

# FOTO-TRAPPOLAGGIO SISTEMATICO NEL PARCO NAZIONALE FORESTE CASENTINESI PER LO STUDIO E MONITORAGGIO DEI MAMMIFERI

Report del terzo anno di campionamento (Agosto - Novembre 2022) &  
Resoconto conclusivo dei tre anni di convenzione



Marzo 2023

A cura di:

Ilaria Greco, Martina Miscioscia, Matilde Marconi, Marco Salvatori & Francesco Rovero

Dipartimento di Biologia, Università di Firenze



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE  
**BIO**  
Dipartimento  
di Biologia



## INDICE

SOMMARIO.....	1
Ringraziamenti.....	3
1. Introduzione.....	4
2. Rilievi della vegetazione.....	5
3. Screening dati 2022 e sforzo realizzato di campionamento.....	9
4. Confronto dati nei tre anni .....	12
a. Indici grezzi.....	12
b. Trend triennali di occupancy e Wildlife Picture Index.....	16
5. Sviluppi della piattaforma Wild.AI.....	19
6. Progetti di tesi e altre ricerche in corso.....	20
a. Tesi Magistrale di Martina Miscioscia: “Distribuzione spazio-temporale di lupo e gatto selvatico nel parco nazionale delle foreste casentinesi”.....	20
b. Tesi Magistrale di Matilde Marconi: “Distribuzione e associazione dell’habitat degli ungulati nelle Foreste Casentinesi da foto-trappolaggio sistematico”.....	25
c. Stime di densità del Gatto selvatico con modelli di Cattura-Marcatura-Ricattura in collaborazione con il Prof. Stefano Anile.....	34
d. Confronto tra aree.....	36
e. Partecipazione a Snapshot Europe.....	39
7. Programmi futuri.....	41

## Sommario

Nel periodo che va dalla fine di agosto a metà novembre 2022, è stato concluso il terzo anno di campionamento della fauna selvatica all'interno del Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, Monte Falterona e Campigna (PFNC), in un'area che si estende per circa 36.843 ha, attraverso il territorio toscano e romagnolo. Con questo terzo anno di campionamento, si conclude il periodo inizialmente preventivato di convenzione tra PFNC e il dipartimento di Biologia dell'Università di Firenze (DIBIO) per il monitoraggio sistematico e standardizzato della comunità di mammiferi medio-grandi, utilizzando il metodo del foto-trappolaggio. La presente relazione presenta sia le attività del terzo anno di progetto (ovvero: 1. monitoraggio della vegetazione e 2. monitoraggio della fauna selvatica tramite foto-trappole) che una sintesi dei risultati ottenuti nei tre anni, con confronti tra dati ottenuti dai singoli campionamenti, sia a livello di semplice rilevamento delle specie che delle stime di probabilità di presenza (*occupancy*). È inoltre presente una sintesi di specifici progetti di analisi dati, incluso i progetti di tesi di laurea.

Come negli anni precedenti e in conformità con il protocollo scelto in accordo con i PFCN, sono state monitorate le stesse stazioni di foto-trappolaggio riconfermate già durante il secondo anno di monitoraggio. Nel terzo anno di campionamento sono inoltre stati effettuati dei rilievi della vegetazione nei siti di foto-trappolaggio. I dati ricavati da tali rilievi sulla struttura e diversità della vegetazione sono stati usati come covariate nelle analisi di distribuzione spaziale delle specie in esame, in particolare gli ungulati: capriolo (*Capreolus capreolus*), cervo (*Cervus elaphus*), cinghiale (*Sus scrofa*) e daino (*Dama dama*). Durante quest'anno si è inoltre continuato il lavoro di messa a punto della piattaforma Wild.AI, sviluppata in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, con lo scopo di: 1. ottimizzare l'upload e la classificazione automatica delle foto in macrocategorie (i.e., bianche, fauna, persone, veicoli, setup/pickup), 2. agevolare l'annotazione manuale delle specie di fauna, 3. ottimizzare il processamento dei dati tramite funzioni ad-hoc. In futuro l'obiettivo sarà anche quello di riuscire a identificare in maniera non-supervisionata le specie registrate, e riuscire ad ottenere in maniera automatizzata i parametri per la stima della densità con i modelli REM. Parallelamente, sono stati condotti due progetti di tesi magistrale focalizzati rispettivamente sulla distribuzione spazio-temporale di lupo (*Canis lupus*) e gatto selvatico (*Felis silvestris*), e sugli ungulati presenti nel Parco. Sono inoltre in corso tre analisi specifiche: la stima di densità del gatto selvatico, un'analisi multi-area in cui si studiano trend spazio-temporali di comunità da quattro aree protette in Italia, e il progetto Snapshot Europe che unisce gli sforzi di campionamento di progetti indipendenti per creare un dataset standardizzato per lo studio di teriofauna a scala europea.

Per quanto riguarda i dati del terzo anno di campionamento, le specie rinvenute sono state le stesse degli anni precedenti, ad eccezione del coniglio (*Oryctolagus cuniculus*) rinvenuto solo nel campionamento del 2020, e la puzzola (*Mustela putorius*) rinvenuta nei campionamenti del 2020 e 2021, ma non nel 2022. Il procione (*Procyon lotor*), in aggiunta, è stato fotografato in due siti: uno presso la fonte solforosa di Moggiona (sito in cui era stato fotografato anche nel 2020 e 2021), e l'altro a Rimbocchi, nel CTA di Chiusi della Verna. Questo rappresenta un nuovo sito di avvistamento. Rimane inoltre importante la presenza delle persone nel Parco: gli escursionisti rappresentano il 36% degli eventi indipendenti totali. Anche i cani domestici sono ampiamente presenti nel Parco e, abbiamo osservato che, nel 76% dei casi i cani vengono portati a spasso senza l'ausilio di un guinzaglio. Per quanto riguarda i trend temporali, abbiamo stimato che la comunità presenta un andamento stabile nei tre anni di campionamento, anche se sono presenti variazioni annuali di probabilità di presenza che sono specie specifiche. Ad esempio, il cervo sembra avere un andamento decrescente, mentre lupo e cinghiale hanno probabilità di presenza molto alte e stabili nel tempo. È da sottolineare, però, che tre anni sono troppo pochi per stimare trend stabili.

Con l'auspicio di una collaborazione continuativa, la relazione termina con una prospettiva sui progetti futuri che includono la continuazione del protocollo standard per un quarto anno di

campionamento (2023) e l'appaiamento di un campionamento su ulteriori 60 punti disposti in modo randomico, col fine di: 1. poter effettuare stime di densità di animali non marcati tramite modelli REM e derivati che necessitano di design randomici, 2. valutare l'efficacia di rilevamento della comunità da campionamento sistematico vs. random e 3. analizzare le risposte della fauna selvatica rilevata su sentieri e strade forestali vs. zone esterne ai tracciati.

## **Ringraziamenti**

Ringraziamo sentitamente il Direttore del Parco Andrea Gennai, e la Dott.ssa Nadia Cappai, referente scientifica, per il prezioso supporto tecnico e finanziario. Grazie a tutto lo staff del Parco per il supporto logistico e ai volontari del servizio civile, Roberta Longo e Mauro Iacono, che hanno contribuito attivamente al lavoro di campo. Ringraziamo anche i tesisti/tirocinanti Giacomo Cangelmi e Massimo Vasumuni che ci hanno accompagnato in fase di piazzamento delle macchine. Un ulteriore ringraziamento a Giacomo Cangelmi per l'aiuto con l'identificazione delle specie erbacee durante i plot di vegetazione. Ringraziamo inoltre i Comandanti e i Carabinieri Forestali dei Comandi Stazione di Stia, San Godenzo, Badia-Prataglia, Chiusi della Verna per il supporto tecnico e la disponibilità nella gestione dei siti di campionamento nel versante Toscano del Parco, e di Premilcuore, Corniolo, San Benedetto in Alpe, San Pietro in Bagno, Campigna per il versante Romagnolo, in aggiunta al Reparto Carabinieri Biodiversità di Pratovecchio, in particolare Marco Gonnelli, per il supporto e disponibilità nella gestione dei punti nelle aree di riserva. Ringraziamo sentitamente il Lab di Fitogeografia dell'Università di Firenze, in particolare i prof. Daniele Viciani e Andrea Coppi e i Dott. Lorenzo Lazzaro e Michele Mugnai e al tirocinante Marco Morbidelli per la collaborazione e rilevante aiuto con il monitoraggio e identificazione della vegetazione. Ringraziamo infine Giulia Cannoni e Giulia Sorri, studentesse di laurea triennale all'Università di Firenze, per il prezioso aiuto con l'identificazione delle immagini, e il Prof. Lorenzo Seidenari, del Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Firenze per la strutturazione della piattaforma di gestione e analisi delle immagini "Wild.AI".



## 1. Introduzione

Nel periodo agosto – novembre 2022 si è sviluppato il terzo anno di campionamento del progetto “Foto-trappolaggio sistematico nel Parco Nazionale Foreste Casentinesi per studio e monitoraggio dei mammiferi”. Tale progetto è stato avviato nell’estate del 2020 grazie a una convenzione formale tra il Dipartimento di Biologia dell’Università di Firenze (DIBIO) e l’Ente Parco Nazionale Foreste Casentinesi (PNFC), e prevedeva il 2022 come anno conclusivo della convenzione. Le finalità del progetto si focalizzano sullo studio della presenza, distribuzione ed ecologia di specie chiavi all’interno del parco, sulla loro selezione dell’habitat e valutazione della potenziale sensibilità al disturbo antropico. Il progetto mira a gettare le basi di una collaborazione e di un monitoraggio di lungo periodo. Il PNFC rappresenta, inoltre, il sito pilota e primo sito Appenninico di una rete di aree a livello nazionale che usano un monitoraggio sistematico e standardizzato con fototrappole per lo studio delle comunità di mammiferi.

Il progetto si basa sulla raccolta di dati standardizzati di presenza/assenza di mammiferi medio-grandi tramite l’uso di foto-trappole dislocate in maniera sistematica sull’intera superficie del parco, seguendo una griglia regolare di 60 celle di 4 km<sup>2</sup> al cui centro è collocata una fototrappola in corrispondenza di un sentiero o strada forestale, attiva per un minimo di 30 giorni consecutivi (Fig. 1).

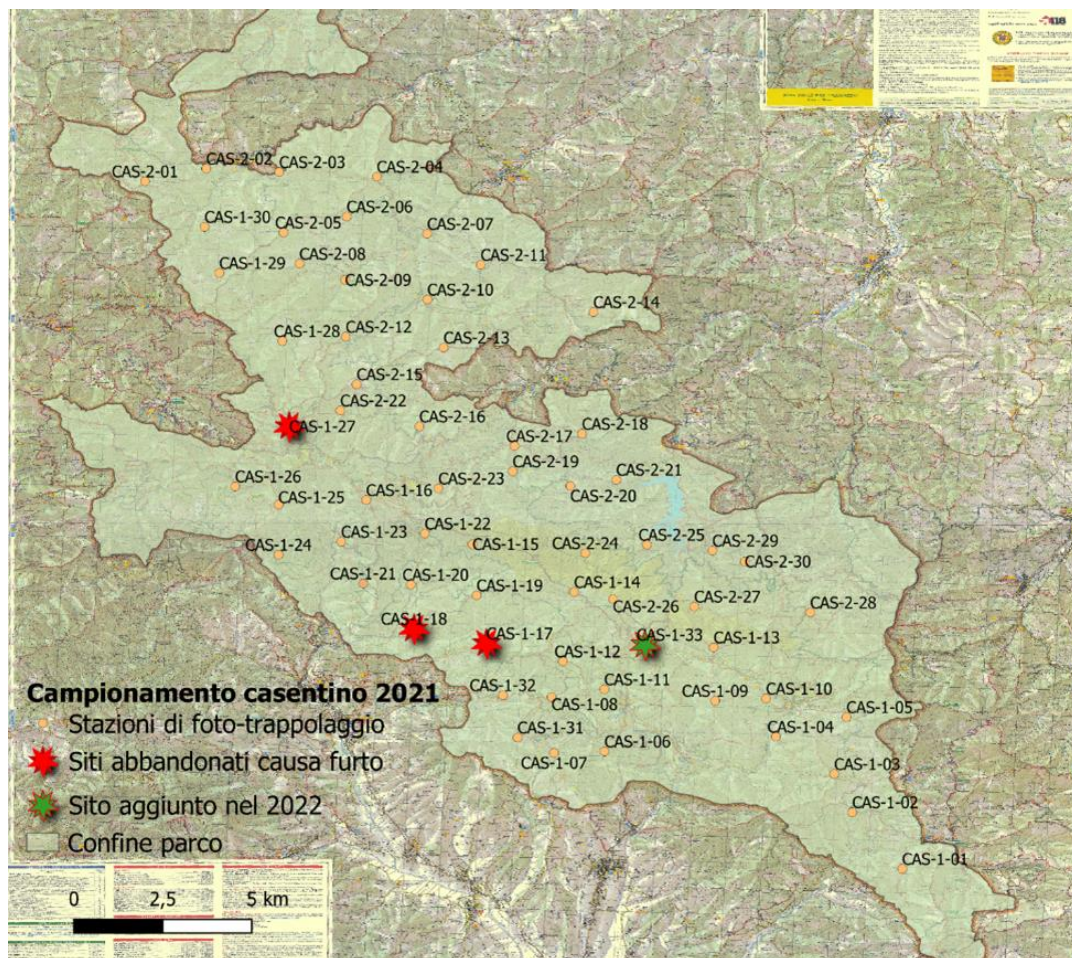


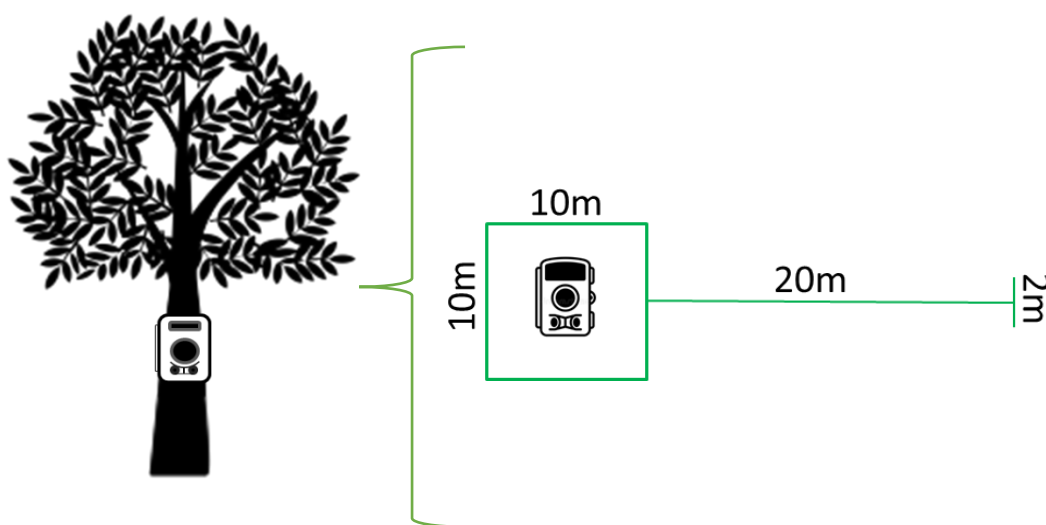
Fig. 1 mostra i 60 siti di foto-trappolaggio dislocati nel Parco Nazionale Foreste Casentinesi. La mappa mostra i 3 siti abbandonati a causa di furti subiti nel 2020 (in rosso), i siti riconfermati (in arancione) e il sito aggiunto (in verde), per un totale di 60 siti attivi.

Come in precedenza, questo rapporto presenta i dati e i risultati preliminari del terzo anno di campionamento (2022), ma mette anche a confronto i risultati ottenuti nei tre anni. In aggiunta, vengono presentate le specifiche circa il disegno sperimentale, il processo di identificazione e i risultati preliminari ottenuti col sotto-progetto di monitoraggio della vegetazione in corrispondenza delle stazioni di foto-trappolaggio, e mostra le ulteriori implementazioni della piattaforma di intelligenza artificiale Wild.AI. Inoltre, in sotto-capitoli dedicati, vengono mostrati i risultati principali ottenuti tramite l'uso di dati di foto-trappolaggio in due tesi magistrali condotte da Martina Miscioscia e Matilde Marconi, su specie carismatiche e di interesse gestionale/conservazionistico come: 1) lupo e gatto selvatico, e 2) ungulati presenti nel parco (i.e., cervo, daino, capriolo e cinghiale). Si accenna anche ai progetti di ricerca in corso per i quali sono stati usati questi dati, come lo studio dei mammiferi nella rete di parchi centro-settentrionale, la stima di densità del gatto selvatico e il network continentale Snapshot Europe.

