

Modelli di vocazionalità nella ZSC/ZPS IT1140016 Alpi Veglia e Devero – Monte Giove

Fagiano di monte
Coturnice
Camoscio
Stambecco



A cura di Anna Bonardi
Febbraio 2019

Foto di copertina di Radames Bionda

ACRONIMI

AUC	<i>Area Under Curve</i> (area sottesa alla curva) ROC
DTM	<i>Digital Terrain Model</i> (modello digitale del terreno)
IPLA	Istituto per le piante da legno e l'ambiente
MESS	<i>Multivariate Environmental Similarity Surface</i>
ZSC/ZPS	Zona Speciale di Conservazione/Zona di Protezione Speciale
TSS	<i>True Skill Statistic</i>

Indice generale

1. Premessa.....	4
2. Metodi.....	5
2.1 Area di studio e cartografia di base.....	5
2.2 Dati di base relativi alle specie.....	6
2.3 Predittori.....	7
2.4 Modelli per la stima della vocazionalità.....	8
2.3.1 MAXENT.....	9
2.3.2 Regressione logistica.....	11
2.5 Software impiegati.....	11
3. Risultati.....	12
3.1 Fagiano di monte.....	12
3.1.1 Lek.....	12
3.1.2 Allevamento della prole.....	14
3.1.3 Svernamento.....	15
3.2 Coturnice, areale riproduttivo.....	17
3.3 Camoscio, areale di svernamento.....	20
3.4 Stambecco, areale di svernamento.....	21
4. Conclusioni.....	24
5. Bibliografia.....	26
Allegati	
A. Elenco file parte integrante della relazione.....	28
B. Descrizione carta degli habitat.....	29
C. Curve di risposta per i modelli di Maxent.....	31

1. Premessa

La presente relazione rappresenta, insieme ai file contenuti nella cartella ALLEGATI_Bonardi2019 e descritti in Allegato A, il risultato dell'incarico disciplinato dal contratto stipulato in data 13/7/2018 con l'istituto per le piante da legno e l'ambiente (IPLA S.p.A.) e riguardante l'elaborazione di modelli di vocazionalità per quattro specie alpine nell'area della ZSC/ZPS IT1140016 Alpi Veglia e Devero – Monte Giove.

Nello specifico, l'obiettivo era di evidenziare in tutto il territorio della ZSC/ZPS le aree con le caratteristiche più idonee ad ospitare le specie in diverse fasi del loro ciclo vitale:

- scelta del partner (lek), allevamento della prole e svernamento per il fagiano di monte (*Tetrao tetrix*);
- attività legate alla riproduzione per la coturnice (*Alectoris graeca*);
- svernamento per camoscio (*Rupicapra rupicapra*) e stambecco (*Capra ibex*).

I dati di base utilizzati sono le localizzazioni delle specie, raccolte nel tempo in attività standardizzate ed occasionali dal personale dell'Ente di gestione delle Aree protette dell'Ossola (da qui in avanti denominato Ente gestore) e da suoi collaboratori, e le caratteristiche ambientali dell'area di interesse, habitat e caratteristiche morfologiche del terreno. I primi sono stati forniti dall'Ente gestore stesso, i secondi da IPLA.

Il lavoro è stato svolto a stretto contatto con il Funzionario tecnico per la gestione e conservazione delle risorse naturali dell'Ente gestore, Radames Bionda.

Si ringraziano per la disponibilità a fornire informazioni e dati, oltre al già citato R. Bionda, Roberto Sindaco e Alessandro Canavesio di IPLA.

2. Metodi

2.1 Area di studio e cartografia di base

L'area di studio è situata nelle Alpi Lepontine, interamente costituita dal territorio della ZSC/ZPS IT1140016 Alpi Veglia e Devero – Monte Giove, nella provincia del Verbano-Cusio-Ossola, a nord del Piemonte. I confini dell'area sono stati scaricati dal GEOPortale della Regione Piemonte (<http://www.geoportale.piemonte.it>) come *layer* vettoriale, costituito da un unico poligono (Fig. 1).

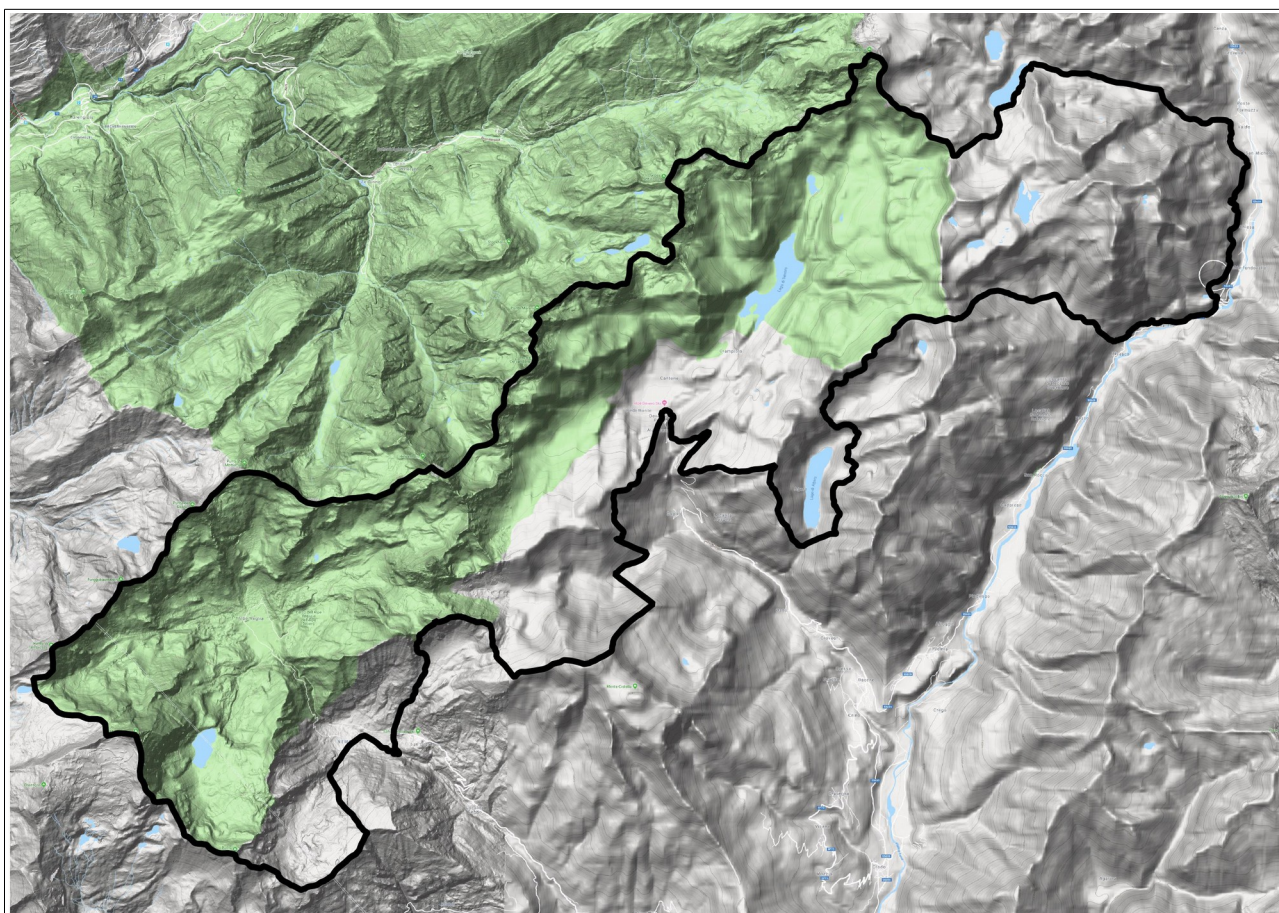


Fig. 1. Confini della ZSC/ZPS IT1140016 sullo sfondo della carta google terrain hybrid.

La cartografia di base impiegata nelle analisi è costituita da:

- Modello digitale del terreno (DTM) dell'area di interesse, tratto da quello a copertura regionale con risoluzione della griglia 5x5 m², in formato DXF 3D, a sua volta derivato per trasformazione dal DTM Lidar (Volo ICE 2009-2011), della stessa maglia. Disponibile sul GEOPortale della Regione Piemonte.
- Carta degli habitat, fornita da IPLA. Completata a novembre 2018, è un *layer* vettoriale, costituito da 3084 poligoni, per ciascuno dei quali sono riportate le seguenti informazioni rilevanti:
 - TIPIFORE: Codice a 5 caratteri, che combina la Categoria forestale (2 lettere), il Tipo forestale (1 cifra), il sottotipo (1 cifra) e la variante (1 lettera);

- TIPO: Tipo forestale;
- CA: Categoria forestale;
- HABITAT_1: Codice CORINE Biotopes dell'habitat prevalente;
- PERC_H1: percentuale di copertura dell'habitat prevalente;
- HABITAT_2: Codice CORINE Biotopes del secondo habitat per estensione;
- PERC_H2: percentuale di copertura del secondo habitat per estensione;
- HABITAT_3: Codice CORINE Biotopes del terzo habitat per estensione;
- PERC_H3: percentuale di copertura del terzo habitat per estensione.

Di seguito si riportano informazioni e definizioni utili relative ai campi della carta degli habitat, tratte da Camerano et al., 2008:

La tipologia forestale è un modello di classificazione delle aree forestali che ha come obiettivo la definizione di unità floristico-ecologico-selvicolturali da utilizzare quale base per la pianificazione forestale territoriale o di singolo comprensorio boscato. Si tratta di un approccio multidisciplinare in cui l'unità della classificazione (Tipo forestale) rappresenta sinteticamente gli aspetti floristici, ecologici, strutturali e selvicolturali, senza approfondire eccessivamente le relazioni fra suolo e vegetazione. Il Tipo forestale è omogeneo sotto gli aspetti floristici, stazionali, delle tendenze dinamiche ed eventualmente selvicolturale-gestionale; ciascun Tipo contiene nella sua denominazione le principali caratteristiche ecologiche, strutturali e floristiche, particolarmente significative per la sua distinzione. Sotto il profilo floristico il Tipo si caratterizza mediante una lista di specie distinte negli strati arboreo, arbustivo ed erbaceo, di cui alcune indicatrici.

[...]

La Categoria forestale è un'unità puramente fisionomica, in genere definita sulla base della dominanza di una o più specie costruttrici e che corrisponde di solito alle unità vegetazionali comprensive normalmente utilizzate in selvicoltura (Castagneti, Faggete, Peccete ecc.).

[...]

Il tipo di Habitat fa riferimento alla classificazione CORINE Biotopes ed ha l'obiettivo di fornire e descrivere a livello locale tipi di ambienti ritenuti meritevoli di tutela secondo un linguaggio comune a livello europeo. Tale tipologia è stata solo recentemente sviluppata attraverso numerosi manuali d'interpretazione, alcuni con quadri sinottici di confronto con i Tipi forestali. La caratteristica di questa tipologia è di ricercare correlazioni fra le diverse componenti, animali e vegetali, che caratterizzano la cenosi, nell'ottica di una gestione che tenga in considerazione tutti gli aspetti.

In Allegato B sono riportati i valori presenti nella carta degli habitat dell'area di studio, per i tre campi relativi agli habitat (Tab. B.1) e per TIPIFORE e TIPO (da cui si ricava direttamente CA) (Tab. B.2).

2.2 Dati di base relativi alle specie

I dati delle specie sono rappresentati da localizzazioni georeferenziate, con diverso grado di precisione, ottenute da attività standardizzate o occasionali dal personale dell'Ente gestore o da suoi collaboratori, tra il 1993 e il 2017.

La Tab. 1 riassume, per ogni specie, le caratteristiche dei dati di presenza usati nelle analisi e la loro origine principale. Per ogni specie sono state selezionate solo le localizzazioni ritenute sufficientemente precise, in accordo con il Funzionario tecnico per la gestione e conservazione delle risorse naturali dell'Ente gestore.

Tab. 1. Principali caratteristiche delle localizzazioni delle specie impiegate nelle analisi.

specie e fase vitale	principale origine dei dati	range temporale	n. punti nella ZSC/ZPS (usati per calibrazione)	altre informazioni
<i>fagiano di monte</i>				
lek	Censimenti primaverili	1994-2014	720 (720)	Da 1 a 16 maschi nel lek
allevamento prole	Censimenti estivi	1994-2015	611 (589)	Agosto-settembre femmine con prole
	Radio-tracking	1998-2006	712 (487)	18 femmine con prole giugno-settembre
svernamento	Radio-tracking	1998-2006	943 (916)	85 individui diversi, di cui 65 maschi 688 punti relativi a maschi 810 punti relativi ad adulti
	Censimenti fatte	non disp.	116	5 aree indagate
<i>coturnice</i>				
riproduzione	Censimenti primaverili	1993-2017	238 (137)	Aprile-agosto, con 193 dati in maggio-giugno
<i>camoscio</i>				
svernamento	Censimenti invernali	1997-2011	587 (585)	Dicembre-febbraio
<i>stambecco</i>				
svernamento	Censimenti invernali	1993-2017	1118	Dicembre-febbraio

Oltre ai dati di presenza, per ogni specie l'Ente gestore ha fornito i *layer* poligonali o le informazioni utili a definire le aree indagate in modo standardizzato e le aree di assenza certa (questo solo nel caso dello svernamento dello stambecco). Questi poligoni hanno determinato la superficie su cui sono stati costruiti i modelli.

Nelle sezioni dedicate all'illustrazione delle analisi relative a ciascuna combinazione di specie/periodo di interesse sono riportate le mappe dell'area di studio con evidenziate le localizzazioni impiegate e le aree di costruzione dei modelli (cap. 3).

2.3 Predittori

Per costruire i modelli sono state utilizzate le seguenti variabili ambientali, in formato raster con risoluzione di 5x5 m:

- quota (dato rilevato direttamente dal DTM, in m s.l.m.);
- pendenza ed esposizione (dati calcolati dal DTM, in gradi);
- percentuale di habitat, ricavata dalla carta degli habitat fornita da IPLA.

In particolare, per ogni tipo di habitat ritenuto ecologicamente rilevante per la specie di volta in volta considerata, sono stati selezionati tutti i poligoni che presentavano l'habitat in questione nel campo HABITAT_1, HABITAT_2 o HABITAT_3. Il *layer* risultante è stato convertito in raster, mantenendo in ogni pixel il valore percentuale di habitat associato al poligono in cui ricadeva il punto. Non si tratta di un'informazione ottimale, perché non è possibile sapere la reale presenza dell'habitat in questione in quel territorio ristretto, ma con i dati a disposizione non è possibile avere

un dettaglio maggiore. A ciascun poligono della carta degli habitat, infatti, corrispondono diversi pixel 5x5 m, non è dunque possibile determinare in quali pixel i suoi tre habitat siano davvero presenti. Inoltre, la classificazione CORINE Biotopes non è ottimale per mettere in luce associazioni tra habitat e presenza di fauna, essendo più rilevante, in particolare per i galliformi, una classificazione più incentrata sulla struttura della vegetazione e sulla presenza delle specie floristiche direttamente utilizzate dalla fauna. Questo tipo di carta, infine, non permette di ricavare un altro dato generalmente importante per mappare la presenza della fauna, l'indice di frammentazione tra due ambienti, come roccia e pascolo nel caso del camoscio e della coturnice o rodoro-vaccinieto e bosco nel caso del fagiano di monte.

Il dato di habitat associato a ciascun pixel effettivamente usato per costruire i modelli è la presenza percentuale media in un raggio di 50 o 100 m (finestra mobile). In questo modo si ottiene un dato un po' più robusto e relativo a una superficie più consona alla percezione del territorio da parte della fauna, la cui presenza in un punto specifico dello spazio è verosimilmente legata alla disponibilità di ambienti idonei nei dintorni più che alle caratteristiche puntuali di quel sito.

In alcuni casi l'habitat utilizzato è la somma di più habitat analoghi:

- rocce (habitat 62100000 "Rocce e rupi, continentali, calcaree" + 62200000 "Rocce e rupi, continentali, silicee");
- boschi (tutti gli habitat che iniziano con 4, cfr. Tab. B.1 nell'Allegato B);
- praterie (habitat 36300000 "Praterie subalpine e alpine, acidofile" + 36400000 "Praterie subalpine e alpine, neutro-basifile").

