

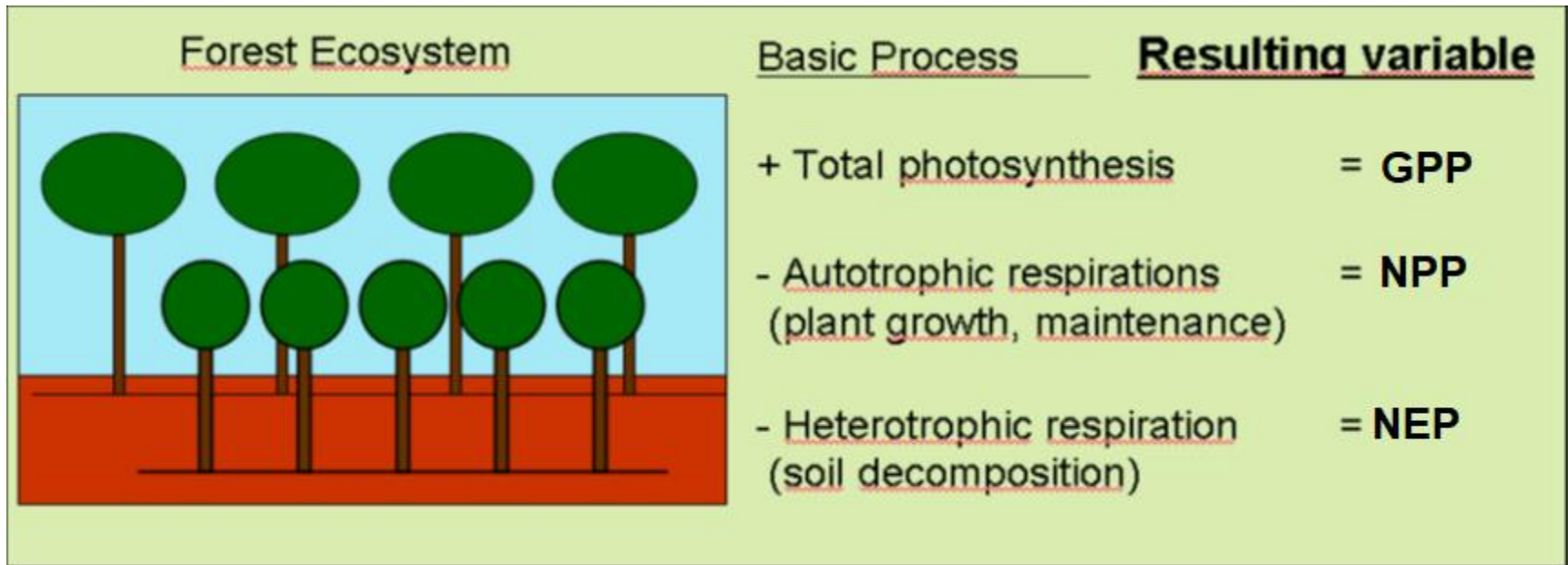
# Stima dell'incremento di volume legnoso e dei flussi di carbonio nelle foreste toscane



Consiglio Nazionale delle Ricerche

Istituto per la BioEconomia

## Definizione dei principali termini relativi alla stima dei flussi di carbonio forestali



N.B.: NEP, Net Ecosystem Productivity, può essere definita anche NEE, Net Ecosystem Exchange, ma le due grandezze hanno segno opposto: **NEP è positiva** quando **l'ecosistema accumula C**.

## Stime convenzionali di questi termini

Le modalità con cui possono essere stimati i diversi termini del ciclo del carbonio possono variare a seconda della **scala spaziale e temporale** di riferimento.



**PROBLEMA:**  
forniscono misure puntuali e/o  
difficilmente ripetibili!

## Problema ed obiettivi

- La stima dell'incremento di volume e dei flussi di carbonio negli ecosistemi forestali ha grande importanza sia per fini scientifici che applicativi (occupano circa il 30% delle terre emerse ed accumulano circa 80-90% del C stoccato nelle piante).
- Il **telerilevamento da satellite** può dare un contributo decisivo per la stima della produzione primaria lorda (GPP), anche se non è in grado di fornire tutte le informazioni per una corretta simulazione dei flussi netti di carbonio forestali (NPP e NEP).
- La simulazione di queste variabili richiede pertanto l'integrazione di dati telerilevati ed ausiliari tramite un approccio modellistico.



*Viene qui presentata una **metodologia operativa che integra dati telerilevati ottici con un modello di simulazione ecosistemica** per ottenere stime della quantità di carbonio accumulato nelle foreste toscane.*

## Uso di dati telerilevati per la stima della GPP: il modello C-Fix

La **GPP** può essere direttamente stimata tramite il **modello parametrico C-Fix**, che si basa sull'approccio di Monteith:

$$GPP = \varepsilon \cdot \sum_{i=1}^t fAPAR_i \cdot SR_i \cdot Tcor_i \cdot Cws_i$$

dove  $\varepsilon$  esprime l'efficienza di uso della radiazione,  
t corrisponde al tempo considerato,  
 $SR_i$  è la radiazione incidente fotosinteticamente attiva (PAR),  
 $fAPAR_i$  è la frazione di tale radiazione assorbita dalle piante,  
 $Tcor_i$  è il fattore di stress termico,  
 $Cws_i$  è il fattore di stress idrico a breve termine, calcolato come:

$$Cws = 0.5 + 0.5 \text{ Rain} / \text{PET}$$

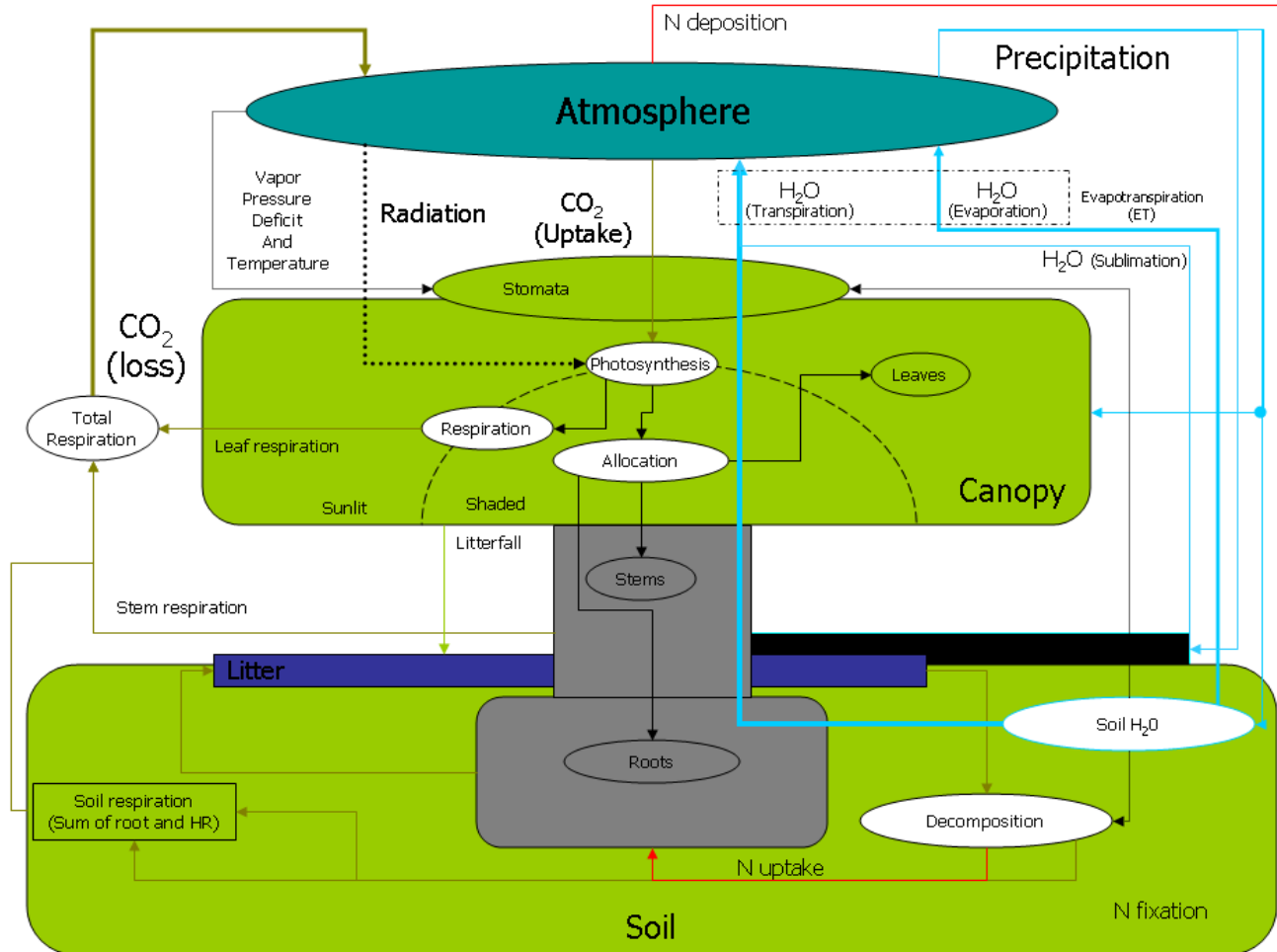
dove Rain e PET sono stime di pioggia e evapotraspirazione potenziale cumulate su 2 mesi e il rapporto è limitato ad 1.

La stima della **NPP** e della **NEP** richiede invece la simulazione delle respirazioni autotrofe ed eterotrofe, che non può essere effettuata tramite dati telerilevati ma necessita di modelli di simulazione ecosistemica.

## Il modello bio-geochimico BIOME-BGC

- BIOME-BGC è capace di stimare l'accumulo ed i **flussi di carbonio, azoto ed acqua** all'interno di tutti gli ecosistemi terrestri.
- Esso richiede **numerosi dati di input** tra cui: **dati climatici giornalieri**, informazioni generali riguardanti l'area di studio (es. condizioni di suolo, tipologia di vegetazione, etc.) e parametri che descrivono le **caratteristiche ecofisiologiche della vegetazione** presente.
- Il modello, prima di essere applicato, richiede una preventiva **fase di calibrazione** per adattarlo alle principali tipologie forestali della regione di studio.
- Le uscite del modello necessitano poi una **fase di correzione** per tenere conto dello stato reale delle foreste (eventuali disturbi antropici e/o naturali).