Infine, l'ultimo capitolo è dedicato ai progetti futuri e alle ricerche che si vorrebbero intraprendere con la prosecuzione della convenzione.

## 2. Rilievi della vegetazione

Da fine giugno a fine luglio 2022, in collaborazione con il gruppo di fitogeografia del dipartimento di Botanica dell'Università di Firenze (<http://laboratoriofitogeografia.altervista.org/>), in particolare i Prof. Viciani e Coppi e i Dott. Lazzaro e Mugnai, sono stati effettuati rilievi della vegetazione nei punti di foto-trappolaggio. Questo rappresentava una raccolta dati integrativa, così da usare informazioni "a terra" sulla vegetazione come variabili ambientali nei modelli di occupancy. In particolare, per ogni stazione di foto-trappolaggio (i.e., sito in cui la foto-trappola era stata posizionata) è stata effettuata: 1) l'identificazione e la valutazione degli strati di copertura al suolo (in percentuale) delle specie erbacee, arbustive ed arboree in un plot di 100 m<sup>2</sup> che ha come centro l'albero contrassegnato come sito di foto-trappolaggio, e 2) valutazione del potenziale impatto degli ungulati sulla vegetazione lungo un transetto di 20 x 2 m (Fig. 2).



*Fig. 2. Disegno sperimentale per il campionamento della vegetazione in corrispondenza dei siti di foto-trappolaggio. L'albero rappresentante il sito di fototrappolaggio è al centro del plot di 10x10 m, mentre di fronte alla fototrappola si sviluppa il transetto dei danni di 20x2 m.*

Per ciascun sito di foto-trappolaggio è stata identificata la tipologia di vegetazione, che è stata suddivisa in 5 macrocategorie dominanti: bosco misto, querceto, conifere, faggeta e vegetazione di margine (Fig. 3). Su consiglio dei collaboratori del dipartimento di botanica, abbiamo deciso di limitarci alle sole 5 categorie per garantire un minimo di 5 siti di foto-trappolaggio per ogni tipologia di vegetazione così da poter ottenere statistiche più robuste. Come riportato in Fig. 3, la categoria maggiormente rappresentata nel parco è quella di bosco misto con 22 siti, seguita poi dalla faggeta con 15 siti, vegetazione di margine con 9 siti e da boschi di querceto e boschi di conifere con 7 siti ognuno.

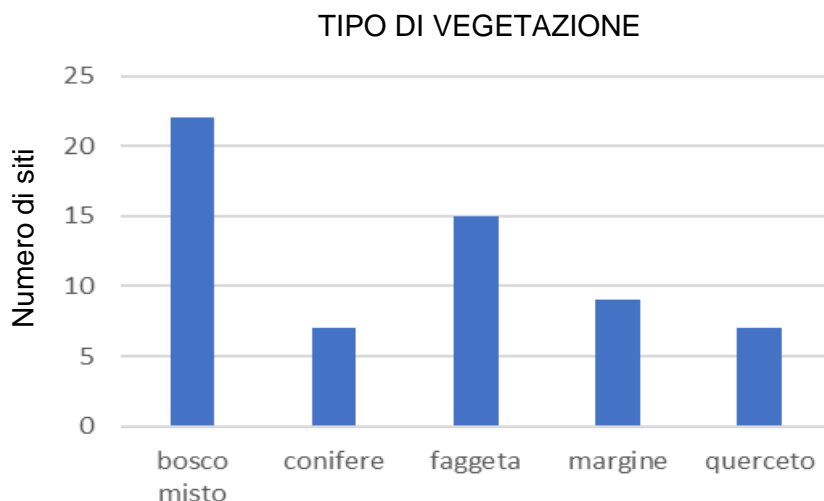


Fig. 3 Numero di siti per tipo di vegetazione.

In aggiunta, sono state raccolte informazioni relative alla copertura degli strati di vegetazione sia al di sopra che al di sotto dei 2 m, cercando di individuare tutte le specie vegetali, e segnalando l'appartenenza allo strato arboreo (> 2 m) o arbustivo (< 2 m). Per le specie non riconoscibili direttamente in campo, sono stati raccolti dei campioni e successivamente confrontati con la checklist della flora presente nel Parco precedentemente redatta dal Prof. Viciani e Agostini nel 2018, o con la chiave interattiva del Parco (<http://dryades.units.it/casentinesi/>) o con la supervisione dei botanici (Fig. 4).



Fig. 4 A sinistra, compilazione scheda di campo e raccolta campioni non direttamente identificabili, a destra, preservazione dei campioni vegetali tramite l'uso di una pressa botanica.



I dati relativi alle specie presenti sono stati trasformati in una matrice con la copertura percentuale di ciascuna specie vegetale in ciascun sito. Questa matrice è stata utilizzata per calcolare la ricchezza specifica e l'indice di Shannon (indice che misura la diversità all'interno di una comunità) dei 60 plot di campionamento. Sia indici che dati "a terra" rappresentano le variabili sulla diversità e sulla struttura di vegetazione che verranno poi utilizzati negli step successivi come covariate. Questi sono: indice di Shannon, ricchezza specifica, tipo di vegetazione, copertura erbacea e copertura arborea. Come riportato in Fig. 5, la categoria con un indice di Shannon più alto è quella del bosco misto, mentre quella con codice più basso (e quindi più omogeneo) è rappresentata dal bosco di faggeta. Le categorie con maggiore ricchezza specifica erano la vegetazione di margine, il bosco di quercia e bosco misto, mentre la faggeta aveva la più bassa ricchezza di specie. Invece, i boschi di conifere sono quelle che risultano essere sia ad altitudini maggiori che ad una maggior distanza dal confine del parco, mentre boschi misti e querceti sono a quote più basse, mentre i querceti sono anche ad una minor distanza dal confine del parco.

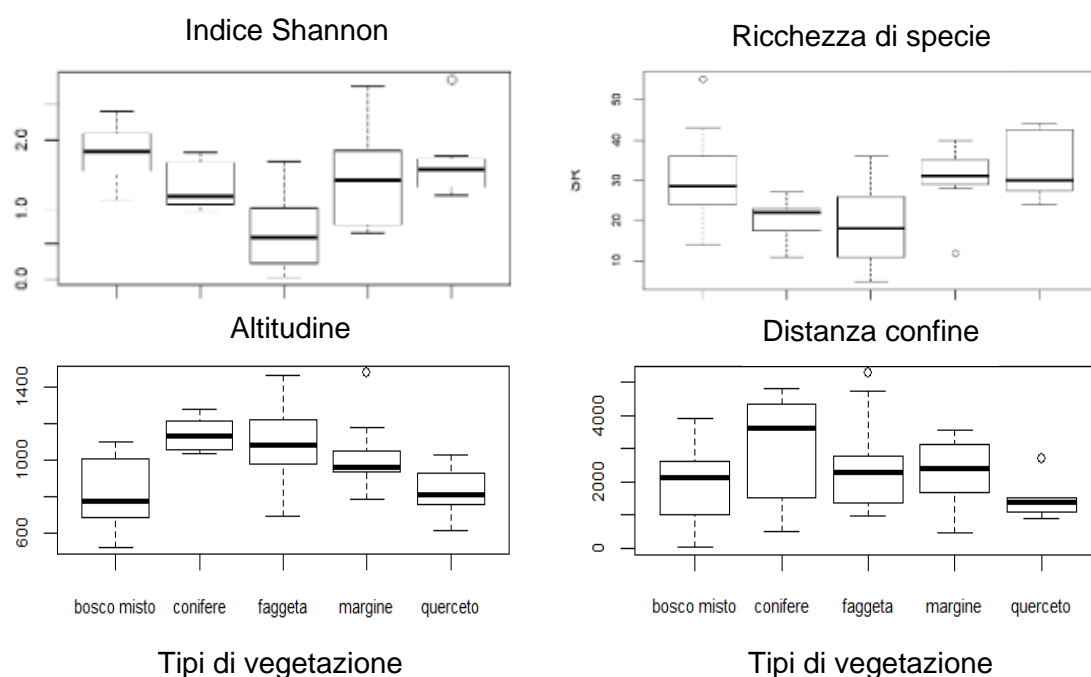


Fig. 5 Tipologia di vegetazione in relazione a: Shannon index (in alto a sinistra), ricchezza specifica (in alto a destra), altitudine (in basso a sinistra) e distanza dal confine (in basso a destra).

Per quanto riguarda il rilevamento dei potenziali danni da presenza di ungulato su suolo e vegetazione (Fig. 6), per ogni sito di foto-trappolaggio è stato attribuito un valore da 1 a 3 (i.e., 1 = suolo ben preservato, 2 = suolo poco degradato, 3 = suolo degradato ed eroso) ispezionando il suolo lungo il transetto di 20 m che si sviluppava di fronte la foto-trappola. Allo stesso modo, è stato attribuito un valore da 1 a 4 rappresentativo della qualità della vegetazione per ogni specie arbustiva ed arborea presente lungo il transetto (i.e., 1 = incolume, 2 = lievemente danneggiata; 3 = moderatamente danneggiata; 4 = molto danneggiata). Sono state inoltre indicate quali fossero le specie maggiormente danneggiate. Il suolo dei transetti è risultato essere principalmente ben preservato e con vegetazione incolume, mentre solo 8 transetti su 60 presentavano un suolo molto degradato ed eroso, e 4 transetti presentavano vegetazione molto degradata (Fig. 7). Inoltre, per 11 transetti abbiamo rilevato che oltre il 50% degli individui vegetali presenti presentava segni di brucatura. Per la componente arborea, tra le specie maggiormente brucate abbiamo trovato ributti di faggio, ontano, nocciolo, acero, carpino, sorbo, frassino, abete rosso, e castagno. Per la componente arbustiva, le specie maggiormente danneggiate erano individui e plantule di biancospino, prugnolo selvatico e rosa, mentre per la componente erbacea, le specie più danneggiate rinvenute sono state: *Hypericum perforatum.*, *Hypericum sp.*, *Melica uniflora*,

*Cardamine chelidonia, Veronica sp., Clematis vitalba, Daphne laureula, Vicia sepium, Sanicola europea, Coronilla emerus, Carex helleriana, Luzzula nivea, Salvia glutinosa, Senecio ovatus, Tamus comunis, Brachypodium sp., Hepipactis helleborine.*



Fig. 6 Rilevamento dei potenziali danni da presenza di ungulato su vegetazione e suolo lungo il transetto di 20 x 2 metri.

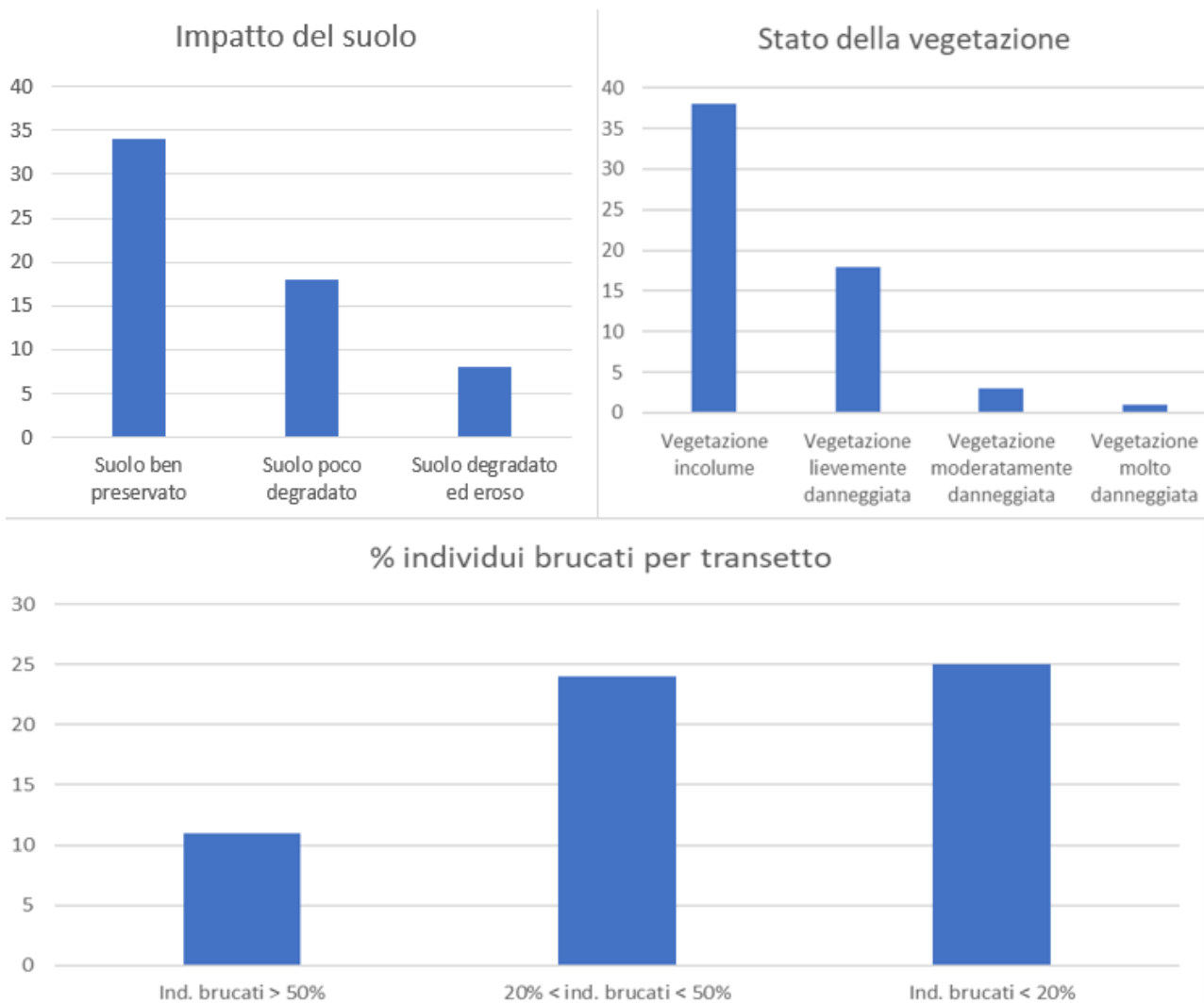


Fig. 7 Istogramma di impatto al suolo (in alto a sinistra), di impatto sulla vegetazione (in alto a destra) e istogramma rappresentante la percentuale di individui brucati per transetto (in basso). Asse y rappresenta il numero di transetti.

### 3. Screening dati e risultati preliminari del terzo anno

Il terzo anno di campionamento è terminato con una raccolta dati completa in quanto nessuna foto-trappola è stata danneggiata o rubata e abbiamo quindi ottenuto dati sufficienti da ognuno dei 60 siti di foto-trappolaggio. In particolare, abbiamo ottenuto una media di 33.8 giorni di attività, con un minimo di 24 e massimo di 38 giorni. Lo sforzo totale di campionamento è stato di 2029 giorni di foto-trappolaggio, che, come si vede dall'asintoto raggiunto in Fig. 8, è risultato sufficiente per campionare le specie presenti nel parco.

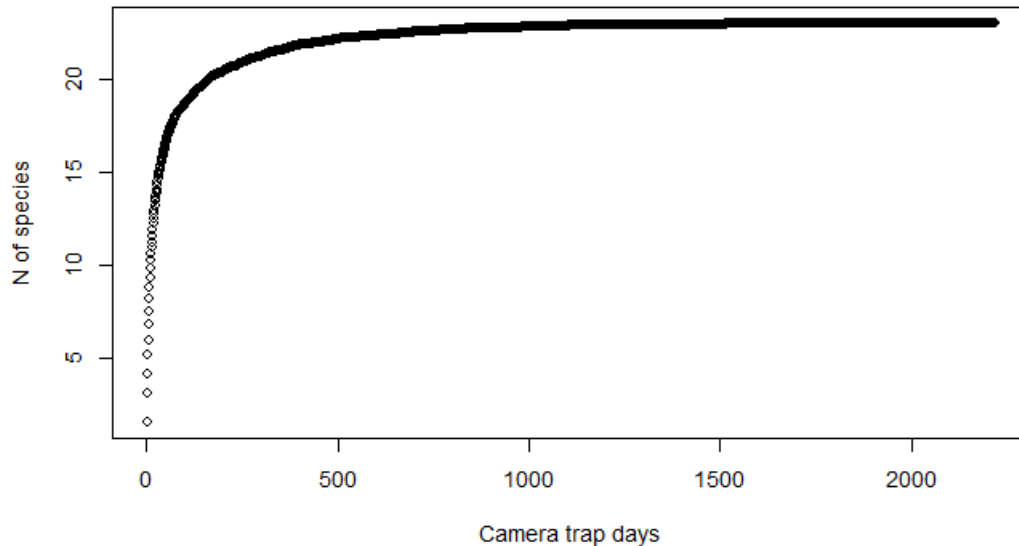


Fig. 8 Curva di accumulo delle specie rappresentante l'efficacia dello sforzo totale di campionamento.

