Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

**National Centre for Climate Services NCCS**

**Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio WSL**

Il cambiamento climatico mette a rischio importanti servizi ecosistemici delle foreste svizzere, quali la produzione legnosa, la protezione dai pericoli naturali e la biodiversità locale. Ciò pone grandi sfide alla pianificazione forestale. Su incarico del National Centre for Climate Services (NCCS), il Politecnico federale di Zurigo (ETH) e il WSL hanno sviluppato le app FORTE e ForClim, queste mostrano l'influenza del cambiamento climatico sulle diverse funzioni delle foreste in diversi scenari climatici. Di seguito vengono illustrate le modalità di funzionamento delle app e alcuni risultati esemplificativi.

# EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE PRESTAZIONI ECOSISTEMICHE DELLE FORESTE SVIZZERE

A causa dell'aumento delle temperature e dell'aumento della siccità, in futuro alcune specie arboree non saranno più adatte ai loro areali attuali. Con le app ForClim e FORTE è possibile verificare in che misura le diverse aree e regioni della Svizzera saranno colpite da questo fenomeno.

La siccità, le tempeste e le infestazioni parassitarie stanno aumentando a causa dei cambiamenti climatici e stanno modificando radicalmente le condizioni ecologiche delle foreste svizzere. Questo mette a rischio servizi ecosistemici fondamentali come la produzione legnosa, la protezione dai pericoli naturali e la disponibilità di habitat per la biodiversità locale. Le conoscenze empiriche e gli strumenti di pianificazione tradizionali, come le tavole di cubatura, sono indispensabili, ma nella pratica forestale risultano essere strumenti limitati, specialmente quando si tratta di prendere decisioni riguardanti le specie arboree sostenibili e lo sviluppo di risorse legnose per i decenni futuri.

Due app complementari supportano nel processo decisionale:

**L'app ForClim (Forests in a Changing Climate)** simula lo sviluppo futuro del patrimonio forestale e consente così di pianificare in modo più preciso le misure selvicolturali, a integrazione dell'applicazione già esistente Tree-App.

**L'app FORTE (Forest Tree Explorer)** offre una panoramica cartografica a scala Svizzera sui cambiamenti nella multifunzionalità delle foreste e sui servizi ecosistemici che ne derivano.

Le app sono rivolte a responsabili del settore pubblico, forestali, aziende, studi di progettazione e consulenza, ricercatori e al pubblico interessato.

## CONSEGUENZE DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO

- **La disponibilità delle specie arboree locali più importanti per la silvicoltura diminuirà nelle future condizioni climatiche, poiché queste specie non saranno più adatte a causa dell'aumento delle temperature e della crescente siccità.**
- **Senza la promozione e la messa a dimora di specie arboree adatte al clima, la stabilità e la produttività delle foreste potrebbero diminuire.**
- **Il cambiamento climatico, gli eventi meteorologici estremi e altri disturbi naturali, ad esempio insetti, possono aumentare la mortalità degli alberi. Le foreste miste sono spesso più resistenti delle foreste monospecifiche, poiché in condizioni avverse le risorse disponibili, come acqua e nutrienti, vengono utilizzate in modo più efficiente e la competizione può essere ridotta.**

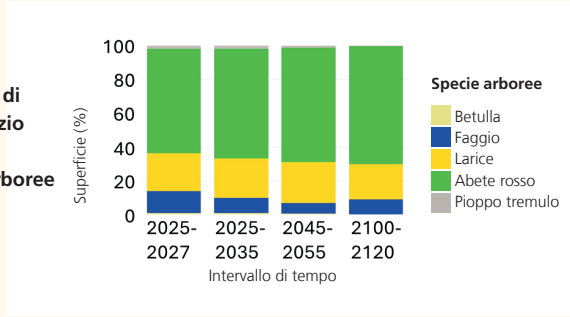
# INDICATORI DISPONIBILI NELL'APP ForClim

## Composizione futura delle specie arboree

### Indicatore di adattabilità climatica

L'app simula come cambierà nel tempo la composizione delle specie nel patrimonio forestale in diversi scenari climatici. Su questa base, i forestali possono pianificare foreste resilienti e promuovere specie arboree adatte al clima. In questo modo si può capire quale composizione arborea sarà opportuna tra 50 anni e quanto velocemente le diverse specie perderanno competitività nelle rispettive aree.

