

Fenologia da remote sensing per lo studio delle risposte forestali ai cambiamenti climatici

SOFIA BAJOCO¹, CARLOTTA FERRARA², LORENZO CESARETTI²

¹CREA - CENTRO DI RICERCA AGRICOLTURA E AMBIENTE

²CREA - CENTRO DI RICERCA FORESTE E LEGNO

Il ruolo della fenologia

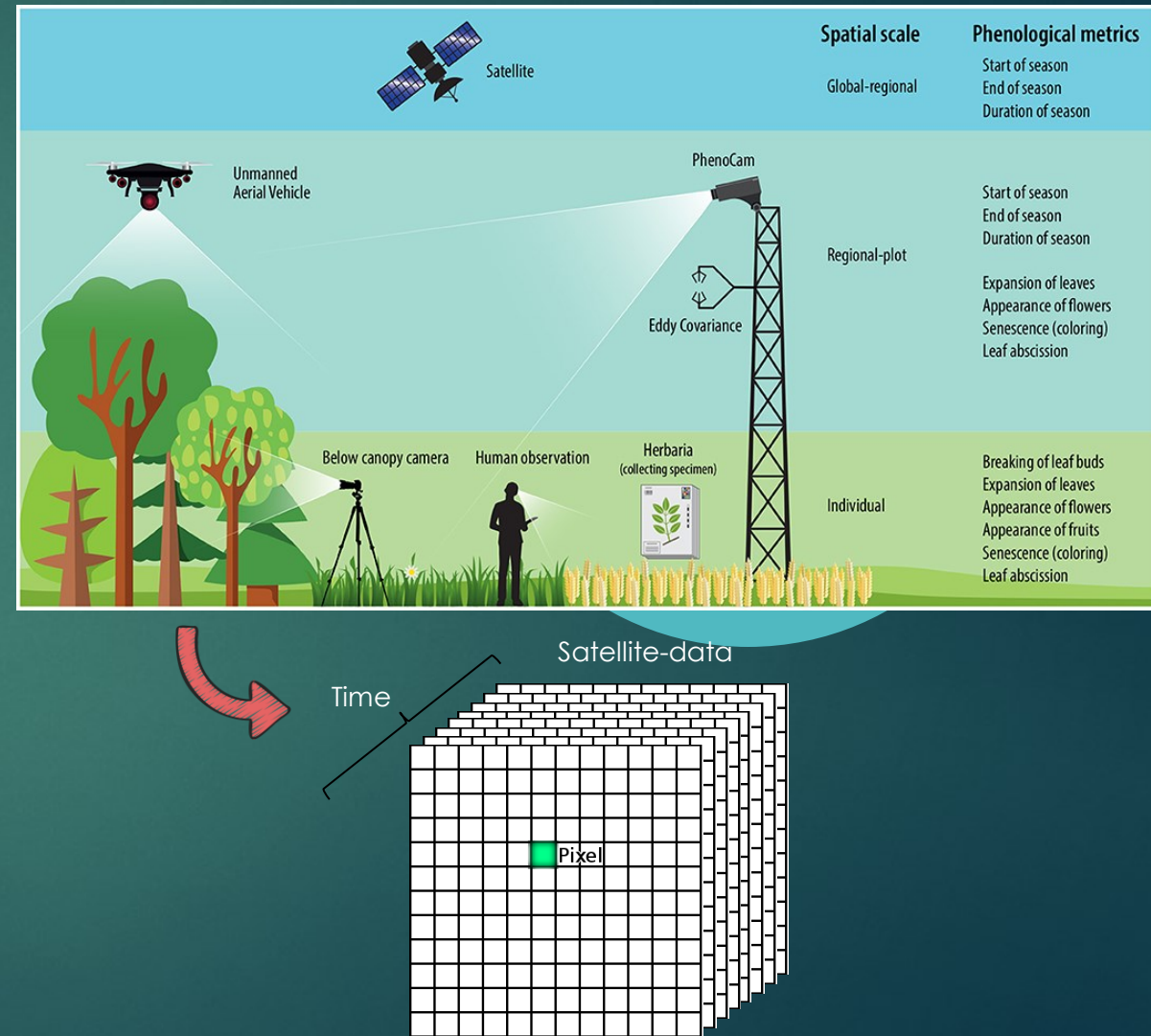
- ▶ La fenologia della vegetazione è un'area dell'ecologia che riguarda i ritmi stagionali delle piante.
- ▶ La fenologia è un indicatore sensibile di come i fattori climatici e fisiografici influenzano gli ecosistemi.
- ▶ Le osservazioni fenologiche a lungo termine, come quelle fornite dal telerilevamento satellitare, sono fondamentali per comprendere le dinamiche spazio-temporali della vegetazione.



Fenologia telerilevata

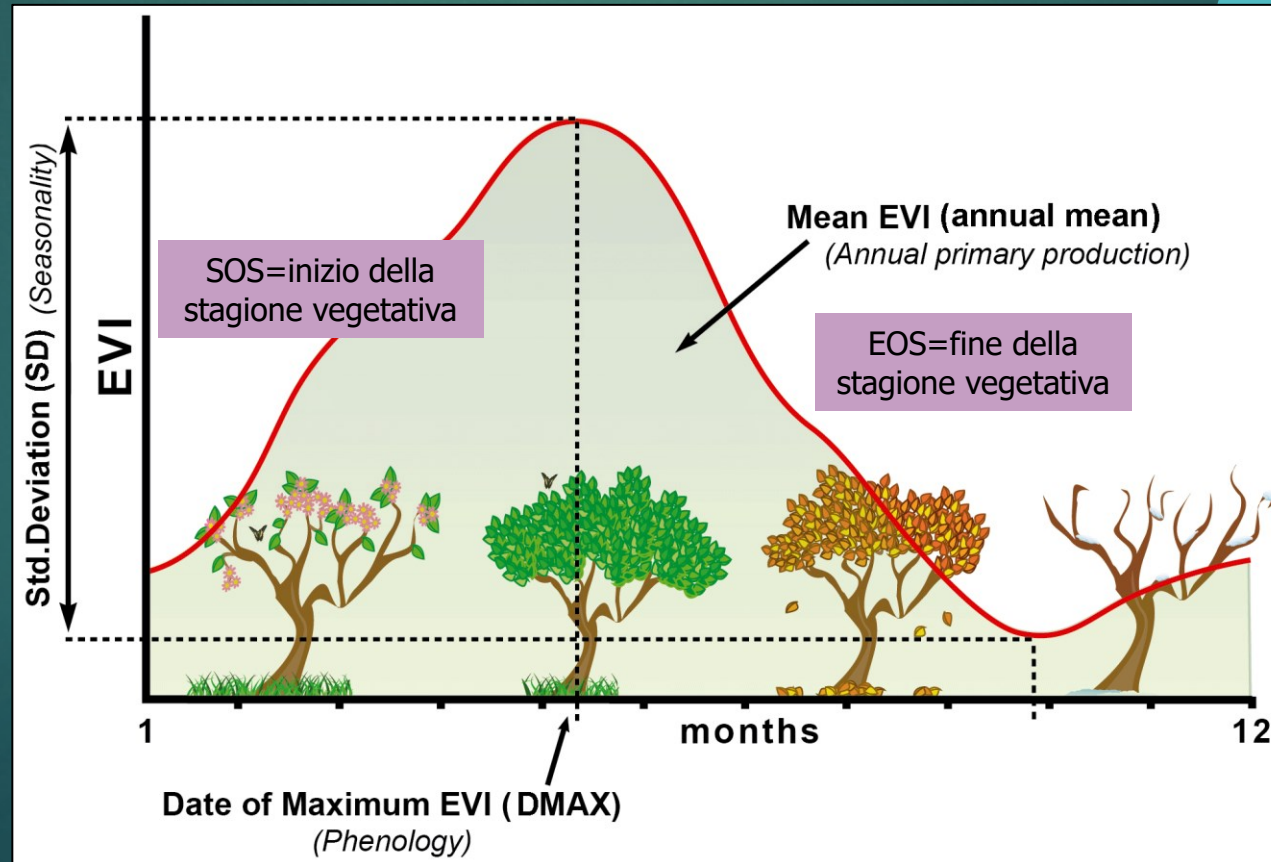
<https://doi.org/10.3389/fpls.2022.805738>

- ▶ Le osservazioni satellitari, in base alla dimensione del pixel, costituiscono un segnale spazialmente aggregato di condizioni superficiali eterogenee, non rappresentative della risposta di una singola pianta, ma di diverse piante, specie, classi di età e strati strutturali.
- ▶ La fenologia telerilevata o *land surface phenology* (LSP) si occupa di osservare nel tempo la risposta delle superfici vegetate e comprenderne i cambiamenti stagionali, attraverso l'uso di indici di verde (e.g., NDVI, EVI, ecc.).