Anche per questo terzo anno di campionamento, la volpe (*Vulpes vulpes*) è stata la specie selvatica maggiormente fotografata (Fig. 9), con 1248 eventi indipendenti (ovvero eventi con un intervallo di 30 min tra scatti) e una distribuzione che occupa il 98% dei siti campionati. A ruota segue il cinghiale (*Sus scrofa*), con 626 scatti indipendenti e una distribuzione che occupa il 95% dei siti campionati.

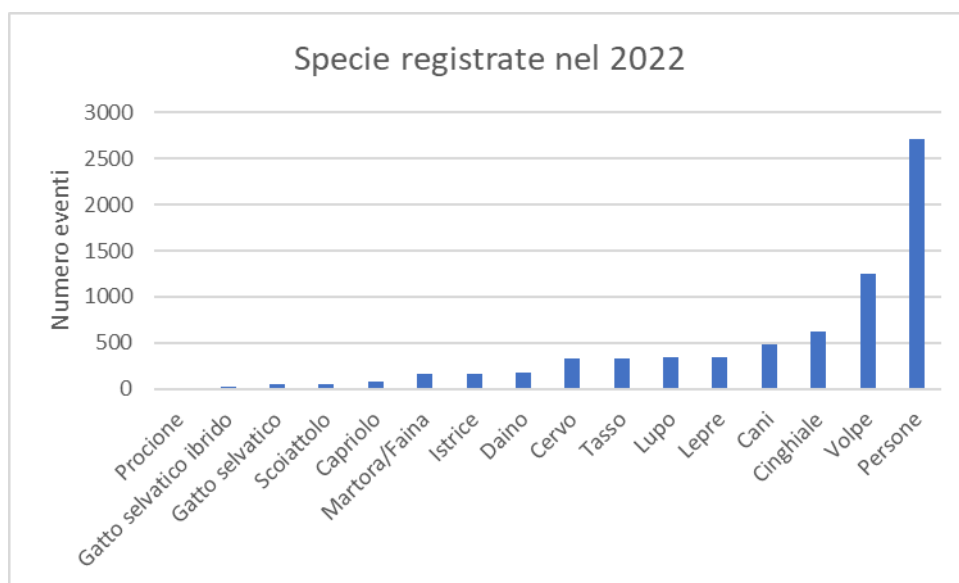
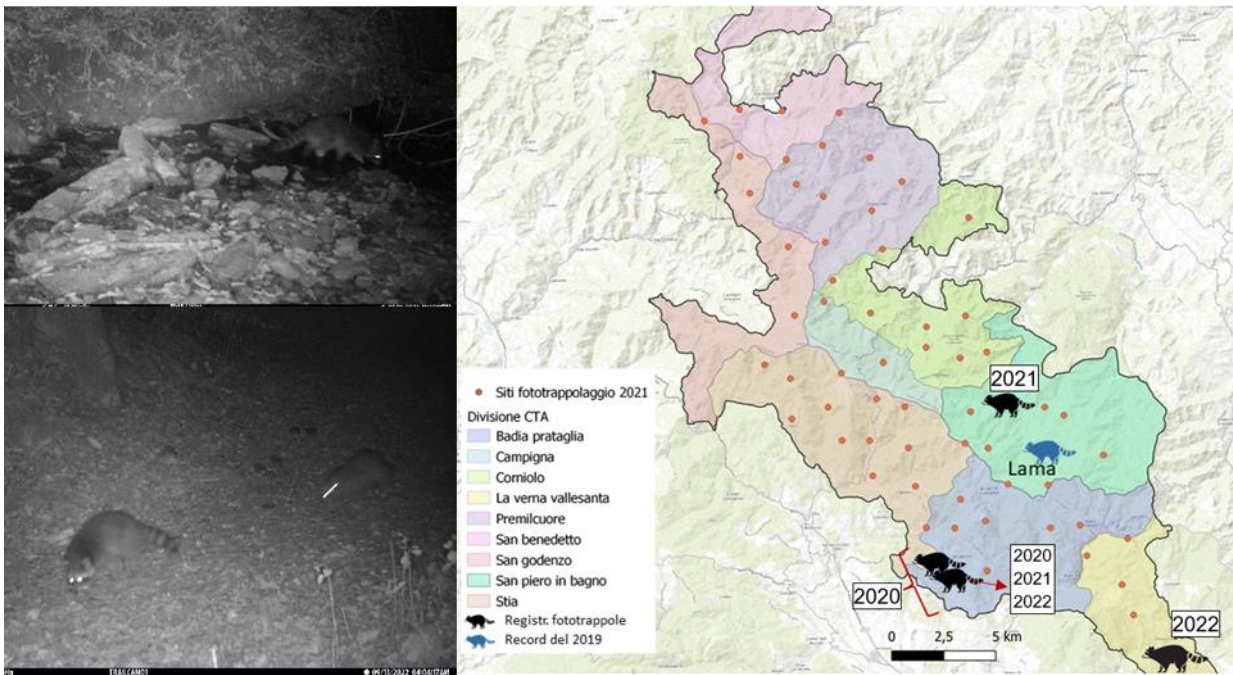


Fig. 9 Elenco specie selvatiche e relativo numero di eventi indipendenti. La classifica include anche cani e persone.

Al contrario, la specie meno foto-trappolata è stata il procione (*Procyon lotor*), specie che è stata rinvenuta in soli 2 siti con un totale di 2 eventi indipendenti e una distribuzione osservata che occupa il 3% dei siti campionati. Di questi due punti, uno è il sito nei pressi della fonte solforosa vicino Moggiona, nel CTA di Badia Prataglia, mentre il secondo sito è nel CTA di Chiusi della Verna, nei pressi di Rimboocchi. È di particolare importanza notare che nel sito vicino Moggiona il procione è stato registrato nel corso di ogni singolo anno di campionamento (Fig. 10), mentre la zona di La Verna rappresenta un sito di rilevamento nuovo. Inoltre le foto scattate in quest'ultimo sito riportano la presenza di due individui insieme.

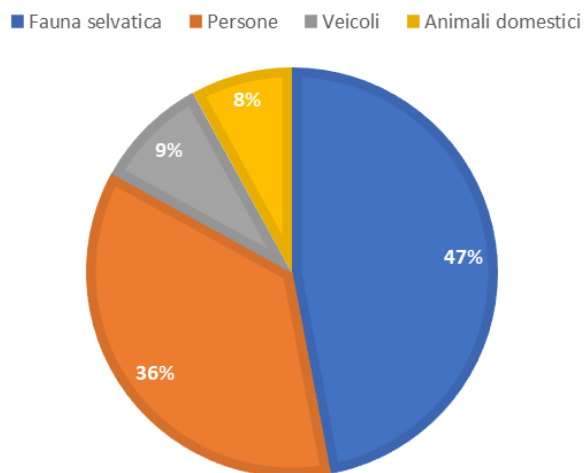


*Fig. 10 Siti di foto-trappolaggio in cui è stata registrata la presenza del procione durante i tre anni di campionamento. I siti interessati sono: Fonte solforosa, Croce ai Sassi, Rimboocchi e La Seghettina.*

Anche durante il campionamento del 2022, la presenza dell'uomo all'interno del parco è stata cospicua, con il 36% degli eventi che riprendono escursionisti o bikers, mentre la fauna selvatica rappresenta il 47% del totale, gli animali domestici (cani, gatti, cavalli e vacche) rappresentano l'8% delle registrazioni, mentre il passaggio di veicoli rappresenta il 9% delle registrazioni (Fig. 11)



Fig. 11 Percentuale di eventi in relazione alle principali categorie, rappresentate dai: Persone, Animali domestici, Veicoli e Fauna selvatica.



In aggiunta, anche su suggerimento dell'Ente Parco, durante la fase di identificazione delle foto abbiamo discriminato quando i cani erano al guinzaglio e quando erano liberi senza guinzaglio. Abbiamo trovato che solo nel 24% dei casi le persone portavano a spasso il proprio cane usando un guinzaglio, mentre nel 76% dei casi i cani erano liberi benché vicini ai loro padroni (Fig. 12). Questo si traduce in 366 eventi indipendenti di cani senza guinzaglio, trovati nel 70% dei siti campionati e 118 eventi indipendenti di cani al guinzaglio, rinvenuti nel 40% di siti campionati (Fi. 12).

### PRESENZA DI CANI NEL PARCO

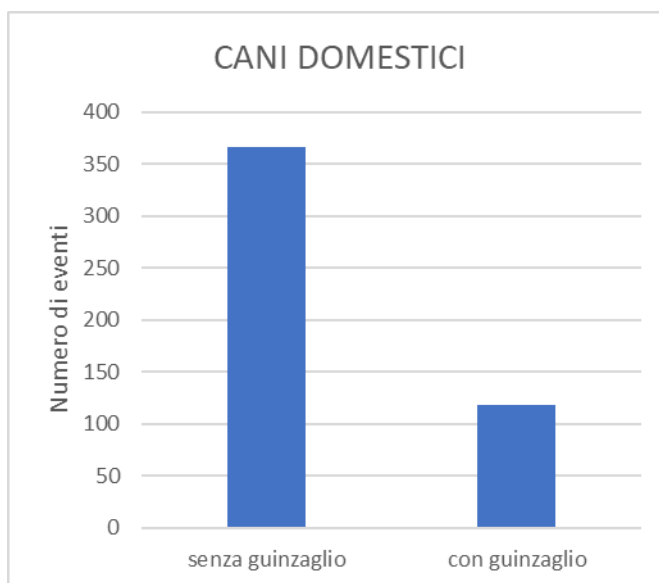
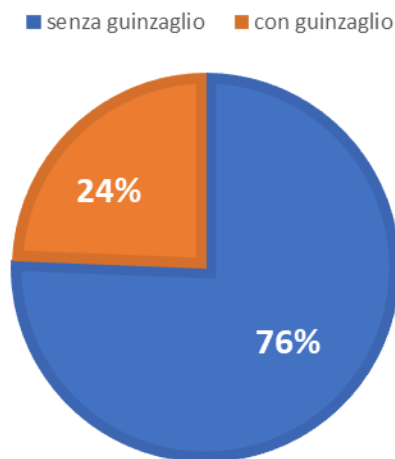


Fig. 12 Presenza di cani nel parco. A sinistra, proporzione della presenza di cani al guinzaglio e senza guinzaglio; a destra numero di eventi indipendenti per cani al guinzaglio e senza guinzaglio.

#### 4. Confronto dati nei tre anni

##### a. Indici grezzi

La tabella 1 e Fig. 13 riportano il confronto tra gli indici grezzi di tutti e 3 gli anni di campionamento (periodo 2020 – 2022). Partendo dalle specie di maggiore interesse, è degno d’attenzione come il lupo (*Canis lupus*) abbia mantenuto una distribuzione stabile nei 3 anni in quanto ritrovato sempre nell’80% dei siti, mentre la sua abbondanza relativa (RAI) è aumentata negli anni (da RAI = 10.5 a RAI = 18). In aggiunta, si può notare come il cervo (*Cervus elaphus*), al contrario, abbia apparentemente diminuito il suo areale di distribuzione (almeno come desumibile dal dato di occupazione dei siti di campionamento) passando dall’occupare l’88% dei siti il primo anno, fino all’80% del secondo e 67% del terzo, con una parallela diminuzione dell’abbondanza relativa (RAI) che da 21 è passata a 17. Al contrario, gli altri ungulati nel Parco presentano trend relativamente stabili con fluttuazioni “fisiologiche” nella distribuzione e/o nell’abbondanza relativa che non indicano particolari trend temporali. Anche il gatto selvatico presenta una distribuzione abbastanza stabile che si aggira intorno al 50% dei siti occupati, anche se si può notare una lieve diminuzione della RAI da 4.1 nel primo anno a 4.3 nel secondo anno fino a 2.9 nel terzo anno. Altra specie di particolare interesse è il procione, la cui distribuzione e abbondanza relativa sono particolarmente criptiche e difficile da stimare. Questo, sia per il protocollo selezionato che non prevede la presenza di molti siti lungo fiumi, sia perché la presenza stessa del procione risulta imprevedibile: si ritrova raramente negli stessi punti e le occasioni in cui si registra sono sempre rare. Per quanto riguarda il nostro campionamento, come già riportato in Fig. 10 nel capitolo di screening dei dati, l’unico sito con una presenza costante è quello nei pressi di Moggiona, in cui è stato anche possibile ottenere il maggior numero di detection indipendenti per sito. Gli altri siti (Croce ai Sassi, La Seghettina e Rimbocchi) presentano foto sporadiche, anche se, a differenza degli altri punti, sia a Croce ai Sassi che a Rimbocchi sono stati fotografati due individui insieme. È interessante notare come questa specie è stata trovata dai 600 agli 800 mslm, in boschi misti conifere-latifoglio o boschi di conifere, e sempre nei pressi di fiumi o torrenti: i siti con presenza registrata di procione avevano infatti un corso d’acqua nelle vicinanze, da una distanza minima di circa 30 metri a 140 metri, ad eccezione del sito alla fonte solforosa che puntava su un corso d’acqua.

Tabella 1 Indici grezzi stimati per ogni specie, per ognuno degli anni di campionamento.

ORDINE	SPECIE	NOME COMUNE	ANNO 1 - 2020			ANNO 2 - 2021			ANNO 3 - 2022		
			naive $\psi$	Eventi (30 min)	RAI	naive $\psi$	Eventi (30 min)	RAI	naive $\psi$	Eventi (30 min)	RAI
Carnivora	<i>Canis lupus</i>	Lupo	0.80	206	10.49	0.80	270	13.82	0.80	343	17.7
	<i>Felis silvestris</i>	Gatto selvatico	0.51	80	4.08	0.47	84	4.30	0.55	56	2.88
	<i>Felis silvestris</i>	Gatto selvatico ibrido	0.19	44	2.24	0.27	39	1.99	0.15	26	1.34
	<i>Martes sp.</i>	Martora/Faina	0.53	64	3.41	0.70	246	12.59	0.65	160	8.24
	<i>Meles meles</i>	Tasso	0.80	317	16.15	0.82	434	22.21	0.8	333	17.1
	<i>Mustela putorius</i>	Puzzola	0.20	18	0.92	0.18	16	0.82	-	-	-
	<i>Procyon lotor</i>	Procione	0.05	3	0.15	0.03	4	0.21	0.03	2	0.1
	<i>Vulpes vulpes</i>	Volpe	0.88	1077	54.84	1.00	1427	73.03	0.98	1248	64.3
Lagomorpha	<i>Lepus europaeus</i>	Lepre	0.46	244	12.43	0.52	198	10.13	0.58	343	17.7
	<i>Oryctolagus cuniculus</i>	Coniglio	0.02	6	0.31	-	-	-	-	-	-
Rodentia	<i>Hystrix cristata</i>	Istrice	0.47	97	4.94	0.58	225	11.52	0.65	168	8.65
	<i>Sciurus vulgaris</i>	Scoiattolo	0.17	21	1.07	0.22	110	5.63	0.25	58	2.99
Ungulata	<i>Capreolus capreolus</i>	Capriolo	0.41	66	3.36	0.40	77	3.94	0.4	84	4.33
	<i>Cervus elaphus</i>	Cervo	0.88	410	20.89	0.80	383	19.60	0.67	328	16.9
	<i>Dama dama</i>	Daino	0.36	369	18.8	0.30	237	12.13	0.32	173	8.91
	<i>Sus scrofa</i>	Cinghiale	0.93	610	31.07	0.87	837	42.84	0.95	626	32.2

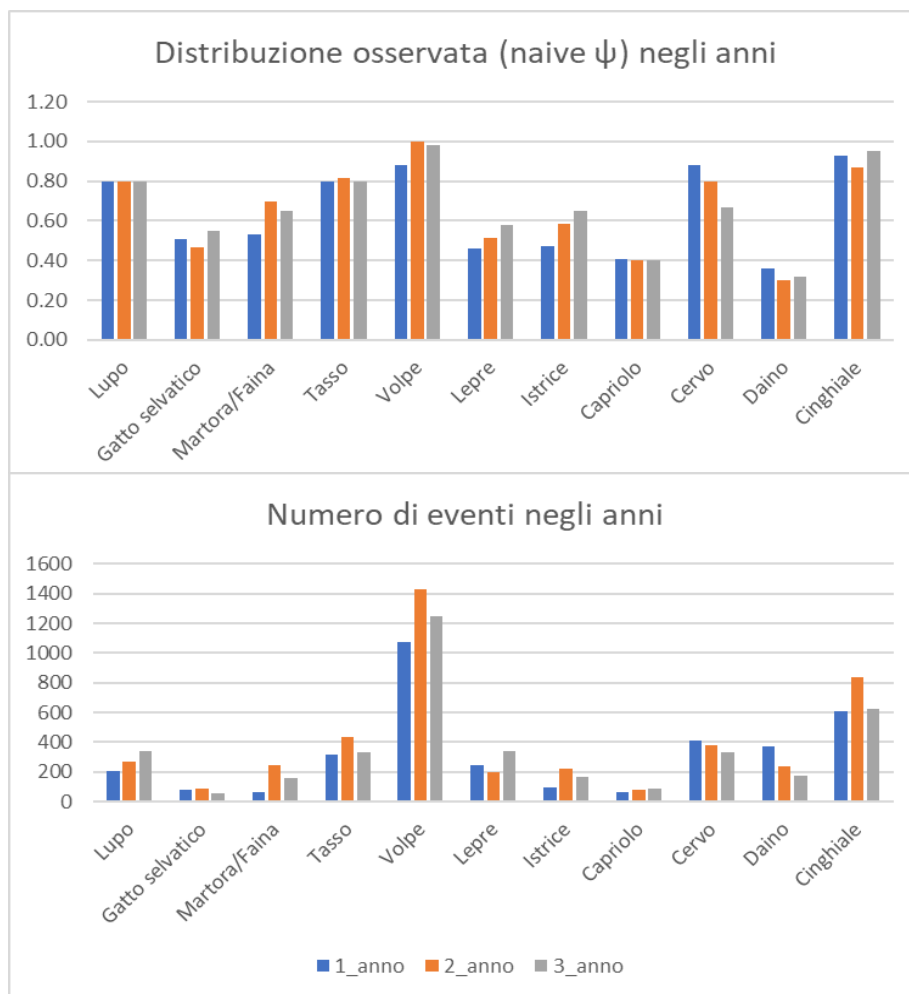


Fig. 13 Naïve occupancy  $\psi$  (sopra) e numero di eventi indipendenti con un intervallo di 30 minuti (sotto) per ogni specie ed ogni anno di campionamento.