# Schema di BIOME-BGC



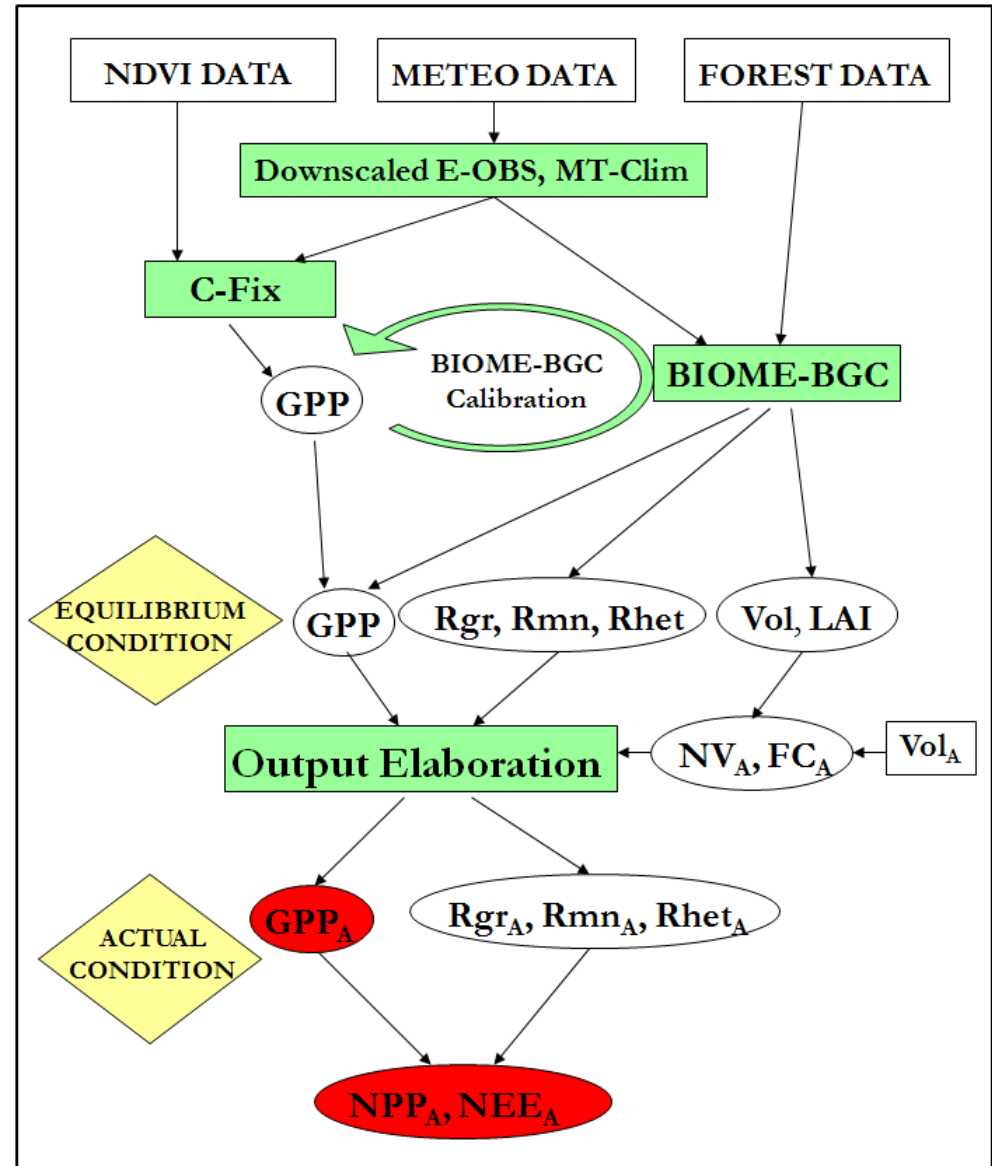
## Approccio integrato

Uso integrato delle stime prodotte dal modello parametrico e quello bio-geochimico.

Correzione delle respirazioni utilizzando **stime di volume** come proxy della vicinanza dell'ecosistema alla condizione climax.

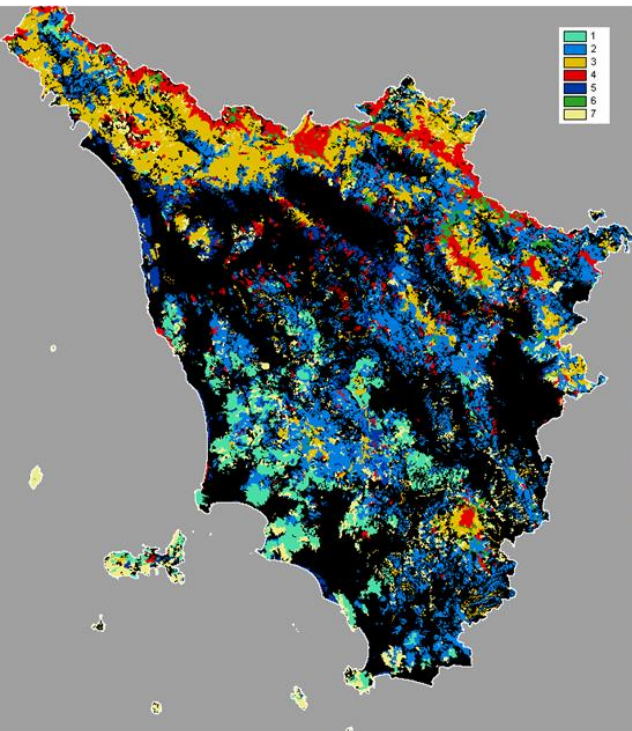
### Difficoltà:

- adattamenti per lavorare a scala territoriale
- fase di calibrazione necessaria per i diversi ambienti e specie
- reperimento e standardizzazione dei dati di input
- difficile considerazione della gestione forestale

