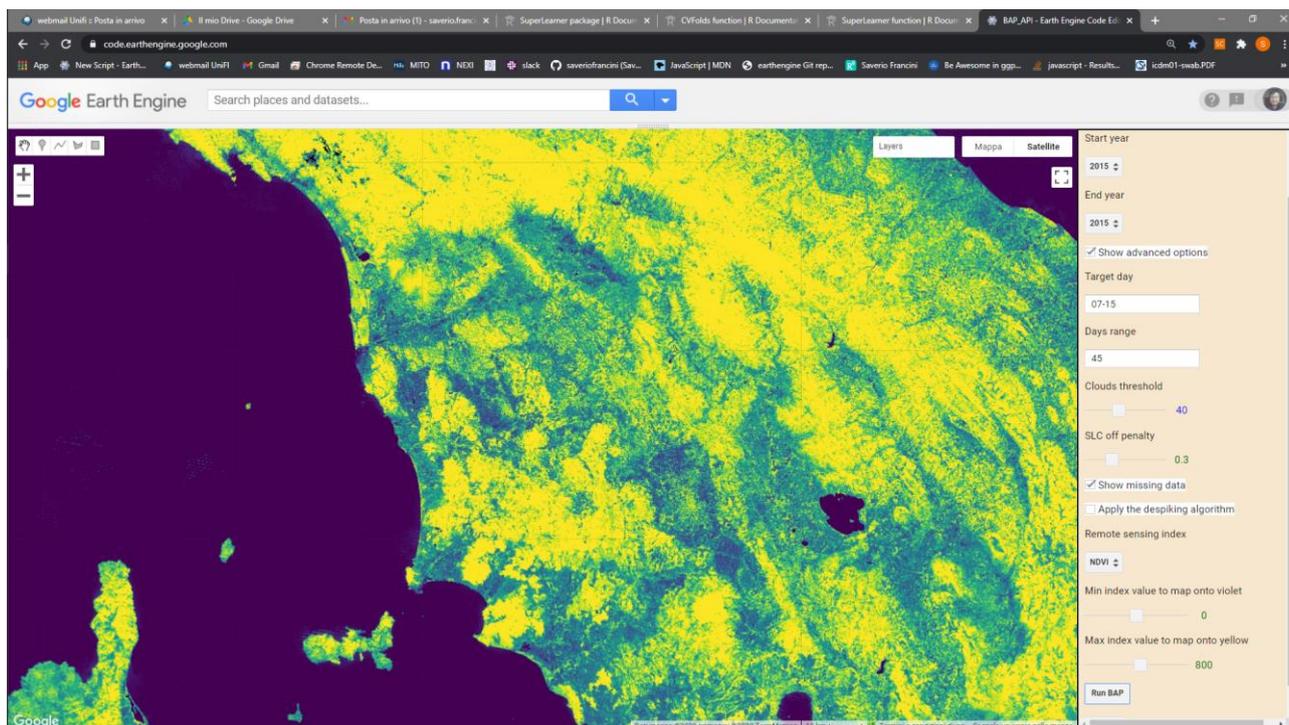
quindicesimo giorno del relativo mese; iii) opacità del pixel; iv) presenza o assenza del difetto SLC-off ([https://www.usgs.gov/faqs/what-landsat-7-etm-slc-data?qt-news\\_science\\_products=0#qt-news\\_science\\_products](https://www.usgs.gov/faqs/what-landsat-7-etm-slc-data?qt-news_science_products=0#qt-news_science_products))

4. Sulla base dei criteri definiti al punto 3, il codice seleziona per ogni pixel e per ogni mese la “migliore” osservazione. Il risultato sono 72 composite BAP. A causa delle nuvole e del tempo di rivisitazione della missione Landsat (15 giorni) le immagini di alcuni mesi, soprattutto quelle invernali, presentano delle aree senza osservazioni disponibili. Questi pixel (data GAP) possono comunque essere predetti in fase di elaborazioni tramite interpolazioni lineare delle immagini prodotte per i mesi precedenti e successivi

**Figura 6 - estrazione delle immagini Landsat utilizzando google earth engine e interfaccia sviluppata per il processamento automatico**