Altro elemento rilevante è costituito dall'andamento della presenza di persone all'interno del Parco: durante il 2020 si sono registrati 1954 eventi indipendenti di persone (RAI = 99.54) nel 93% dei siti campionati; durante il secondo anno si sono registrati 2481 eventi indipendenti (RAI = 122.76) nel 98% dei siti e durante il terzo anno 2713 eventi indipendenti (RAI = 139.70) nel 98% dei siti. Rispetto al primo anno, si nota quindi un aumento della presenza di escursionisti che fruiscono del Parco. Nelle figure 14 – 16 sono riportate le informazioni dei numeri di eventi indipendenti per ogni sito e ogni anno di campionamento. In particolare, il punto maggiormente frequentato è il CAS-1-33, coincidente con il Sentiero delle Foreste Sacre di Prato alla Penna, in cui si sono registrati più di 200 eventi indipendenti rappresentanti il passaggio umano. Si nota che questo punto non è stato campionato nel 2020, ma è stato aggiunto successivamente dal 2021 per compensare l'ultimo dei punti in cui era stata rubata una foto-trappola. Altro punto particolarmente frequentato è il CAS-1-10, in corrispondenza del sentiero 72 che da Casanova va a Cavalla Pazza e in cui si registra una media nei 3 anni di 120 eventi indipendenti. Segue il punto CAS-1-22, in corrispondenza con Aia delle Guardie, con una media nei tre anni di 118 eventi indipendenti. Si nota anche un aumento della fruizione del sentiero n. 73 (punto CAS-1-03, Quattro Vie) che da 77 eventi indipendenti del primo anno è arrivato a 105 eventi indipendenti nel terzo anno, e del sentiero n. 74° (punto CAS-1-12, Prato al Fiume, nella zona dell'Eremo di Camaldoli) che da 50 eventi indipendenti del primo anno arriva a contare 104 eventi indipendenti il terzo anno. È interessante anche come le zone maggiormente fruite siano sul versante Toscano, ma questo risultato potrebbe essere veicolato anche dal fatto che il versante romagnolo si monitora un mese dopo, da metà ottobre a metà novembre.

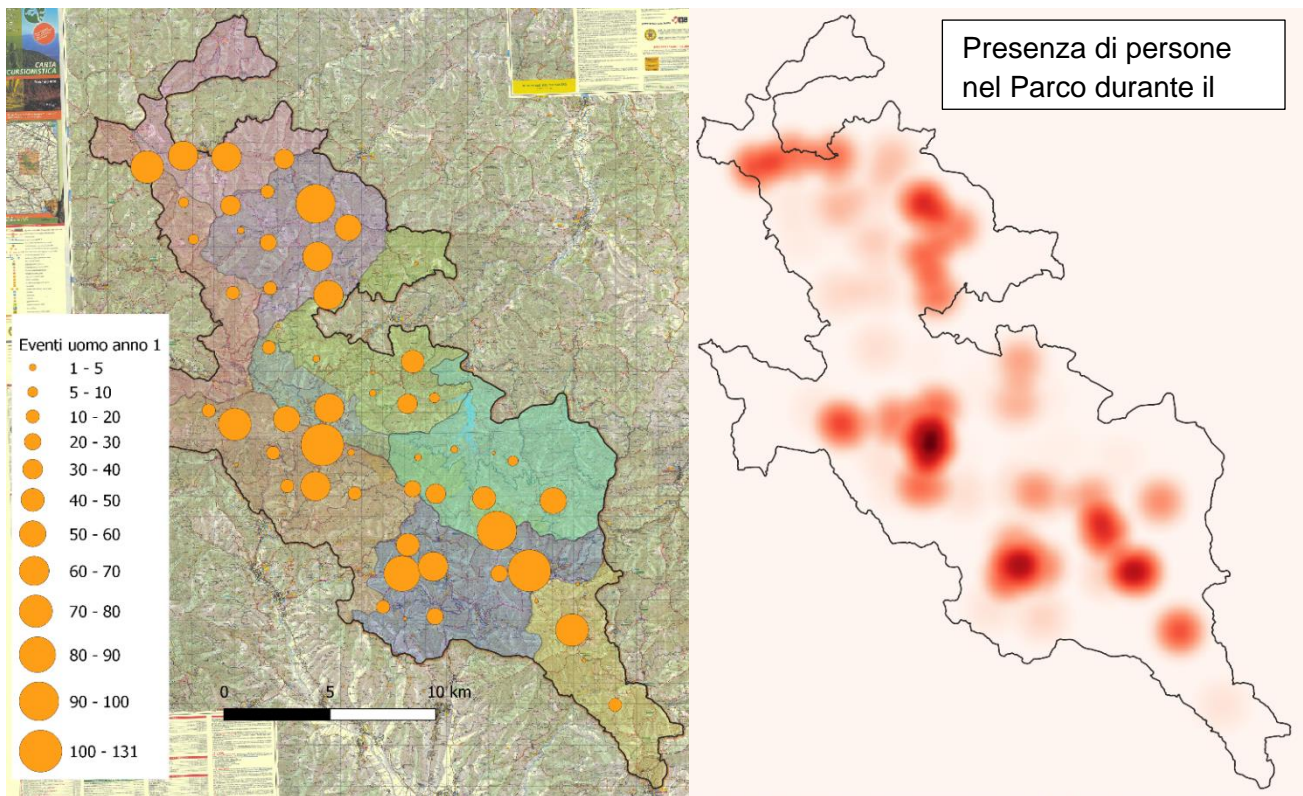


Fig. 14 Mappa mostrante la presenza di persone all'interno del Parco durante il 2020. A sinistra, numero di eventi per ogni sito, a destra heat map che evidenzia i punti maggiormente frequentati.

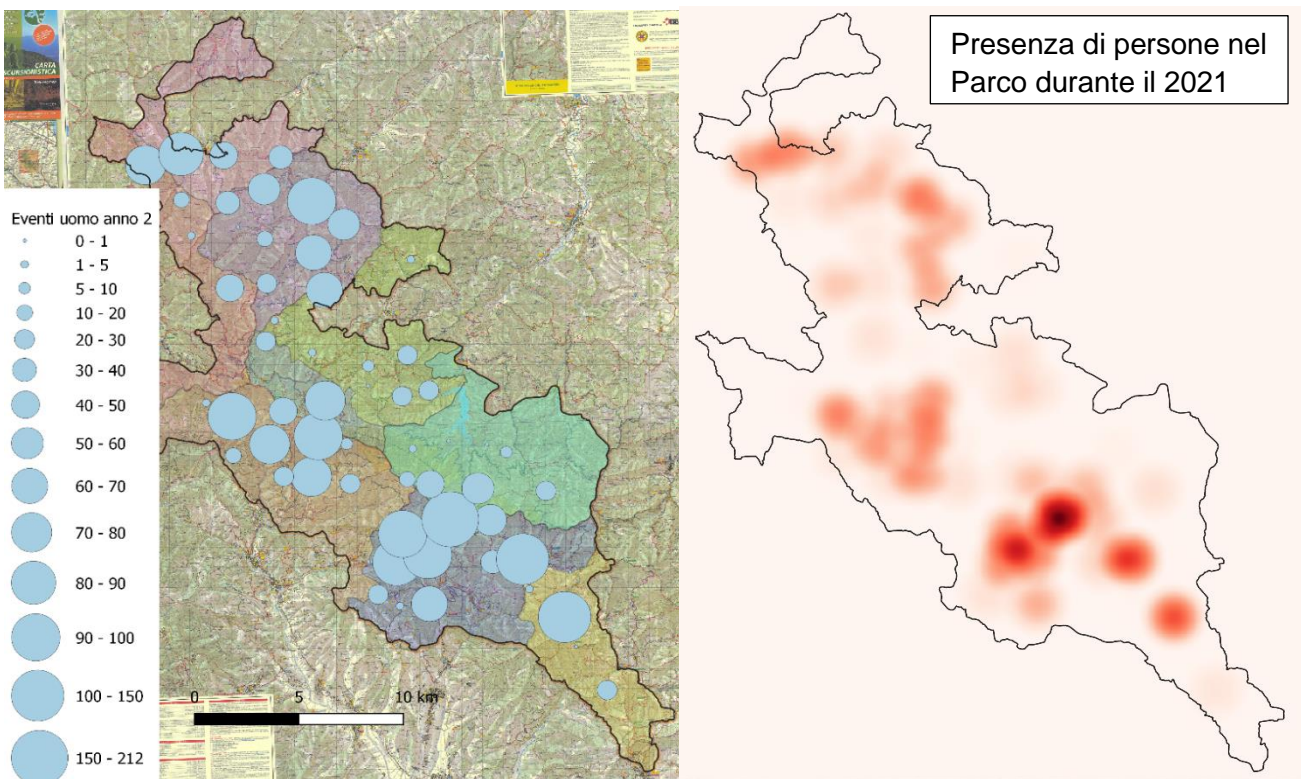
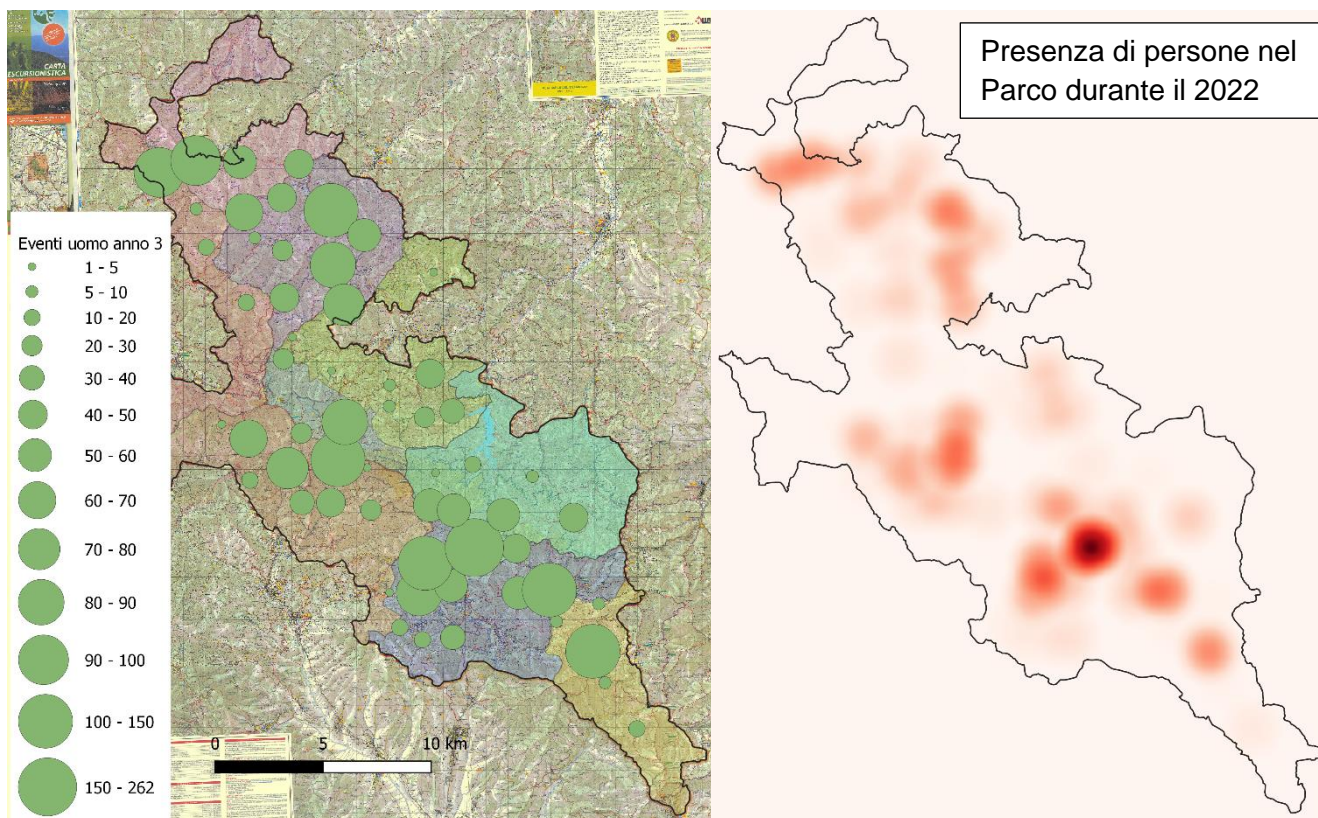


Fig. 15 Mappa mostrante la presenza di persone all'interno del Parco durante il 2021. A sinistra, numero di eventi per ogni sito, a destra heat map che evidenzia i punti maggiormente frequentati





*Fig. 16 Mappa mostrante la presenza di persone all'interno del Parco durante il 2022. A sinistra, numero di eventi per ogni sito, a destra heat map che evidenzia i punti maggiormente frequentati.*

## b. Trend triennali e Wildlife Picture Index

Con a disposizione i dati di tre anni di attività abbiamo raggiunto la quantità minima di anni di campionamento per poter usare un modello di occupancy dinamico di comunità, così da stimare trend di occupancy nei tre anni e valutare potenziali variazioni di probabilità di presenza. Tramite questo modello è possibile stimare non solo trend specie-specifici di variazione di presenza nel tempo, ma anche il Wildlife Picture Index (WPI) che è un indice di sintesi per le dinamiche di comunità descritto dalla Convention on Biological Diversity (CBD) tra gli Aichi targets e dal post-2020 biodiversity framework (<https://www.cbd.int/sp/targets/>) per monitorare lo stato delle popolazioni nel tempo. Pertanto, questo è un indicatore di biodiversità basato sulla media geometrica delle stime di occupancy relative all'intera area di campionamento e può pertanto stimare se l'occupancy della comunità diminuisce, aumenta o è stabile nel tempo.

In Fig. 17 è rappresentato il WPI per la comunità di mammiferi presente nel Parco e qui rappresentata dalle 14 specie principali di mammiferi medio-grandi: cervo, daino, capriolo, cinghiale, lupo, tasso, istrice, lepre, volpe, procione, gatto selvatico, martora, puzzola e scoiattolo. Come è possibile vedere dalla figura, il WPI mostra un andamento molto stabile della comunità che si aggira intorno ad 1 (il WPI va da 0 a 2 ed è centrato su 1).