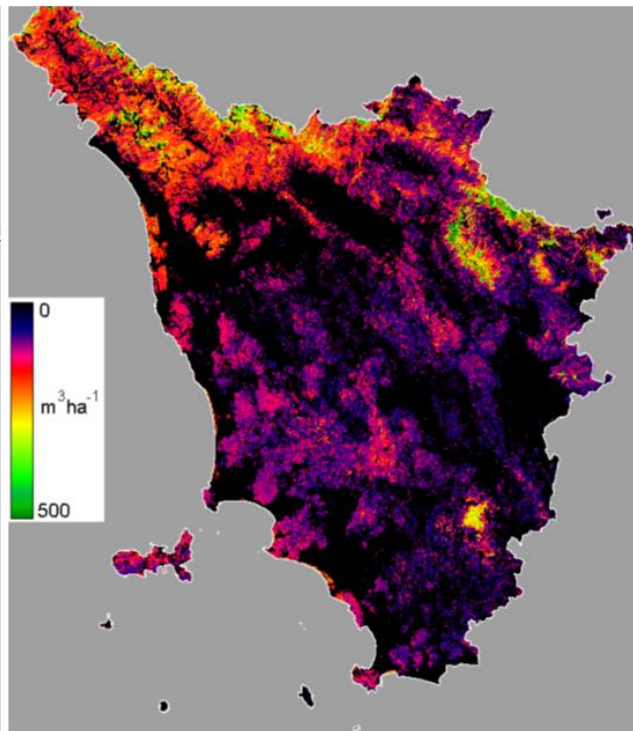




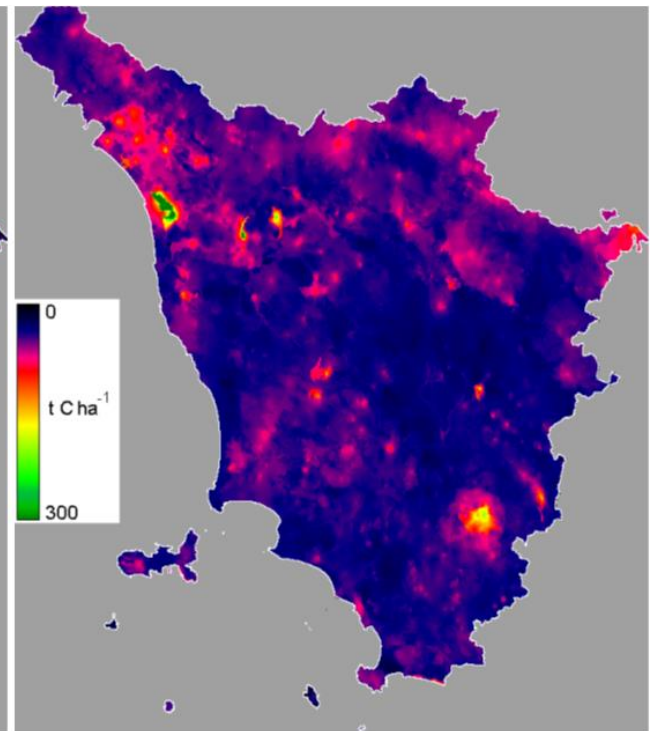
## Dati di input a scala regionale



Mapa dei tipi forestali.



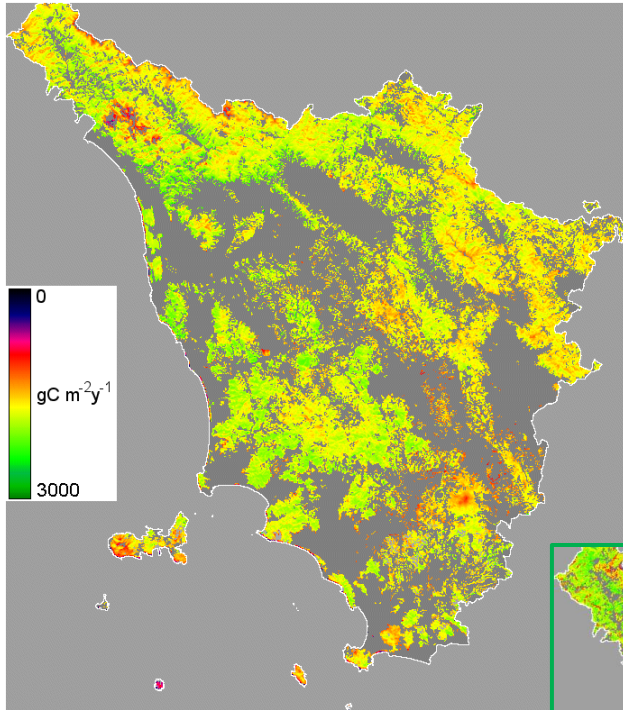
Mapa del volume legnoso.



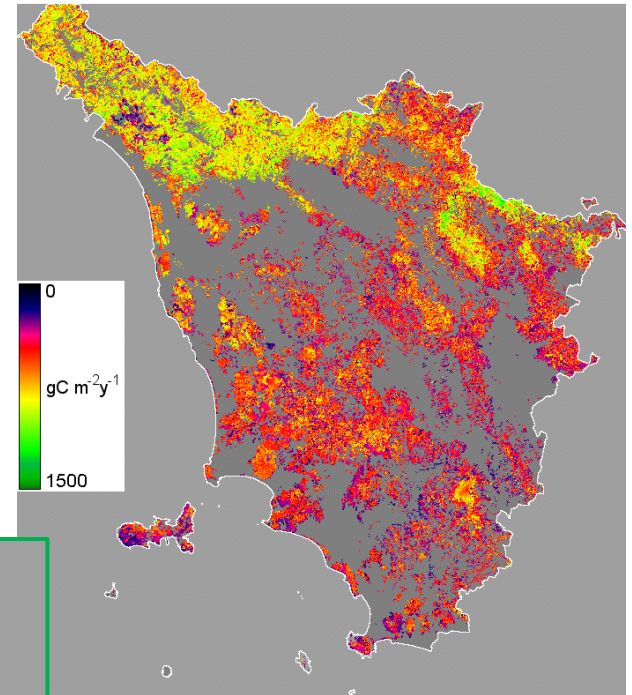
Mapa del carbonio organico nel suolo.