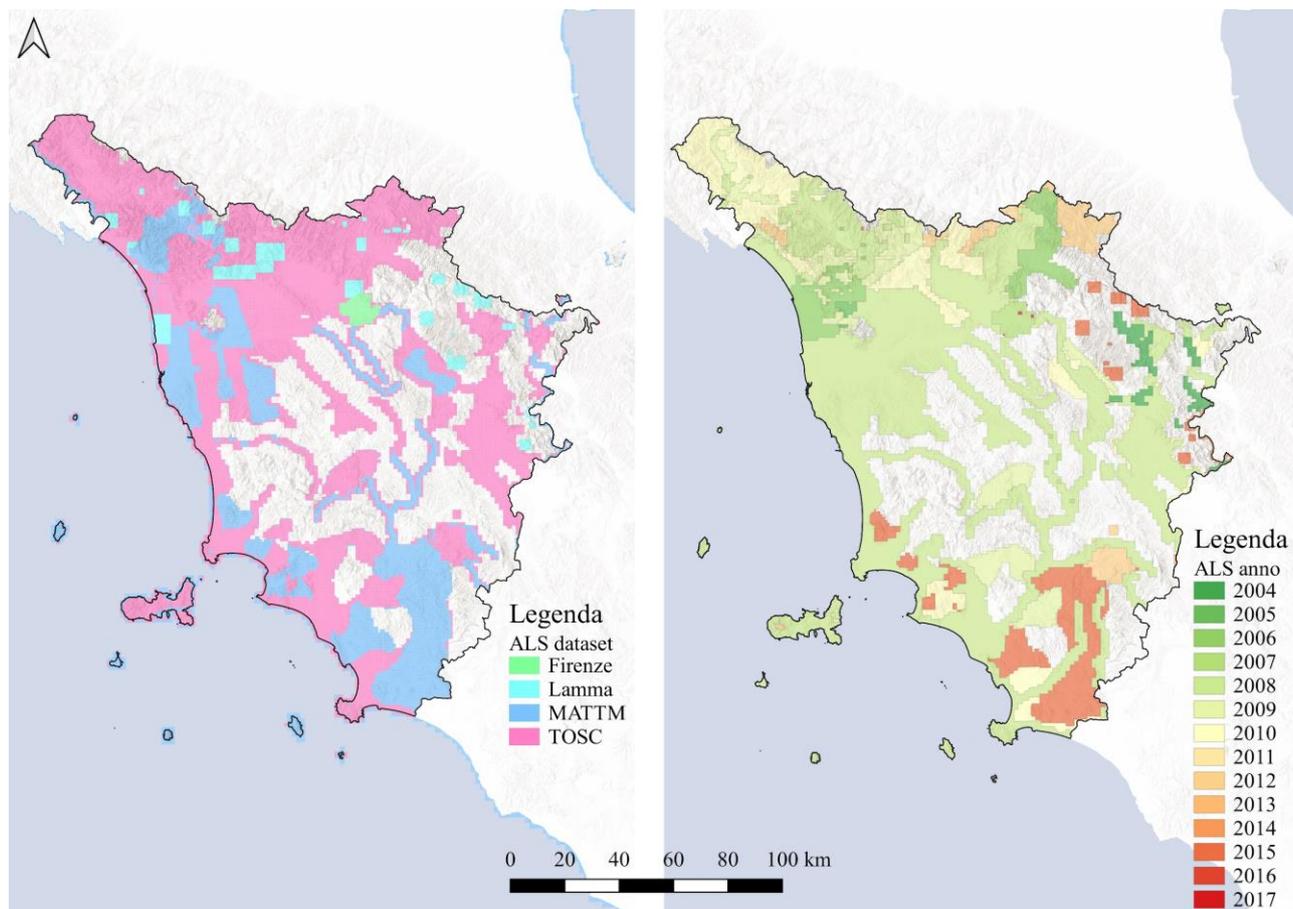
**Figura 7 - estrazione degli indici di vegetazione calcolati sulla base delle immagini Landsat utilizzando google earth engine e interfaccia sviluppata per il processamento automatico di generazione**



## 6. Dati LiDAR acquisiti da aereo

I prodotti LiDAR per il progetto derivano da: Regione Toscana, Consorzio LaMMA (Laboratorio di monitoraggio e modellistica ambientale), Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare (MATTM) e Comune di Firenze.