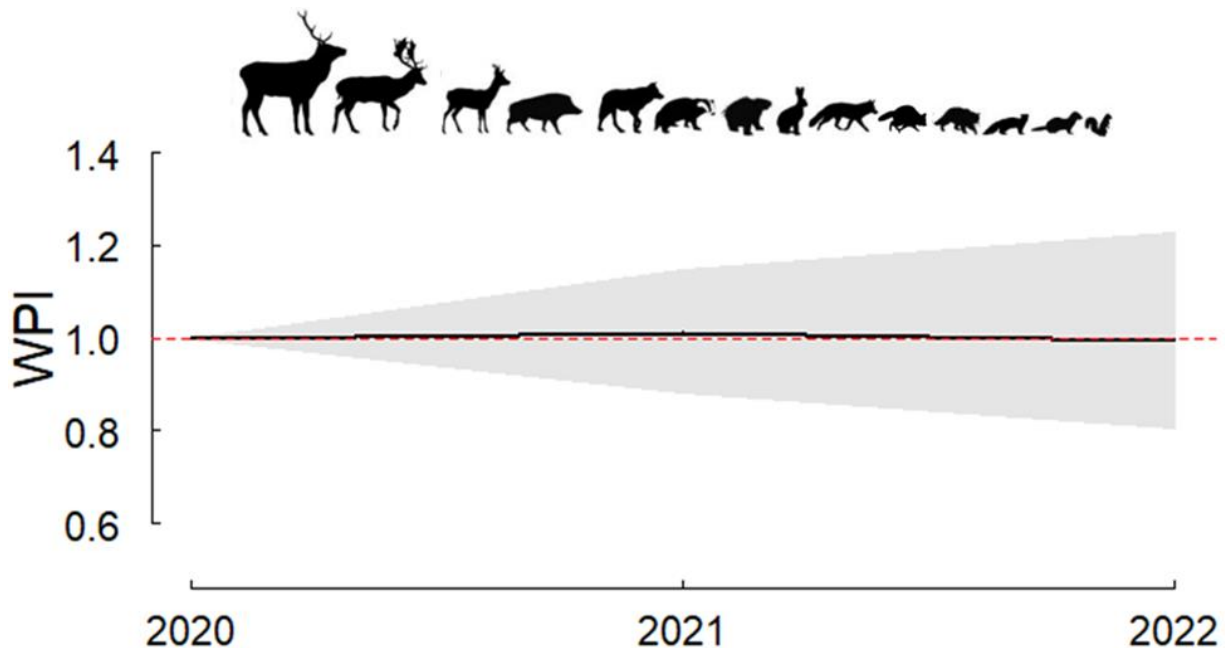


Fig. 17 Wildlife Picture Index delle 14 specie presenti nel Parco delle Foreste Casentinesi.

I grafici che seguono (figura 18 – 23), presentano invece i trend di occupancy dinamica specie-specifici di alcuni dei mammiferi selvatici di maggiore interesse gestionale/conservazionistico, in particolare: cervo, daino, cinghiale, capriolo, lupo e gatto selvatico. Si può notare come il cervo abbia un andamento decrescente, mentre cinghiale e lupo mostrano un'occupancy elevata e costante nei tre anni. Daino e capriolo, invece, hanno un'occupancy costante, ma relativamente bassa. Infine, il gatto selvatico sembra presenti un andamento crescente.

È da sottolineare, tuttavia, che tre anni sono troppo pochi per la stima di trend affidabili, ma comunque pensiamo questo approccio possa mostrare non solo dei trend indicativi ma anche le potenzialità di questo tipo di monitoraggio (consistente tra anni di campionamento) ripetuto a lungo termine.

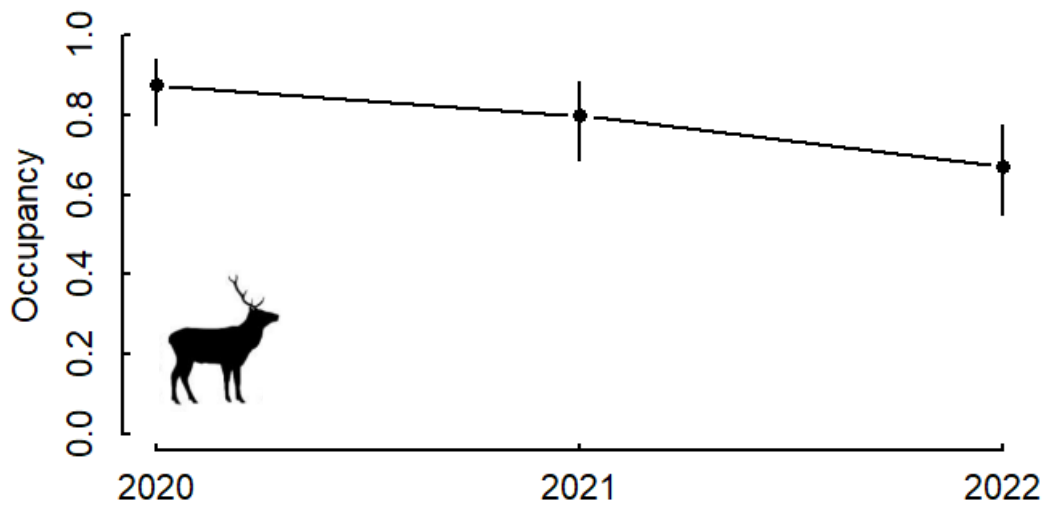


Fig. 18 trend di occupancy del cervo nei tre anni di campionamento.

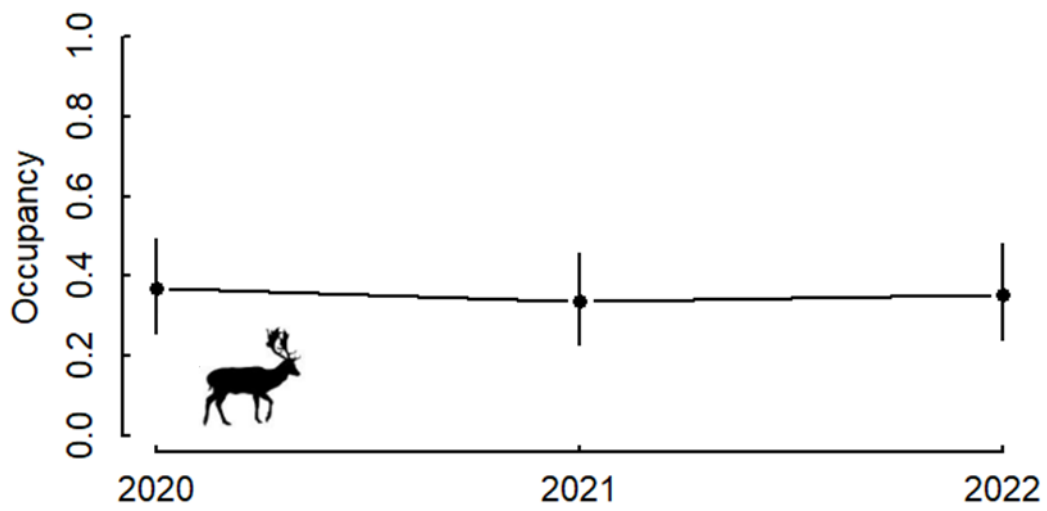


Fig. 19 trend di occupancy del daino nei tre anni di campionamento

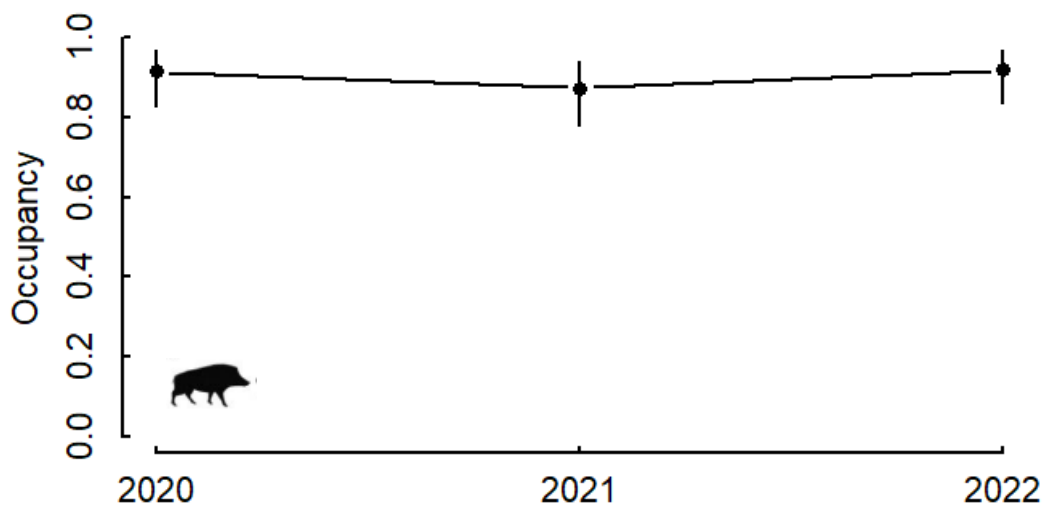


Fig. trend di occupancy del cinghiale nei tre anni di campionamento

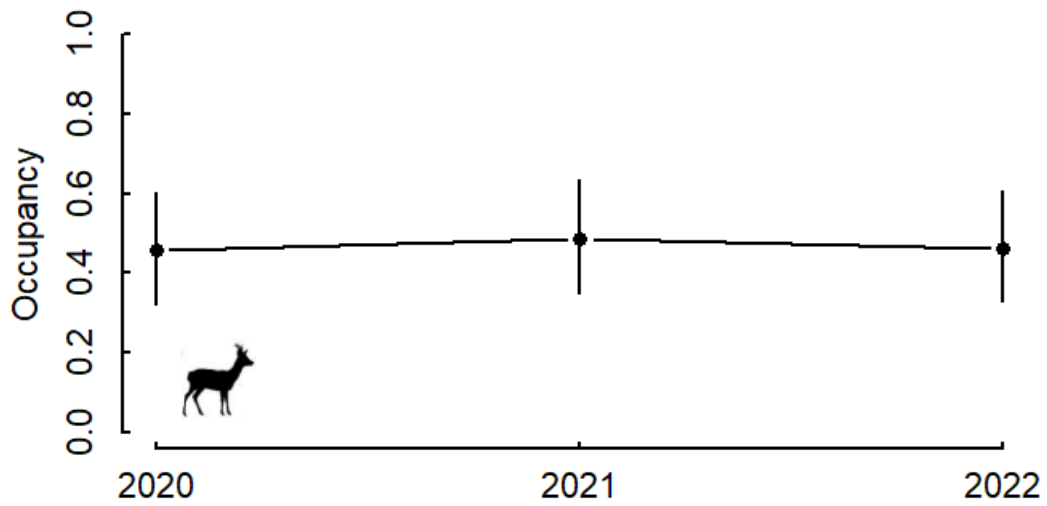


Fig. 21 trend di occupancy del capriolo nei tre anni di campionamento

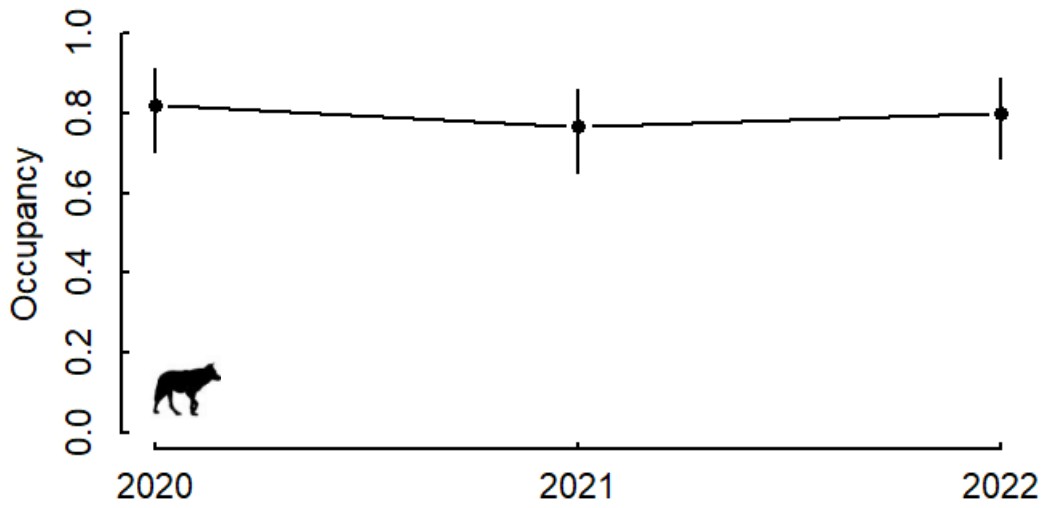


Fig. 22 trend di occupancy del lupo nei tre anni di campionamento



Fig. 22 trend di occupancy del gatto selvatico nei tre anni di campionamento



## 5. Sviluppi della piattaforma Wild.AI

Nel corso dell'anno, sono continuati gli sviluppi della piattaforma WILD.AI per il riconoscimento e la classificazione semi-automatica delle immagini da foto-trappolaggio, usando l'intelligenza artificiale. Tale piattaforma è in via di sviluppo grazie ad una collaborazione con il dipartimento di Ingegneria dell'Informazione (DINFO) dell'Università di Firenze, e in particolare con il Prof. Lorenzo Seidenari.

Gli sviluppi più sostanziali sono stati effettuati nella calibrazione automatica dello spazio partendo dall'uso dei pattern nel momento del settaggio della fototrappola (Fig. 23A) e dal conseguente calcolo del campo visivo (Fig. 23B). Sono al momento in fase di perfezionamento la stima degli angoli e delle distanze all'interno del campo visivo, che rappresentano parametri fondamentali per la stima della densità tramite l'uso di modelli REM (Random Encounter Model).



Fig. 23 Calibrazione automatica del pattern e calcolo del campo visivo da parte dell'intelligenza artificiale della piattaforma Wild.AI.

Inoltre, obiettivo di quest'anno sarà quello di ottimizzare il riconoscimento automatico delle specie, al netto della suddivisione in macrocategorie (i.e., Blank, Animals, Persons, Vehicles; Fig. 24). Per quanto riguarda la classificazione non-supervisionata delle specie, alcune specie vengono già classificate con una buona percentuale di successo, mentre si punta ad avere una precisione alta almeno sulle 10 specie più foto-trappolate.

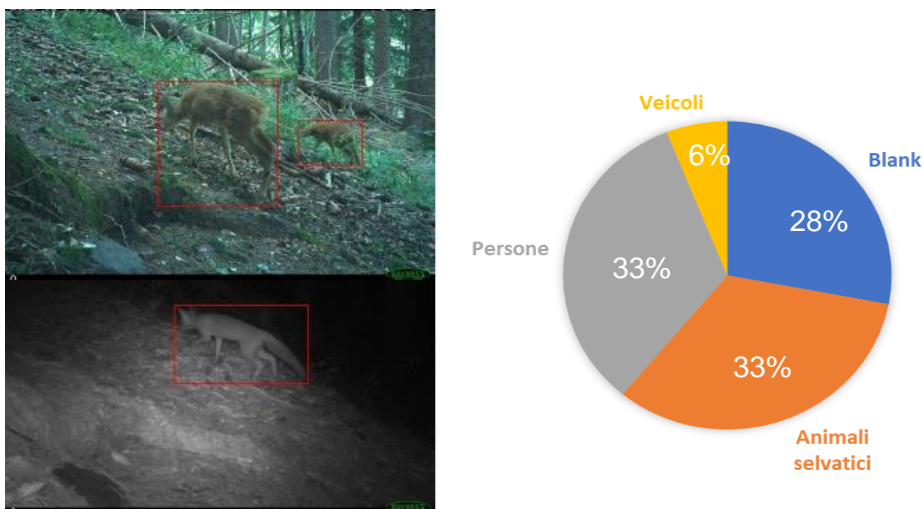


Fig. 24 A sinistra bounding box che riconosce la presenza di animali nello scatto e a destra divisione e percentuale di assegnazione delle 4 principali categoria.

## 6. Specifiche analisi in corso

### a. Tesi Magistrale: “Pattern spazio-temporali di lupo e gatto selvatico nel Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi tramite foto-trappolaggio sistematico” di Martina Miscioscia.

Nel corso del 2020, la tesista Magistrale in Scienze della Natura e dell’Uomo, Martina Miscioscia, ha partecipato – e contribuito a settare – al primo anno di raccolta dati con fototrappole e protocolli sistematici nel Parco. Per la sua tesi, Martina ha gestito una ricerca sulla distribuzione spaziale e ritmi di attività del lupo e del gatto selvatico: due specie di grande interesse sia gestionale (soprattutto nel caso del lupo) che conservazionistico (in particolare nel caso del gatto selvatico).