# Mappe di output

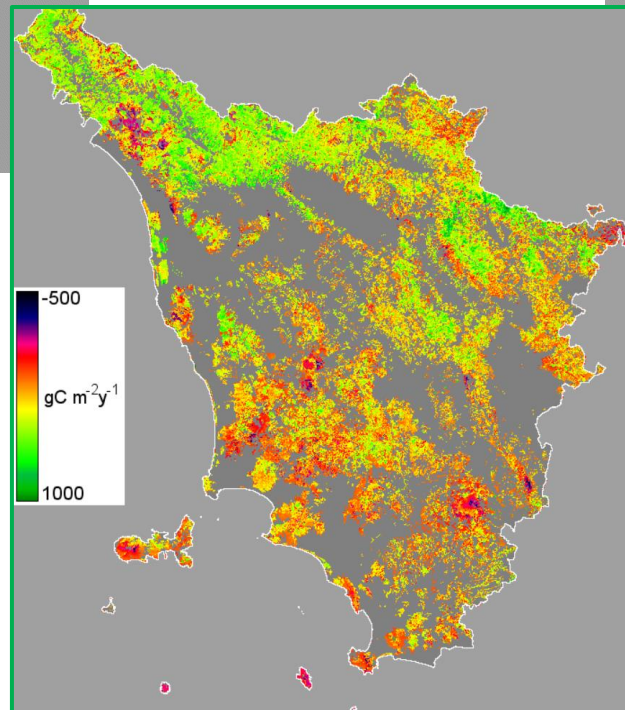
Mappa di GPP



Mappa di NPP



Mappa di NEP



## Valori medi stimati per tipo di foresta

Tipo di foresta	GPP (g C m <sup>-2</sup> anno <sup>-1</sup> )	NPP (g C m <sup>-2</sup> anno <sup>-1</sup> )	NEP (g C m <sup>-2</sup> anno <sup>-1</sup> )
Macchia mediterranea	1548	311	63
Latifoglie sempreverdi	1832	507	238
Conifere del piano basale e collinare	1759	466	192
Querceti decidui	1708	578	316
Latifoglie decidue del piano collinare	1719	725	420
Latifoglie decidue del piano montano	1610	625	192
Conifere del piano montano	1727	675	415

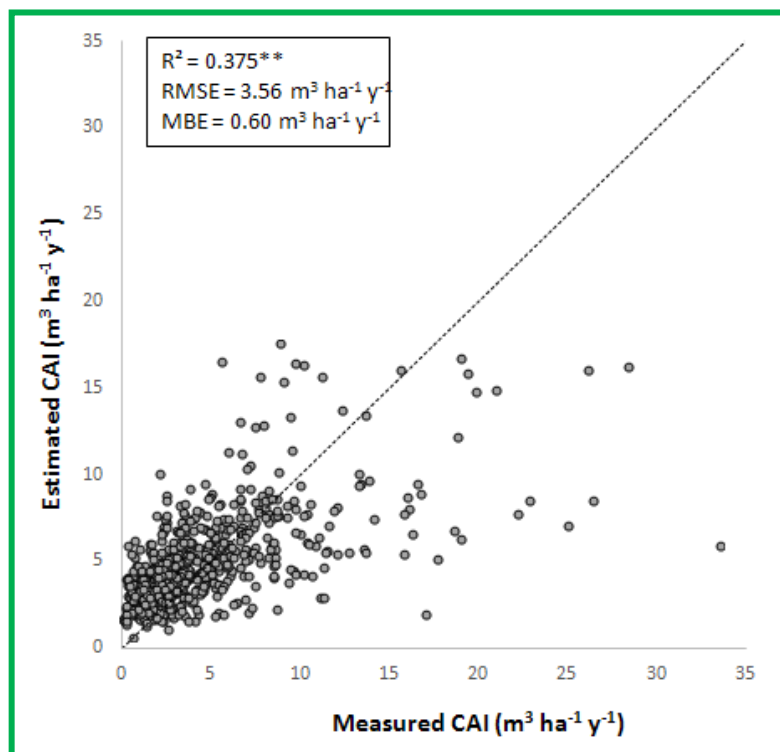
$$\text{CAI} = \text{NPP} \cdot 2 \cdot \text{SCA}/\text{BEF}/\text{BWD}$$

2 è il rapporto tra quantità di carbonio e sostanza secca;

SCA è l'allocazione di C nel fusto;