**Figura 6 - rilievi LiDAR esistenti per la Regione Toscana acquisiti da diversi enti e anno di acquisizione dei dati**



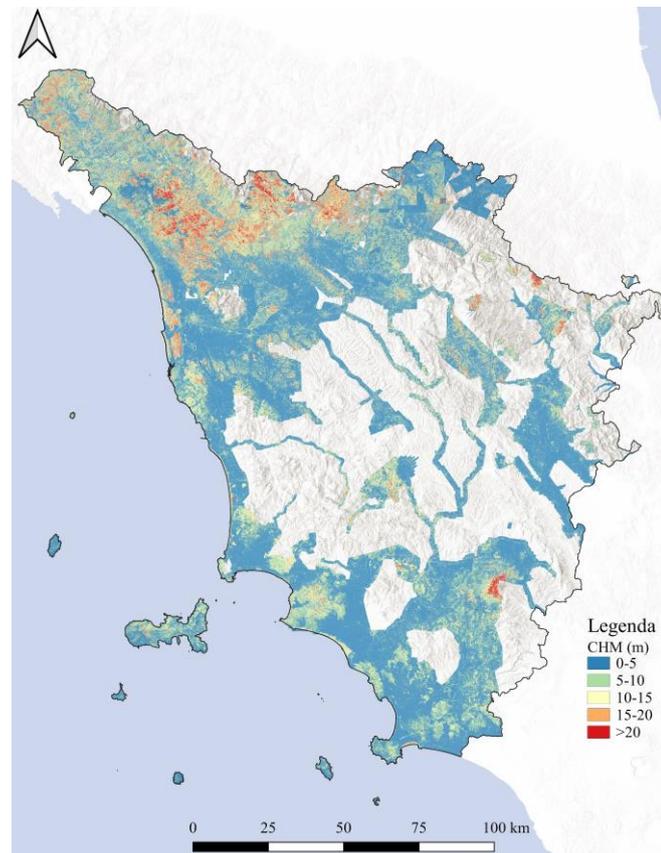
Per i rilievi riportati in Figura abbiamo raccolto due diversi tipi di dati: le nuvole di punti grezze e/o dati pre-elaborati (cioè DSM e DTM). Dove disponibili abbiamo elaborato i dati grezzi con il software LasTools (Isenburg, 2017) utilizzando procedure comuni per la pre-elaborazione dei dati ALS, tra cui la rimozione dei valori anomali, la classificazione ground/non-ground e il calcolo di DTM e del DSM. Il DTM è stato ottenuto classificando i punti ground sulla base dell'algoritmo adattativo del modello TIN (Axelsson, 2000) e il DSM è stato costruito utilizzando i punti non-ground, entrambi i modelli sono stati generati come raster con una risoluzione di  $1\text{m} \times 1\text{m}$ . Successivamente per omogeneizzare i DTM e DSM dei vari rilievi, abbiamo riclassificato i modelli digitali disponibili alle risoluzioni spaziali di  $2\text{m} \times 2\text{m}$  alla comune risoluzione di  $1\text{m} \times 1\text{m}$  utilizzando un filtro di convoluzione cubica. Infine, con i DTM e DSM disponibili alla stessa risoluzione (cioè  $1\text{m} \times 1\text{m}$ ), abbiamo calcolato

per ogni rilievo il Modello digitale delle chiome (CHM) per sottrazione algebrica tra DSM e DTM (Kraus e Pfeifer, 1998):

$$CHM = DSM - DTM$$

I CHM ottenuti sono stati poi proiettati sul sistema di coordinate della griglia nazionale, ovvero il WGS 84 / UTM zona 32 Nord (EPSG:32632) e fusi in un unico CHM raster. Nel caso di sovrapposizioni tra rilievi di diverse annualità, per la generazione del CHM regionale abbiamo selezionato i dati più recente.

**Figure 7 - Modello Digitale delle Chiome (CHM) utilizzando tutti i dati pre-esistenti**



## Cartografia

### 5.1. Corine Land Cover

L'iniziativa Corine Land Cover (CLC), nata a livello europeo per il rilevamento e il monitoraggio delle caratteristiche di copertura e uso del territorio, con particolare

attenzione alle esigenze di tutela, fornisce alcune delle informazioni più frequentemente richieste per la formulazione delle strategie di gestione e di pianificazione sostenibile del territorio, nonché per fornire informazioni di supporto nei processi decisionali a varia scala.

La prima strutturazione del progetto CLC risale al 1985 e gli aggiornamenti periodici rientrano oggi nell'ambito dell'area tematica Land del programma Copernicus. I prodotti del CLC sono basati sulla fotointerpretazione di immagini satellitari che, seguendo una metodologia e una nomenclatura standard, presentano come caratteristiche: 44 classi al terzo livello gerarchico della nomenclatura Corine; unità minima cartografabile (MMU) per la copertura di 25 ettari; ampiezza minima degli elementi lineari di 100 metri; unità minima cartografabile (MMU) per i cambiamenti (LCC) di 5 ettari. Il dataset utilizzato per il nostro studio è il CLC 2006 IV livello, mappatura temporalmente più vicina ai dati rilevati a terra nell'ambito dell'INFC, che prevede per l'Italia approfondimenti tematici al IV livello.