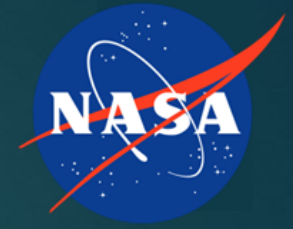


Fenologia telerilevata

- ▶ Gli indici di verde, come l'NDVI o l'EVI, sfruttano le diverse risposte della vegetazione in specifiche bande spettrali che ne riflettono la vigoria e lo stato di salute.
- ▶ Derivando un profilo temporale di questi indici, è possibile identificare i diversi momenti di crescita della vegetazione (i.e., metriche fenologiche).



Dati satellitari



- ▶ Per studiare la fenologia della vegetazione, la risoluzione temporale è la caratteristica principale per la scelta del satellite da utilizzare.

MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) Terra e Aqua



gratuito

- Elevata risoluzione temporale

- Moderata risoluzione spaziale

- Archivio storico consistente

- Prodotti NASA affidabili

**2 passaggi al dì/
Ricampionati a 8gg**

**250m pixel
resolution**

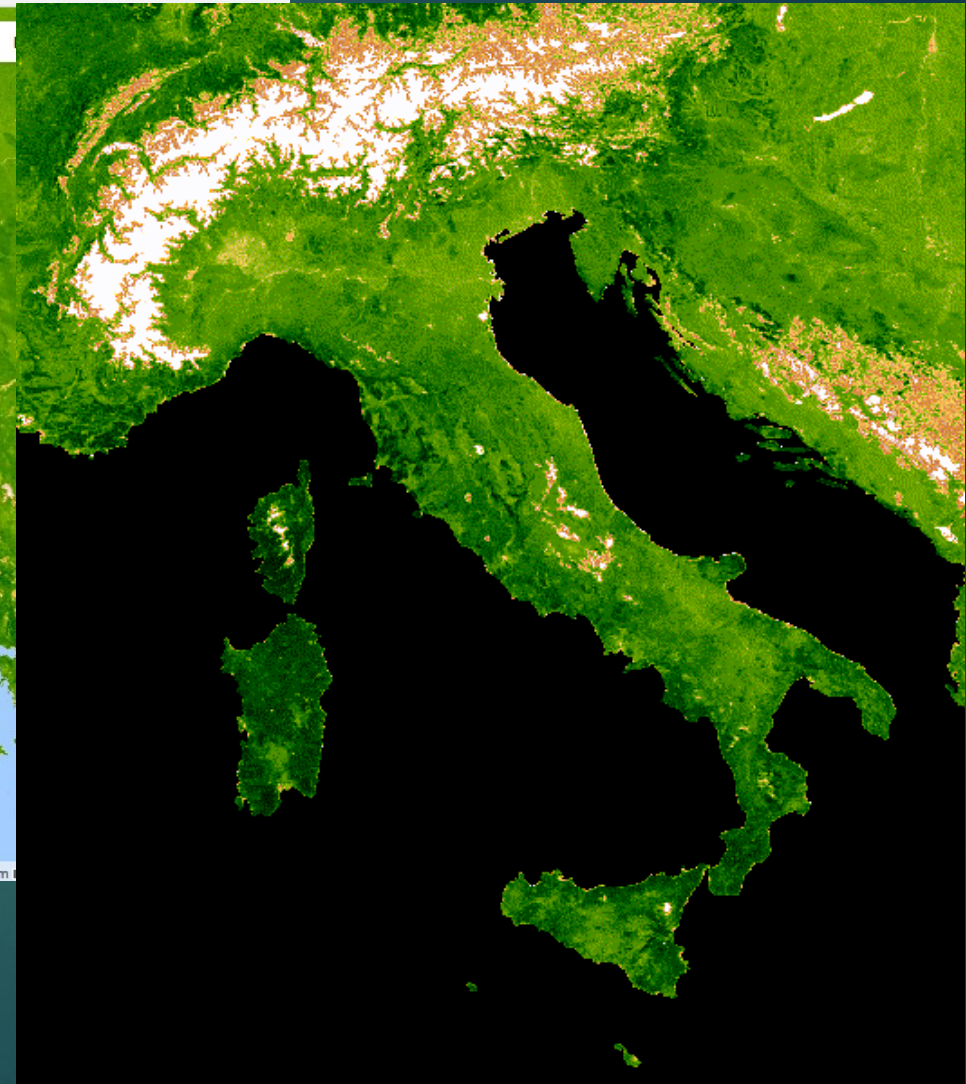
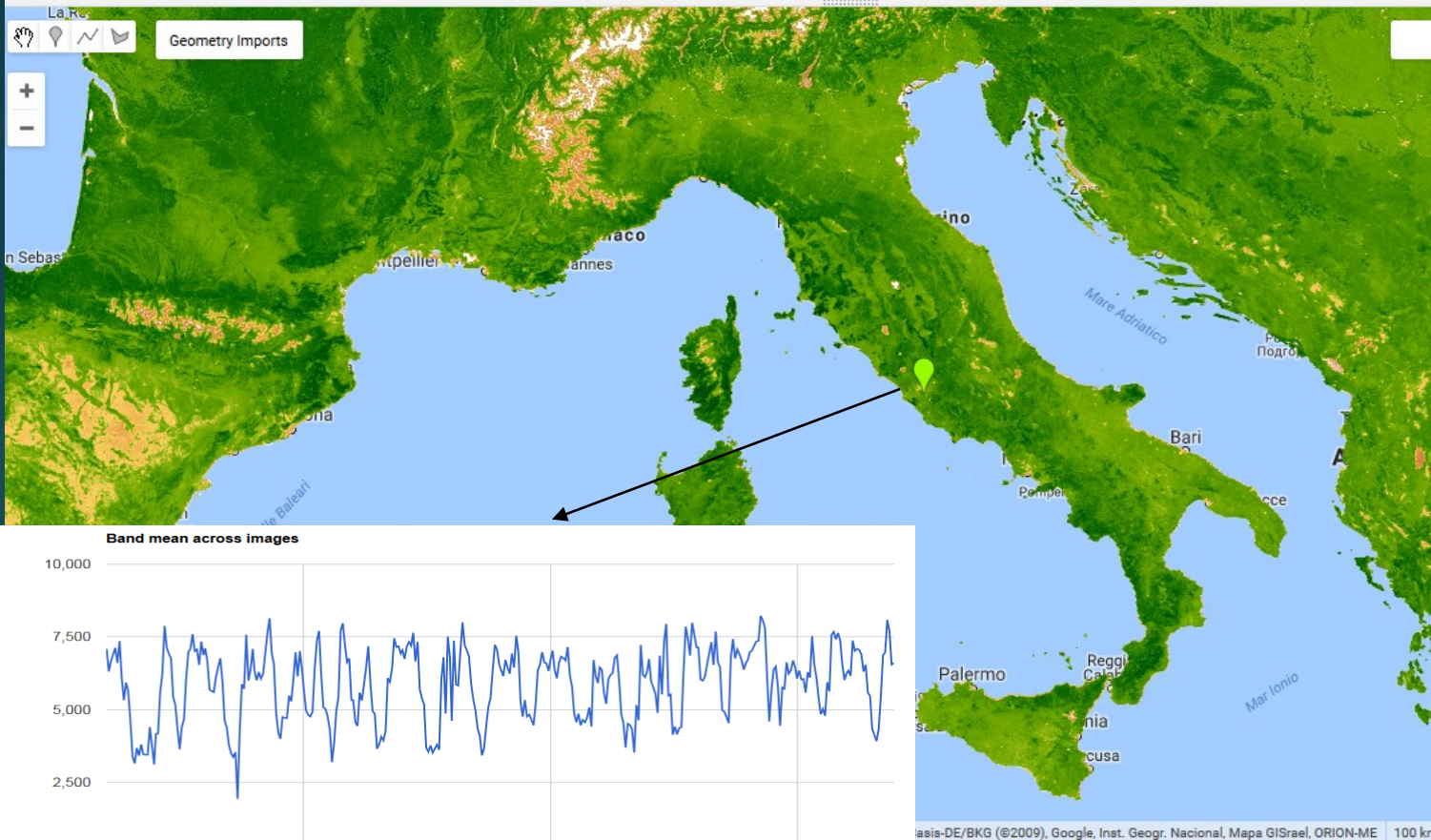
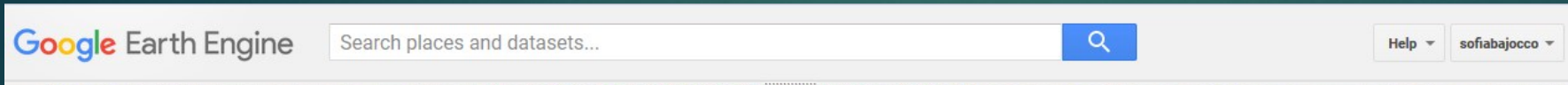
**Da febbraio
2000**