Gli obiettivi di questo studio sono stati:

- Valutare l’ecologia delle specie target in termini di distribuzione e probabilità di presenza (i.e., occupancy  $\psi$ ) e probabilità di rilevamento (i.e., detection  $p$ )
- Valutare se la distribuzione spaziale è associata a caratteristiche ambientali e/o se è influenzata dalla presenza dell’uomo nel Parco.
- Studiare i ritmi di attività delle specie target e valutare potenziali shift temporali in relazione ai picchi di presenza umana.

Per lo studio della distribuzione spaziale delle specie target sono stati usati modelli di occupancy singola-specie singola-stagione con un set di variabili sia ambientali che antropiche. Tabella 2 mostra le covariate utilizzate e l’associazione ipotizzata con la probabilità di presenza per ognuna delle due specie target.

*Tabella 2 Covariate selezionate per modellizzare la probabilità di rilevamento ( $p$ ) e probabilità di presenza ( $\psi$ ) e relative associazioni ipotizzate*

Covariate	Relazione ipotizzata	Specie per i cui modelli è stata utilizzata
<i>Covariate per la detection (<math>p</math>)</i>		
Modello di fototrappola	La differenza nelle caratteristiche tra i modelli, in particolare nell’angolo di rilevamento e nel ritardo di attivazione, può influenzare la probabilità di rilevamento specie-specifica. In particolare, un ampio angolo di rilevamento può essere più efficiente, soprattutto per le specie di piccole dimensioni; un basso ritardo di attivazione permette di catturare anche specie che passano molto velocemente davanti alla fototrappola.	Lupo, gatto selvatico
Tipo di tracciato	Possono essere preferiti i sentieri in quanto meno disturbati dal passaggio dei veicoli; al contrario, i sentieri possono essere evitati a causa dell’intenso passaggio di turisti. Inoltre, i grandi mammiferi possono preferire le strade, specialmente se sono notturni e con modelli di attività opposti a quelli delle persone.	Lupo, gatto selvatico
RAI persone e ciclisti	Il passaggio di persone e biciclette può ridurre il rilevamento degli animali.	Lupo, gatto selvatico
RAI veicoli a motore	Il passaggio di veicoli rumorosi può ridurre il rilevamento degli animali.	Lupo, gatto selvatico
<i>Covariate per l’occupancy (<math>\psi</math>)</i>		
Altitudine	Poiché l’altitudine riflette la variazione dell’habitat, si può ipotizzare che le specie possano preferire zone altitudinali specifiche.	Lupo, gatto selvatico
RAI persone e ciclisti	Le attività umane rumorose e disturbanti possono influenzare il comportamento degli animali e possono causare allontanamento e fuga.	Lupo, gatto selvatico
RAI veicoli a motore	Il passaggio rumoroso dei veicoli può causare l’evitamento di strade e aree circostanti.	Lupo, gatto selvatico
Distanza dai comuni	Le attività e la presenza di grossi insediamenti umani possono arrecare disturbo e influenzare il comportamento della specie.	Lupo, gatto selvatico
Distanza dal confine del Parco	Le zone di confine del Parco sono quelle dove talvolta possono essere presenti fattori di disturbo come passaggio di cacciatori o fungaioli; sono inoltre zone più vicine ad aree non più soggette a tutela.	Lupo, gatto selvatico
RAI cinghiali	La presenza massiccia del cinghiale può causare un disturbo e influenzare la presenza del gatto selvatico	Gatto selvatico

Per quanto riguarda la distribuzione spaziale del lupo, sono stati testati diversi modelli, di cui in Tabella 3 è riportata una selezione che include quelli maggiormente supportati ( $\Delta AIC < 2$ ). Questi modelli avevano come variabile principale per la detection la tipologia di tracciato, mentre le variabili più rilevanti per l'occupancy sono state: altitudine, distanza dal confine, distanza dagli insediamenti e abbondanza relativa dei veicoli.

Tabella 3 Elenco dei modelli testati per stimare la probabilità di presenza del lupo

MODELLI		nPars	AIC	$\Delta AIC$	AICwt
p(tracciato)	$\Psi$ (altitudine+confine)	5	1164.39	0.00	1.3e-01
p(tracciato)	$\Psi$ (confine)	4	1164.44	0.05	1.2e-01
p(tracciato)	$\Psi$ (altitudine)	4	1165.34	0.96	7.8e-02
p(tracciato)	$\Psi$ (RAI veicoli+confine)	5	1166.11	1.72	5.3e-02
p(tracciato)	$\Psi$ (altitudine+RAI veicoli+confine)	6	1166.12	1.74	5.3e-02
p(tracciato)	$\Psi$ (altitudine+confine+comuni)	6	1166.31	1.92	4.8e-02
p(tracciato)	$\Psi$ (comuni+confine)	5	1166.33	1.94	4.7e-02
p(tracciato)	$\Psi$ (altitudine+RAI.trekking+confine)	6	1166.37	1.98	4.7e-02
p(tracciato)	$\Psi$ (RAI.veicoli+RAI.trekking+comuni)	6	1171.06	6.67	4.5e-03
p0	$\Psi$	2	1214.55	50.16	1.6e-12

Abbiamo stimato che la probabilità di rilevare questa specie cambiava significativamente tra sentiero e strade forestali, con una probabilità di fotografare il lupo che è più alta su strade forestali (Tabella 4, Fig. 25). Al contrario, benché ognuna delle variabili sopracitate avesse un ruolo nella distribuzione spaziale del lupo, nessuna sembrava influenzarla significativamente (Tabella 4). Nonostante ciò, abbiamo stimato una tendenza di aumento della probabilità di presenza sia a quote maggiori che nelle parti più interne del parco (Tabella 4, Fig. 26).

Tabella 4 stime dei parametri testati per occupancy e detection del lupo.

PARAMETRI	STIME	SE	Z	P(> z )
p Tracciato (sentiero)	-0.86	0.17	5.12	<0.001
$\psi$ Altitudine	0.74	0.50	1.48	0.14
$\psi$ Distanza dal confine del Parco	1.21	0.84	1.43	0.15
$\psi$ RAI veicoli	-0.24	0.42	0.56	0.58
$\psi$ Distanza dai grossi comuni	0.17	0.55	0.31	0.76
$\psi$ RAI trekking	0.08	0.53	0.15	0.88

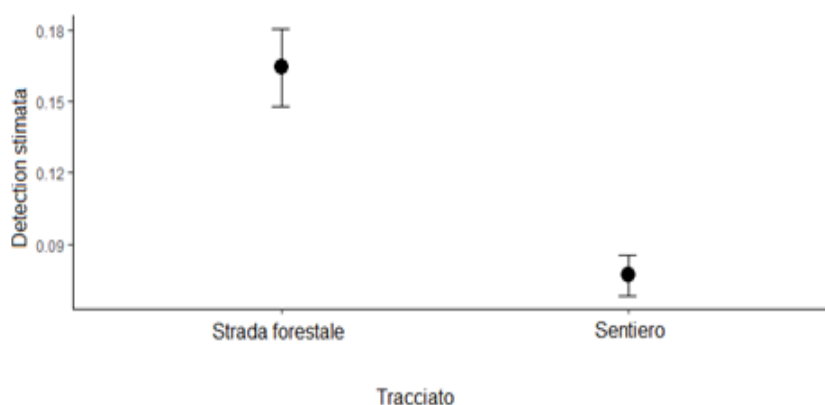


Fig. 25 Probabilità di detection del lupo in relazione al tipo di tracciato (i.e., strade forestali vs sentiero) in cui sono state piazzate le fototrappole



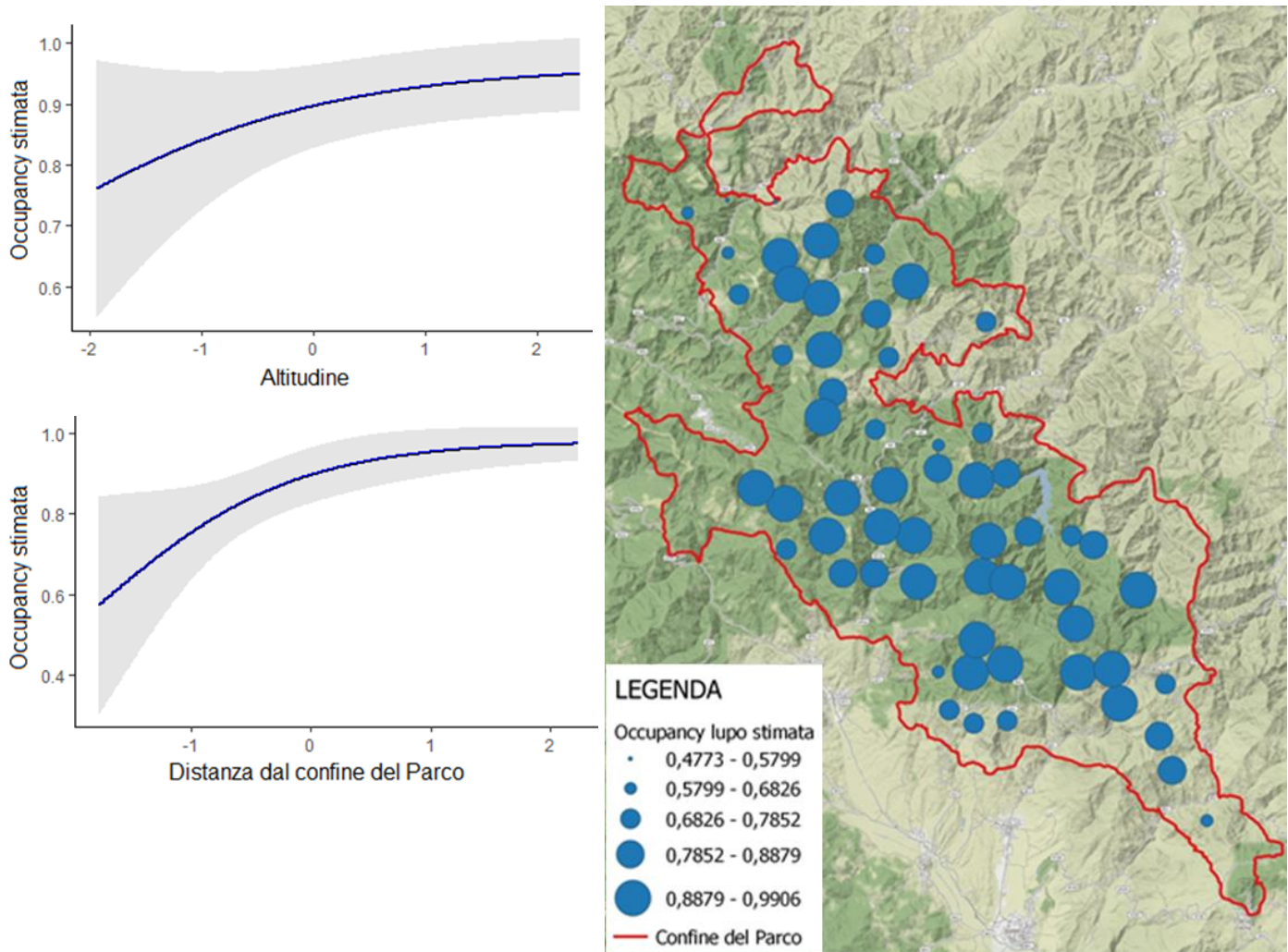


Fig. 26 Probabilità di presenza del lupo in relazione all'altitudine (in alto a sinistra) e alla distanza dal confine del parco (in basso a sinistra). A destra è rappresentata l'occupancy sito-specifica della specie.

Per quanto riguarda la distribuzione spaziale del gatto selvatico, solo due modelli sono risultati significativamente supportati (Tabella 5) e questi avevano sia il tracciato che l'abbondanza relativa dei veicoli come variabili più importanti per la detection. Per l'occupancy, invece, le variabili più influenti sono: altitudine, distanza dal confine del parco, distanza dagli insediamenti e abbondanza relativa di persone e cinghiali.

Tabella 5 Elenco dei modelli testati per stimare la probabilità di presenza del gatto selvatico

MODELLI		nPars	AIC	$\Delta$ AIC	AICwt
p(tracciato+RAI veicoli)	$\Psi$ (altitudine+RAI trekking+RAI cinghiali)	7	300.01	0.00	0.26
p(tracciato+RAI veicoli)	$\Psi$ (comuni+confine)	6	301.54	1.53	0.12
p(tracciato+RAI veicoli)	$\Psi$ (1)	4	303.43	3.42	0.04
p(tracciato+RAI veicoli)	$\Psi$ (altitudine+RAI trekking+confine)	7	303.43	3.42	0.05
p(tracciato+RAI veicoli)	$\Psi$ (RAI trekking+RAI cinghiali)	6	303.55	3.54	0.04



Di queste variabili, abbiamo stimato che c'è una probabilità più elevata di fotografare il gatto selvatico sia lungo strade forestali rispetto ai sentieri, che a tassi di passaggio di veicoli minori (Tabella 6, Fig. 27). Inoltre, abbiamo stimato che la probabilità di presenza del gatto selvatico diminuiva a distanze maggiori dai centri abitati, ma aumentava allontanandosi dal confine del parco (Tabella 6, Fig. 28). Infine, Fig. 29 mostra la mappa con l'occupancy sito-specifica stimata per il gatto.

Tabella 6 stime dei parametri testati per occupancy e detection del gatto selvatico

PARAMETRI	STIME	SE	Z	P(> z )
p RAI veicoli	-0.43	0.23	1.83	0.06
p Tracciato (sentiero)	-0.78	0.43	1.80	0.07
$\psi$ Distanza dai grossi comuni	-1.18	0.59	2.01	<0.05
$\psi$ Distanza dal confine del Parco	0.98	0.55	1.78	0.08
$\psi$ RAI cinghiali	11.6092	11.18	1.04	0.30
$\psi$ RAI trekking	92.05	92.82	0.30	0.32
$\psi$ Altitudine	-31.50	32.54	0.97	0.33

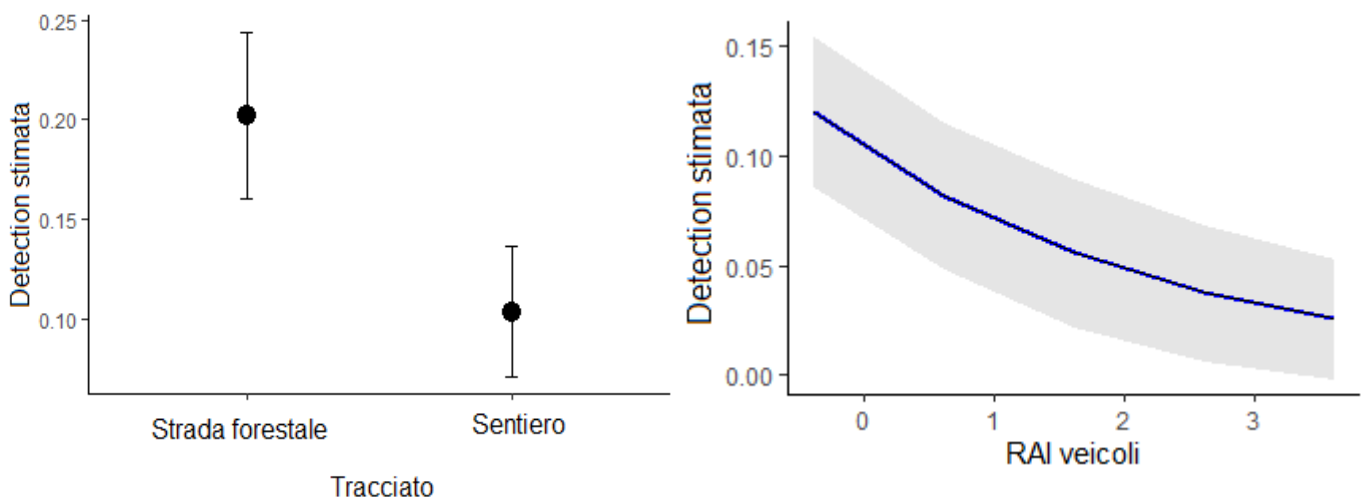


Fig. 27 Probabilità di detection del gatto selvatico in relazione al tipo di tracciato (i.e., strade forestali vs sentiero) in cui sono state piazzate le fototrappole (a sinistra) e in relazione all'intensità di passaggio dei veicoli (a destra).