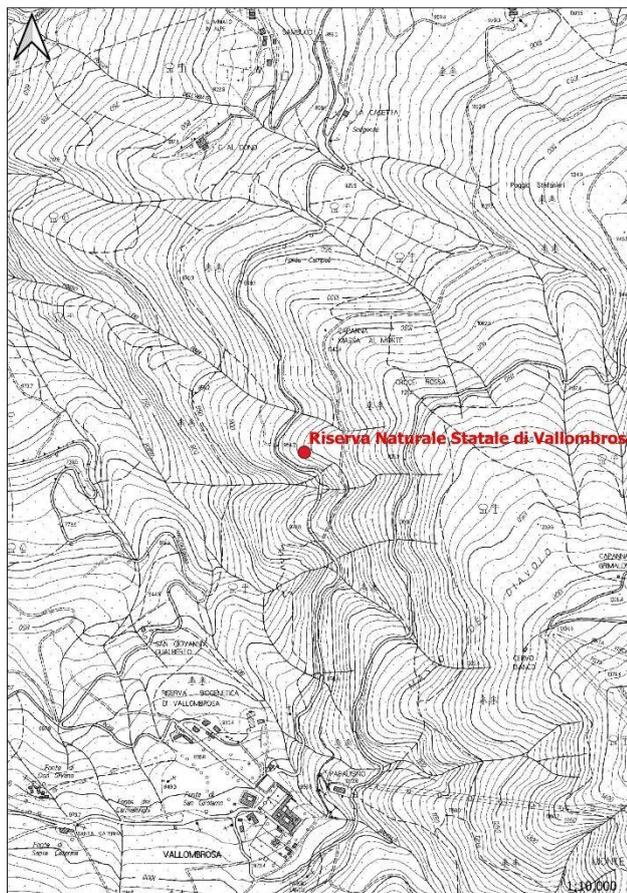
## **5.2. Cartografia di base**

La cartografia di base è ottenuta mediante servizio wms della Regione Toscana. Lo Standard Web Map Service (WMS) fornisce una semplice interfaccia HTTP per richiedere immagini di mappe da uno o più server distribuiti in Internet. Una richiesta WMS definisce quali sono i layer geografici e l'area di interesse da processare. La risposta alla richiesta è una o più immagini di mappa (nel formato JPEG, PNG, ...) che può essere mostrata in un browser Internet. Lo Standard supporta inoltre la possibilità di specificare se l'immagine restituita debba essere trasparente, in modo da poter combinare tra loro layer provenienti da server differenti.

Il Geoportale GEOscopio è lo strumento webgis con cui è possibile visualizzare ed interrogare i dati geografici della Regione Toscana. Qui di seguito i servizi wms utilizzati:

CTR10K. Dataset di Impianto

[http://www502.regione.toscana.it/ows\\_ctr/com.rt.wms.RTmap/ows?map=owsctr&rt\\_ctr.10k\\_impianto](http://www502.regione.toscana.it/ows_ctr/com.rt.wms.RTmap/ows?map=owsctr&rt_ctr.10k_impianto)



## Catasto

### Acque

[http://www502.regione.toscana.it/ows\\_catasto/com.rt.wms.RTmap/ows?map=owscatasto&rt\\_cat.idcatacqua.rt](http://www502.regione.toscana.it/ows_catasto/com.rt.wms.RTmap/ows?map=owscatasto&rt_cat.idcatacqua.rt)

### Strade

[http://www502.regione.toscana.it/ows\\_catasto/com.rt.wms.RTmap/ows?map=owscatasto&rt\\_cat.idcatstrade.rt](http://www502.regione.toscana.it/ows_catasto/com.rt.wms.RTmap/ows?map=owscatasto&rt_cat.idcatstrade.rt)

