

# MoGLI: Carte di distribuzione ad alta risoluzione per le specie arboree e arbustive più comuni nelle foreste della Svizzera

Una sintesi riassuntiva dei metodi e dei risultati

Rafael O. Wüest, Ariel Bergamini, Kurt Bollmann, Andri Baltensweiler

Corrispondente: Andri Baltensweiler ([andri.baltensweiler@wsl.ch](mailto:andri.baltensweiler@wsl.ch))

Sulla base dei dati dell'Inventario Forestale Nazionale Svizzero (IFN), abbiamo sviluppato un modello del potenziale di distribuzione delle più comuni specie legnose che si trovano all'interno dell'areale forestale della Svizzera, elaborando delle carte della distribuzione potenziale di queste specie che soddisfano determinati criteri di qualità per quanto riguarda la previsione della loro distribuzione. Le carte della distribuzione sono state prodotte sulla base dei principi della modellizzazione statistica della distribuzione, in base ai quali la presenza delle varie specie legnose registrate durante i rilevamenti dell'IFN è stata statisticamente correlata alle diverse variabili ambientali. La distribuzione potenziale è stata quindi allestita per l'intera superficie forestale della Svizzera sulla base delle correlazioni statistiche derivate da questi parametri. Oltre ai predittori tradizionali connessi con il clima o la topografia, abbiamo sviluppato nuovi predittori specifici per il modello MoGLI che descrivono la struttura delle foreste ricorrendo alla metodologia LiDAR (Light Detection and Ranging; un metodo che scandisce la superficie terrestre utilizzando la tecnologia laser), utilizzando contemporaneamente delle mappe delle proprietà dei suoli che hanno permesso di massimizzare l'accuratezza delle proiezioni spaziali.

**Le mappe prodotte con l'approccio MoGli possono essere visualizzate tramite una semplice applicazione web GIS: <https://www.lfi.ch/produkte/mogli/mogli-it.php>**

**Le mappe prodotte saranno disponibili in EnviDat per singole specie o come download in blocco.: <https://www.envidat.ch/#/metadata/mogli-sdm>**

## Metodi

La procedura si articola in tre fasi distinte: preparazione dei dati sulla presenza delle specie legnose e dei dati ambientali, modellazione statistica e previsione della distribuzione spaziale delle specie.

### Preparazione dei dati sulla presenza delle specie legnose e dei dati ambientali

Da un lato abbiamo utilizzato i dati sulla effettiva presenza delle varie specie legnose rilevata in bosco durante l'Inventario Forestale Nazionale Svizzero (IFN). D'altro canto, nel progetto si è usufruito di informazioni sulle condizioni ambientali che sono disponibili a livello di intera superficie, per l'insieme delle foreste svizzere. Oltre alle informazioni connesse con il clima, con la topografia e con i suoli (valore del pH), per la modellazione sono stati utilizzati dati satellitari e dati LiDAR. Dalle immagini satellitari LANDSAT è stato calcolato il cosiddetto «Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)», un indice che permette di ottenere informazioni sulla produttività delle foreste. I dati LiDAR sono invece stati impiegati per acquisire informazioni sulla struttura verticale delle foreste, permettendo così di descrivere, tra le altre cose, anche le condizioni di luce presenti all'interno dei popolamenti forestali. È stato dimostrato che tali caratteristiche strutturali possono migliorare soprattutto la qualità del modello per le specie (in particolare arbustive) che necessitano di molta luce, come il ginepro comune (*Juniperus communis* L. *subsp. communis*) e il prugnolo (*Prunus spinosa* L.), vedi Wüest et al. (2020).

## Modellazione statistica

Sono stati utilizzati cinque diversi modelli statistici (GLMs, GAMs, MaxEnt, random Forests, artificial neural networks) per spiegare la presenza (o l'assenza) delle varie specie legnose all'interno delle aree di saggio dell'IFN. La qualità dei modelli è stata verificata mediante la convalida incrociata eseguita per ogni singola specie, mirata a mostrare come i modelli riescano a prevedere la presenza (o l'assenza) della specie. La convalida incrociata è stata eseguita suddividendo in modo casuale il set dei dati IFN disponibili in 70% di dati di preparazione e l'ulteriore 30% nei dati di verifica-test. Tutti i cinque i modelli sono stati poi generati partendo dai dati di preparazione, confrontando poi le previsioni di questi modelli con i dati di presenza/assenza delle varie specie legnose effettivamente osservate nei set dei dati di verifica-test. La qualità delle previsioni è stata valutata utilizzando il metodo delle True Skills Statistics (*TSS*). La procedura di convalida incrociata è stata ripetuta cento volte e per ogni specie legnosa è stato calcolato un valore *TSS* medio. I valori *TSS* possono variare tra zero (modello peggiore possibile) e uno (modello perfetto). Le cartine della distribuzione potenziale per le specie legnose che presentavano una qualità del modello insufficiente ( $TSS_{CV} < 0,5$ ), non sono state pubblicate. Sono pertanto disponibili e scaricabili tramite download solo mappe di distribuzione affidabili.