**Dati NDVI ready-
to-use**

Dati satellitari



Google Earth Engine



Monitoraggio dell'andamento stagionale della vegetazione a scala nazionale/regionale

Fenologia telerilevata: casi studio

- ▶ Confronto tra metriche fenologiche osservate da terra e da satellite.



- ▶ Discriminazione fenologica delle diverse tipologie forestali.



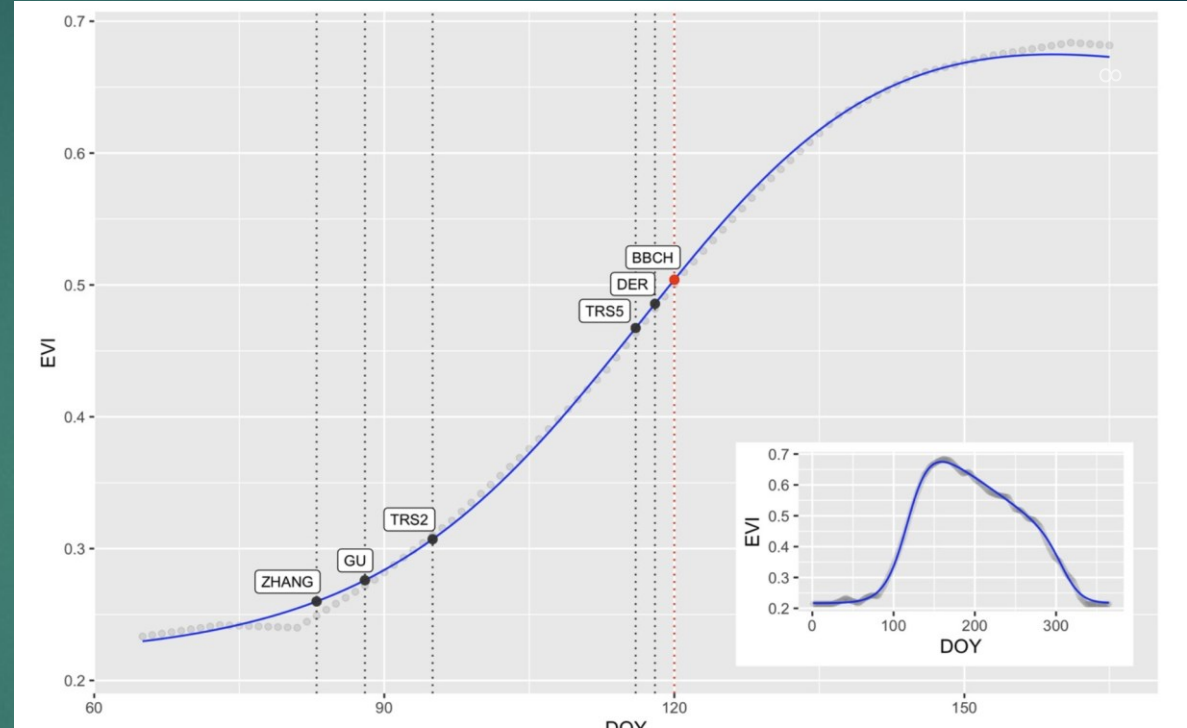
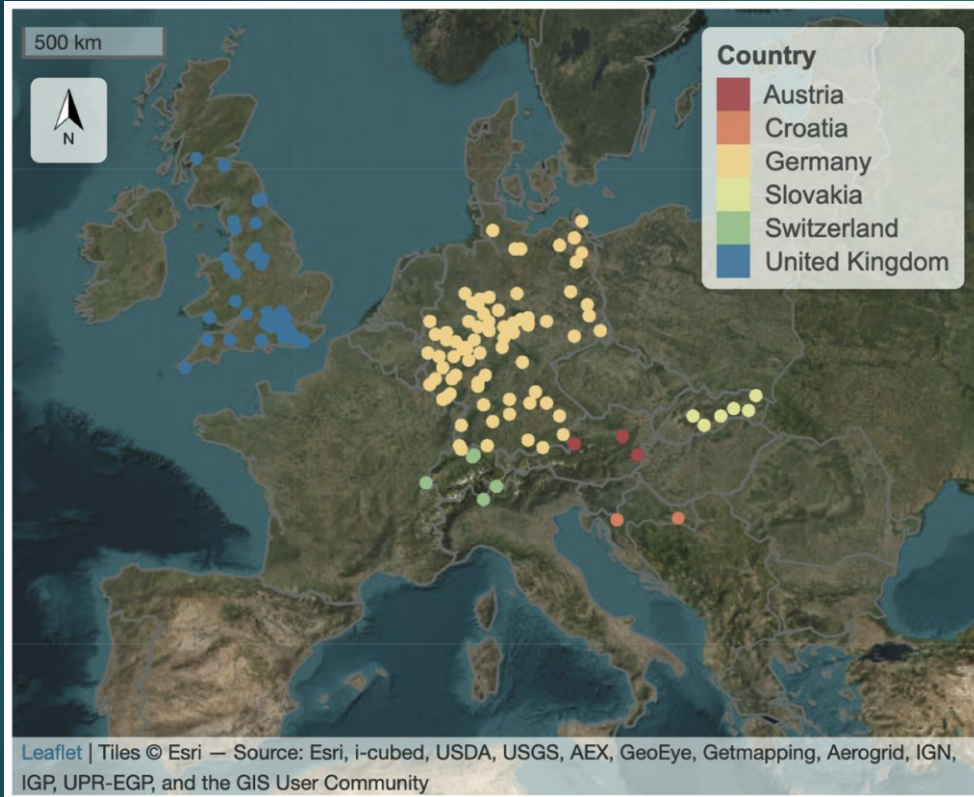
- ▶ Risposta fenologica della vegetazione forestale agli eventi estremi.