**Esempio di composizione delle specie arboree**
RCP 8.5*

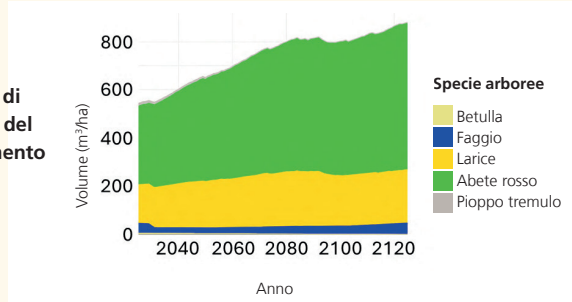



## Sviluppo del popolamento forestale

### Indicatore di crescita e utilizzo del legno

L'app fornisce risultati sullo sviluppo futuro della biomassa, delle riserve di legno e della crescita. Con l'aiuto di grafici di serie temporali dinamiche, i forestali possono pianificare strategicamente i turni selvicolturali: l'app mostra se è opportuno diradare il bosco e promuovere la rinnovazione delle specie arboree.

**Esempio di sviluppo del popolamento**
RCP 8.5*

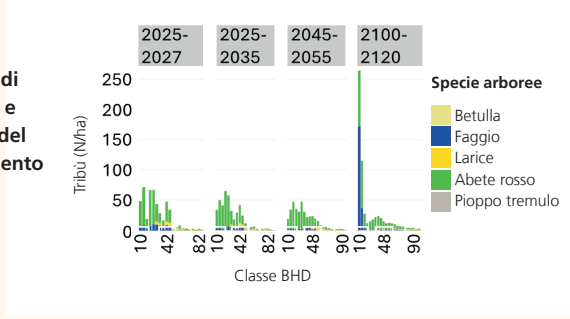



## Struttura e stabilità del popolamento forestale

### Indicatore di resilienza

L'app indica la futura distribuzione diametrica degli alberi e l'evoluzione del rapporto tra altezza dell'albero e diametro del tronco (h/d, coefficiente di snellezza). Queste variabili sono indicatori importanti della stabilità di un popolamento. Soprattutto nelle foreste di montagna, dove la funzione protettiva è prioritaria, questo aspetto ha una rilevanza maggiore rispetto alla semplice produzione legnosa.

**Esempio di struttura e stabilità del popolamento**
RCP 8.5*




*Scenario climatico senza protezione globale del clima
Variazione assoluta nel periodo 2045-2074 rispetto al periodo di riferimento 1981-2010

**Basi scientifiche dell'app ForClim**

La metodologia è stata sviluppata in modo partecipativo con tecnici forestali. Si basa su una rete neurale (NN) addestrata con dati di input rilevanti dal punto di vista pratico. A partire da pochi parametri facilmente rilevabili (ad es. numero di alberi, specie arboree principali, stadi di sviluppo), genera una distribuzione ad alta risoluzione del numero di alberi per l'intero popolamento. In una seconda fase, validata scientificamente, questa distribuzione generale viene suddivisa tra le singole specie arboree sulla base delle percentuali di specie indicate dall'utente. Questa distribuzione dettagliata viene infine convertita in un elenco di alberi che funge da punto di partenza per la simulazione dello sviluppo futuro del bosco.

L'app si basa ancora sulla vecchia generazione di scenari climatici (scenari climatici CH2018). Nel frattempo sono disponibili i nuovi scenari climatici CH2025 Tuttavia, le principali conclusioni qualitative dei due scenari climatici rimangono invariate.