## Previsione della distribuzione spaziale delle specie

Nell'ultima fase è stata elaborata la previsione della presenza potenziale delle specie arboree e arbustive per l'intera superficie forestale svizzera con l'ausilio di modelli statistici. Il progetto MoGLI fornisce quindi tre prodotti. Il primo prodotto, la cosiddetta mappa d'insieme, è la probabilità media della presenza di una determinata specie. A questo scopo, i valori previsti dai cinque modelli statistici sono stati mediati, ottenendo valori compresi tra zero e uno (nelle mappe di probabilità dell'insieme delle foreste vengono indicati in valori percentuali compresi tra lo 0% e il 100%). Il secondo prodotto fornisce informazioni su quanto i modelli differiscono rispetto alle loro previsioni. Questa discrepanza è stata calcolata come deviazione standard tra i cinque modelli, con valori elevati che indicano grandi discrepanze tra i modelli (le mappe di deviazione standard riportano i valori delle deviazioni standard, moltiplicati per 100). Il terzo prodotto, le cosiddette mappe della conformità, fornisce informazioni sia sulla probabilità del verificarsi, che sull'incertezza associata alle previsioni della presenza delle specie. Questo risultato è stato ottenuto specificando tre classi, due classi (1 e 3) hanno una bassa incertezza e indicano la presenza o l'assenza di una specie, mentre la terza classe (2) non fornisce informazioni sulla possibile presenza attuale delle specie a causa di un'incertezza troppo elevata. Le cartografie della conformità contengono valori compresi tra uno e tre, che indicano se una specie è effettivamente presente o assente:

1 := presenza improbabile

2 := presenza incerta

3 := presenza probabile

## Risultati

### Accuratezza della previsione

La tabella 1 fornisce i dettagli del numero di presenze ( $N_{\text{presences}}$ ) osservate in bosco durante i rilevamenti dell'IFN. Essa indica anche quante variabili climatiche ( $N_{\text{clim}}$ ), attributi topografici del terreno ( $N_{\text{terat}}$ ), caratteristiche lineari ( $N_{\text{lin}}$ ) e variabili di telerilevamento ( $N_{\text{rs}}$ ) sono state utilizzate.  $N_{\text{totale}}$  indica il numero totale di variabili predittive che i modelli hanno utilizzato.  $TSS_{CV}$  indica il valore medio di  $TSS_{CV}$  durante il processo di validazione incrociata (nel quale  $TSS_{CV} = 0$  indicherebbe il modello considerato peggiore e  $TSS_{CV} = 1$  il modello considerato come perfetto).

**Tabella 1** Elenco alfabetico delle specie legnose modellizzate con i relativi criteri di qualità che presentano un valore di attendibilità del modello di previsione superiore al valore-soglia  $TSS_{CV} > 0.5$ . Per tutte queste specie sono disponibili delle carte della loro distribuzione potenziale nelle foreste della Svizzera (<https://www.envidat.ch/dataset/mogli-sdm>). La tabella contiene inoltre il numero delle presenze di ogni singola specie legnosa all'interno dei dati rilevati in bosco durante l'IFN ( $N_{presences}$ ), il numero totale delle variabili utilizzate per la modellizzazione ( $N_{total}$ ) ed il numero delle variabili utilizzate per ogni singola categoria (clima= $N_{clim}$ ; dati topografici= $N_{terat}$ ; parametri lineari= $N_{lin}$ ; variabili connesse con i metodi di telerilevamento= $N_{rs}$ ), oltre che i valori medi TSS risultanti dai procedimenti di validazione incrociata eseguiti con tutti i cinque modelli impiegati ( $TSS_{CV}$ ).