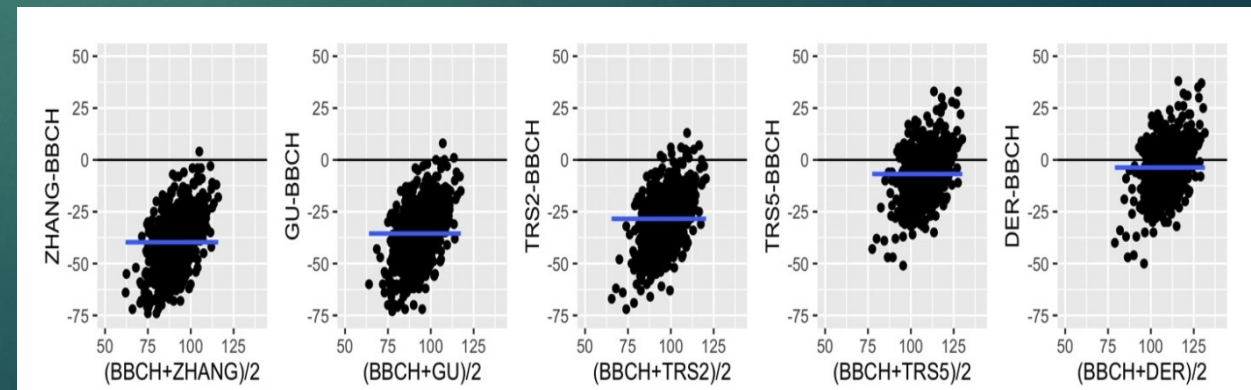
Confronto tra metriche fenologiche da terra e da satellite



<https://doi.org/10.1080/01431161.2023.2189033>



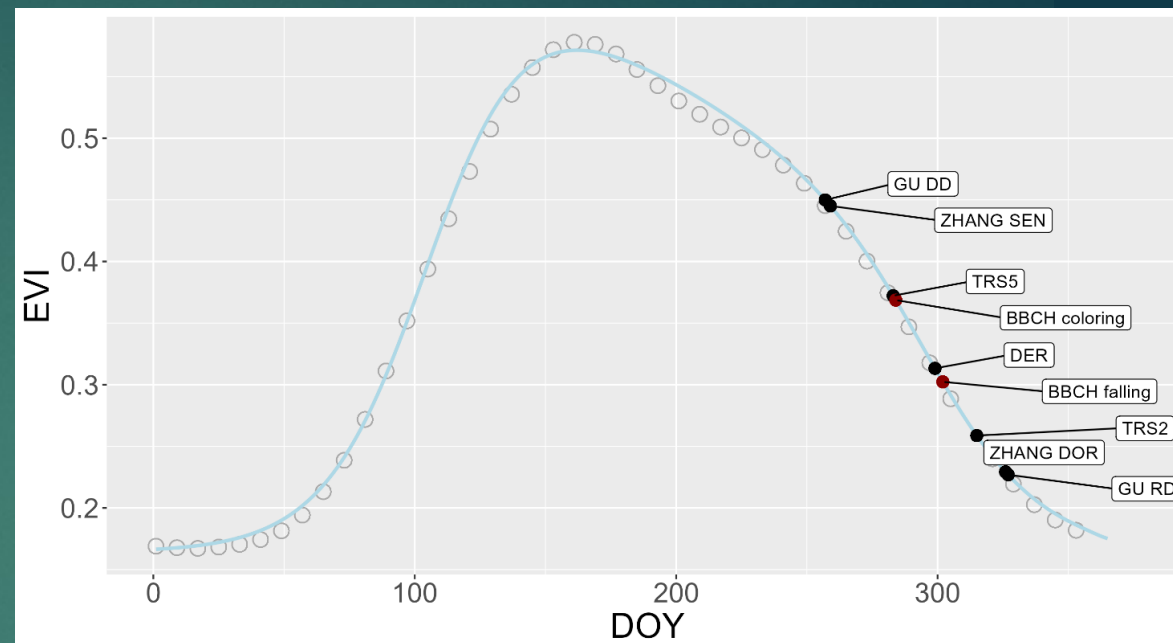
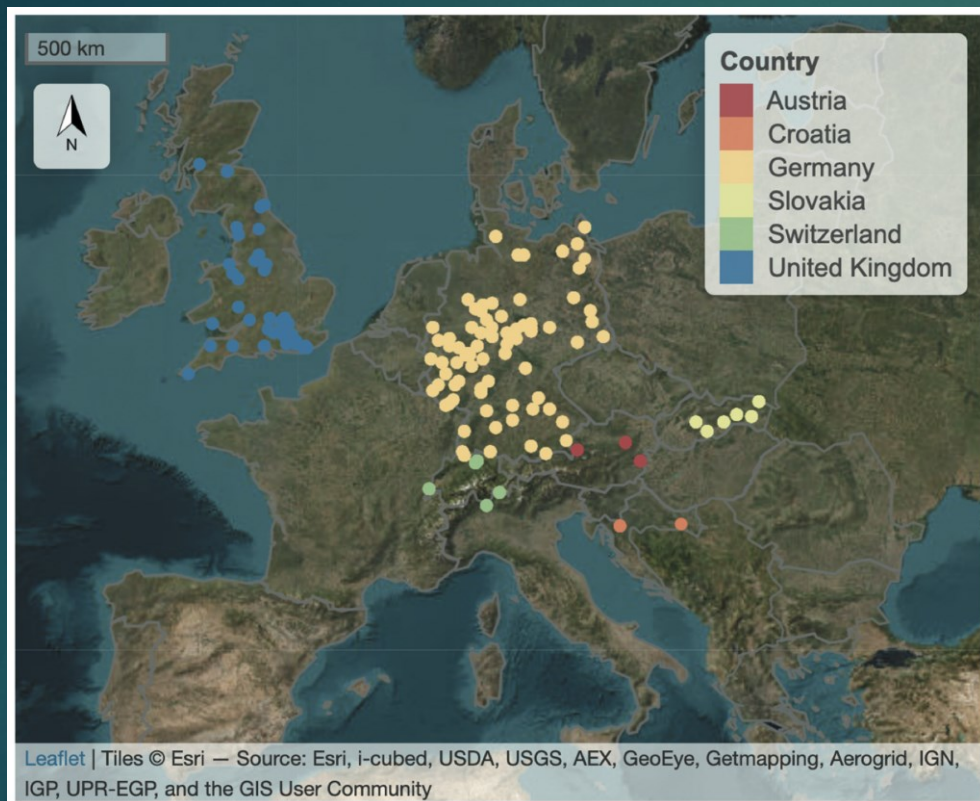
Metrics	Description
BBCH	Phenological phases of PEP725 relevant to first leaves unfolded (BBCH 11) and more leaves unfolded (BBCH 13).
DER	Derivative method deriving the DOY when the first derivative reaches the maximum value.
TRS2	Threshold method deriving the DOY when the curve reaches the 20% of the seasonal amplitude.
TRS5	Threshold method deriving the DOY when the curve reaches the 50% of the seasonal amplitude.
GU	Gu method deriving the DOY of the upturn date (UD), based on a combination of local maxima in the first derivative.
ZHANG	Zhang method deriving the DOY of the onset of photosynthetic activity (green-up), calculated using minimum and maximum values in the rate of change in curvature.