### Fabbricati

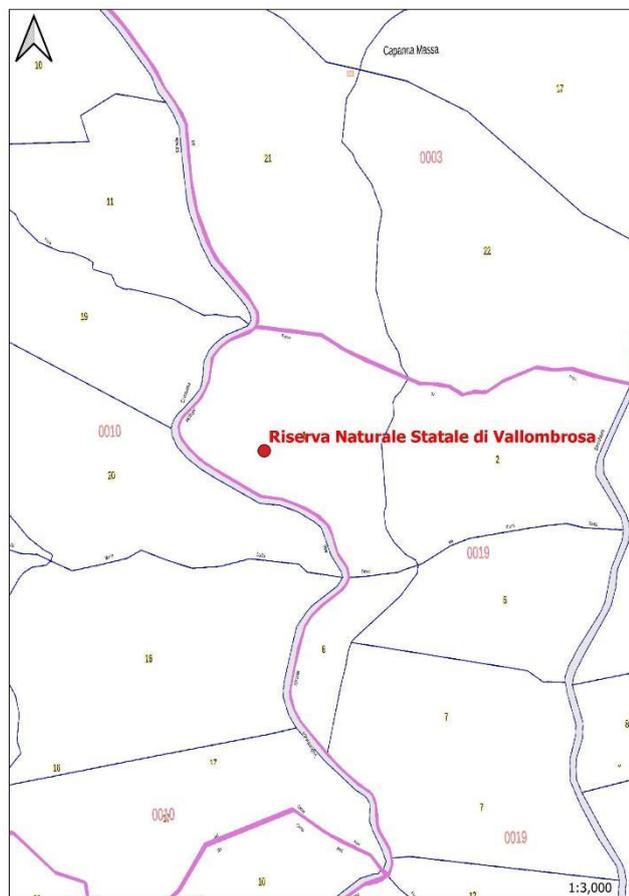
[http://www502.regione.toscana.it/ows\\_catasto/com.rt.wms.RTmap/ows?map=owscatasto&rt\\_cat.idcatfabbr.rt](http://www502.regione.toscana.it/ows_catasto/com.rt.wms.RTmap/ows?map=owscatasto&rt_cat.idcatfabbr.rt)

### Fogli catastali

[http://www502.regione.toscana.it/ows\\_catasto/com.rt.wms.RTmap/ows?map=owscatasto&rt\\_cat.idcatbdfog.rt](http://www502.regione.toscana.it/ows_catasto/com.rt.wms.RTmap/ows?map=owscatasto&rt_cat.idcatbdfog.rt)

Particelle catastali

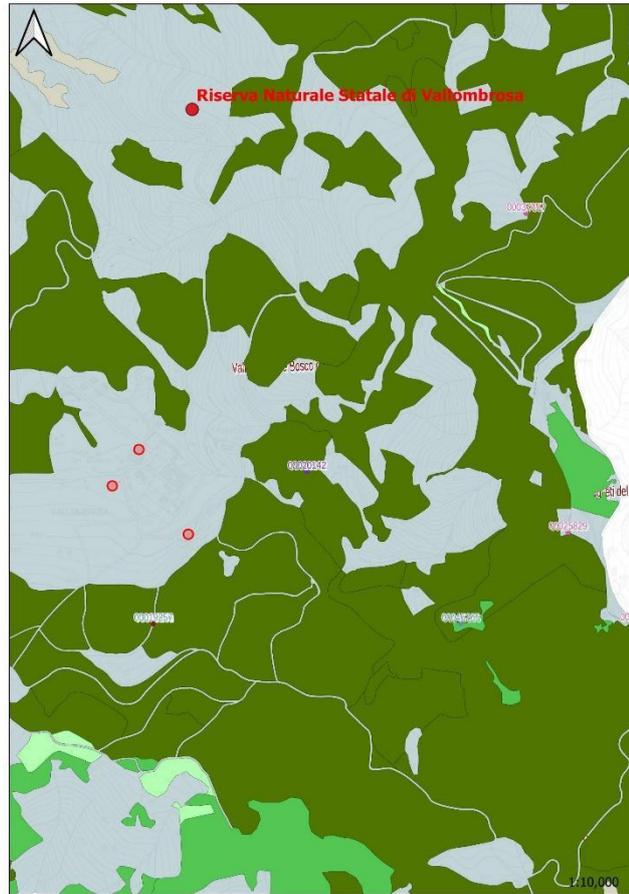
[http://www502.regione.toscana.it/ows\\_catasto/com.rt.wms.RTmap/ows?map=owscatasto&rt\\_cat.idcatpart.rt](http://www502.regione.toscana.it/ows_catasto/com.rt.wms.RTmap/ows?map=owscatasto&rt_cat.idcatpart.rt)