2.4 Modelli per la stima della vocazionalità

Lo scopo dello *species distribution modeling* è stimare quanto sono simili le condizioni in ogni punto dello spazio rispetto a quelle presenti dove si verifica (o non si verifica) un evento. Una applicazione comune di questo metodo è predire l'areale di una specie usando il clima o altre caratteristiche ambientali come predittori (Hijmans & Elith, 2017).

Generalmente si seguono 4 passaggi:

1. raccolta delle localizzazioni di una specie (o di un altro fenomeno);
2. estrazione dei valori di alcune variabili ambientali in tali localizzazioni;
3. uso dei valori delle variabili ambientali per costruire un modello che stimi la somiglianza coi siti di presenza;
4. uso del modello per predire il fenomeno di interesse in una determinata regione o in un clima passato o futuro.

Nel nostro caso l'evento da predire è l'idoneità del territorio dell'area di studio ad ospitare le quattro specie di interesse, nei periodi di interesse.

La disponibilità di sole presenze o di presenze/assenze determina il tipo di modello più adatto a stimare l'idoneità ambientale. Ad eccezione dello stambecco, in tutti gli altri casi sono disponibili soltanto dati di presenza, il che rende necessario confrontare i valori assunti dalle variabili ambientali nei siti di presenza con quelli assunti nell'intero territorio indagato (*background*). Uno dei metodi più usati in queste condizioni è quello della massima entropia, basato su tecniche di *machine-learning* (Phillips et al., 2006). In presenza di dati di assenza certa è stato usato un metodo statistico, la regressione logistica, che opera confrontando i valori assunti dalle variabili ambientali nei siti di presenza con quelli dei siti in cui la specie è assente.

2.3.1 MAXENT

Di seguito è riportata una sintesi del metodo di massima entropia (Maxent), basata su Phillips et al., 2006, tratta da Pearson, 2010:

Maxent is a general-purpose method for characterizing probability distributions from incomplete information. In estimating the probability distribution defining a species' distribution across a study area, Maxent formalizes the principle that the estimated distribution must agree with everything that is known (or inferred from the environmental conditions where the species has been observed) but should avoid making any assumptions that are not supported by the data. The approach is thus to find the probability distribution of maximum entropy (the distribution that is most spread-out, or closest to uniform) subject to constraints imposed by the information available regarding the observed distribution of the species and environmental conditions across the study area.

The Maxent method does not require absence data for the species being modeled; instead it uses background environmental data for the entire study area. The method can utilize both continuous and categorical variables and the output is a continuous prediction (either a raw probability or, more commonly, a cumulative probability ranging from 0 to 100 that indicates relative suitability). Maxent has been shown to perform well in comparison with alternative methods (Elith et al., 2006; Phillips et al., 2006; Pearson et al., 2007). One drawback of the Maxent approach is that it uses an exponential model that can predict high suitability for environmental conditions that are outside the range present in the study area. To alleviate this problem, when predicting for variable values that are outside the range found in the study area, these values are reset (or 'clamped') to match the upper or lower values found in the study area.

Le scelte relative ai dati di *input* e al *setting* dei parametri nella costruzione dei modelli di Maxent si sono basate su Merow et al., 2013 e Hijmans & Elith, 2017. In particolare:

- il *background* è stato scelto in modo da contenere solo aree ben campionate e idonee alla presenza della specie (aree di calibrazione), in modo da poter mantenere, come *prior distribution*, quella uniforme (*default* in Maxent);
- è stato selezionato un elevato numero di punti di *background* in modo da caratterizzarlo al meglio (10000);
- tra le features possibili, non sono state usate *threshold* e *hinge* per ridurre il rischio di *overfitting* e rendere più sensata, da un punto di vista biologico, la relazione tra predittori e presenza della specie;
- sono stati scartati dalle analisi i predittori troppo correlati tra loro o che mostravano di non contribuire in modo significativo alla costruzione del modello;
- per ogni combinazione di specie / periodo di interesse è stato selezionato il coefficiente di regolarizzazione che massimizza le *performances* del modello in termini di predizioni corrette;
- il modello finale e le relative predizioni (carta della vocazionalità) sono il risultato della combinazione di 5 modelli, ciascuno costruito (calibrazione) con l'80% dei dati e validato con il restante 20%. Questa *crossvalidation* consente di avere risultati più robusti, utilizzando al contempo tutti i dati disponibili;
- la soglia usata per ottenere una mappa di vocazionalità binaria (presenza/assenza) a partire dall'*output* di Maxent (valori continui che possono essere interpretati come probabilità relativa di presenza della specie nell'area) è quella che permette di avere una sensibilità (proporzione di presenze predette correttamente) pari a 0,9. Nei modelli

costruiti a partire dalle sole presenze è preferibile usare soglie basate su questa metrica piuttosto che sulla specificità (proporzione di assenze predette correttamente);

- la metrica usata per selezionare i modelli migliori è stata l'AUC (area sottesa alla curva ROC), che può essere definita come la probabilità che un sito di presenza scelto a caso sia considerato dal modello più idoneo alla presenza della specie rispetto a un punto del *background* scelto a caso. Adatto a valutare le *performances* di un modello costruito senza dati di assenza, l'AUC è più appropriato quando:
 - la specie è in condizioni di equilibrio (ha cioè già occupato, nell'area campionata, gli ambienti idonei);
 - c'è un'alta densità di campionamento;
 - la scelta del background è basata sulla biologia della specie.

La selezione dei predittori ha seguito tre fasi preliminari (non mostrate in questa relazione):

- la prima selezione è stata fatta sulla base della biologia della specie in oggetto;
- sono state escluse variabili con coefficiente di correlazione di Pearson $> 0,6$;
- sono state escluse le variabili che non contribuivano all'incremento del *gain* (misura che nei modelli di Maxent ha un significato analogo alla devianza) tramite un jackknife test: prima ciascuna variabile è esclusa a turno dal modello, poi è costruito un modello con solo quella variabile. I valori del *gain* così ottenuti aiutano a capire l'importanza di ciascuna variabile.

Il modello, costruito sull'area di calibrazione, è stato in seguito proiettato su tutta la ZSC/ZPS, per ottenere la mappa di vocazionalità relativa all'intera area di studio. Qualsiasi modello diventa però inaffidabile se applicato a condizioni differenti rispetto a quelle in cui è stato costruito. Per ovviare a questo problema, è stata calcolata la *multivariate environmental similarity surface* (MESS), come descritto da Elith et al., 2010:

We programmed a method that measures the similarity of any given point to a reference set of points, with respect to the chosen predictor variables. It reports the closeness of the point to the distribution of reference points, gives negative values for dissimilar points and maps these values across the whole prediction region.

[...]

The MESS value at any site is dictated by that variable whose value is most different to those in the reference points. Any sample of interest can be used for the reference set – e.g., the occurrence records for the species; a sample of the general region occupied by the species; a sample of the whole native range of the species; a sample of world climates for current times.

Come riferimento per il calcolo della MESS sono stati usati i punti del *background* o quelli di presenza impiegati nella calibrazione del modello. In particolare, nel caso dei galliformi (in cui le variabili ambientali disponibili sono state considerate, da un punto vista biologico, non ottimali per modellizzarne la presenza), la MESS è stata calcolata usando le osservazioni. Per il camoscio sono stati invece impiegati i punti di *background*.

Si ritiene opportuno sottolineare che i valori dell'*output* di Maxent possono essere interpretati come probabilità **relativa** di presenza della specie nell'area. Questo implica che detti valori **non possano essere confrontati direttamente** per modelli costruiti su specie e aree diverse. Analogamente, anche i confronti tra le soglie e i valori di AUC hanno senso solo entro modello o entro serie di modelli costruiti con gli stessi dati.

2.3.2 REGRESSIONE LOGISTICA

Il modello logistico o regressione logistica, è invece un modello di regressione non lineare utilizzato quando la variabile dipendente è di tipo dicotomico. L'obiettivo del modello è di stabilire la probabilità con cui un'osservazione può generare uno o l'altro valore della variabile dipendente; può inoltre essere utilizzato per classificare le osservazioni, in base alle caratteristiche di queste, in due categorie (Stock & Watson, 2015).

Nel caso dello svernamento dello stambecco la variabile di interesse è dicotomica, potendo assumere solo i valori presenza o assenza. Le assenze non sono disponibili come singoli punti ma come porzioni dell'area di studio, quindi in esse sono stati selezionati a caso dei punti (pseudo-assenze), in numero pari alle presenze disponibili. Poiché la posizione dei punti di assenza può influenzare il modello, sono state effettuate 3 selezioni distinte. Analogamente a quanto fatto con Maxent, per ciascuna selezione sono stati costruiti 5 modelli, ognuno con l'80% dei dati, poi validati con il restante 20%.

In tutto sono quindi stati calcolati 15 modelli (3 selezioni di pseudo-assenze x 5 modelli per la *crossvalidation*), poi proiettati sull'intera ZSC/ZPS. La mappa finale è la media delle singole proiezioni, pesata per l'accuratezza predittiva di ciascuna, a sua volta valutata con la TSS (*true skill statistic*), considerata migliore di altre metriche in quanto indipendente dalla prevalenza, la proporzione di siti in cui la specie è presente (Allouche et al., 2006). Il *cutoff* che nel modello di sintesi (modello che determina le regole con cui pesare le singole proiezioni) massimizza sensibilità e specificità è usato per rendere binaria la mappa di vocazionalità finale.

Anche in questo caso è stata calcolata la MESS (Elith et al., 2010), usando come punti di riferimento le presenze più tutte le pseudo-assenze selezionate.

2.5 Software impiegati

Le analisi sono state effettuate con R (R Core Team, 2018), utilizzando i pacchetti:

- *sp* (Pebesma & Bivand, 2005; Bivand et al., 2013), *rgdal* (Bivand et al., 2018) e *raster* (Hijmans, 2017), per le analisi spaziali, inclusi calcolo finestra mobile (funzione *focal*) e pendenza ed esposizione a partire dal DTM (funzione *terrain*);
- *dismo* (Hijmans et al., 2017) per i modelli di Maxent, le metriche per valutarli e il calcolo delle MESS;
- *BIOMOD2* (Thuiller et al., 2016) per i modelli di regressione logistica, il calcolo della TSS, il calcolo del modello di sintesi e la media pesata delle proiezioni.

Il pacchetto *dismo*, per calcolare i modelli con il metodo di massima entropia, utilizza il software MaxEnt (Phillips et al., 2017).

Per la cartografia è stato usato QGIS 3.4.0 (QGIS Development Team, 2018).

3. Risultati

3.1 Fagiano di monte

Per questa specie l'Ente gestore ha a disposizione parecchi dati relativi alle tre principali fasi del ciclo vitale: scelta del partner (posizione delle arene o lek), allevamento della prole e svernamento.

I dati sono stati raccolti con diverse modalità:

- raccolta opportunistica;
- censimenti standardizzati;
- radio-tracking.

Per ciascuno dei tre periodi è stata ottenuta una carta di vocazionalità per l'intero territorio della ZSC/ZPS, da cui sono state successivamente eliminate le zone in cui il modello non è affidabile per la presenza di condizioni ambientali diverse da quelle presenti nelle aree di calibrazione.

3.1.1 LEK

In Fig. 2 sono mostrate le localizzazioni usate nelle analisi e l'area su cui sono stati costruiti i modelli. In questo caso non sono presenti dati fuori da quest'area, quindi le capacità predittive dei modelli sono state testate unicamente durante la *crossvalidation*.

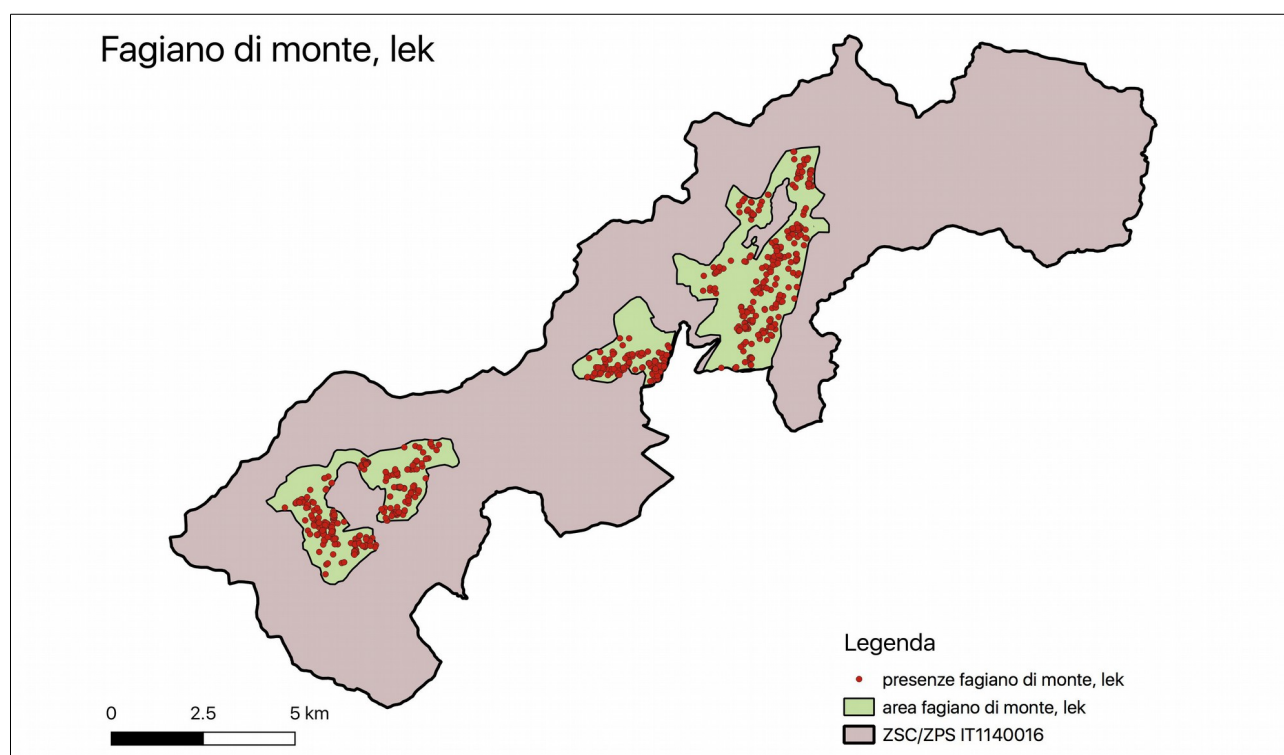


Fig. 2. Localizzazioni di fagiano di monte (lek) e area indagata, usata per costruire i modelli.

Le analisi preliminari hanno permesso di selezionare i seguenti predittori, tutti calcolati come finestra mobile del raggio di 50 m:

- quota;
- pendenza;
- esposizione;
- % di habitat 31400000 (Arbusteti subalpini ed alpini, acidofili);
- % di habitat 42300000 (Lariceti e cembrete).

La loro importanza relativa può essere valutata grazie al grafico riportato in Fig. 3, la relazione con la vocazionalità del territorio è invece riportata in Allegato C (Fig. C.1).

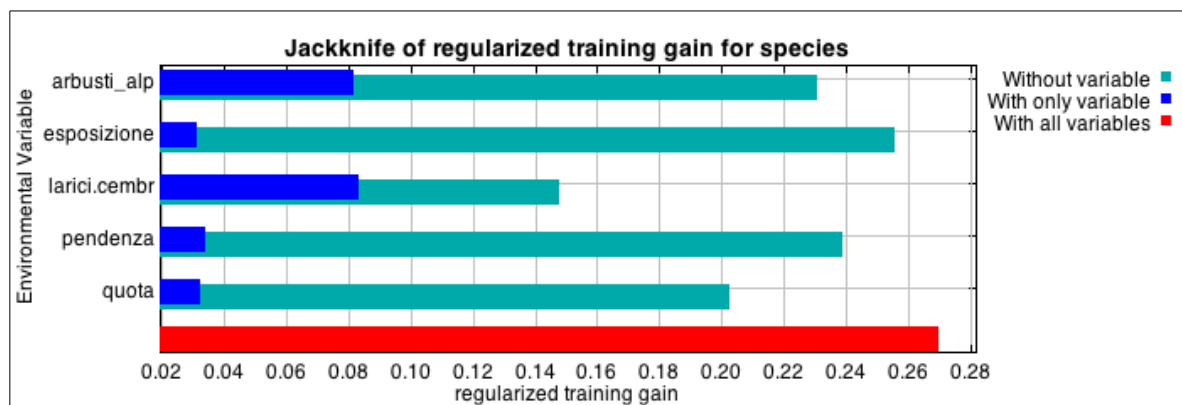


Fig. 3. Contributo relativo dei predittori selezionati per analizzare le localizzazioni dei lek del fagiano di monte. Vedi sezione Metodi per maggiori dettagli.