Relazione tecnica
CH2018 Scenari climatici per la Svizzera
Modellizzazione con il modello forestale dinamico ForClim

Hiltner, U., Glatthorn, J., & Bugmann, H. (submitted). Bridging data gaps in forestry: A practitioner-informed Neural Network for predicting stem size distributions from aggregated data. Journal of Applied Ecology.
Marano, G., Hiltner, U., Meusburger, K., Hands, T., Bugmann, H. (in review). Predicting drought-induced tree mortality in Swiss beech forests hinges upon predisposing and inciting factors. Ecosphere.

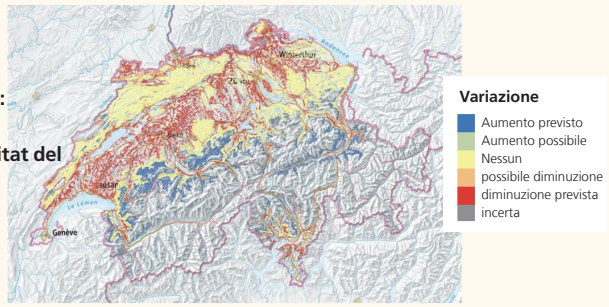
# INDICATORI DISPONIBILI NELL'APP FORTE

## Idoneità dell'habitat

### Indicatore della distribuzione delle specie arboree

L'app mostra come cambieranno gli habitat di diverse specie arboree nei futuri scenari climatici. Essa evidenzia in quali regioni le condizioni per determinate specie miglioreranno o peggioreranno. Inoltre, mostra come gli eventi meteorologici estremi possano influenzare la distribuzione delle specie.

**Esempio: idoneità dell'habitat del faggio**
RCP 8.5*

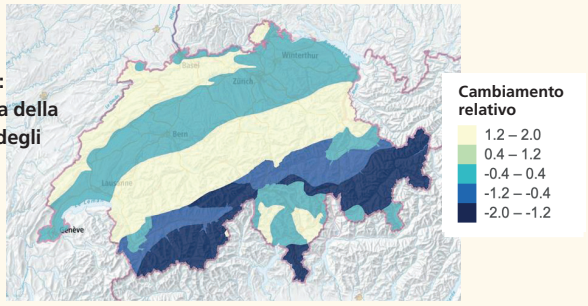



## Salute delle foreste

### Indicatore della resilienza delle foreste svizzere

L'app illustra come i cambiamenti climatici influiscono sullo stato di salute delle foreste. Le mappe forniscono informazioni sullo stato delle foreste in diversi scenari climatici e costituiscono una base importante per lo sviluppo di strategie di gestione sostenibili.

**Esempio: resilienza della crescita degli alberi**
RCP 8.5*

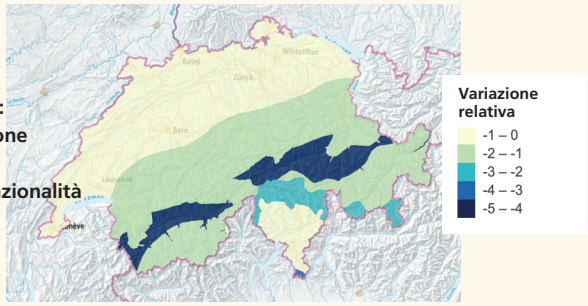



## Multifunzionalità e servizi forestali

### Indicatori dei cambiamenti climatici

L'app mostra come potrebbero cambiare in futuro i servizi ecosistemici fondamentali quali la produzione di legno, lo stoccaggio del carbonio o la protezione dai pericoli naturali. Le mappe aiutano a valutare l'efficacia delle diverse strategie di adattamento.