Vincoli Aree Protette

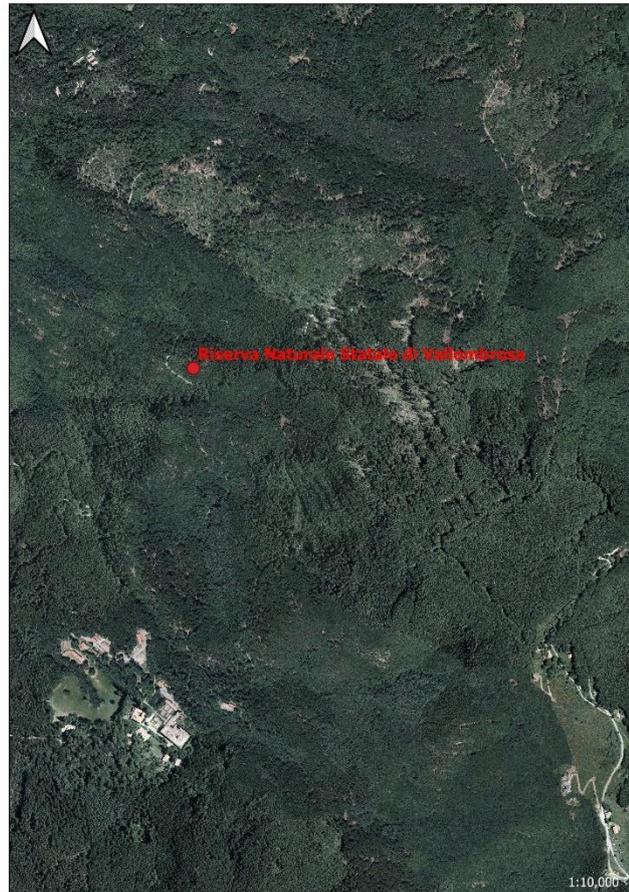
Siti di importanza regionale e Natura 2000

[http://www502.regione.toscana.it/wmsraster/com.rt.wms.RTmap/wms?map=wmsarprot&language=ita&rt\\_arprot.idsir.rt.poly](http://www502.regione.toscana.it/wmsraster/com.rt.wms.RTmap/wms?map=wmsarprot&language=ita&rt_arprot.idsir.rt.poly)



Ortofoto 2019

[http://www502.regione.toscana.it/ows\\_ofc/com.rt.wms.RTmap/wms?map=owsofc&rt\\_ofc.5k19.32bit](http://www502.regione.toscana.it/ows_ofc/com.rt.wms.RTmap/wms?map=owsofc&rt_ofc.5k19.32bit)



## References

- Corona P, Chirici G, McRoberts RE, et al (2011) Contribution of large-scale forest inventories to biodiversity assessment and monitoring. For Ecol Manage 262:2061–2069. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.08.044>
- FAO and Plan Bleu (2018) State of Mediterranean Forests 2018
- Fridman J, Holm S, Nilsson M, et al (2014) Adapting National Forest Inventories to changing requirements - The case of the Swedish National Forest Inventory at the turn of the 20th century. Silva Fenn 48:1–29. <https://doi.org/10.14214/sf.1095>
- Hansen K, Malmaeus M (2016) Ecosystem services in Swedish forests. Scand J For Res 31:626–640. <https://doi.org/10.1080/02827581.2016.1164888>
- Kangas A, Astrup R, Breidenbach J, et al (2018) Remote sensing and forest inventories in Nordic countries– roadmap for the future. Scand J For Res 33:397–412. <https://doi.org/10.1080/02827581.2017.1416666>

McRoberts RE, Cohen WB, Næsset E, et al (2010) Using remotely sensed data to construct and assess forest attribute maps and related spatial products. *Scand J For Res* 25:340–367.

<https://doi.org/10.1080/02827581.2010.497496>

White, J.C., M.A. Wulder, G.W. Hobart, J.E. Luther, T. Hermosilla, P. Griffiths, N.C. Coops, et al. 2014. “Pixel-Based Image Compositing for Large-Area Dense Time Series Applications and Science.” *Canadian Journal of Remote Sensing* 40 (3): 192–212.  
doi:10.1080/07038992.2014.945827.

Scarascia-Mugnozza G, Oswald H, Piussi P, Radoglou K (2000) Forests of the Mediterranean region: gaps in knowledge and research needs. *For Ecol Manage* 132(1):97–109.  
[https://doi.org/Doi 10.1016/S0378- 1127\(00\)00381-9](https://doi.org/Doi 10.1016/S0378- 1127(00)00381-9)

Tomppo E, Heikkinen J, Henttonen HM, et al (2011) Designing and Conducting a Forest Inventory - case: 9th National Forest Inventory of Finland