Il **coefficiente di regolarizzazione** selezionato è pari a 0,05, la media delle proiezioni è riportata in Fig. 4, dove sono evidenziate le aree considerate idonee e quelle non idonee, utilizzando la **soglia** che dà una sensibilità dello 0,9 (in questo caso pari a 0,393) e al netto della MESS. L'*output* completo di MaxEnt, con i valori continui di probabilità relativa, è disponibile in formato grid tra i file allegati alla presente relazione, così come la MESS.

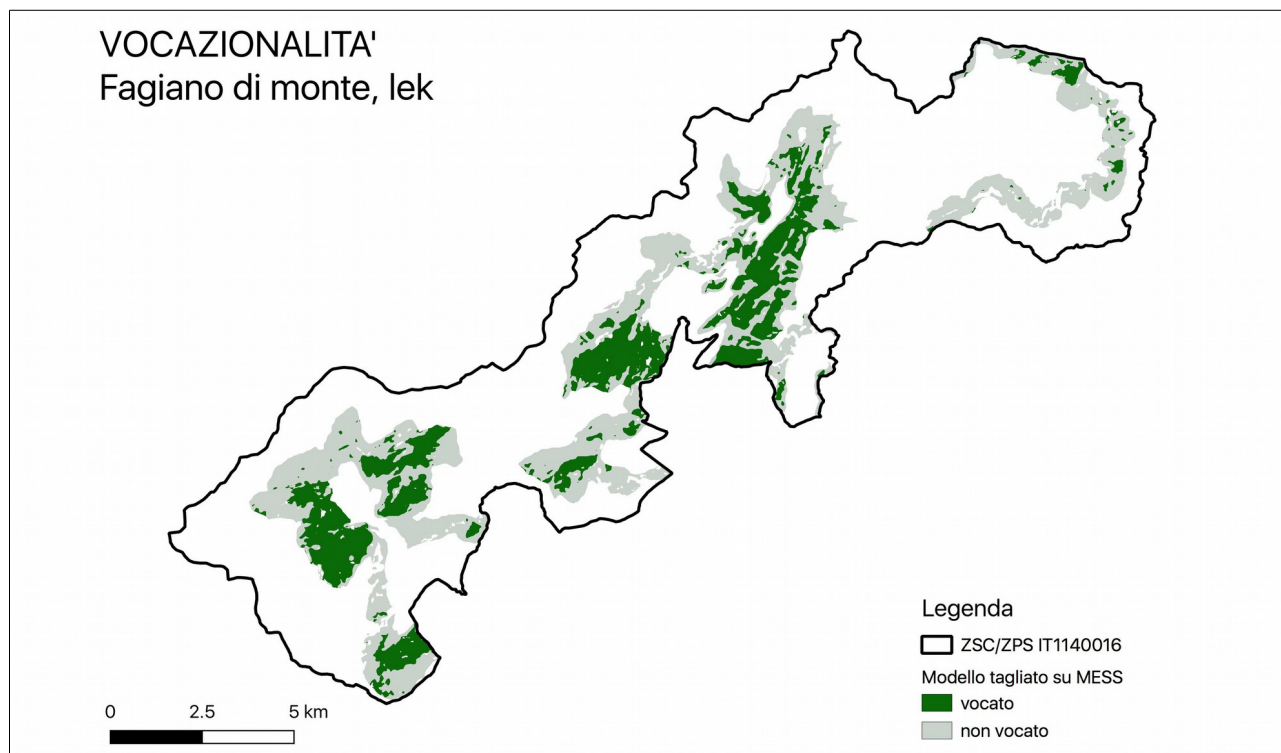


Fig. 4. Modello di vocazionalità per i lek nel fagiano di monte. In bianco le aree in cui il modello non è affidabile (valori della MESS negativi).

3.1.2 ALLEVAMENTO DELLA PROLE

In Fig. 5 sono mostrate le localizzazioni usate nelle analisi e l'area su cui sono stati costruiti i modelli. In questo caso sono presenti alcuni dati fuori da questa area (247 punti su 1323 totali), quindi le capacità predittive dei modelli sono state testate sia durante la *crossvalidation* sia sui dati esterni all'area di calibrazione.

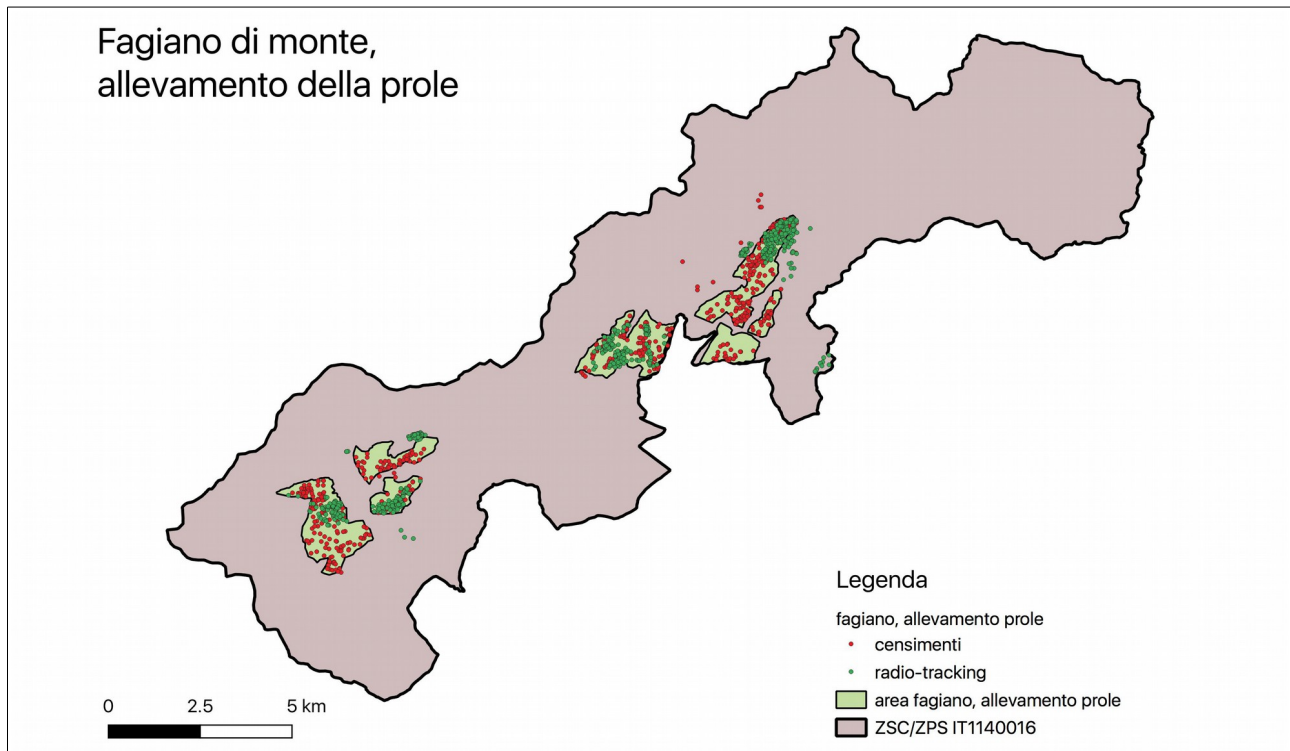


Fig. 5. Localizzazioni (distinte sulla base del metodo di raccolta) di fagiano di monte (femmine con prole) e area indagata, usata per costruire i modelli.

Le analisi preliminari hanno permesso di selezionare i seguenti predittori, tutti calcolati come finestra mobile del raggio di 50 m:

- quota;
- esposizione;
- % di habitat 31400000 (Arbusteti subalpini ed alpini, acidofili);
- % di habitat 42300000 (Lariceti e cembrete);
- % di habitat 35100000 (Praterie basali e montane, acidofile, mesofile o xerofile, chiuse, a *Nardus stricta*, e comunità correlate).

La loro importanza relativa può essere valutata grazie al grafico riportato in Fig. 6, la relazione con la vocazionalità del territorio è invece riportata in Allegato C (Fig. C.2).

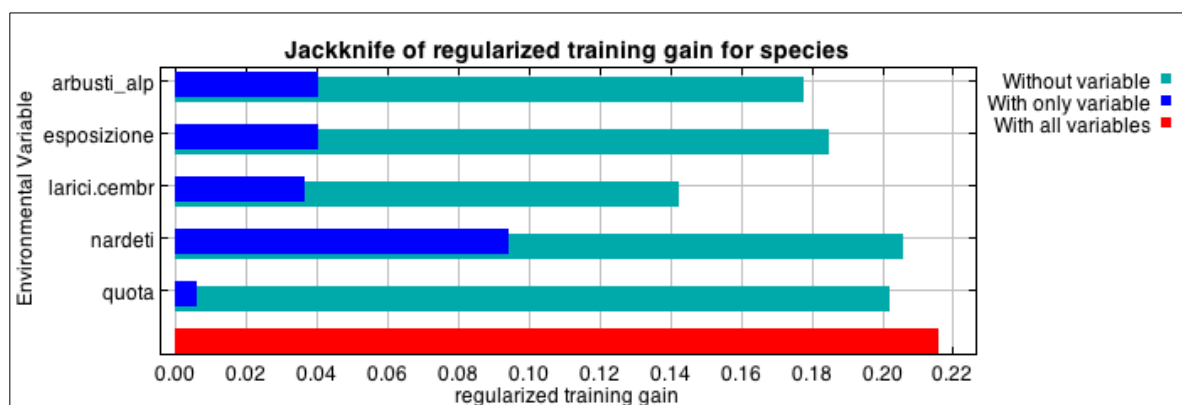


Fig. 6. Contributo relativo dei predittori selezionati per analizzare le localizzazioni delle femmine di fagiano di monte durante l'allevamento della prole. Vedi sezione Metodi per maggiori dettagli.

Il **coefficiente di regolarizzazione** selezionato è pari a 0,1, la media delle proiezioni è riportata in Fig. 7, dove sono evidenziate le aree considerate idonee e quelle non idonee, utilizzando la **soglia** che dà una sensibilità dello 0,9 (in questo caso pari a 0,378) e al netto della MESS. L'*output* completo di MaxEnt, con i valori continui di probabilità relativa, è disponibile in formato grid tra i file allegati alla presente relazione, così come la MESS.

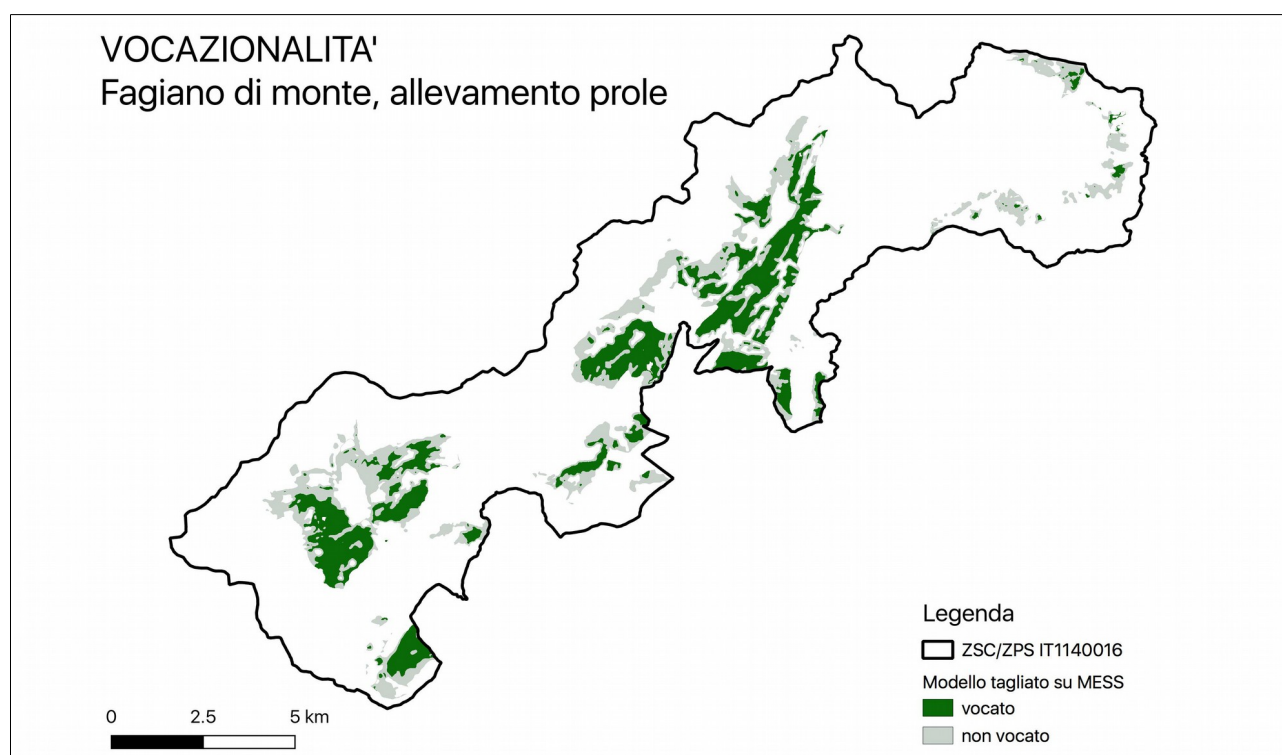


Fig. 7. Modello di vocazionalità per l'allevamento della prole nel fagiano di monte. In bianco le aree in cui il modello non è affidabile (valori della MESS negativi).

3.1.3 SVERNAMENTO

In Fig. 8 sono mostrate le localizzazioni usate nelle analisi e l'area su cui sono stati costruiti i modelli. In questo caso sono presenti alcuni dati fuori da questa area (27 punti su 943 localizzazioni, per il campione raccolto col *radio-tracking*) più i dati relativi alle fatte, del tutto indipendenti dai primi. Le capacità predittive dei modelli sono dunque state testate sia durante la *crossvalidation* sia sul totale tra i dati esterni all'area di calibrazione e le fatte.

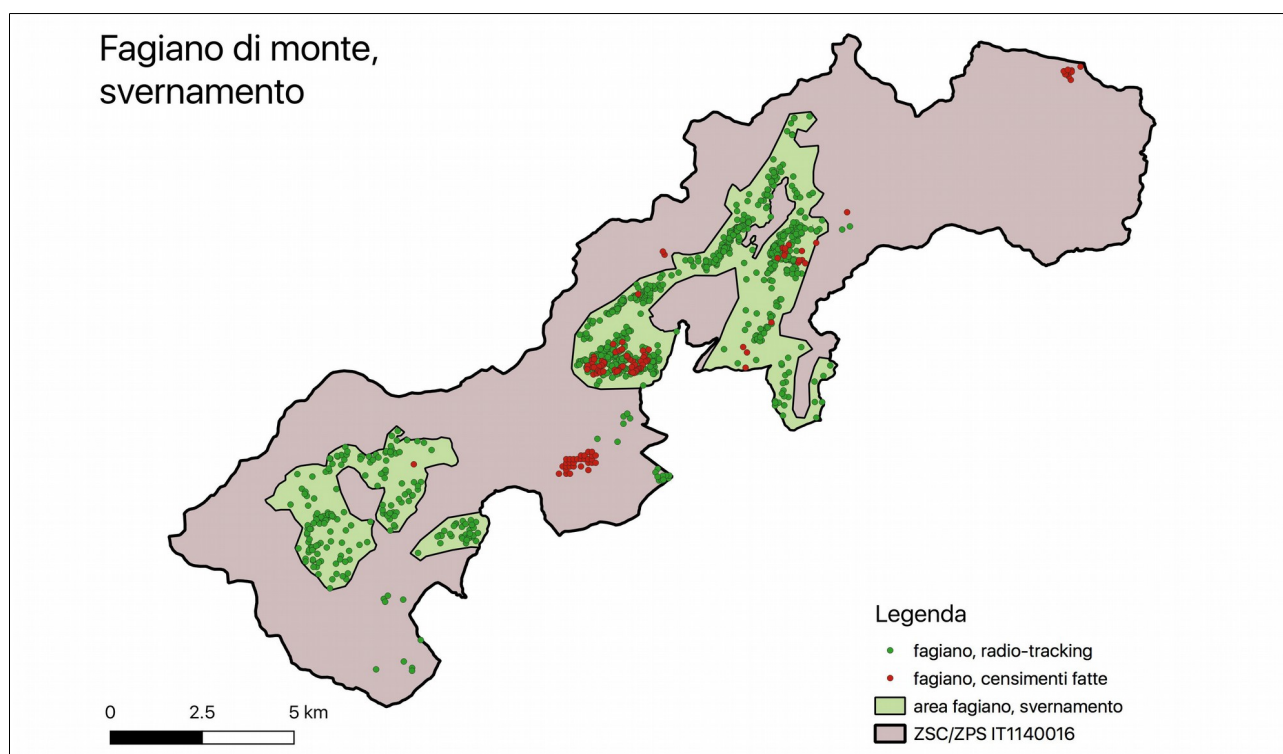


Fig. 8. Localizzazioni invernali di fagiano di monte e area indagata, usata per costruire i modelli.