Confronto tra metriche fenologiche da terra e da satellite

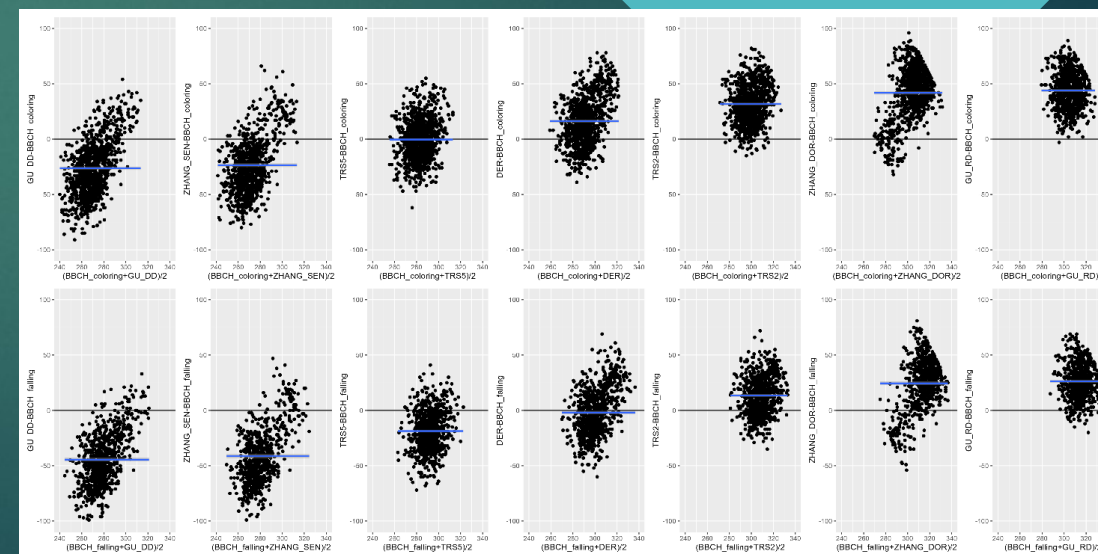


In progress

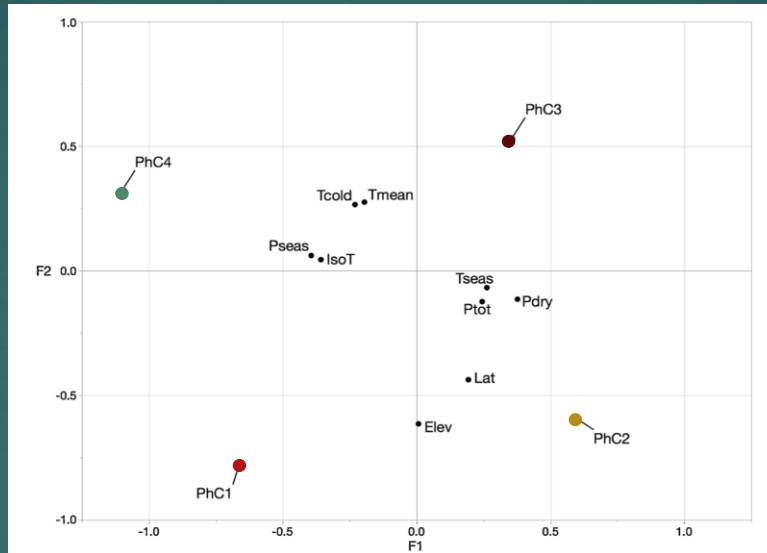
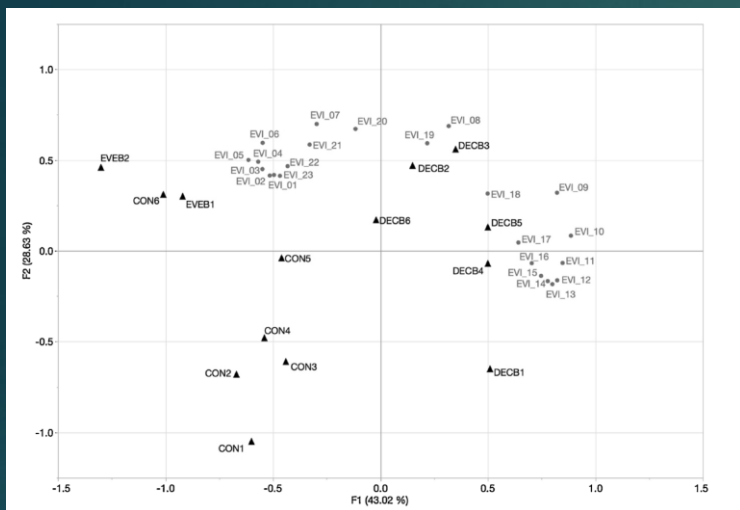


End-of-Season BBCH availability:

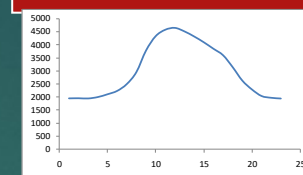
- 94 → Leaves beginning to discolour → **BBCH coloring**
- 95 → Half autumnal fall → **BBCH falling**
- 96 → Coloring of leaves 100% → **BBCH falling**
- 97 → End of autumnal leaf fall → **BBCH falling**



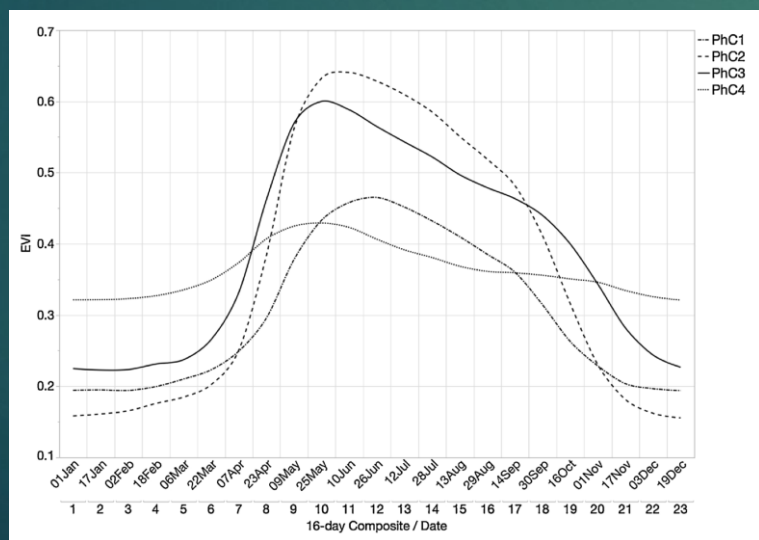
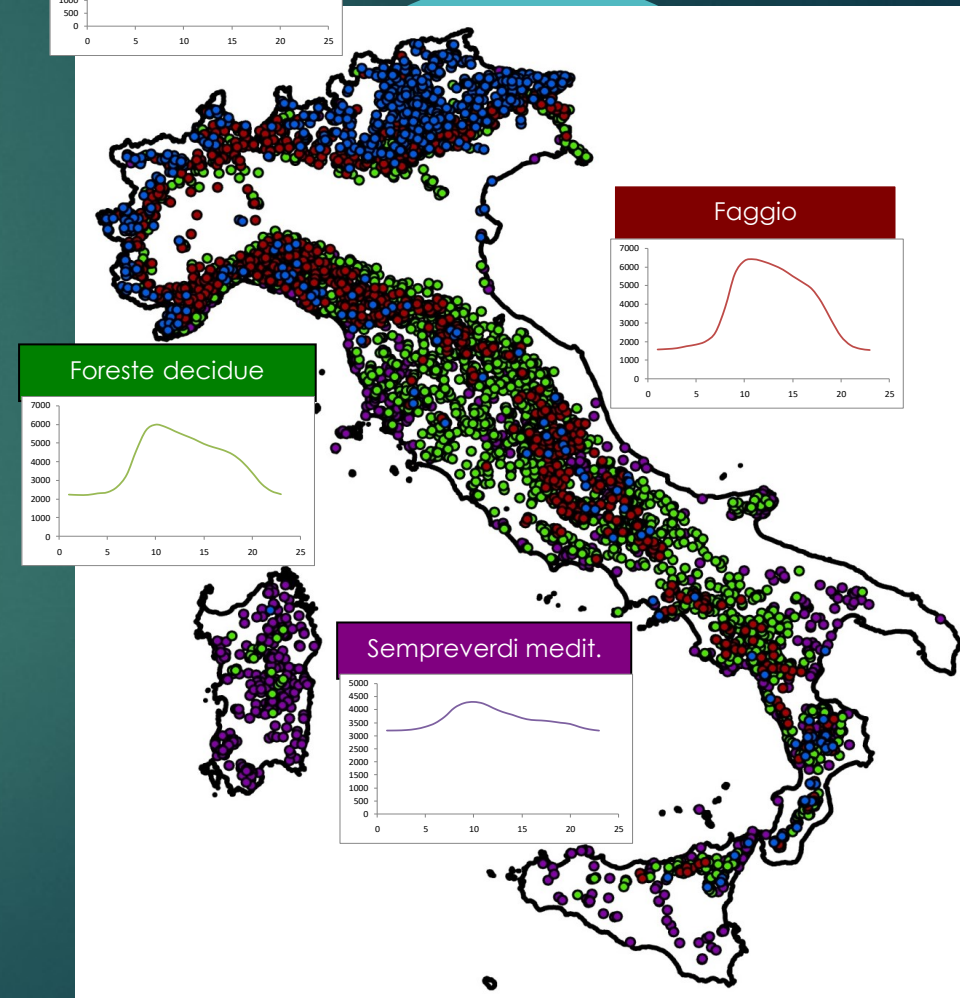
Discriminazione fenologica delle diverse tipologie forestali in Italia