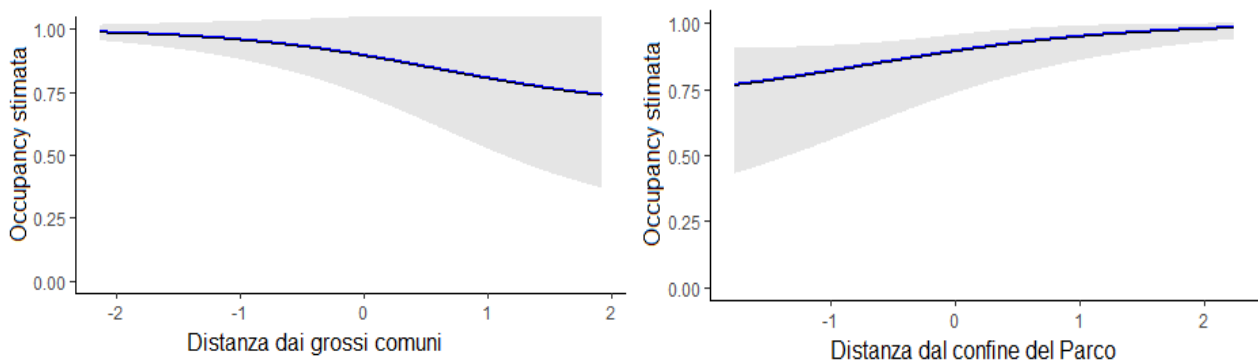


Fig. 28 Probabilità di presenza del gatto selvatico in relazione alla distanza dagli insediamenti (a sinistra) e in relazione alla distanza dai confini del parco (a destra).

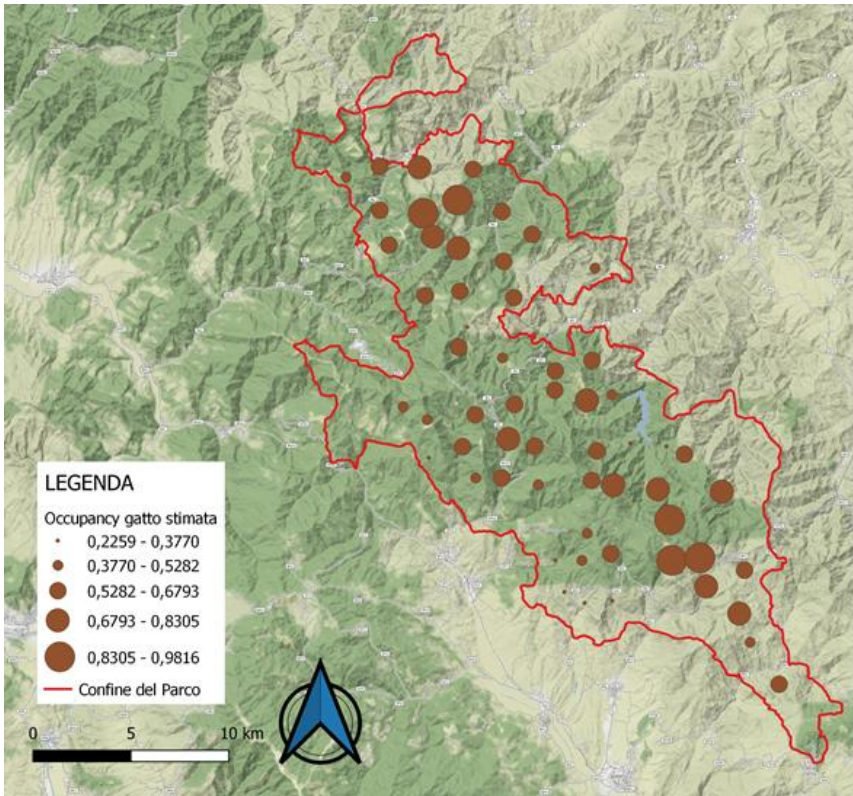


Fig. 29 Occuancy sito-specifica del gatto selvatico

Per quanto riguarda l'attività temporale, abbiamo osservato che sia il lupo che il gatto selvatico sono prettamente notturni, con presenze anche nelle ore crepuscolari del tramonto, a differenza dell'uomo che è attivo nel parco primariamente durante il giorno, e in particolare dalle 8 alle 16 (Fig. 30). Di conseguenza, si è stimata una sovrapposizione temporale tra lupo e uomo del 21%, mentre tra gatto e uomo la sovrapposizione temporale era del 14% (Fig. 30).

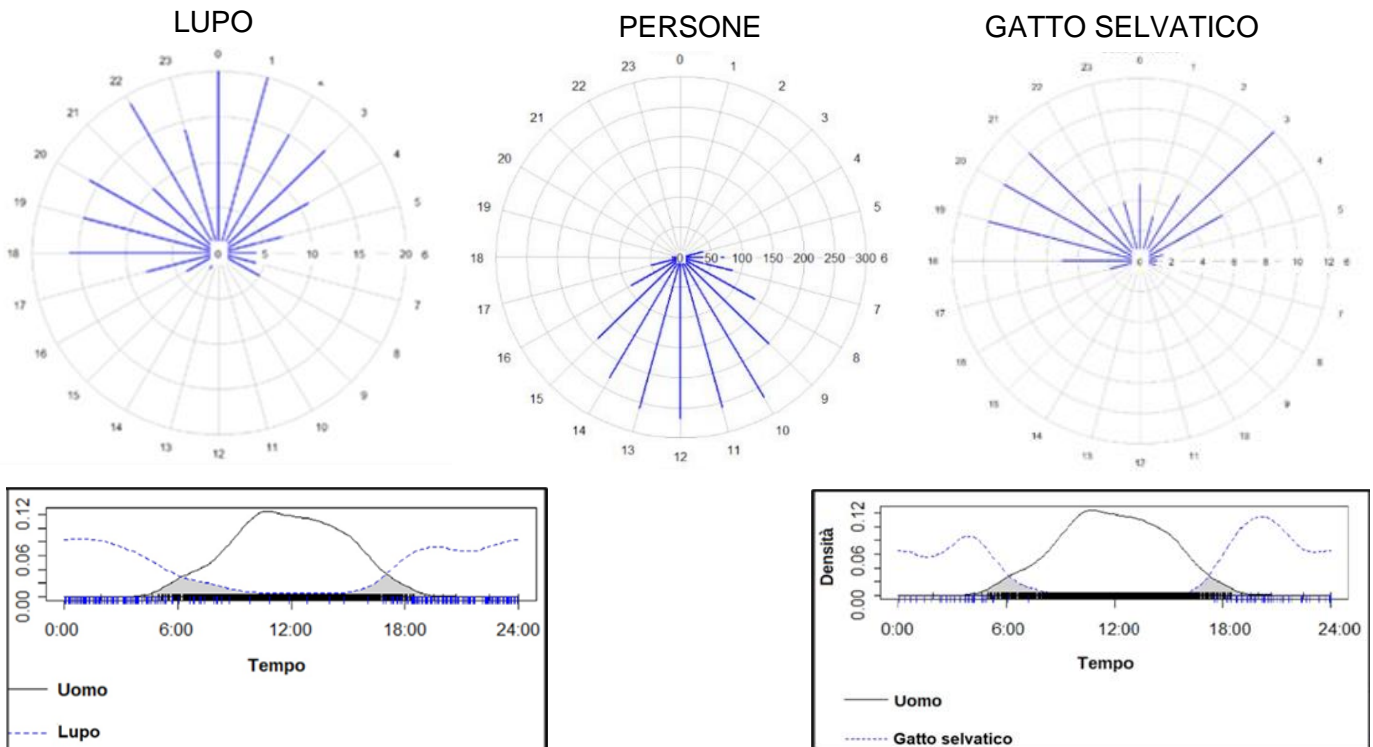


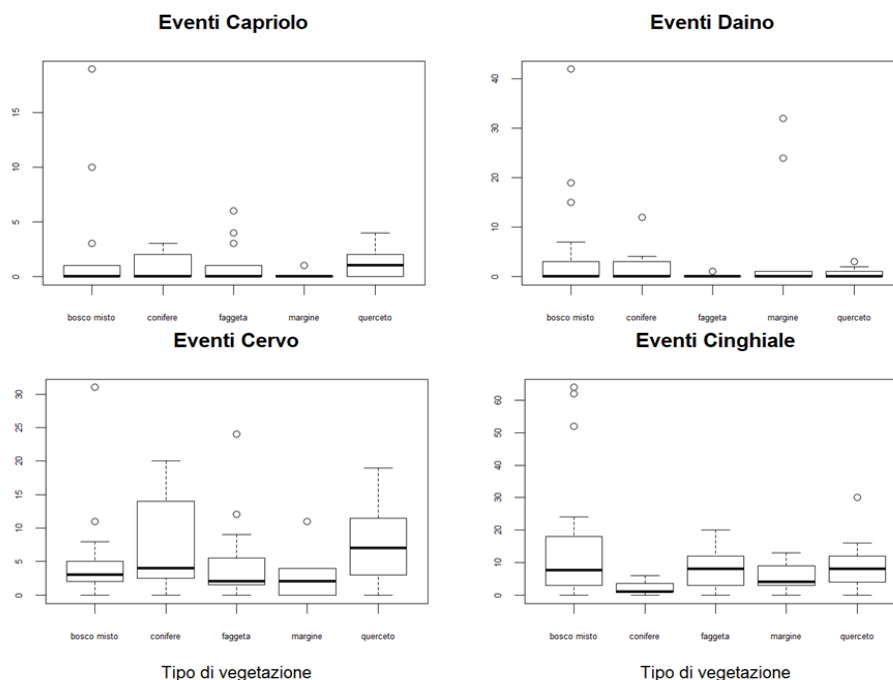
Fig. 30 attività temporale e overlap del lupo, gatto selvatico e uomo.

**b. Tesi Magistrale: “Distribuzione e associazione dell’habitat degli ungulati nelle Foreste Casentinesi da foto-trappolaggio sistematico” di Matilde Marconi.**

Nel corso del 2022, la tesista Magistrale in Biologia dell’Ambiente e del Comportamento presso l’Università di Firenze, Matilde Marconi, ha gestito una ricerca focalizzata sulla distribuzione dei 4 ungulati principali presenti nel parco: cervo, cinghiale, capriolo e daino, studiando anche le loro preferenze ambientali, mettendo in relazione i dati di foto-trappolaggio con i dati dei rilievi della vegetazione. Matilde ha infatti partecipato al lavoro di campo sia nel 2021 che nel 2022 settando e ritirando foto-trappole, e ha seguito i rilievi della vegetazione nell’estate del 2022.

Gli obiettivi di questo studio sono stati:

- Determinazione dell’occupancy e della contattabilità delle quattro specie considerando pattern specie-specifici di associazione dell’habitat e di risposta a variabili sia ambientali che antropogeniche.
- Valutazione della co-occorrenza come indicazione di potenziale interazione interspecifica tra i vari ungulati e anche tra gli ungulati e la presenza del lupo, in quanto predatore principale del parco.
- Calcolo dell’attività temporale delle quattro specie di ungulati in relazione alla presenza dell’uomo (confrontando siti con maggiore o minor disturbo antropico), per determinare se la presenza dell’uomo causa o meno una partizione temporale.
- Confronto per ogni specie (sia ungulati che lupo) l’attività temporale su sentieri e strade forestali, per determinare se le due tipologie di tracciato siano frequentate con pattern temporali diversi.



*Fig. 31 Numero di eventi indipendenti per i quattro ungulati presenti nel Parco (i.e., capriolo, daino, cervo e cinghiale) in relazione alle 5 tipologie vegetazionali (i.e., bosco misto, conifere, faggeta, vegetazione di margine e querceto).*

Dei quattro ungulati, cervi e cinghiali sono le specie con il più alto numero di eventi indipendenti. Per quanto riguarda la ripartizione del numero di eventi nelle varie tipologie della vegetazione (Fig. 31) abbiamo trovato che i caprioli e i cervi sono stati foto-trappolati principalmente nel querceto, anche

se i cervi sono presenti anche nelle altre tipologie ambientali, specialmente nelle zone di conifere. Al contrario, i daini hanno un numero di eventi relativamente basso in ogni tipologia vegetazionale, ma con presenze più alte nelle zone di bosco misto e conifere, mentre i cinghiali avevano presenze minori nelle conifere e alti tassi di presenza nei boschi misti, faggeta e querceto.

Per quanto riguarda lo studio della distribuzione spaziale degli ungulati, abbiamo usato dei modelli specie-specifici di occupancy per singola stagione di campionamento. Per questi modelli, stimati per ogni specie di ungulato, abbiamo usato un set di covariate, quali: distanza dal confine del parco, distanza dagli insediamenti, altitudine, esposizione, pendenza, copertura arborea, copertura erbacea, ricchezza di specie vegetali, indice di Shannon, abbondanza relativa (RAI) del lupo, RAI dell'uomo, RAI dei veicoli, RAI del cervo, RAI del capriolo, RAI del cinghiale e RAI del daino.

In Tabella 7 sono riportati i modelli di occupancy specie-specifici maggiormente supportati, ovvero quelli con  $\Delta < 2$ . Per ogni specie, è stata quindi stimata l'occupancy e la contattabilità media per l'intera area di studio, e sono state stimate le predizioni di probabilità di presenza grazie all'uso del modello medio derivante dalla media dei modelli statisticamente supportati. Quindi, per il capriolo abbiamo stimato un'occupancy media del 57% e una probabilità di osservare la specie del 9%. Per il Cervo, la probabilità di presenza era dell'81% e la contattabilità del 26%. Per il cinghiale abbiamo stimato una probabilità di presenza dell'88% e di contattabilità del 34%. Infine, per il daino abbiamo stimato un'occupancy del 31% e una contattabilità del 28% (Tabella 8).

Tabella 7 Per ogni specie di ungulato, la tabella presenta la lista dei modelli maggiormente supportati ( $\Delta < 2$ ).

Specie	Modelli	AIC	delta
<b>CAPRIOLO</b>	$p(\text{RAI daino}) \sim \psi(\text{insediamenti})$	390.26	0
	$p(\text{RAI daino} + \text{copertura arborea}) \sim \psi(\text{insediamenti})$	391.17	0.27
<b>CERVO</b>	$p(\text{RAI lupo} + \text{dist. confine}) \sim \psi(\text{insediamenti} + \text{RAI uomo} + \text{RAI veicoli} + \text{dist. confine})$	1028.43	0
	$p(\text{RAI capriolo} + \text{RAI lupo} + \text{dist. confine}) \sim \psi(\text{insediamenti} + \text{RAI uomo} + \text{RAI veicoli} + \text{dist. confine})$	1029.96	1.53
	$p(\text{RAI cinghiale} + \text{RAI lupo}) \sim \psi(\text{insediamenti} + \text{RAI uomo} + \text{RAI veicoli} + \text{dist. confine})$	1030.1	1.67
	$p(\text{RAI capriolo} + \text{RAI lupo} + \text{dist. confine}) \sim \psi(\text{insediamenti} + \text{RAI uomo} + \text{RAI veicoli} + \text{dist. confine})$	1030.18	1.75
<b>CINGHIALE</b>	$p(\text{RAI uomo}) \sim \psi(\text{RAI uomo} + \text{RAI veicoli} + \text{dist. confine} + \text{sentieri})$	1257.11	0
	$p(\text{RAI uomo}) \sim \psi(\text{RAI uomo} + \text{RAI veicoli} + \text{sentieri})$	1257.92	0.82
<b>CAPRIOLO</b>	$p(\text{RAI lupo} + \text{confine} + \text{RAI cinghiale} + \text{RAI capriolo}) \sim \psi(\text{sentieri} + \text{dist. insediamenti} + \text{dist. confine} + \text{RAI uomo})$	433.57	0
	$p(\text{RAI capriolo}) \sim \psi(\text{sentieri} + \text{dist. insediamenti} + \text{dist. confine} + \text{RAI uomo})$	434.72	1.15
	$p(\text{dist. confine} + \text{RAI capriolo} + \text{RAI cinghiale} + \text{RAI veicoli}) \sim \psi(\text{sentieri} + \text{dist. insediamenti} + \text{dist. confine} + \text{RAI uomo})$	434.78	1.2
	$p(\text{RAI cinghiale} + \text{RAI capriolo} + \text{RAI veicoli}) \sim \psi(\text{sentieri} + \text{dist. insediamenti} + \text{dist. confine} + \text{RAI uomo})$	434.85	1.28
	$p(\text{RAI uomo} + \text{dist. confine} + \text{RAI cinghiale} + \text{RAI caprioli} + \text{RAI veicoli}) \sim \psi(\text{sentieri} + \text{dist. insediamenti} + \text{dist. confine} + \text{RAI uomo})$	435.55	1.98

Inoltre, a differenza del cinghiale per il quale abbiamo stimato una probabilità di presenza che diminuiva significativamente all'aumentare dell'abbondanza relativa dell'uomo (Fig. 32), per le altre tre specie esaminate non abbiamo trovato variazioni significative di occupancy (Tabella 8). Al contrario, ogni specie presentava una contattabilità, quindi probabilità di osservare la specie, che variava significativamente a seconda di variabili specifiche: per il capriolo (Fig. 33), cervo (Fig. 34) e daino (Fig. 35) diminuiva significativamente all'aumentare della distanza dagli insediamenti, per il cervo inoltre diminuiva all'aumentare dell'abbondanza relativa dell'uomo e dei lupi, mentre aumentava con l'aumentare del tasso di presenza dei veicoli. Per il cinghiale, diminuiva significativamente all'aumentare della presenza umana e dei veicoli, e aumentava sulle strade

forestali rispetto che ai sentieri. Per il daino, la probabilità di osservare l'animale aumentava su strade forestali e diminuiva con una maggiore presenza di persone. In Fig. 36 sono riportate a livello spaziale sito-specifico le predizioni di occupancy.