Species	$N_{presences}$	$N_{clim}$	$N_{terat}$	$N_{lin}$	$N_{rs}$	$N_{total}$	$TSS_{CV}$
Abies alba Mill.	2307	20	33	6	9	68	0.524
Acer campestre L.	275	13	5	7	2	27	0.642
Acer opalus Mill.	73	5	1	0	1	7	0.787
Acer platanoides L.	236	12	3	5	3	23	0.508
Alnus glutinosa (L.) Gaertn.	85	5	3	0	0	8	0.600
Alnus incana (L.) Moench	275	7	17	0	3	27	0.528
Alnus viridis (Chaix) DC.	325	12	11	5	4	32	0.677
Amelanchier ovalis Medik.	33	2	0	0	1	3	0.639
Berberis vulgaris L.	175	12	2	0	3	17	0.622
Carpinus betulus L.	282	12	10	5	1	28	0.720
Castanea sativa Mill.	211	13	3	0	5	21	0.872
Clematis vitalba L.	230	12	5	4	2	23	0.563
Cornus sanguinea L.	389	14	15	6	3	38	0.636
Cotoneaster tomentosus Lindl.	53	3	0	0	2	5	0.603
Crataegus monogyna Jacq.	336	13	9	6	5	33	0.555
Crataegus laevigata (Poir.) DC.	207	13	3	4	0	20	0.557
Cytisus scoparius (L.) Link	57	5	0	0	0	5	0.887
Daphne laureola L.	61	4	2	0	0	6	0.704
Euonymus europaeus L.	245	9	8	7	0	24	0.657
Fagus sylvatica L.	3142	20	34	7	10	71	0.669
Fraxinus excelsior L.	2006	17	36	8	9	70	0.542
Hedera helix L.	907	15	35	6	10	66	0.622
Hippocrepis emerus (L.) Lassen	32	2	1	0	0	3	0.606
Ilex aquifolium L.	359	13	11	5	6	35	0.548
Juglans regia L.	189	11	3	4	0	18	0.563
Juniperus communis L. subsp. communis	151	8	3	0	4	15	0.615
Juniperus communis subsp. alpina Celak.	130	5	1	3	4	13	0.746
Laburnum alpinum (Mill.) Bercht. & J. Presl	36	2	1	0	0	3	0.551
Laburnum anagyroides Medik.	41	4	0	0	0	4	0.643
Larix decidua Mill.	1019	19	35	8	10	72	0.605
Ligustrum vulgare L.	294	12	7	7	3	29	0.669
Lonicera caerulea L.	62	5	0	1	0	6	0.504
Lonicera xylosteum L.	1179	15	33	7	10	65	0.509

<i>Ostrya carpinifolia</i> Scop.	32	3	0	0	0	3	0.853
<i>Picea abies</i> (L.) H. Karst.	4175	18	36	8	10	72	0.528
<i>Pinus cembra</i> L.	186	12	1	3	2	18	0.874
<i>Pinus mugo</i> subsp. <i>uncinata</i> (DC.) Domin	92	5	0	1	3	9	0.696
<i>Pinus mugo</i> Turra subsp. <i>mugo</i>	50	3	0	0	2	5	0.790
<i>Pinus sylvestris</i> L.	490	13	21	6	9	49	0.529
<i>Prunus avium</i> L.	610	14	31	6	10	61	0.510
<i>Prunus padus</i> L.	157	8	6	1	0	15	0.612
<i>Prunus spinosa</i> L.	153	9	2	4	0	15	0.551
<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco	84	3	5	0	0	8	0.638
<i>Quercus petraea</i> Liebl.	295	15	5	5	4	29	0.581
<i>Quercus pubescens</i> Willd.	69	6	0	0	0	6	0.783
<i>Quercus robur</i> L.	344	10	18	6	0	34	0.607
<i>Rhododendron ferrugineum</i> L.	369	10	14	6	6	36	0.782
<i>Ribes alpinum</i> L.	83	6	2	0	0	8	0.579
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	36	3	0	0	0	3	0.681
<i>Sorbus chamaemespilus</i> (L.) Crantz	36	3	0	0	0	3	0.614
<i>Taxus baccata</i> L.	96	5	3	0	1	9	0.529
<i>Tilia cordata</i> Mill.	237	14	2	2	5	23	0.525
<i>Ulmus glabra</i> Huds.	476	16	18	6	7	47	0.526
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	369	14	9	5	8	36	0.575
<i>Viburnum lantana</i> L.	378	11	13	6	7	37	0.532
<i>Viburnum opulus</i> L.	240	10	8	6	0	24	0.531

## Bibliografia

Wüest, R. O., Bergamini, A., Bollmann, K., & Baltensweiler, A. (2020). LiDAR data as a proxy for light availability improve distribution modelling of woody species. *Forest Ecology and Management*, 456, 117644. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117644>