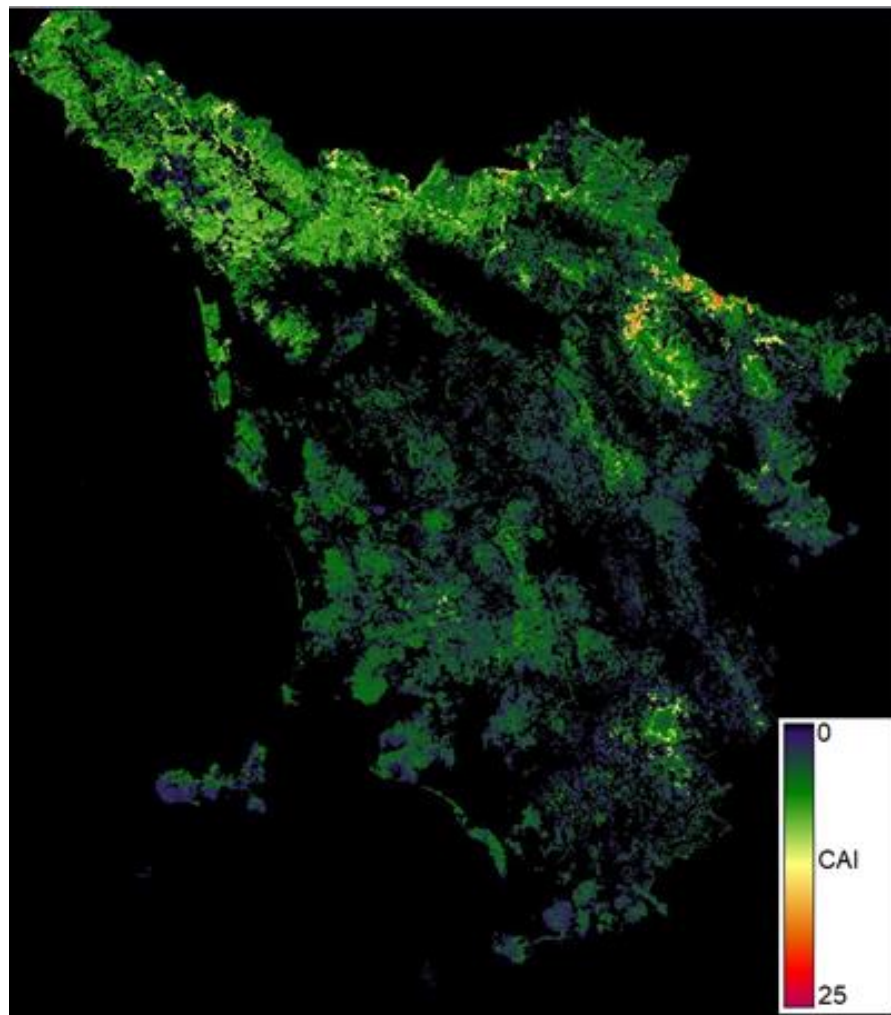
BEF è un fattore di espansione della biomassa;

BWD è la densità del legno.



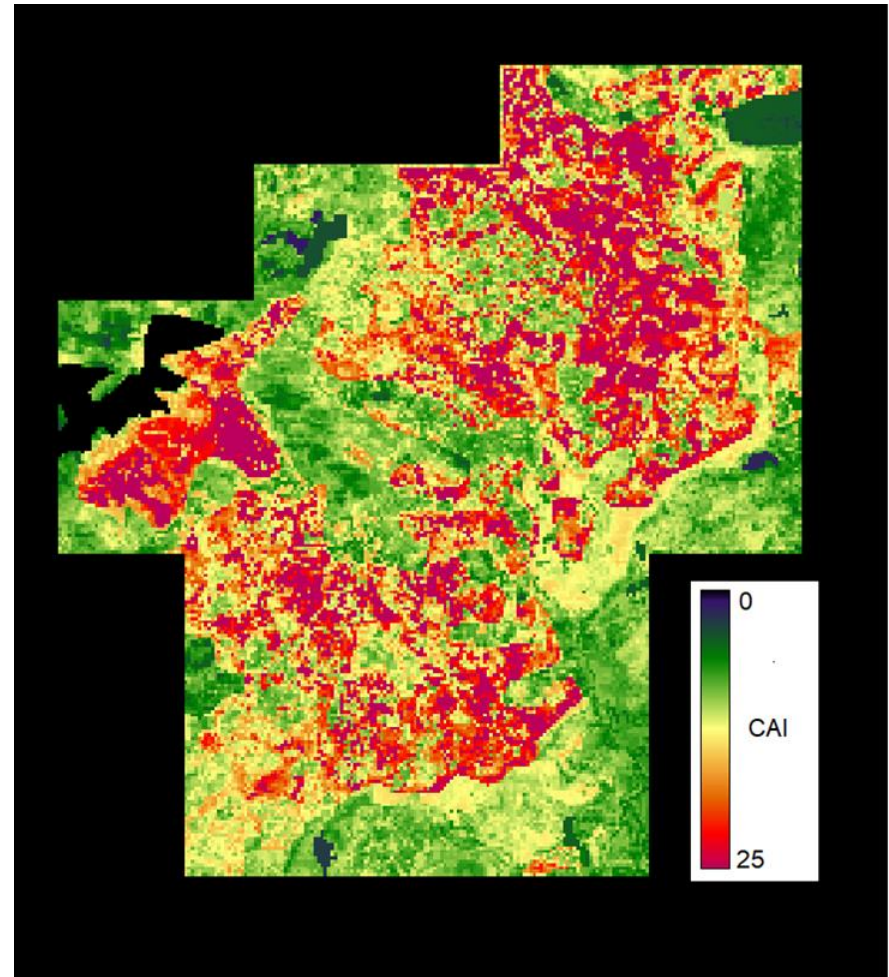
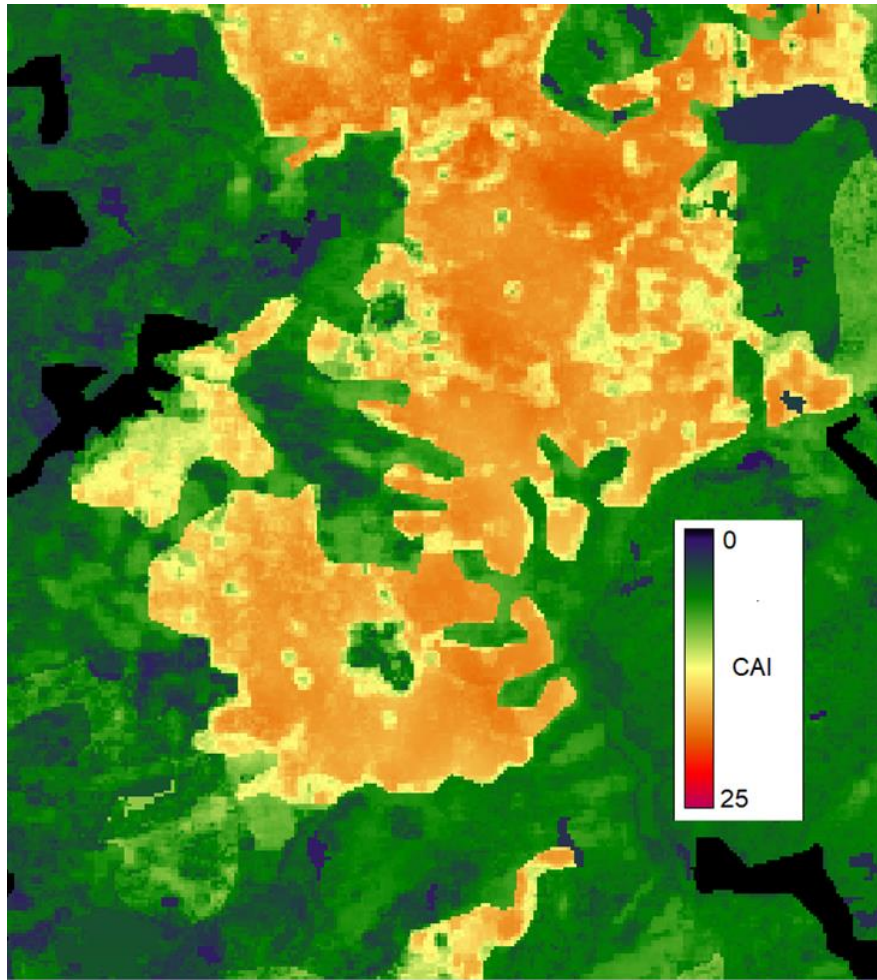
Valutazione dell'accuratezza verso le misure dell'INFC.