Le analisi preliminari hanno permesso di selezionare i seguenti predittori, tutti calcolati come finestra mobile del raggio di 50 m:

- quota;
- pendenza;
- % di habitat 31400000 (Arbusteti subalpini ed alpini, acidofili);
- % di habitat 42300000 (Lariceti e cembrete);
- % di habitat 35100000 (Praterie basali e montane, acidofile, mesofile o xerofile, chiuse, a *Nardus stricta*, e comunità correlate);
- % di habitat 62200000 (Rocce e rupi, continentali, silicee).

La loro importanza relativa può essere valutata grazie al grafico riportato in Fig. 9, la relazione con la vocazionalità del territorio è invece riportata in Allegato C (Fig. C.3).

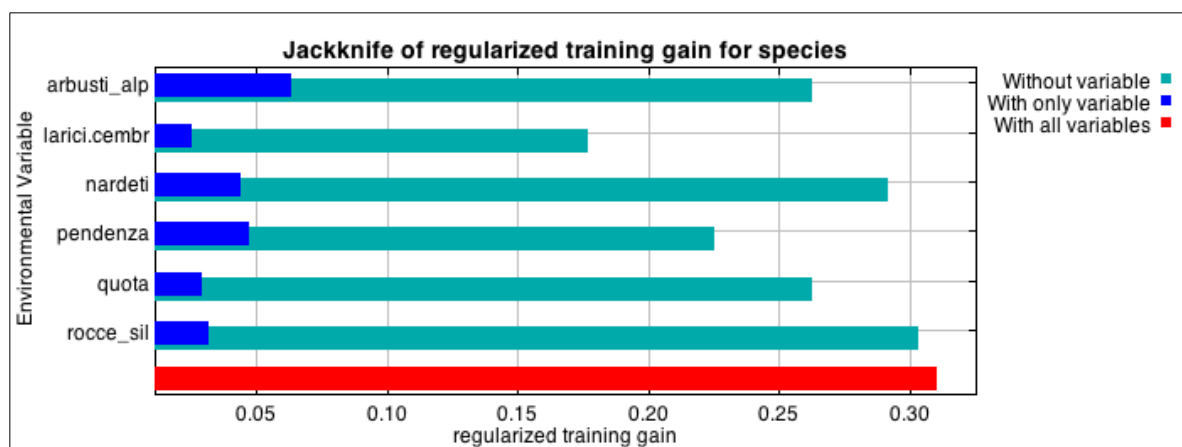


Fig. 9. Contributo relativo dei predittori selezionati per analizzare le localizzazioni del fagiano di monte durante lo svernamento. Vedi sezione Metodi per maggiori dettagli.

Il **coefficiente di regolarizzazione** selezionato è pari a 0,05, la media delle proiezioni è riportata in Fig. 10, dove sono evidenziate le aree considerate idonee e quelle non idonee, utilizzando la **soglia** che dà una sensibilità dello 0,9 (in questo caso pari a 0,298) e al netto della MESS. L'*output* completo di MaxEnt, con i valori continui di probabilità relativa, è disponibile in formato grid tra i file allegati alla presente relazione, così come la MESS.

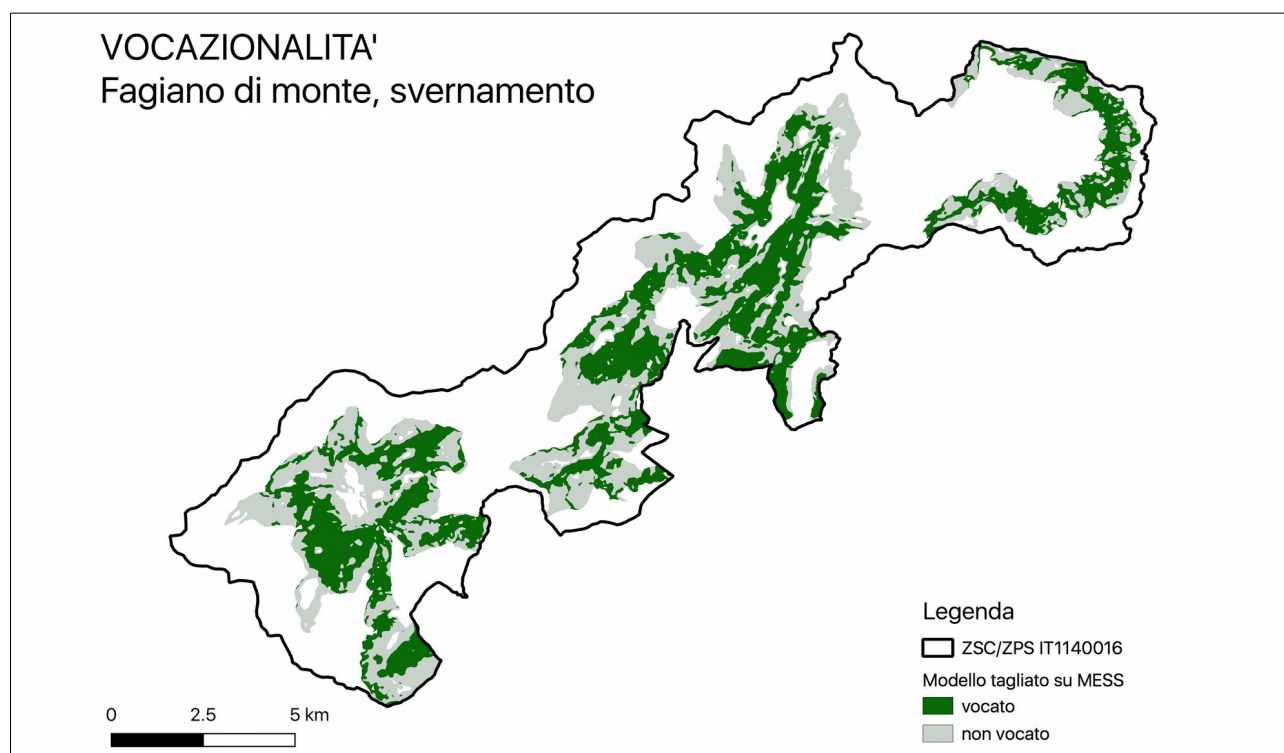


Fig. 10. Modello di vocazionalità per lo svernamento del fagiano di monte. In bianco le aree in cui il modello non è affidabile (valori della MESS negativi).

3.2 Coturnice, areale riproduttivo

In questo caso i dati di presenza sono stati raccolti sia durante censimenti primaverili sia in modo opportunistico durante tutta l'estate, ma oltre il 90% dei punti usati per la costruzione del modello (127 su 137) sono relativi ai mesi di maggio-giugno, rendendo il campione sbilanciato verso la formazione delle coppie e la nidificazione, ai danni dell'allevamento della prole.

In Fig. 11 sono mostrate le localizzazioni usate nelle analisi e l'area su cui sono stati costruiti i modelli. In questo caso sono presenti alcuni dati fuori da questa area (102 punti su 239 totali), quindi le capacità predittive dei modelli sono state testate sia durante la *crossvalidation* sia sui dati esterni all'area di calibrazione.

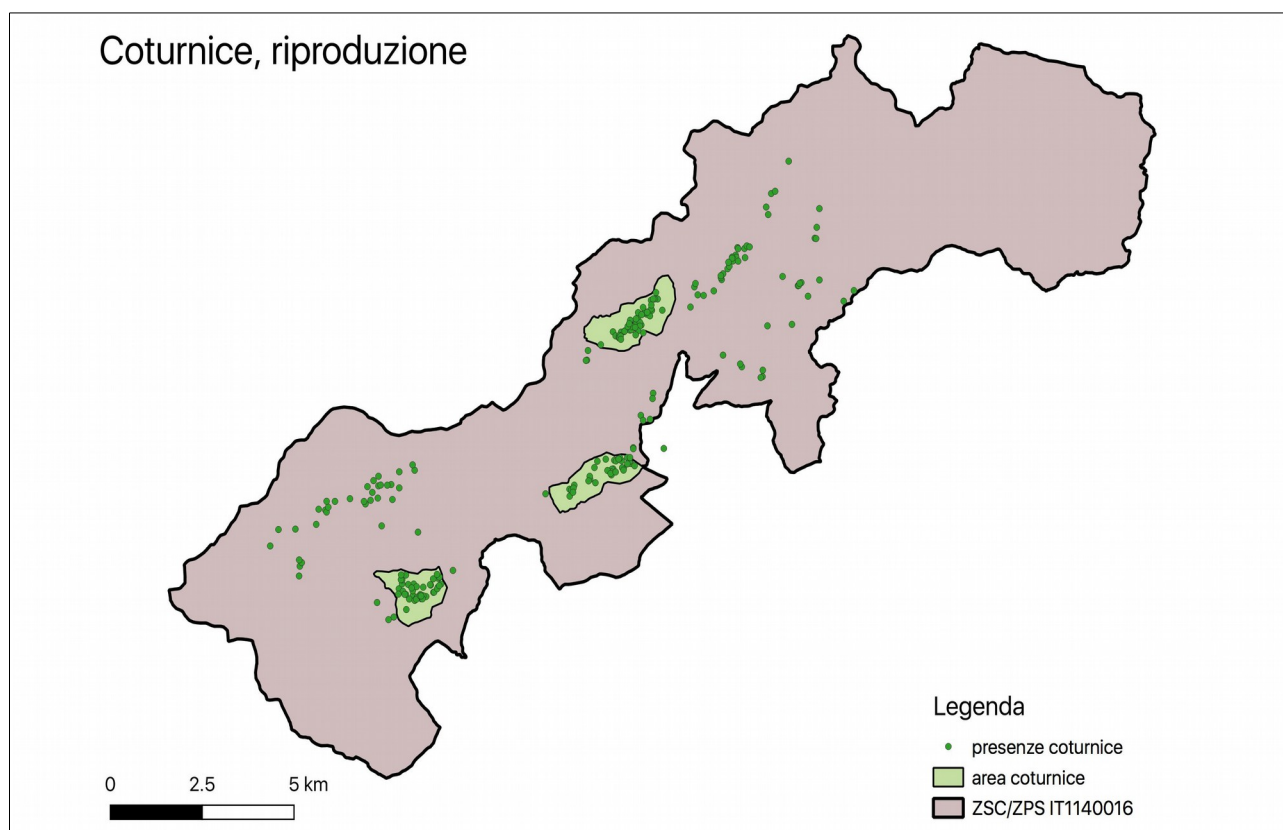


Fig. 11. Localizzazioni di coturnice (riproduzione) e area indagata, usata per costruire i modelli.

Le analisi preliminari hanno permesso di selezionare i seguenti predittori:

- quota;
- esposizione;
- pendenza, calcolata come finestra mobile del raggio di 50 m;
- % di habitat 31400000 (Arbusteti subalpini ed alpini, acidofili), calcolata come finestra mobile del raggio di 100 m;
- % di habitat 36300000 (Praterie subalpine e alpine, acidofile), calcolata come finestra mobile del raggio di 100 m;
- % di habitat 36400000 (Praterie subalpine e alpine, neutro-basifile), calcolata come finestra mobile del raggio di 100 m;
- % di habitat 61110000 (Detriti, silicei, da montani ad alpini, freddi e umidi, di Alpi e Pirenei, a *Androsace alpina*, *Achillea nana*, *Oxyria digyna*), calcolata come finestra mobile del raggio di 100 m;
- % di boschi (habitat che iniziano con 4), calcolata come finestra mobile del raggio di 100 m;
- % di rocce (62100000 "Rocce e rupi, continentali, calcaree" + 62200000 "Rocce e rupi, continentali, silicee"), calcolata come finestra mobile del raggio di 100 m.

La loro importanza relativa può essere valutata grazie al grafico riportato in Fig. 12, la relazione con la vocazionalità del territorio è invece riportata in Allegato C (Fig. C.4).

Il **coefficiente di regolarizzazione** selezionato è pari a 0,01, la media delle proiezioni è riportata in Fig. 13, dove sono evidenziate le aree considerate idonee e quelle non idonee, utilizzando la **soglia** che dà una sensibilità dello 0,9 (in questo caso pari a 0,014) e al netto della MESS. L'*output* completo di MaxEnt, con i valori continui di probabilità relativa, è disponibile in formato grid tra i file allegati alla presente relazione, così come la MESS.

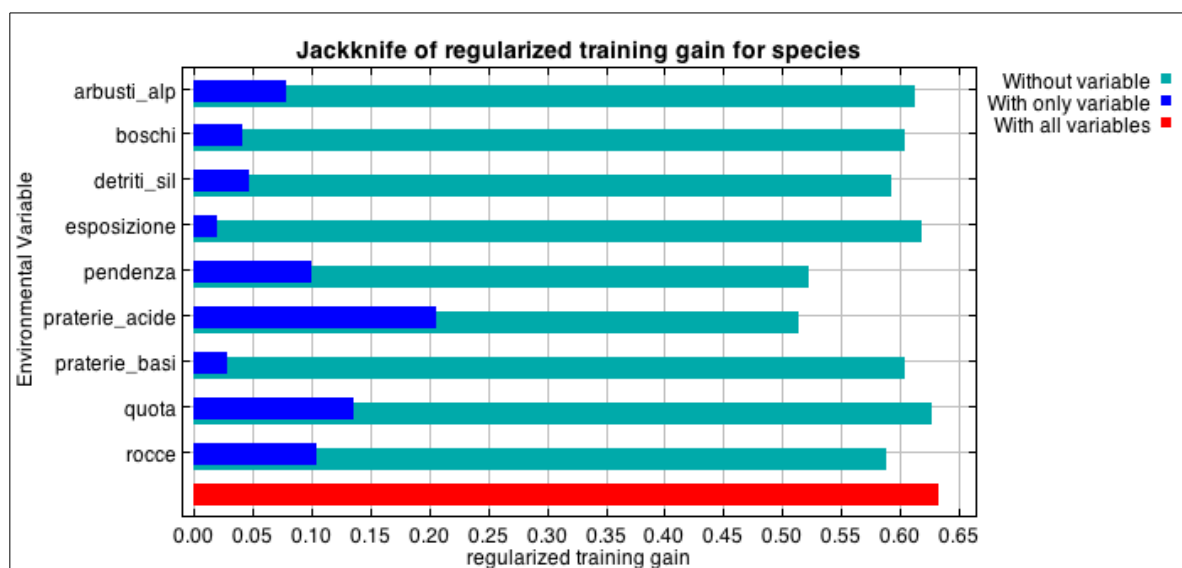


Fig. 12. Contributo relativo dei predittori selezionati per analizzare le localizzazioni di coturnice durante il periodo riproduttivo. Vedi sezione Metodi per maggiori dettagli.