Conifere d'alta quota

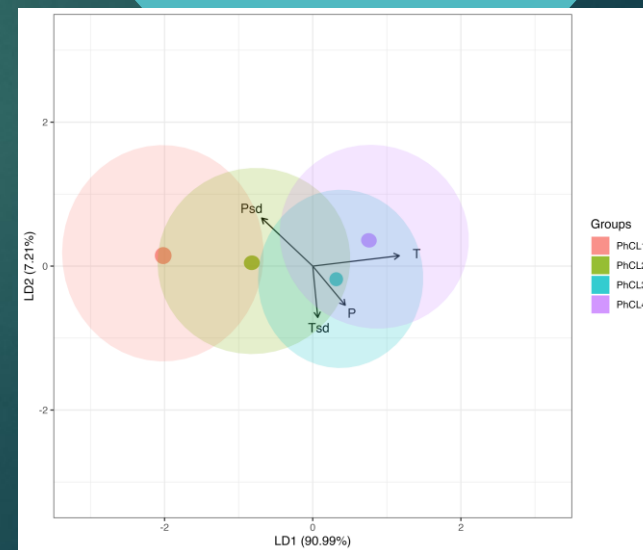
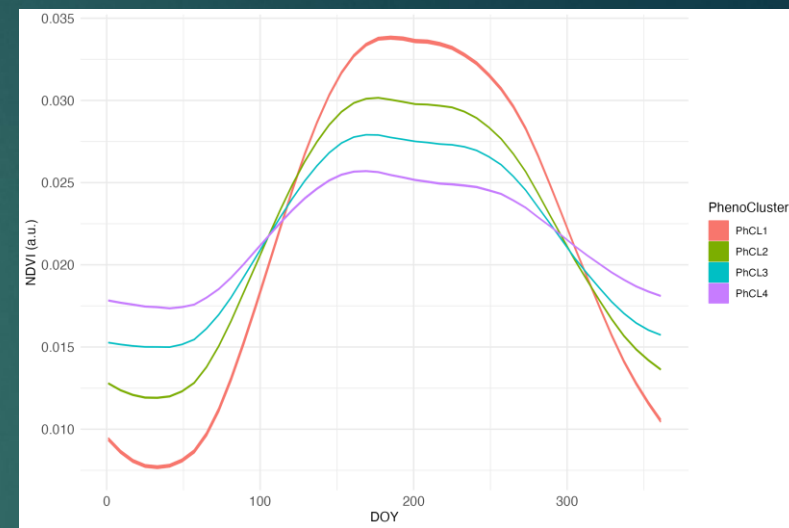
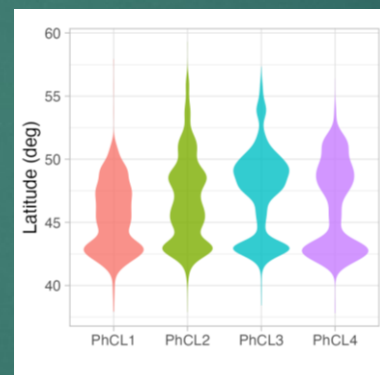
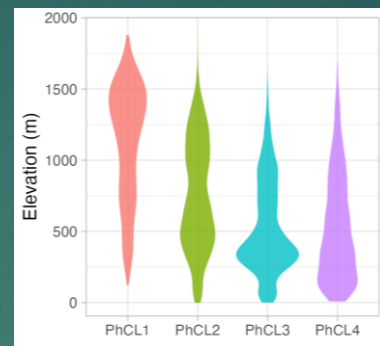
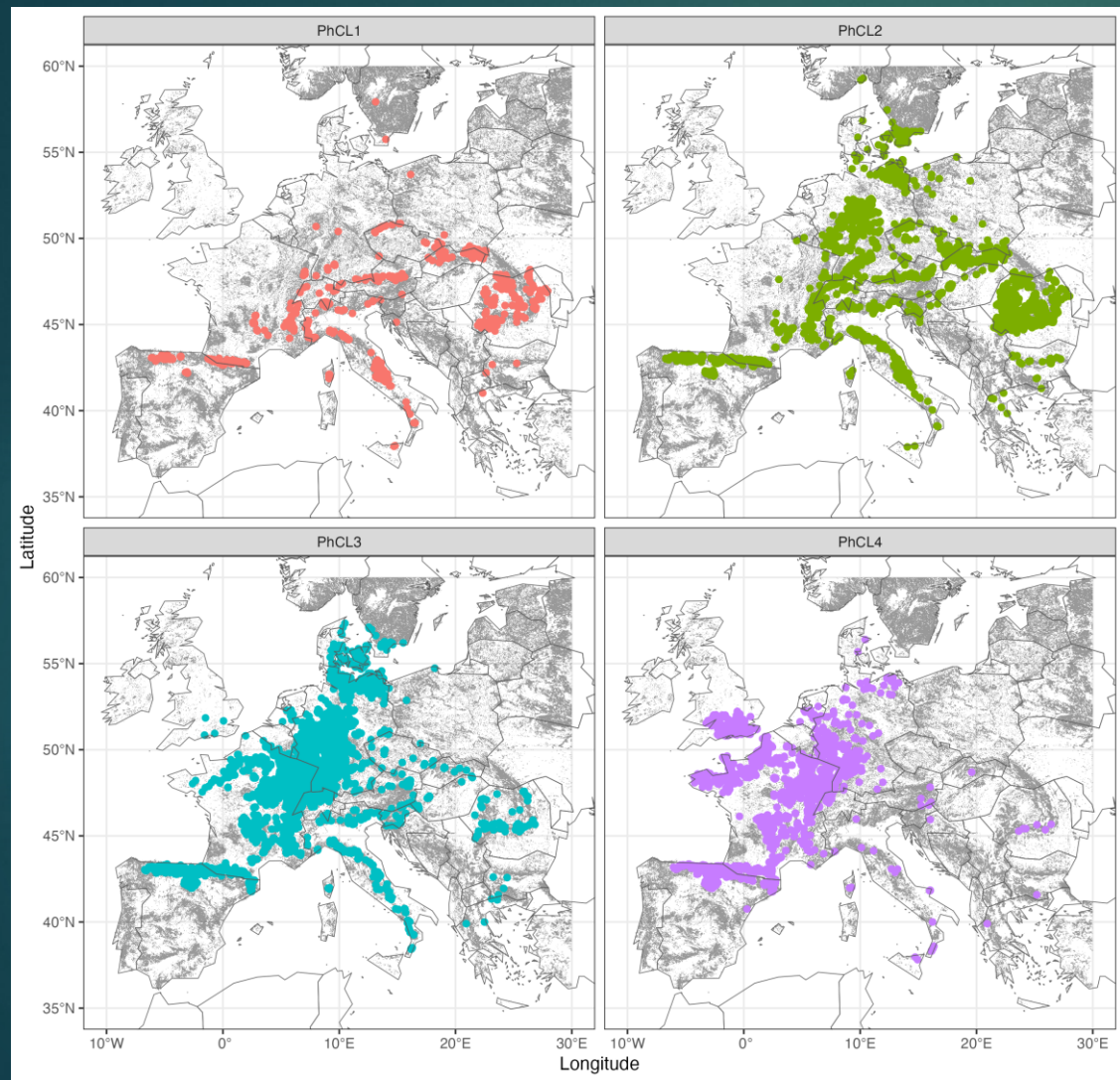