# Mappa di CAI



Il CAI è espresso in  $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$ .

# Area di studio: Vallombrosa



Dati di CAI ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ ) ottenuti usando dati di volume da mappa a scala regionale (sx) e da mappa ottenuta da LiDAR (dx).

# Validazione della NEP: Torre di flusso di San Rossore

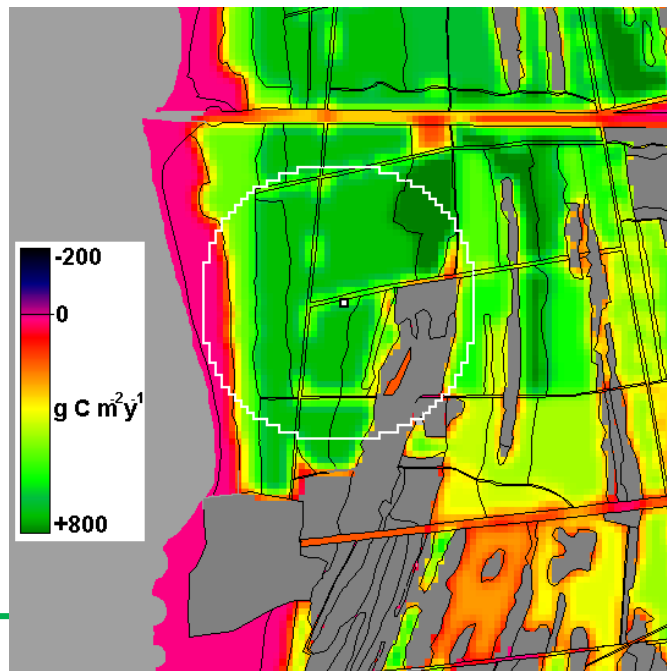


Questa pineta (43.6-43.8° N Lat., 10.4-10.6° E Long.) si trova all'interno del Parco Naturale di San Rossore.

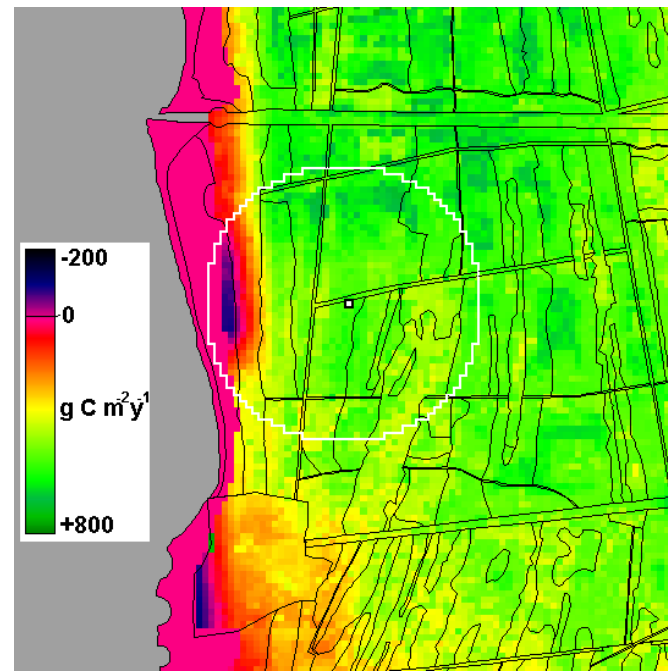
E' una zona costiera pianeggiante caratterizzata dalla presenza di una **pineta mediterranea** (a prevalenza di *Pinus pinaster* Ait. e *P. pinea* L.).