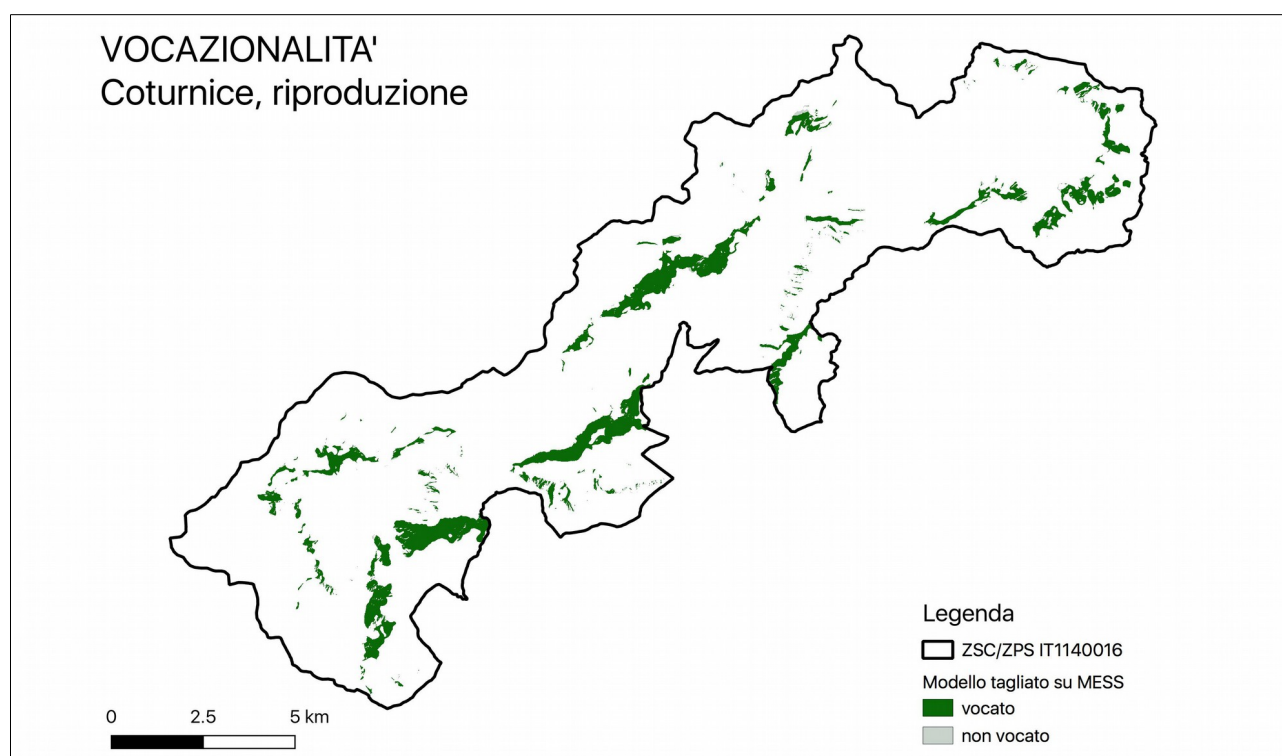


Fig. 13. Modello di vocazionalità per l'areale riproduttivo della coturnice. In bianco le aree in cui il modello non è affidabile (valori della MESS negativi).

Il bias dei dati di presenza della specie, sbilanciati verso i mesi primaverili, rende il modello idoneo ad individuare le aree vocate per la formazione delle coppie e la nidificazione, più che per le attività di allevamento della prole, rendendo la carta risultante parziale rispetto alle richieste del committente (areale riproduttivo).

3.3 Camoscio, areale di svernamento

La superficie indagata per registrare la presenza del camoscio è molto ampia rispetto al totale dell'area di studio. I dati disponibili provengono principalmente da censimenti standardizzati, ma anche da osservazioni opportunistiche.

In Fig. 14 sono mostrate le localizzazioni usate nelle analisi e l'area su cui sono stati costruiti i modelli. In questo caso non sono presenti sufficienti dati fuori da questa area (2 su 587 totali), quindi le capacità predittive dei modelli sono state testate unicamente durante la *crossvalidation*.

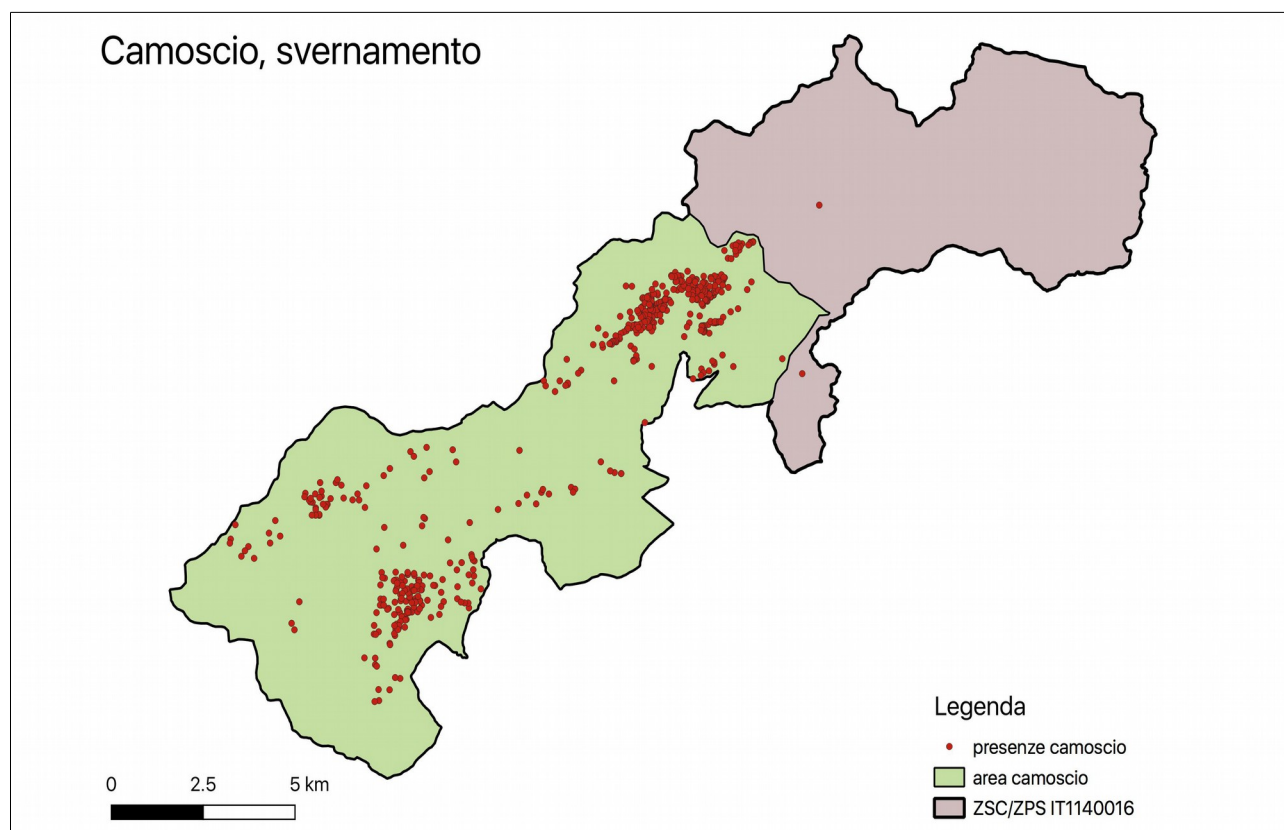


Fig. 14. Localizzazioni invernali di camoscio e area indagata, usata per costruire i modelli.

Le analisi preliminari hanno permesso di selezionare i seguenti predittori:

- quota;
- esposizione;
- pendenza, calcolata come finestra mobile del raggio di 50 m;
- % di habitat 42300000 (Lariceti e cembrete), calcolata come finestra mobile del raggio di 100 m;
- % di habitat 36300000 (Praterie subalpine e alpine, acidofile), calcolata come finestra mobile del raggio di 100 m.

La loro importanza relativa può essere valutata grazie al grafico riportato in Fig. 15, la relazione con la vocazionalità del territorio è invece riportata in Allegato C (Fig. C.5).

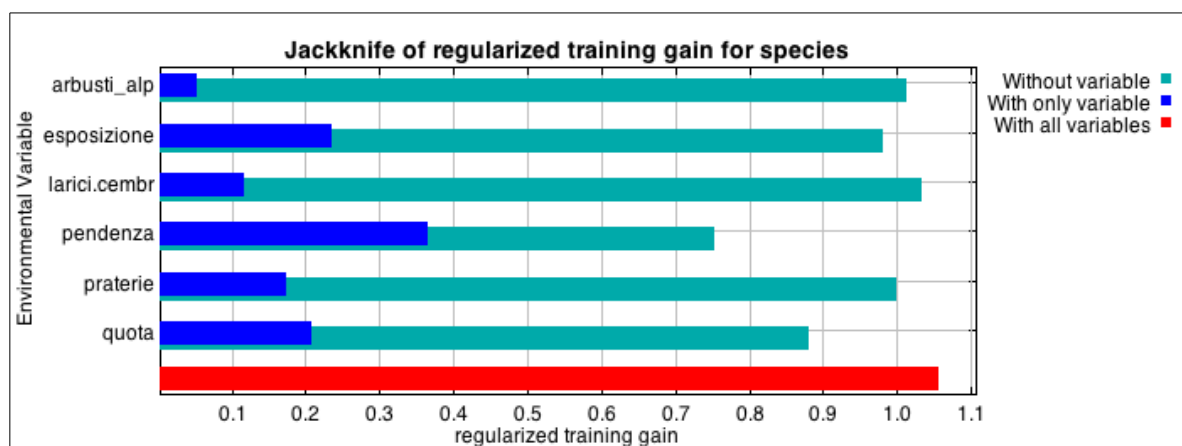


Fig. 15. Contributo relativo dei predittori selezionati per analizzare le localizzazioni del camoscio durante lo svernamento. Vedi sezione Metodi per maggiori dettagli.

Il **coefficiente di regolarizzazione** selezionato è pari a 0,05, la media delle proiezioni è riportata in Fig. 16, dove sono evidenziate le aree considerate idonee e quelle non idonee, utilizzando la **soglia** che dà una sensibilità dello 0,9 (in questo caso pari a 0,205) e al netto della MESS. L'*output* completo di MaxEnt, con i valori continui di probabilità relativa, è disponibile in formato grid tra i file allegati alla presente relazione, così come la MESS.

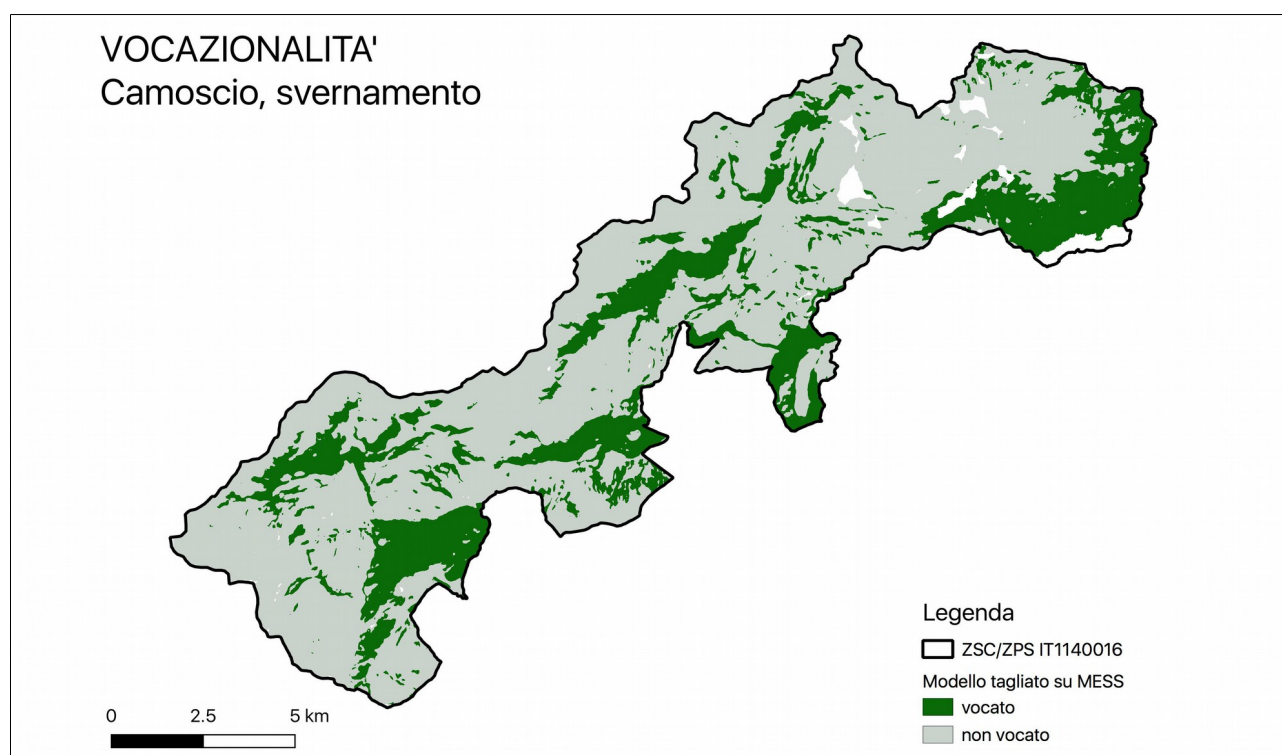


Fig. 16. Modello di vocazionalità per lo svernamento del camoscio. In bianco le aree in cui il modello non è affidabile (valori della MESS negativi).

3.4 Stambecco, areale di svernamento

La situazione dello stambecco è diversa da quella delle specie esaminate finora, in questo caso infatti sono disponibili aree di assenza da cui selezionare delle pseudo-assenze, utili per il confronto con le presenze. È dunque possibile usare un modello di regressione logistica per la stima della vocazionalità.

In Fig. 17 sono mostrate le localizzazioni usate nelle analisi e le aree da cui sono state selezionate le tre serie di pseudo-assenze.

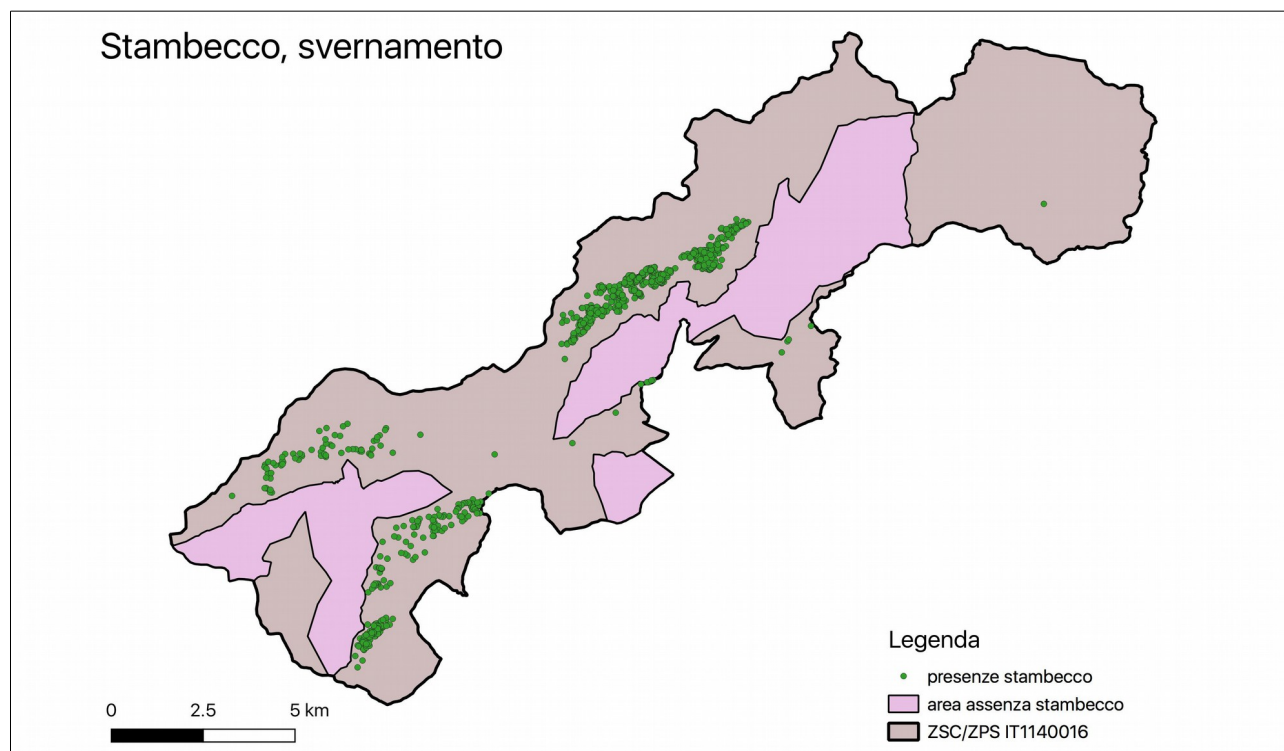


Fig. 17. Localizzazioni invernali di stambecco e area usata per selezionare le pseudo-assenze.