<https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.10.003>



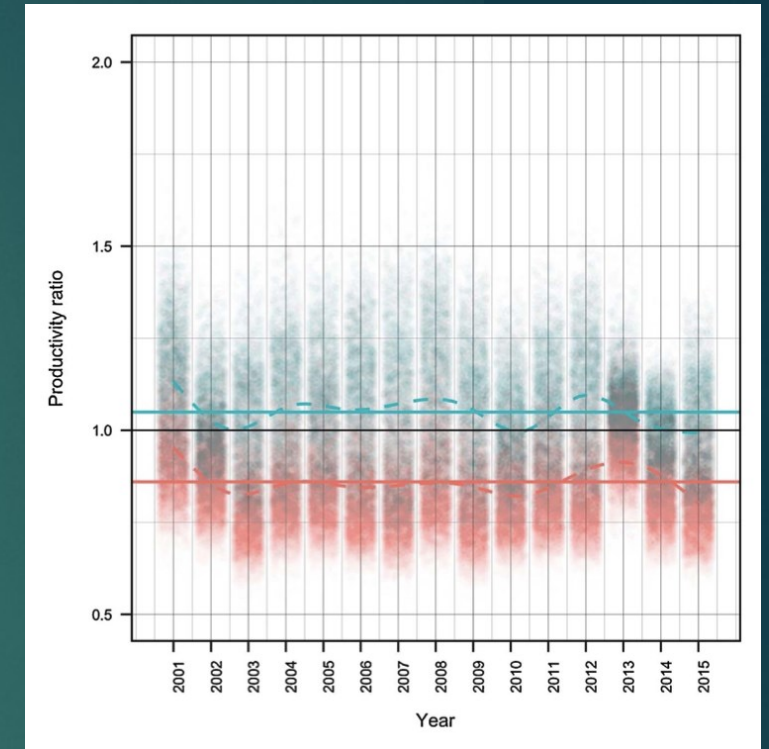
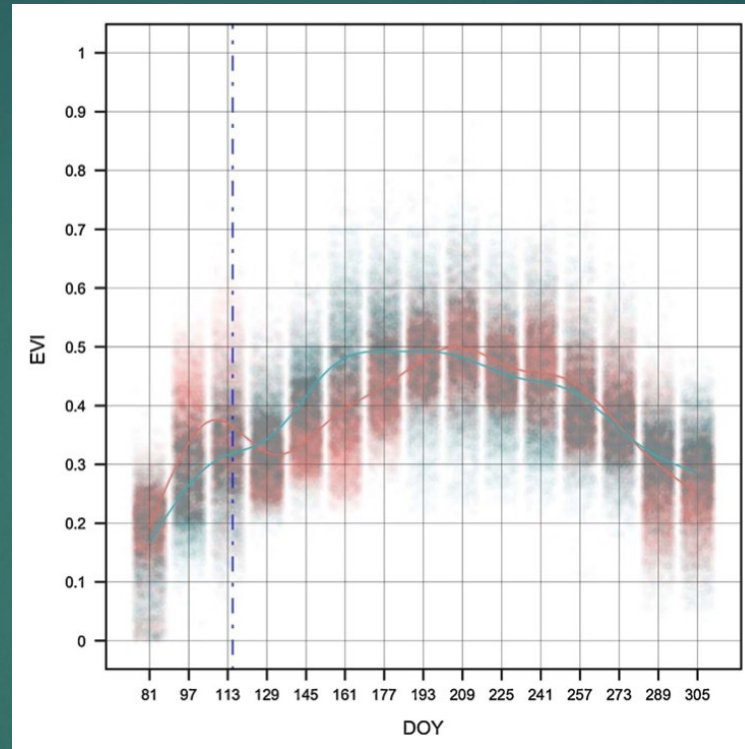
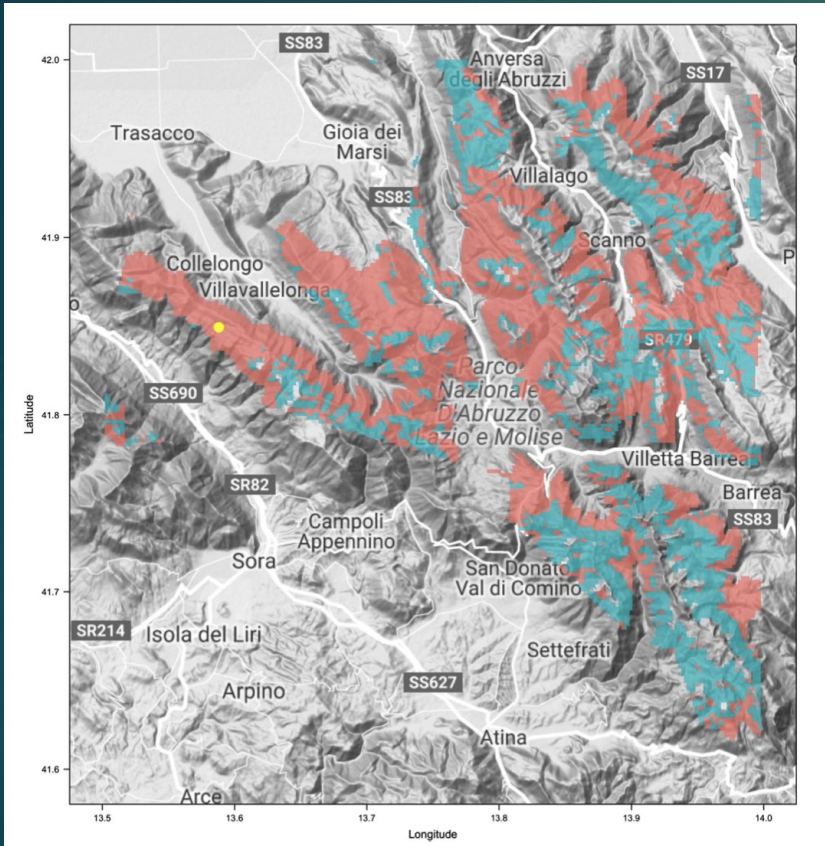
Discriminazione fenologica delle foreste di faggio in Europa