**Esempio: produzione di legno Multifunzionalità**
RCP 8.5*




*Scenario climatico senza protezione globale del clima
Variazione relativa nel periodo 2045-2074 rispetto al periodo di riferimento 1981-2010

**Basi scientifiche dell'app FORTE**

FORTE Forest Tree Explorer si basa sulla piattaforma FORTE sviluppata dal WSL e dallo Swiss-ForestLab. Nell'app vengono utilizzati i modelli degli ecosistemi forestali con scenari climatici svizzeri aggiornati, al fine di proiettare la distribuzione delle specie arboree e i servizi ecosistemici quali la produzione legnosa, la protezione dai pericoli naturali e l'habitat per la biodiversità locale. Inoltre, viene utilizzato l'approccio di mappatura della multifunzionalità (secondo Van der Plas et al. 2018), che consente una valutazione spazialmente esplicita della multifunzionalità e delle funzioni forestali. Questo metodo supporta l'identificazione di sinergie e conflitti tra i servizi ecosistemici, migliorando così la valutazione delle strategie di adattamento alle future condizioni climatiche.

L'app si basa ancora sulla vecchia generazione di scenari climatici (scenari climatici CH2018). Nel frattempo sono disponibili i nuovi scenari climatici CH2025. Tuttavia, le principali conclusioni qualitative dei due scenari climatici rimangono invariate.

Relazione tecnica
CH2018 Scenari climatici per la Svizzera
SOMA-CH Mappe del suolo ad alta risoluzione
Inventario forestale nazionale svizzero (NFI)
EU-Forest – Set di dati ad alta risoluzione sulla presenza degli alberi in Europa

## COSA SONO I SERVIZI ECOSISTEMICI?

**I servizi ecosistemici sono i benefici che gli esseri umani traggono dai processi naturali, ad esempio la purificazione dell'aria da parte degli alberi. Questi servizi garantiscono cibo, salute, clima e qualità della vita – spesso poco visibili, ma indispensabili. Il dashboard intersettoriale sviluppato nell'ambito di questo progetto mostra come i servizi ecosistemici forniti da foreste, agricoltura e corsi d'acqua cambiano nel tempo e in diversi scenari climatici. Offre così una panoramica per tutta la Svizzera.**

**Ulteriori informazioni**

Dossier WSL «Foreste e cambiamenti climatici»
Una raccolta completa di schede informative e risultati di ricerca che riuniscono informazioni rilevanti per la pratica a riguardo dell'adattamento delle foreste svizzere ai cambiamenti climatici.

Guida all'implementazione dell'UFAM «Gestione forestale sostenibile»
Fornisce un quadro di riferimento e raccomandazioni per una gestione forestale che tenga conto degli aspetti ecologici, sociali ed economici in condizioni climatiche mutevoli.

NaiS - Sostenibilità e controllo dei risultati nelle foreste di protezione
NaiS mostra come mantenere una foresta protettiva sostenibile ed efficace con il minimo sforzo possibile.

Tree-App
L'app Tree-App supporta la pratica forestale con raccomandazioni sulle specie arboree nel contesto dei cambiamenti climatici.

**Colophon**

| | |
|---|---|
| Direzione del progetto | *Astrid Björnsen (WSL)* |
| Sviluppo ForClim | *Ulrike Hiltner, Harald Bugmann (ETH)* |
| Sviluppo FORTE | *Micah Wilhelm, Arthur Gessler (WSL)* |
| Coordinamento del programma NCCS-Impacts | *Andreas Fischer, Angela Michiko Hama (NCCS/MeteoSvizzera)* |
| Informazioni sul finanziamento | *Questo lavoro è stato finanziato dal National Centre for Climate Services NCCS e realizzato nell'ambito del programma «Basi decisionali per gestire i cambiamenti climatici in Svizzera (NCCS-Impacts)» come parte del progetto «Impatto dei cambiamenti climatici sui servizi ecosistemici».* |
| Maggiori informazioni sul programma | *Programma NCCS-Impacts* |

2026

WSL · UNIVERSITÉ DE GENÈVE · ETH zürich · Schweizerische Eidgenossenschaft, Confédération suisse, Confederazione Svizzera, Confederaziun svizra · Eidgenössisches Departement für Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF, Agroscope · EBP

Scopri di più sul progetto:
www.nccs-impacts.ch/ecosistemi