Le analisi preliminari hanno permesso di selezionare i seguenti predittori:

- quota;
- pendenza, calcolata come finestra mobile del raggio di 50 m;
- esposizione, calcolata come finestra mobile del raggio di 50 m;
- % di habitat 31400000 (Arbusteti subalpini ed alpini, acidofili), calcolata come finestra mobile del raggio di 100 m;
- % di habitat 42300000 (Lariceti e cembrete), calcolata come finestra mobile del raggio di 100 m;
- % di praterie (habitat 36300000 "Praterie subalpine e alpine, acidofile" + 36400000 "Praterie subalpine e alpine, neutro-basifile"), calcolata come finestra mobile del raggio di 100 m.

La loro importanza relativa è riportata in Tab. 2; la relazione con la vocazionalità del territorio è invece riportata in Fig. 18, in cui sono visibili i contributi dei 15 modelli.

Tab. 2. Importanza relativa delle variabili ambientali utilizzate nel modello relativo allo stambecco, media sulle 3 permutazioni effettuate nell'ambito della sintesi da 15 a un solo modello. DS: deviazione standard.

Variabile	Importanza	DS
Pendenza	0,595	0,023
Esposizione	0,176	0,003
Laricete e cembrete	0,079	0,002
Praterie acidofile	0,033	0,002
Quota	0,017	0,001

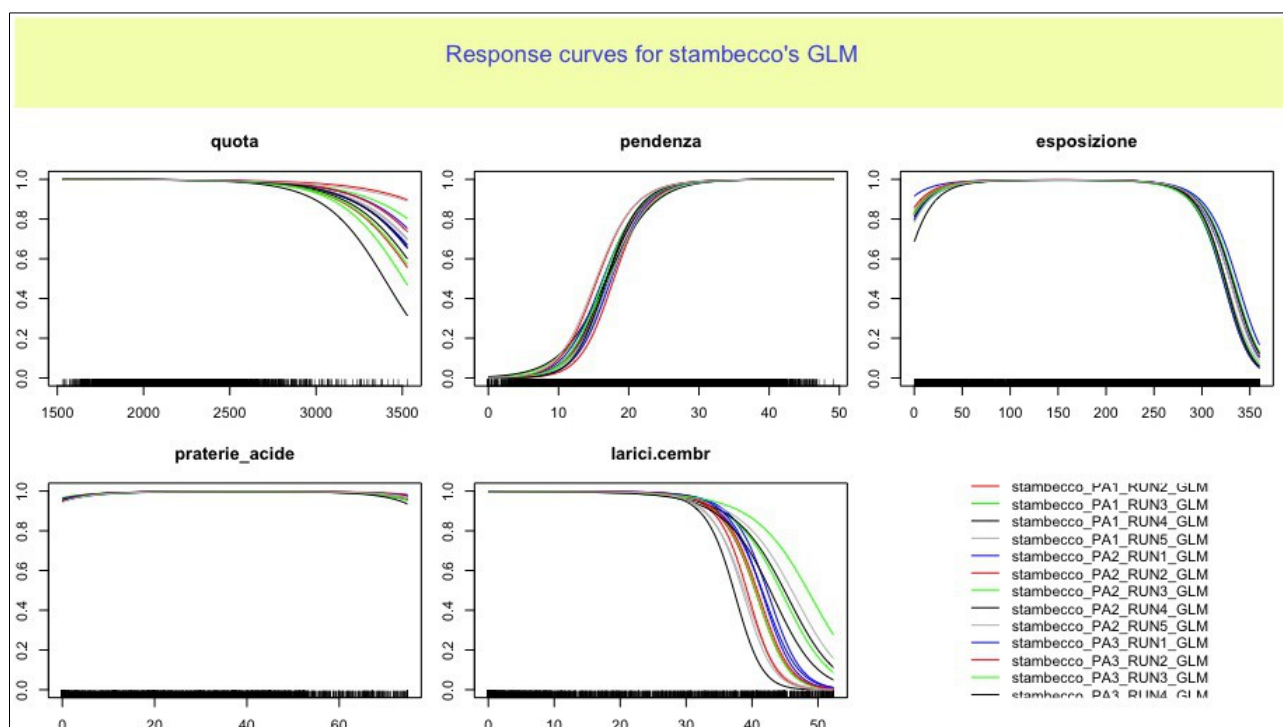


Fig. 18. Relazione tra i predittori e la vocazionalità del territorio per ciascuno dei 15 modelli costruiti.

La media pesata delle proiezioni è riportata in Fig.19, dove sono evidenziate le aree considerate idonee e quelle non idonee, utilizzando il **cutoff** di 615 (selezionato col modello di sintesi) e al netto della MESS. La mappa completa, continua, è disponibile in formato grid tra i file allegati alla presente relazione, così come la MESS.

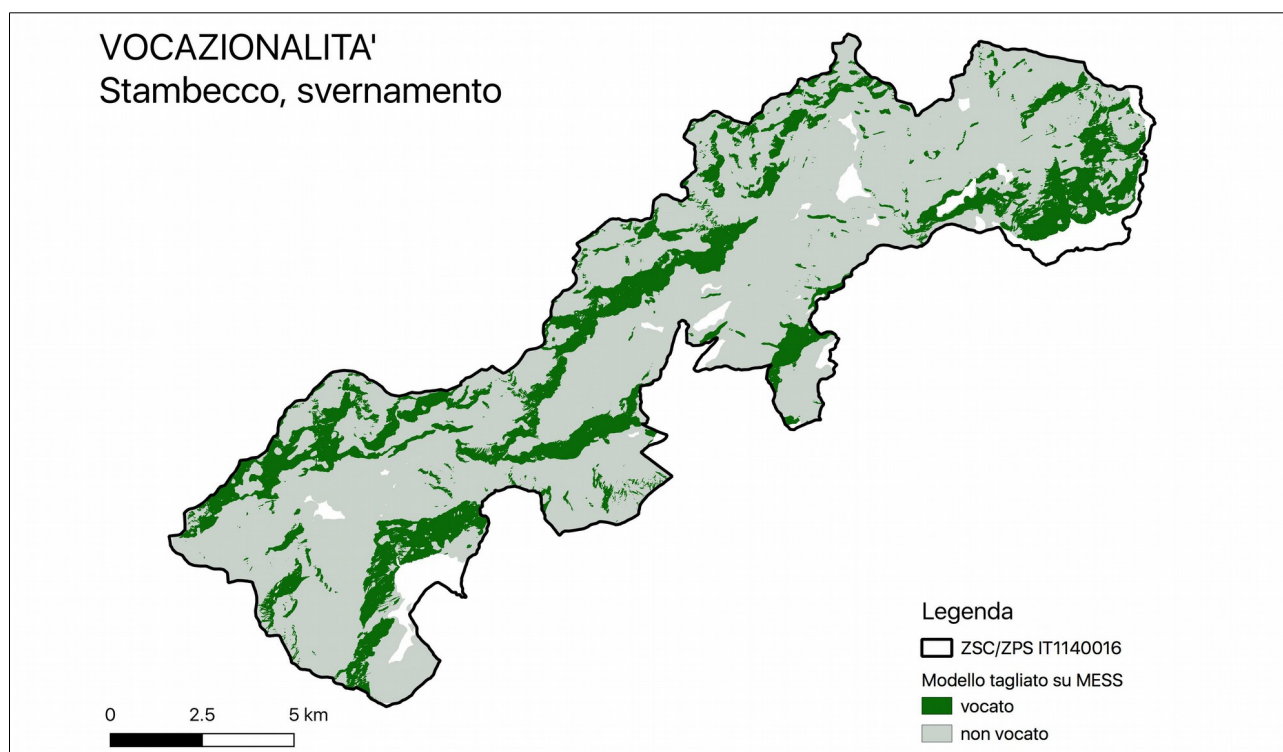


Fig. 19. Modello di vocazionalità per lo svernamento dello stambecco. In bianco le aree in cui il modello non è affidabile (valori della MESS negativi).

4. Conclusioni

I modelli hanno evidenziato parte del territorio della ZSC/ZPS come vocato per la presenza delle varie specie nelle fasi vitali considerate, ma è necessario leggere questi risultati con il giusto approccio critico, per non trarre conclusioni fuorvianti.

Innanzitutto si ricorda quanto già segnalato in precedenza riguardo la qualità dei dati di base, presenze e variabili ambientali, da cui dipende strettamente la bontà delle mappe di vocazionalità che si ottengono.

Se i dati di presenza contengono un *bias*, questo si ripercuoterà nelle previsioni del modello. Considerando le localizzazioni usate sufficientemente precise rispetto alla cartografia di base impiegata, potrebbero insorgere problemi dalla composizione del campione. Un esempio è la situazione della coturnice, dove si cercava l'areale riproduttivo nella ZSC/ZPS ma si è ottenuto principalmente il territorio vocato per formazione delle coppie e nidificazione, non per l'allevamento della prole (cfr. cap. 3.2). Analogamente potrebbe essere il caso del fagiano di monte, per cui la modalità di raccolta dati potrebbe aver determinato un *bias* nel campione dei siti di presenza. Il radio-tracking, infatti, da una parte ha l'indubbio vantaggio di scovare l'individuo marcato in ambienti in cui la contattabilità è minima, ma dall'altro potrebbe fornire dati sbilanciati verso alcuni individui, il cui comportamento potrebbe essere peculiare rispetto al resto della popolazione studiata. In questo caso i dati provenienti da femmine con covata sembrano bilanciati dalle localizzazioni provenienti dai censimenti (589 vs 487 da radio-tracking, tra i soli punti usati per costruire il modello). Diverso il discorso per i dati invernali, raccolti solo con il radio-tracking. Sono stati registrati in un ampio arco temporale (1998-2006) e si riferiscono a ben 85 individui, ma la maggior parte di essi sono maschi (65, pari a oltre il 75% del totale). I rapporti relativi ai soli punti usati per la costruzione del modello sono: 64 maschi su 83 individui (77%), per 673 punti su 916 (73,5%). La mappa di vocazionalità per lo svernamento di questa specie potrebbe dunque rispecchiare meglio le preferenze dei maschi, se differenze ci sono, ma in fase di analisi si è preferito tenere il campione al completo, privilegiando la numerosità delle localizzazioni (requisito importante per ottenere un modello robusto), in assenza di informazioni circa preferenze diverse di habitat per maschi e femmine, durante lo svernamento.

Anche la qualità dei predittori è fondamentale per individuare l'idoneità ambientale. Per lo svernamento degli ungulati, in particolare per lo stambecco, le caratteristiche morfologiche del territorio sono generalmente sufficienti per descrivere le aree vocate in modo adeguato, ma per i galliformi, la struttura della vegetazione è cruciale. La carta degli habitat a disposizione, oltre a non consentire di sapere che habitat sia effettivamente presente in ogni punto dell'area di studio (per ogni poligono sono dati presenti da uno a tre habitat diversi!), non consente nemmeno di discriminare tra essenze di diversa valenza per l'allevamento dei *pulli*, come il ginepro e il rododendro (entrambi inclusi nell'habitat 31400000 "Arbusteti subalpini ed alpini, acidofili"), né di ricavare informazioni quali un indice di frammentazione tra bosco e arbusti (utile per il fagiano di monte) o tra praterie e roccia (utile per la coturnice). Altro fattore che potrebbe, almeno in teoria, influire negativamente sulla qualità delle mappe prodotte, riguarda la relazione tra le localizzazioni (raccolte in un ampio *range* temporale) e la mappa degli habitat (completata a novembre 2018). Se i vari habitat fossero cambiati in modo significativo rispetto alla situazione presente al momento di raccolta delle localizzazioni, la relazione tra habitat e presenza della specie ne risulterebbe alterata.

Si ritiene utile fornire anche qualche considerazione riguardo la scala di lettura delle carte di vocazionalità. Si tratta di strumenti utili ad individuare le aree di interesse conservazionistico, ma sono meno affidabili a un livello di dettaglio fine. Anche piccole zone isolate che risultano vocate vanno considerate con cautela: in assenza di un territorio vocato sufficientemente vasto nessuna

specie vi si potrà insediare.

L'impiego della MESS aiuta molto ad individuare le aree per cui il modello è inaffidabile, ma la situazione ottimale per avere proiezioni attendibili (al netto della qualità dei dati di base) è aver campionato in modo rappresentativo tutte le tipologie di ambienti frequentate dalla specie, intese come combinazioni di predittori, più che di valori estremi. L'area del monte Giove potrebbe essere un esempio di questo tipo: in tutti i casi considerati in questo lavoro non sono disponibili in questa zona dati di presenza utili per la costruzione dei modelli. Nel caso della coturnice, inoltre, le aree di costruzione del modello sono molto piccole rispetto all'intera ZSC/ZPS, cosa che può aver influenzato negativamente il risultato finale.

Infine, si ricorda anche in questa sezione che non ha senso confrontare direttamente i valori dell'*output* di Maxent tra i diversi modelli (forniti per ogni specie nella cartella "3_Modello", cfr. Fig. A.1). Infatti si tratta di valori che possono essere interpretati come probabilità relativa di presenza della specie nell'intera area, non come probabilità puntuale di presenza.

5. Bibliografia

- Allouche O., Tsoar A. & Kadmon R., 2006. Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). *Journal of Applied Ecology* 43: 1223-1232.
- Bivand R., Keitt T. & Rowlingson B., 2018. *rgdal: Bindings for the 'Geospatial' Data Abstraction Library*. R package version 1.3-3. <https://CRAN.R-project.org/package=rgdal>.
- Bivand R.S., Pebesma E. & Gomez-Rubio V., 2013. *Applied spatial data analysis with R*, Second edition. Springer, NY. <http://www.asdar-book.org/>.
- Camerano P., Gottero F., Terzuolo P.G., Varese P. - IPLA S.p.A., 2008. *Tipi forestali del Piemonte*. Regione Piemonte, Blu Edizioni, Torino, pp. 216.
- Elith J., Graham C. & the NCEAS species distribution modeling group, 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129-151.
- Elith J., Kearney M., & Phillips S., 2010. The art of modelling range-shifting species. *Methods in Ecology and Evolution* 1: 330-342.
- Hijmans R.J., 2017. *raster: Geographic Data Analysis and Modeling*. R package version 2.6-7. <https://CRAN.R-project.org/package=raster>.
- Hijmans R.J. & Elith J., 2017. *Species distribution modeling with R*. Disponibile all'indirizzo <https://cran.r-project.org/web/packages/dismo/vignettes/sdm.pdf>.
- Hijmans R.J., Phillips S., Leathwick J. & Elith J., 2017. *dismo: Species Distribution Modeling*. R package version 1.1-4. <https://CRAN.R-project.org/package=dismo>.
- Merow C., Smith M.J. & Silander J.A., 2013. A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: what it does, and why inputs and settings matter. *Ecography* 36: 1058-1069.
- Pearson R.G., Raxworthy C.J., Nakamura M. & Peterson A.T., 2007. Predicting species' distributions from small numbers of occurrence records: A test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography* 34: 102- 117.
- Pearson R.G., 2010. Species' Distribution Modeling for Conservation Educators and Practitioners. *Lessons in Conservation*, Vol. 3, Network of Conservation Educators and Practitioners, Center for Biodiversity and Conservation, American Museum of Natural History: 54-89.
- Pebesma E.J. & Bivand R.S., 2005. *Classes and methods for spatial data in R*. R News 5(2), <https://cran.r-project.org/doc/Rnews/>.
- Phillips S.J., Anderson R.P. & Schapire R.E., 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190: 231-259.
- Phillips S.J., Dudík M. & Schapire R.E., 2017. *Maxent software for modeling species niches and distributions* (Version 3.4.1). http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/.
- QGIS Development Team, 2018. *QGIS Geographic Information System*, Version 3.4.0. Open Source Geospatial Foundation. <http://qgis.org>.
- R Core Team, 2018. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Stock J.H. & Watson M.W., 2015. Regression with a Binary Dependent Variable, in *Introduction to Econometrics*, 3^a ed., Pearson.
- Thuiller W., Georges D., Engler R. & Breiner F., 2016. *biomod2: Ensemble Platform for Species Distribution Modeling*. R package version 3.3-7. <https://CRAN.R-project.org/package=biomod2>.