In progress

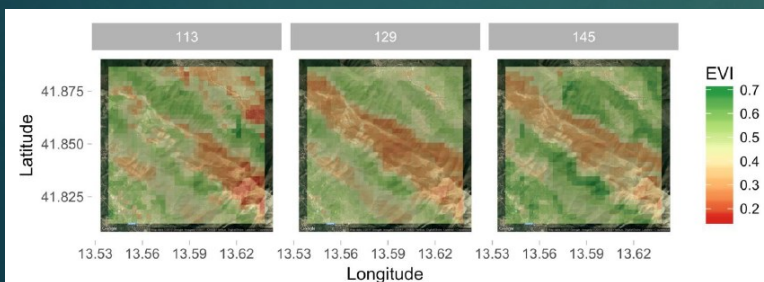


Risposta fenologica della vegetazione forestale agli eventi estremi

<http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.10.007>

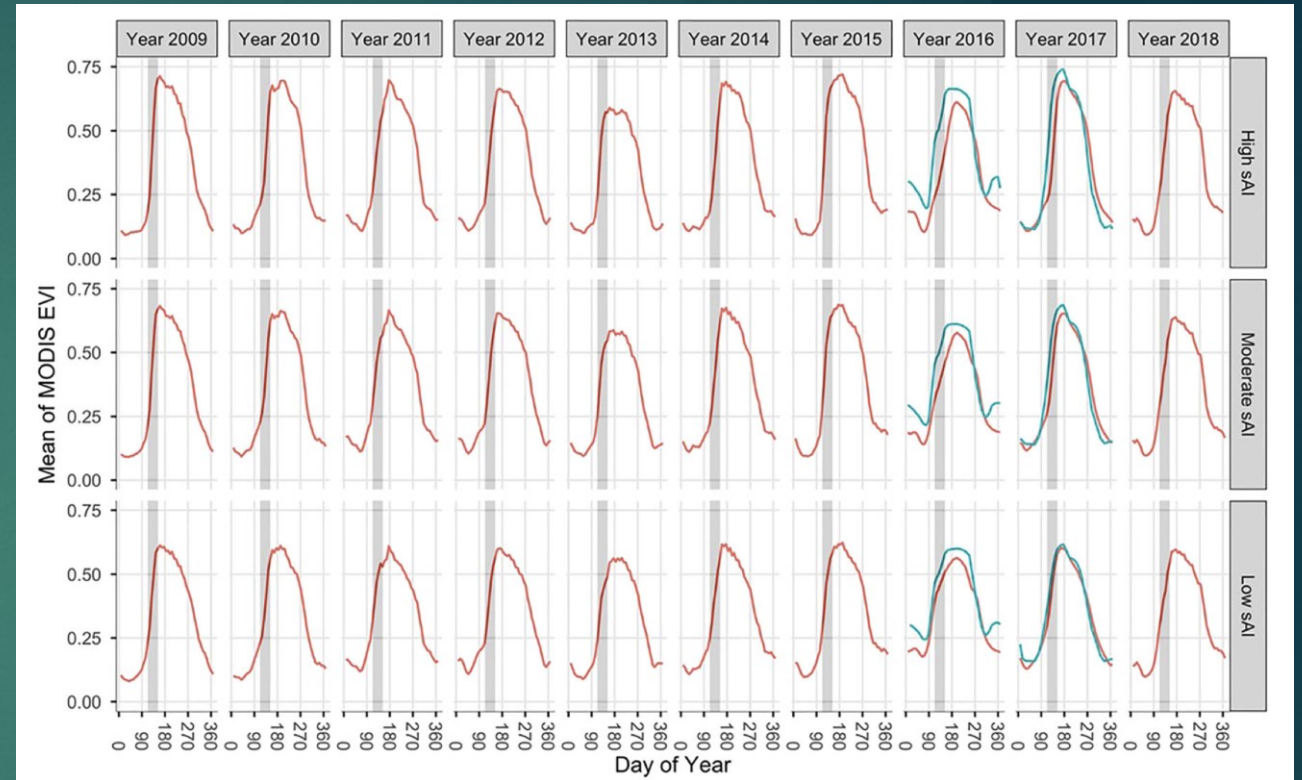
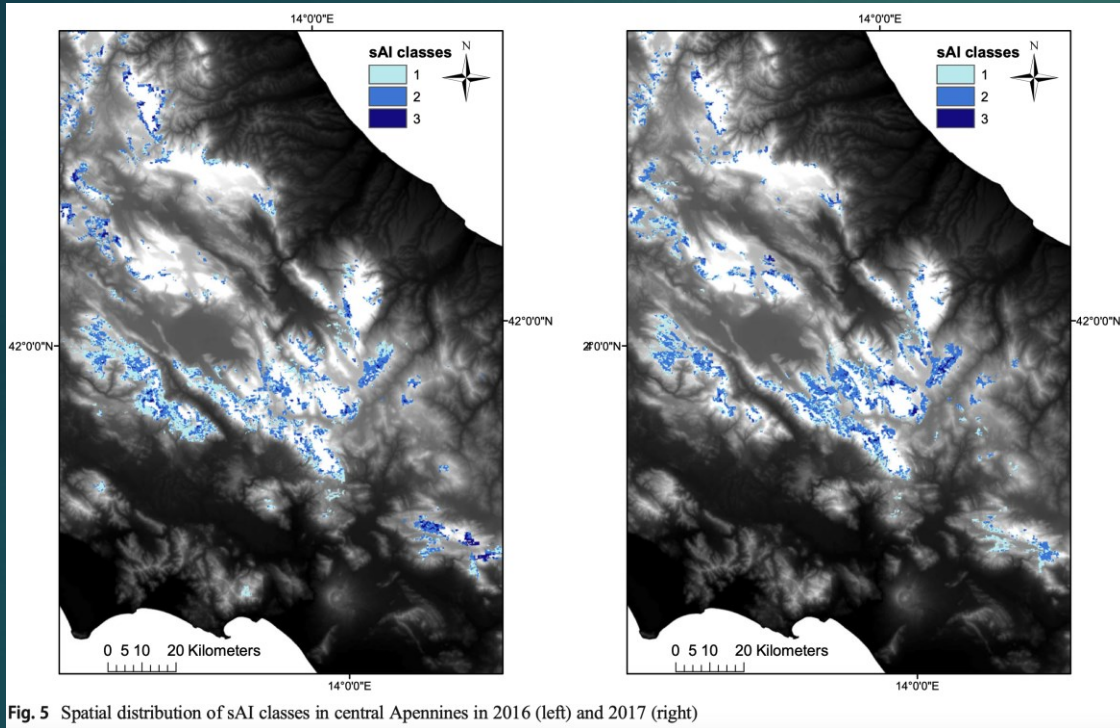


Le faggete colpite dalla gelata primaverile nel 2016 hanno ridotto la loro produttività del 14% rispetto ai 15 anni precedenti, a causa dei danni causati e ad un periodo di recupero di due mesi; le faggete non colpite hanno mostrato un aumento medio della produttività del 5%.



Risposta fenologica della vegetazione forestale agli eventi estremi

<https://doi.org/10.1007/s00484-019-01718-w>



L'occorrenza di due gelate primaverili consecutive, dopo 15 anni di assenza, è un evento climatico eccezionale, soprattutto in Italia centrale. Nel 2016, i pixel con maggiori anomalie vegetative hanno subito gelate più prolungate, mentre si è verificato il contrario nel 2017, ad indicare che la gravità del danno dipende dal momento in cui si verifica la gelata piuttosto che dalla sua intensità.



	2016			2017		
	sAI1	sAI2	sAI3	sAI1	sAI2	sAI3
LSF1	14,771	20438 ^{NS}	3089	17812 ^{NS}	18,608	1044
LSF2	196	818	211	2788	1835	60
LSF3	49	142	35	813	390	15

Considerazioni finali



- ▶ Il monitoraggio e la mappatura della fenologia della vegetazione stanno assumendo un'importanza crescente per comprendere e quantificare i cambiamenti ambientali globali, ed i dati satellitari forniscono un contributo chiave.
- ▶ L'identificazione dei "tipi fenologici" e dei fattori che li determinano contribuisce alla comprensione dell'adattamento convergente delle diverse specie forestali e al riconoscimento di risposte simili agli stress ambientali, allo sviluppo di pratiche condivise per combattere incendi boschivi, gestire carichi di combustibile e infiammabilità, nonché alla definizione di strategie comuni di gestione forestale.
- ▶ Tramite la fenologia telerilevata è possibile sviluppare modelli per rilevare anomalie o cambiamenti nelle dinamiche forestali intra-e inter-annuali, e quantificarne gli effetti.
- ▶ L'integrazione dei dati di campo con quelli satellitari consente di monitorare la risposta delle foreste ai cambiamenti climatici, assicurando da un lato un riferimento a scala di dettaglio e dall'altro garantendo una copertura spaziale e temporale continua. In quest'ottica, la raccolta affidabile e continua di dati da campo diventa sempre più essenziale.