Il clima è mediterraneo sub-umido; la temperatura media annua è di 14.8 °C e le precipitazioni sono intorno a 900 mm annui.

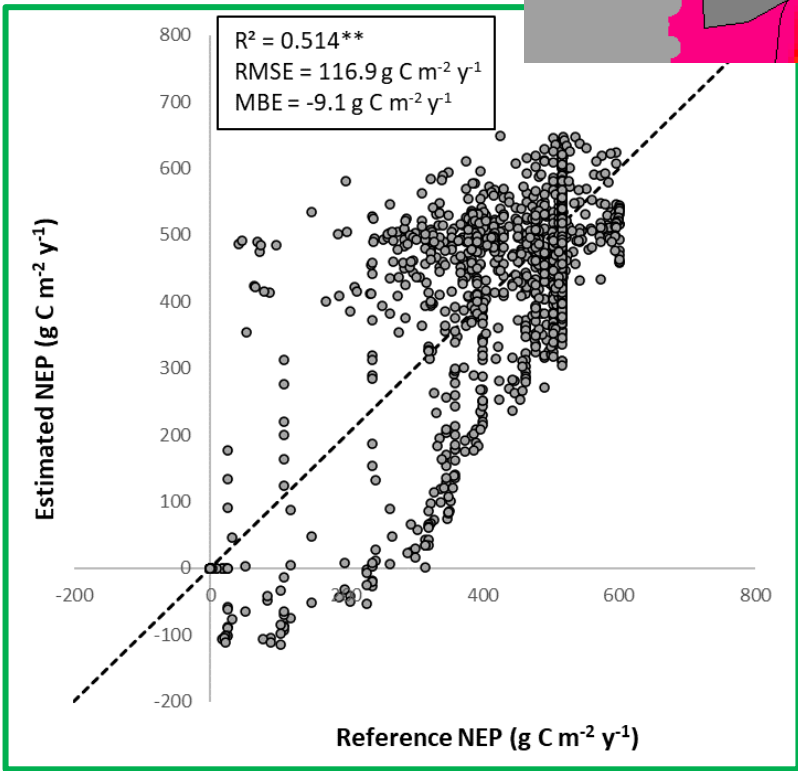
*Torre di misura dei flussi con tecnica eddy-covariance.*



NEP di riferimento



NEP stimata



Mappe di NEP relative alla  
pineta di San Rossore

# Conclusioni

- La metodologia sviluppata consente di stimare a diverse scale spaziali e temporali alcuni dei servizi ecosistemici delle foreste.
- I dati di input sono in genere disponibili, almeno per la maggior parte dei paesi Europei.
- La metodologia può essere utilizzata sia per scopi di studio, quali per la predizione di scenari futuri, che per applicazioni di monitoraggio operativo.
- In particolare, l'uso delle mappe prodotte all'interno del DSS messo a punto durante il progetto GO-SURF è una prima dimostrazione di come tecniche avanzate di elaborazione di dati telerilevati e modellizzati possono essere di pratico impiego nella gestione forestale sostenibile.

**GRAZIE PER L'ATTENZIONE!**



## Qualche riferimento bibliografico:

- Maselli F., Papale D., Puletti N., Chirici G., Corona P. (2009). Combining remote sensing and ancillary data to monitor the gross productivity of water-limited forest ecosystems. *Remote Sensing of Environment*, 113, 657-667.
- Maselli F., Chiesi M., Moriondo M., Fibbi L., Bindi M., Running S.W. (2009). Modelling the forest carbon budget of a Mediterranean region through the integration of ground and satellite data. *Ecological Modelling*, 220 (3): 330-342.
- Chirici G., Chiesi M., Corona P., Salvati R., Papale D., Fibbi L., Sirca C, Spano D., Duce P. Marras S., Matteucci G., Cescatti A., Maselli F. (2016). Estimating daily forest carbon fluxes using the combination of ground and remotely sensed data. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 121, 266-279
- Chirici G., Giannetti F., McRoberts R.E., Travaglini D., Pecchi M., Maselli F., Chiesi M., Corona P. (2020). Wall-to-wall spatial prediction of growing stock volume based on Italian National Forest Inventory plots and remotely sensed data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 84, 101959.
- Gardin L., Chiesi M., Fibbi L., Maselli F. (2021). Mapping soil organic carbon in Tuscany through the statistical combination of ground observations with ancillary and remote sensing data. *Geoderma*, 404, 115386.
- Chirici G., Chiesi M., Fibbi L., Giannetti F., Corona P., Maselli F. (2022). High spatial resolution modelling of net forest carbon fluxes based on ground and remote sensing data. *Agricultural and Forest Meteorology*, 316, 108866.

# Correzione delle stime prodotte da BIOME-BGC