Allegati

A. Elenco file parte integrante della relazione

La Fig. A.1 riporta la struttura della cartella allegata alla presente relazione.

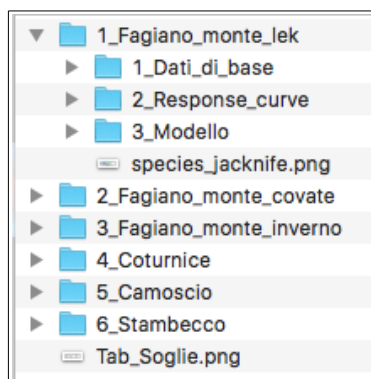


Fig. A.1. Struttura della cartella allegata, parte integrante della presente relazione.

Oltre a una tabella con le soglie per rendere binarie le mappe di vocazionalità (Tab. A.1), sono forniti, per ciascuna specie:

- i dati di base:
 - punti di presenza (shapefile, punti)
 - area su cui è costruito il modello (shapefile, poligono)
- le curve di risposta dettagliate, marginali e relative ai modelli fatti con una variabile alla volta;
- le mappe in formato grid:
 - la proiezione del modello sull'intera ZSC/ZPS (Suitability_specie)
 - la MESS (MESS_specie)
 - la proiezione del modello sull'intera ZSC/ZPS, tagliata sulla MESS (Suitability-MESS_specie)
- il grafico dell'importanza relativa delle variabili incluse nel modello di Maxent (species_jackknife.png).

Tab. A.1. Soglie per rendere binarie le mappe di vocazionalità di ciascuna specie analizzata.

specie	fase vitale	soglia vocato/non vocato
Fagiano di monte	lek	0.3935215
Fagiano di monte	covate	0.3784485
Fagiano di monte	svernamento	0.2982078
Coturnice	riproduzione	0.0136449
Camoscio	svernamento	0.2054720
Stambecco	svernamento	615

B. Descrizione carta degli habitat

Tab. B.1. Elenco dei codici habitat presenti nella carta fornita da IPLA. COD. H: Codice CORINE Biotopes; N2000: Codice Natura2000 sensu direttiva Habitat; PRIOR.: è un habitat prioritario ai sensi della direttiva Habitat?

CATEGORIA	COD. H	N2000	PRIOR.	DESCRIZIONE
Acque ferme	22000000			Acque dolci, stagnanti (Standing fresh waters)
Comunità vegetali, anfibie	22310000	3110	NO	Comunità di piante anfibie, perenni, di acque oligotrofiche o mesotrofiche
Acque ferme	22400000	3150	NO	Comunità vegetali delle acque ferme, permanentemente sommerse o galleggianti
Acque correnti	24100000			Corsi d'acqua e letti dei corsi d'acqua
Arbusteti subalpini	31400000	4060	NO	Arbusteti subalpini ed alpini, acidofili
Arbusteti subalpini	31500000	4070	SI'	Arbusteti subalpini, a Pinus gr. mugo
Arbusteti subalpini	31610000			Arbusteti subalpini, igrofilii, eutrofici, con megaforbie, ad Ontano verde (Alnus viridis)
Arbusteti subalpini	31620000	4080	NO	Arbusteti subalpini, igrofilii, a Salici (Salix spp.)
Arbusteti subalpini	31630000			Arbusteti subalpini, igrofilii, eutrofici, con megaforbie
Arbusteti subalpini	318C0000			Arbusteti basali e montani, a Nocciolo (Corylus avellana)
Praterie xeriche e/o termofile	34320000	6210	NO	Praterie basali e montane, mesofile o mesoxerofile, calcifile
Praterie montane acidofile	35100000	6230	SI'	Praterie basali e montane, acidofile, mesofile o xerofile, chiuse, a Nardus stricta, e comunità correlate
Praterie alpine e subalpine	36110000	6150	NO	Vallette nivali subalpine e alpine, acidofile
Praterie alpine e subalpine	36300000	6150	NO	Praterie subalpine e alpine, acidofile
Praterie alpine e subalpine	36400000	6170	NO	Praterie subalpine e alpine, neutro-basifile
Praterie igrofile e megaforbieti	37800000	6430	NO	Megaforbieti subalpini e alpini
Praterie nitrofile, da sfalcio e/o pascolo	37880000			Praterie subalpine e alpine, nitrofile, di alpeggi e riposi degli animali
Praterie nitrofile, da sfalcio e/o pascolo	38300000	6520	NO	Praterie montane, mesofile, da sfalcio
Boschi di latifoglie, decidue	41110000	9110	NO	Faggete, basali e montane, acidofile, medioeuropee, meso-xerofile, a Luzula spp.
Boschi di latifoglie, decidue	41390000			Comunità a frassino (Fraxinus spp.), d'invasione
Boschi di latifoglie, decidue	41400000	9180	SI'	Boschi misti di latifoglie, basali e montani, neutrofili, di forra e di versante
Boschi di latifoglie, decidue	41B00000			Boschi di betulla (Betula spp.)
Boschi di latifoglie, decidue	41H00000			Altri boschi decidui di latifoglie
Boschi di conifere	42200000	9410	NO	Boschi di conifere dominati da peccio (Picea excelsa)
Boschi di conifere	42300000	9420	NO	Lariceti e cembrete
Boschi e formazioni arbustive riparie o umidi	44200000	91E0	SI'	Alneti di ontano bianco (Alnus incana)
Comunità erbacee delle torbiere e paludi	51100000	7110	SI'	Comunità erbacee delle torbiere alte attive
Comunità erbacee delle torbiere e paludi	53100000			Comunità erbacee dei canneti delle acque stagnanti o a lento scorrimento
Comunità erbacee delle torbiere e paludi	53210000			Comunità erbacee di aree umide, a Carex spp.
Comunità erbacee delle torbiere e paludi	54100000			Comunità erbacee delle sorgenti
Comunità erbacee delle torbiere e paludi	54200000	7230		Comunità erbacee delle paludi e torbiere basse alcaline
Comunità erbacee delle torbiere e paludi	54300000	7240		Comunità erbacee igrofile, artico-alpine, su substrati poveri, neutro-basici
Comunità erbacee delle torbiere e paludi	54400000			Comunità erbacee delle paludi e torbiere basse acidofile
Comunità erbacee delle torbiere e paludi	54500000	7140		Comunità erbacee delle torbiere di transizione
Detriti	61110000	8110		Detriti, silicei, da montani ad alpini, freddi e umidi, di Alpi e Pirenei, a Androsace alpina, Achillea nana, Oxyria digyna
Detriti	61200000	8120		Detriti alpini e subalpini, calcifili
Rocce e rupi	62100000	8210		Rocce e rupi, continentali, calcaree
Rocce e rupi	62200000	8220		Rocce e rupi, continentali, silicee
Rocce e rupi	63300000	8340		Ghiacciai
Ambienti agricoli e antropici	83310000			Piantagioni di conifere
Ambienti agricoli e antropici	86000000			Città, villaggi e siti industriali
Ambienti agricoli e antropici	8600000X			Dighe
Ambienti agricoli e antropici	8600000Y			Ex discarica Enel, in via di rinaturalizzazione (larici, ontano verde, prateria)
Ambienti agricoli e antropici	87000000			Incolti e comunità ruderali
Ambienti agricoli e antropici	8700000X			Piste da Sci

Tab. B.2. Elenco dei codici TIPIFORE e TIPO presenti nella carta degli habitat fornita da IPLA.

TIPIFORE	TIPO	VARIETA'
AF40X	acero-tiglio-frassineto di forra	
AF50X	acero-tiglio-frassineto d'invasione	
AN21X	alneto di ontano bianco	st.diversante
AN22X	alneto di ontano bianco	st.ripario
BS20X	betuleto montano	
BS40A	corileto d'invasione	var. con latifoglie varie
BS80X	boscaglia rupestre pioniera	
FA60E	faggeta oligotrofica	var. con abete rosso
FA60F	faggeta oligotrofica	var. con latifoglie miste su suoli superficiali
FA60X	faggeta oligotrofica	
LC10K	lariceto pascolivo	effettivamente pascolato
LC10X	lariceto pascolivo	
LC20A	lariceto montano	var. con latifoglie miste
LC20C	lariceto montano	var. con abete rosso
LC20X	lariceto montano	
LC32B	lariceto mesoxerofilo subalpino	st. acidofilo var. con abete rosso
LC32X	lariceto mesoxerofilo subalpino	st. acidofilo
LC40X	lariceto a megafornie	
LC41X	lariceto a megafornie	st. a innevamento prolungato con ontano verde
LC51B	larici-cembreto su rodoreto-vacciniato	st. inferiore var. con abete rosso
LC51E	larici-cembreto su rodoreto-vacciniato	st. inferiore var. a larice
LC51X	larici-cembreto su rodoreto-vacciniato	st. inferiore
LC52A	larici-cembreto su rodoreto-vacciniato	st. superiore var. con pino uncinato
LC52B	larici-cembreto su rodoreto-vacciniato	st. superiore var. a larice
LC52X	larici-cembreto su rodoreto-vacciniato	st. superiore
LC60X	lariceto dei campi di massi	
LC80X	lariceto di greto	
NC	non codificato	
OV11X	saliceto subalpino	
OV31X	alneto di ontano verde	st.primario
OV32A	alneto di ontano verde	st. d'invasione var. con larice
OV32X	alneto di ontano verde	st.d'invasione
PE10A	pecceta montana mesalpica	var. con larice
PE10C	pecceta montana mesalpica	var. con latifoglie miste
PE10D	pecceta montana mesalpica	var. con abete bianco e/o faggio
PE10X	pecceta montana mesalpica	
PE30D	pecceta montana endalpica	var. con larice
PE30X	pecceta montana endalpica	
PE40A	pecceta subalpina	var. con larice
PE40X	pecceta subalpina	
RI30X	rimboschimento del piano subalpino	

C. Curve di risposta per i modelli di Maxent

In questa sezione vengono riportati dei grafici che mostrano come ciascuna variabile ambientale influenza le predizioni del modello. In particolare, vengono fornite due serie di curve per ogni specie: le curve di risposta marginale (a) e quelle ottenute generando un modello con la sola variabile di interesse (b). Tra i file allegati alla relazione sono forniti grafici più dettagliati (cfr. Allegato A).

Di seguito le spiegazioni fornite nell'*output* di MaxEnt per le curve di risposta marginale:

“These curves show how each environmental variable affects the Maxent prediction. The curves show how the predicted probability of presence changes as each environmental variable is varied, keeping all other environmental variables at their average sample value. Note that the curves can be hard to interpret if you have strongly correlated variables, as the model may depend on the correlations in ways that are not evident in the curves. In other words, the curves show the marginal effect of changing exactly one variable, whereas the model may take advantage of sets of variables changing together. The curves show the mean response of the 5 replicate Maxent runs (red) and the mean \pm one standard deviation (blue, two shades for categorical variables).”

E per quelle ottenute generando un modello con una sola variabile alla volta:

“In contrast to the above marginal response curves, each of the following curves represents a different model, namely, a Maxent model created using only the corresponding variable. These plots reflect the dependence of predicted suitability both on the selected variable and on dependencies induced by correlations between the selected variable and other variables. They may be easier to interpret if there are strong correlations between variables.”

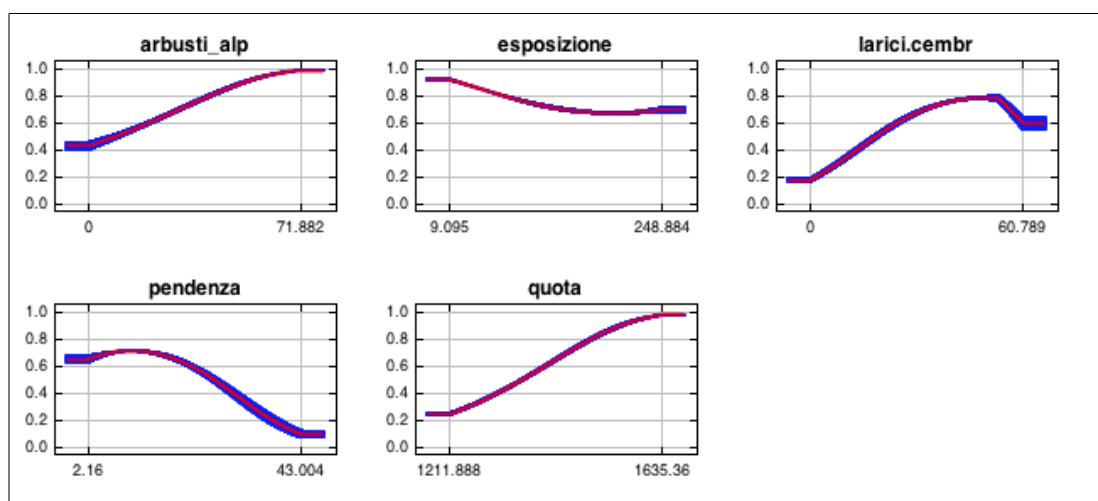


Fig. C.1.a Curve di risposta marginale (fagiano di monte, lek).

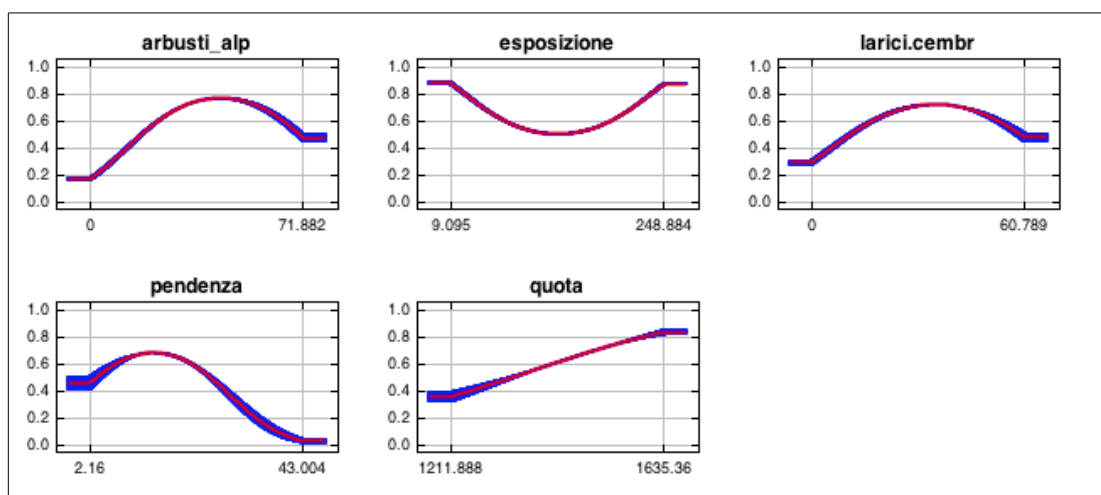


Fig. C.1.b Curve di risposta ottenute generando un modello con la sola variabile di interesse (fagiano di monte, lek).

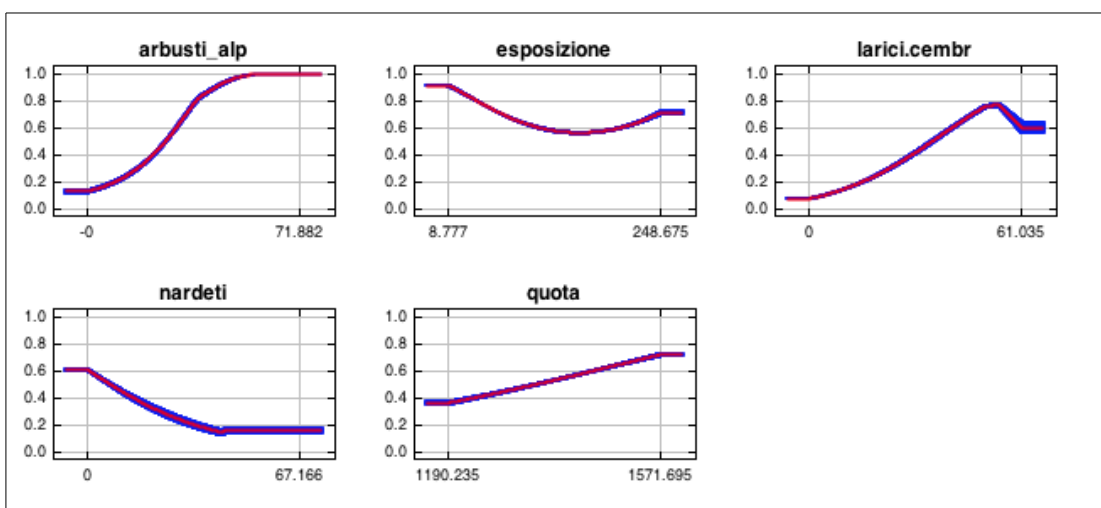


Fig. C.2.a Curve di risposta marginale (fagiano di monte, allevamento della prole).

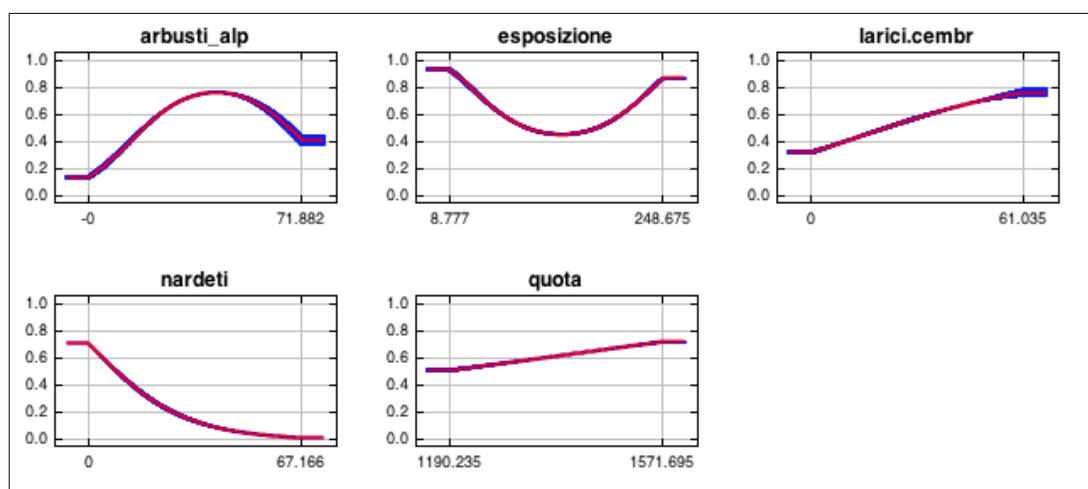


Fig. C.2.b Curve di risposta ottenute generando un modello con la sola variabile di interesse (fagiano di monte, allevamento della prole).

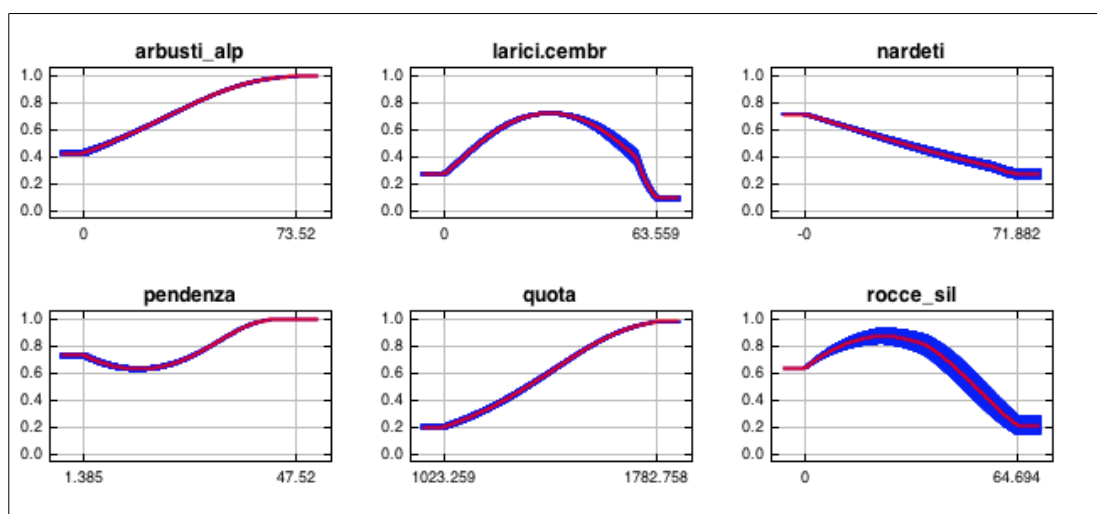


Fig. C.3.a Curve di risposta marginale (fagiano di monte, svernamento).

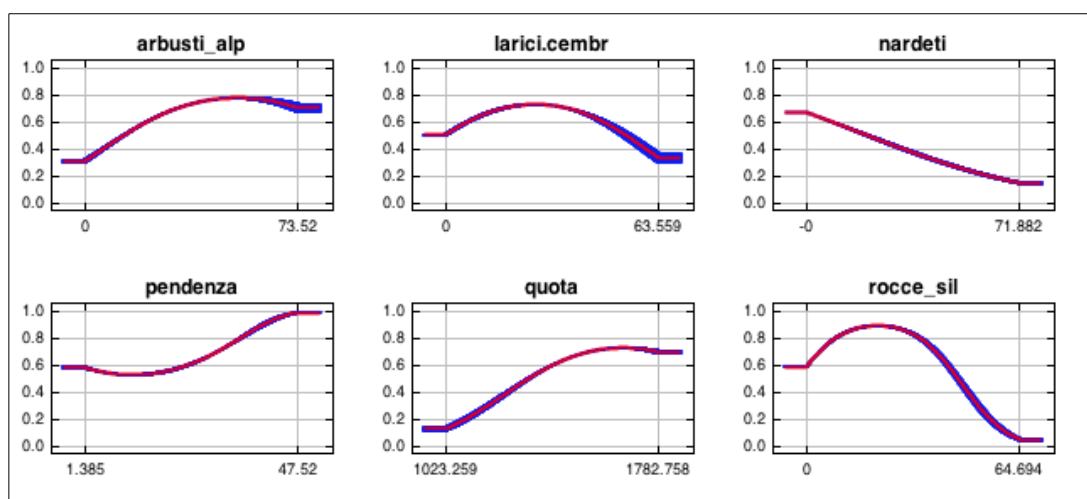


Fig. C.3.b Curve di risposta ottenute generando un modello con la sola variabile di interesse (fagiano di monte, svernamento).

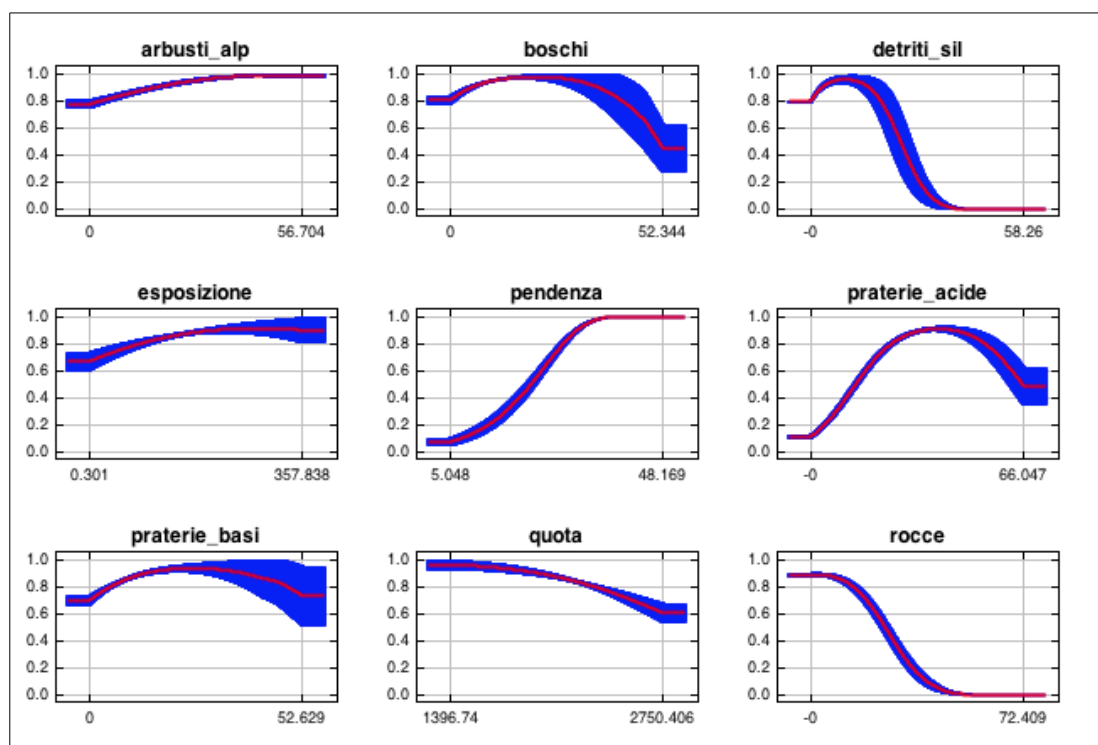


Fig. C.4.a Curve di risposta marginale (coturnice, areale riproduttivo).

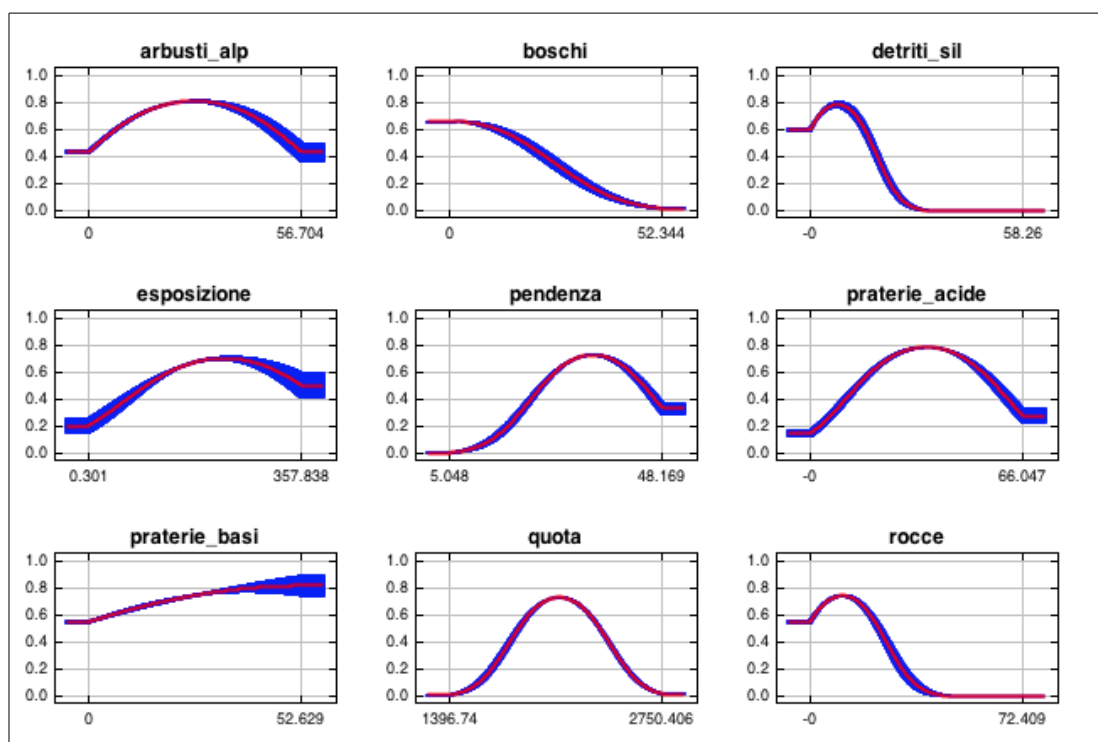


Fig. C.4.b Curve di risposta ottenute generando un modello con la sola variabile di interesse (coturnice, areale riproduttivo).

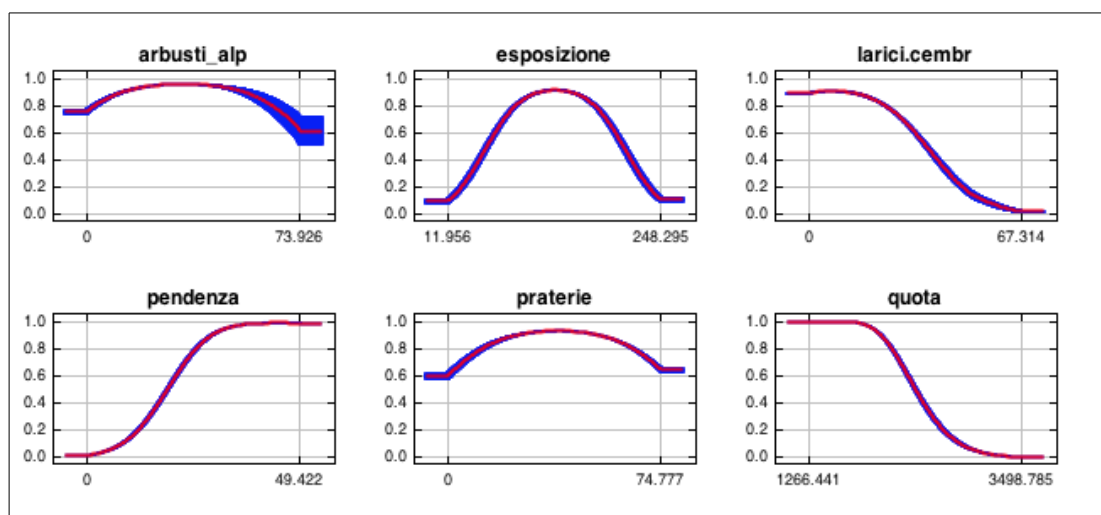


Fig. C.5.a Curve di risposta marginale (camoscio, svernamento).

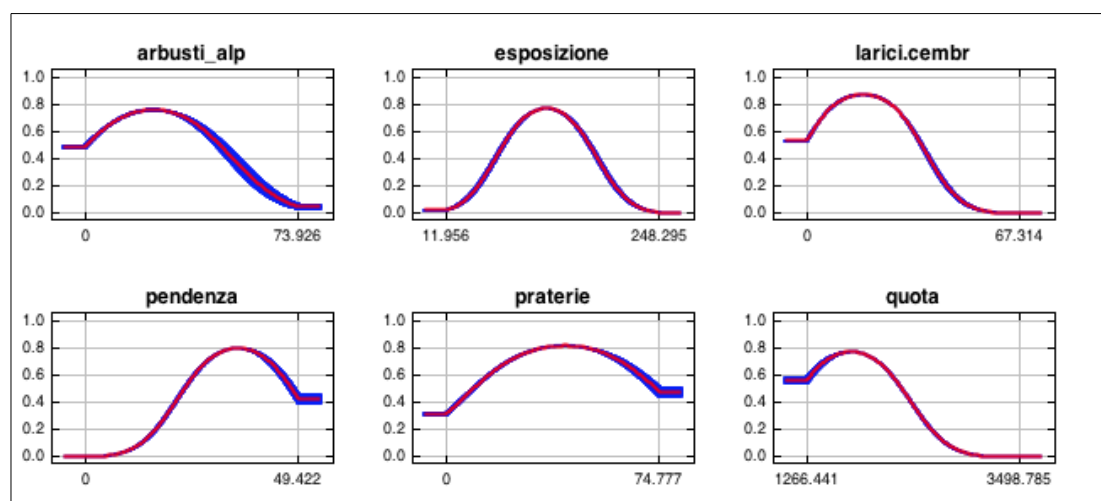


Fig. C.5.b Curve di risposta ottenute generando un modello con la sola variabile di interesse (camoscio, svernamento).