*Tabella 8 Rappresenta la stima di occupancy e di detection media per ogni specie nell'area di studio. Inoltre, per ogni specie, vengono riportate le stime dei parametri derivanti dai modelli medi di occupancy.*

<i>Specie</i>	<i>Stima</i>	<i>Std. Error</i>	<i>z value</i>	<i>pr(&gt; z )</i>
<b><math>\Psi=0.57(0.12)</math></b>				
<b><math>p=0.09(0.01)</math></b>				
<b>CAPRIOLO</b>				
$\Psi(\text{RAI daino})$	-2.20	1.65	1.33	0.18
$p(\text{insediamenti})$	-0.98	0.20	4.99	<0.001***
$\Psi(\text{copertura arborea})$	0.19	0.41	0.47	0.64
<b><math>\Psi=0.81(0.09)</math></b>				
<b><math>p=0.26(0.03)</math></b>				
<b>CERVO</b>				
$\Psi(\text{RAI lupo})$	-0.66	0.34	1.92	0.054 .
$\Psi(\text{confine})$	0.46	0.49	0.94	0.35
$p(\text{insediamenti})$	-0.27	0.09	3.04	0.002 **
$p(\text{RAI uomo})$	-0.31	0.10	2.95	0.003**
$p(\text{RAI veicoli})$	0.30	0.10	3.12	0.001**
$p(\text{confine})$	-0.15	0.09	1.61	0.11
$\Psi(\text{RAI cinghiale})$	0.08	0.31	0.27	0.79
$\Psi(\text{RAI capriolo})$	-0.04	0.15	0.24	0.81
<b><math>\Psi=0.88(0.05)</math></b>				
<b><math>p=0.34(0.03)</math></b>				
<b>CINGHIALE</b>				
$\Psi(\text{RAI uomo})$	-0.83	0.39	2.15	0.03*
$p(\text{RAI uomo})$	0.01	0.09	0.12	0.90
$p(\text{RAI veicoli})$	-0.25	0.11	2.37	0.017*
$p(\text{confine})$	-0.07	0.09	0.80	0.42
$p(\text{Strada forestale})$	0.51	0.17	2.96	0.003**
<b><math>\Psi=0.31(0.12)</math></b>				
<b><math>p=0.28(0.05)</math></b>				
<b>DAINO</b>				
$\Psi(\text{RAI capriolo})$	-1.60	0.98	1.62	0.10
$p(\text{Strada forestale})$	1.17	0.36	3.28	0.001**
$p(\text{insediamenti})$	-0.53	0.19	2.82	0.004**
$p(\text{confine})$	0.32	0.22	1.44	0.15
$p(\text{RAI uomo})$	-0.74	0.27	2.78	0.005*
$\Psi(\text{RAI lupo})$	-0.10	0.24	0.42	0.68
$\Psi(\text{confine})$	0.20	0.32	0.62	0.53
$\Psi(\text{RAI cinghiale})$	0.38	0.43	0.88	0.38
$\Psi(\text{RAI veicoli})$	0.01	0.18	0.03	0.98



### CINGHIALE – PREDIZIONI CONTATTABILITA' E OCCUPANCY

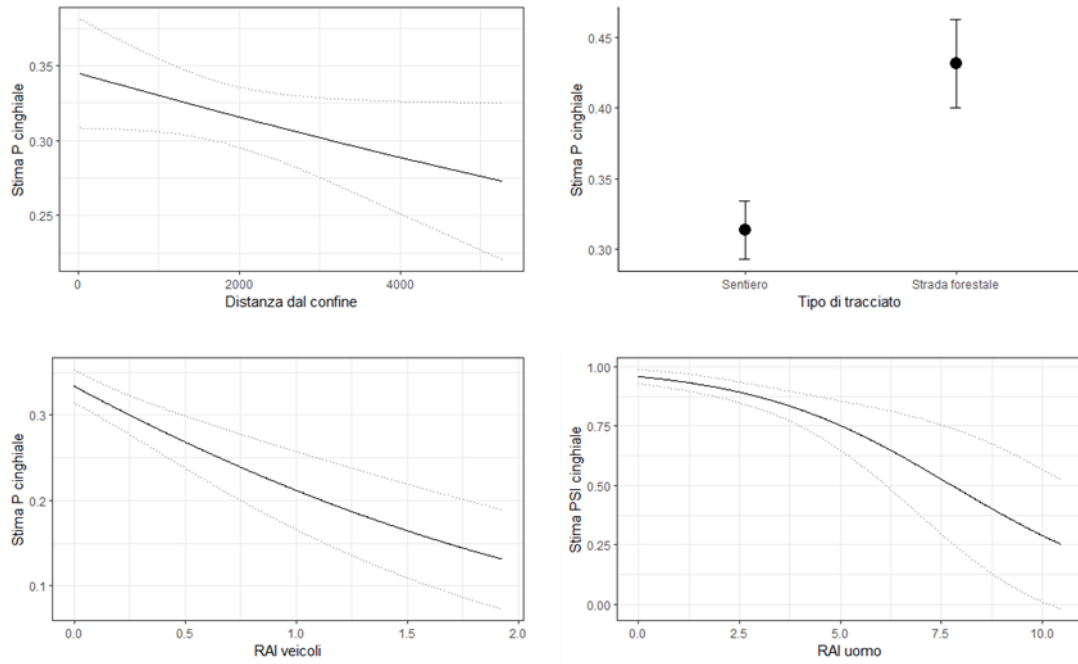


Fig. 32 Stima e variazione di occupancy e detection del cinghiale

### CAPRIOLO – PREDIZIONI CONTATTABILITA' E OCCUPANCY

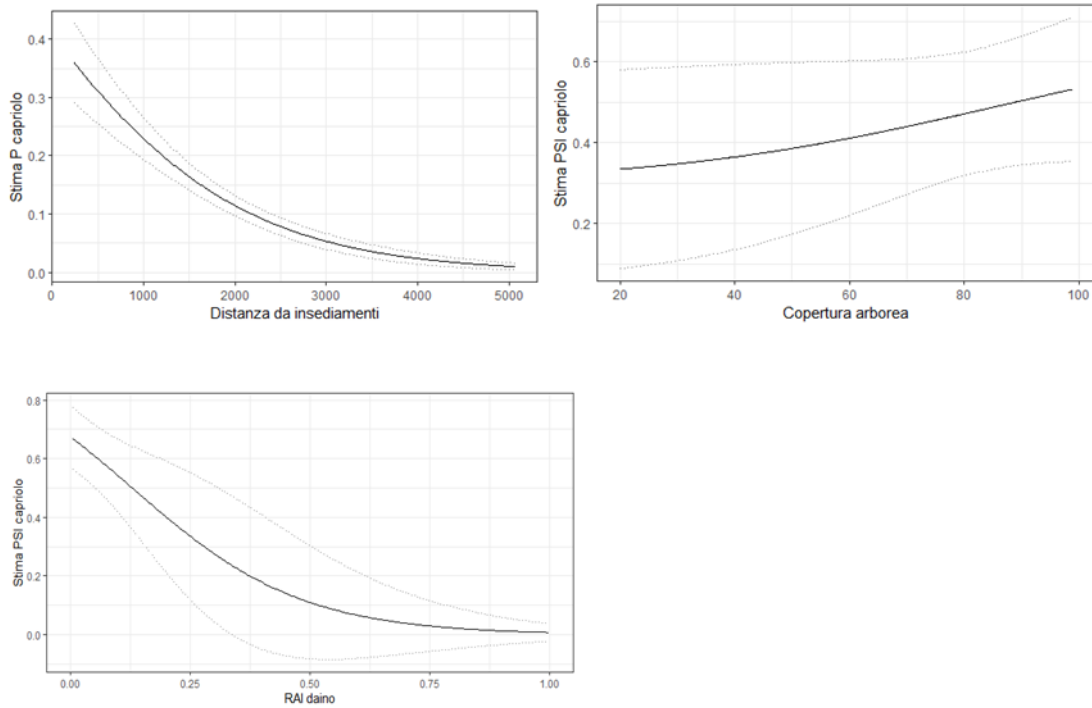


Fig. 33 Stima e variazione di occupancy e detection del capriolo

### CERVO – PREDIZIONI CONTATTABILITA' E OCCUPANCY

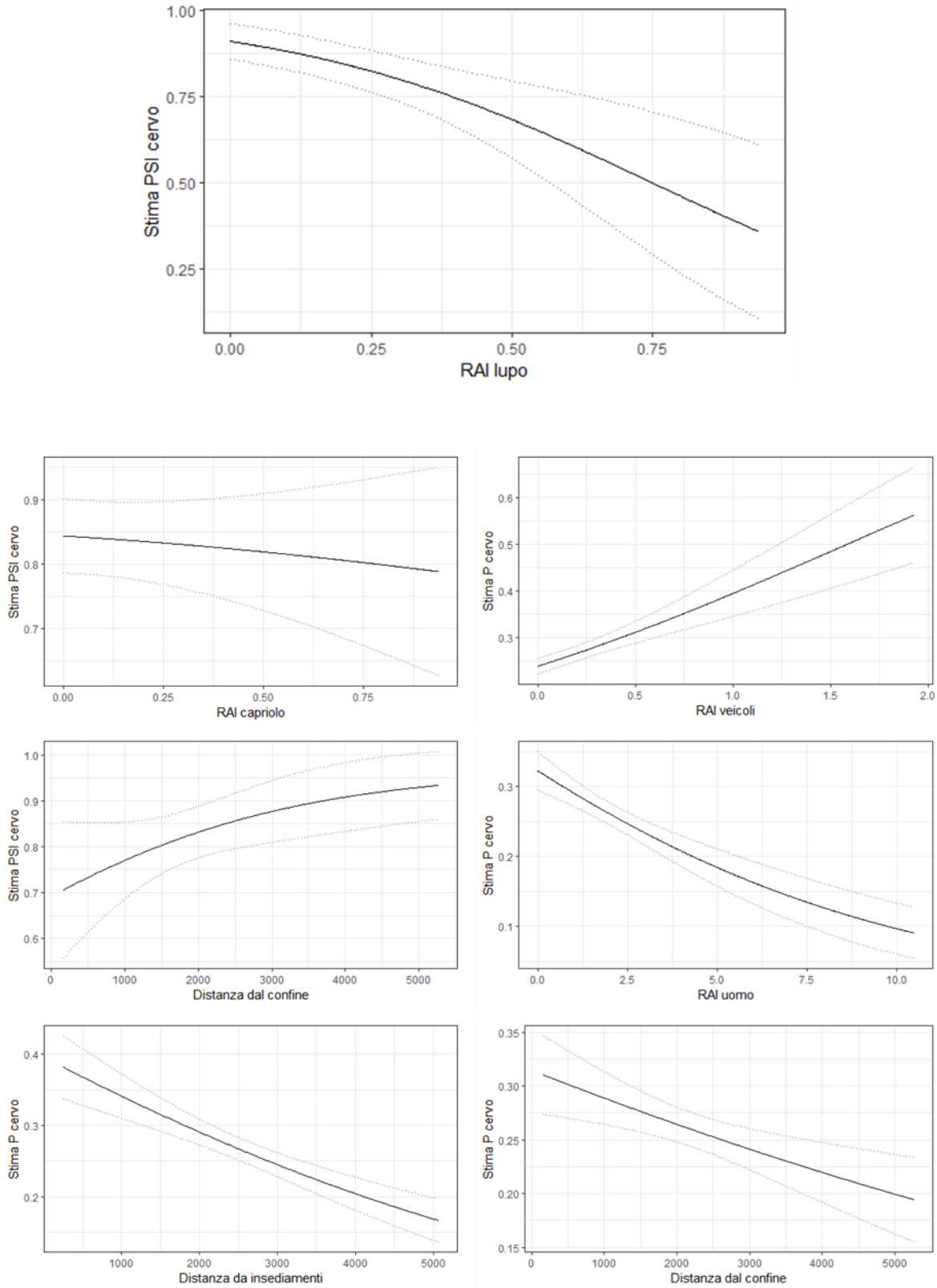


Fig. 34 Stima e variazione di occupancy e detection del cervo

### DAINO – PREDIZIONI CONTATTABILITA' E OCCUPANCY

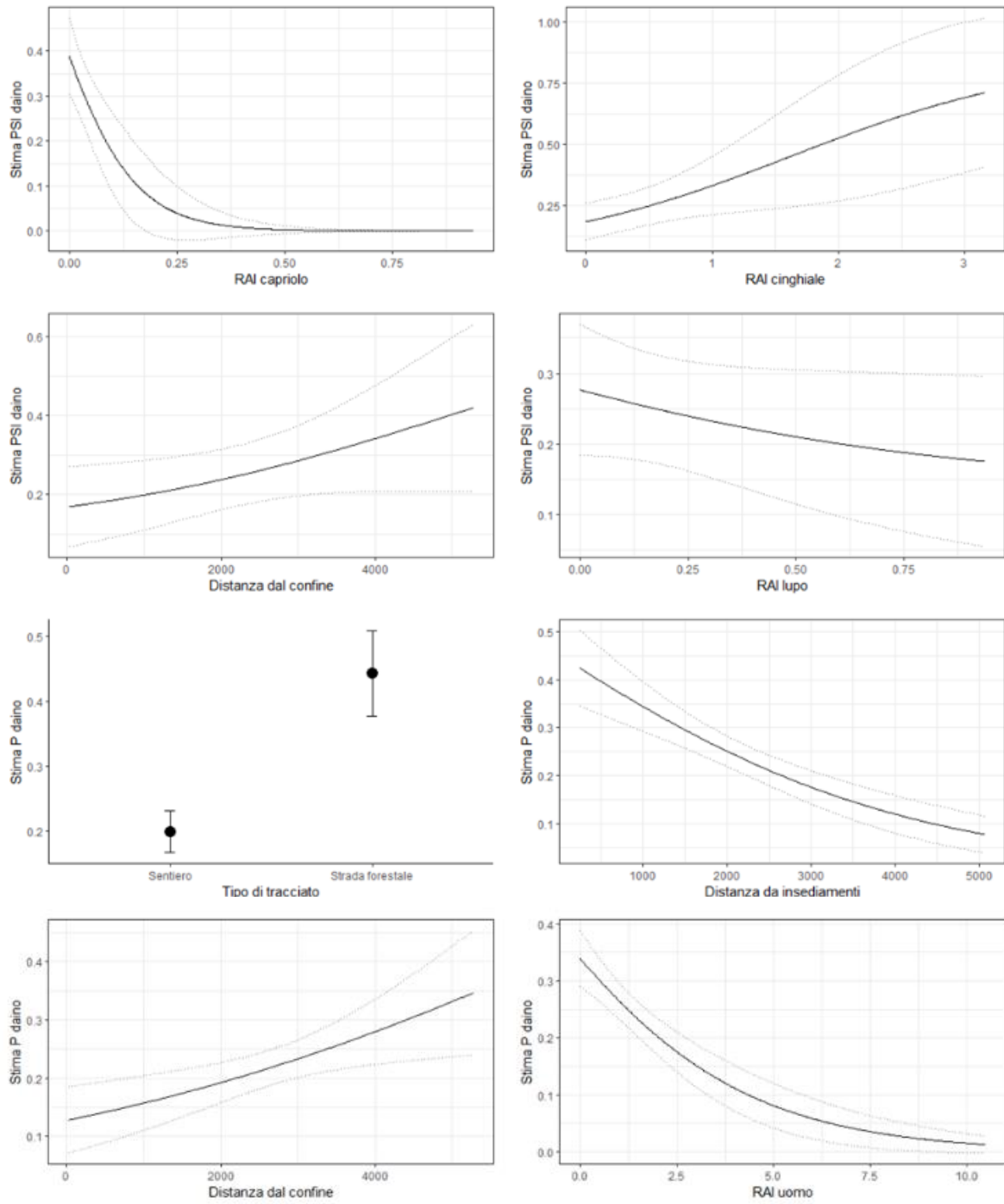


Fig. 35 Stima e variazione di occupancy e detection del daino

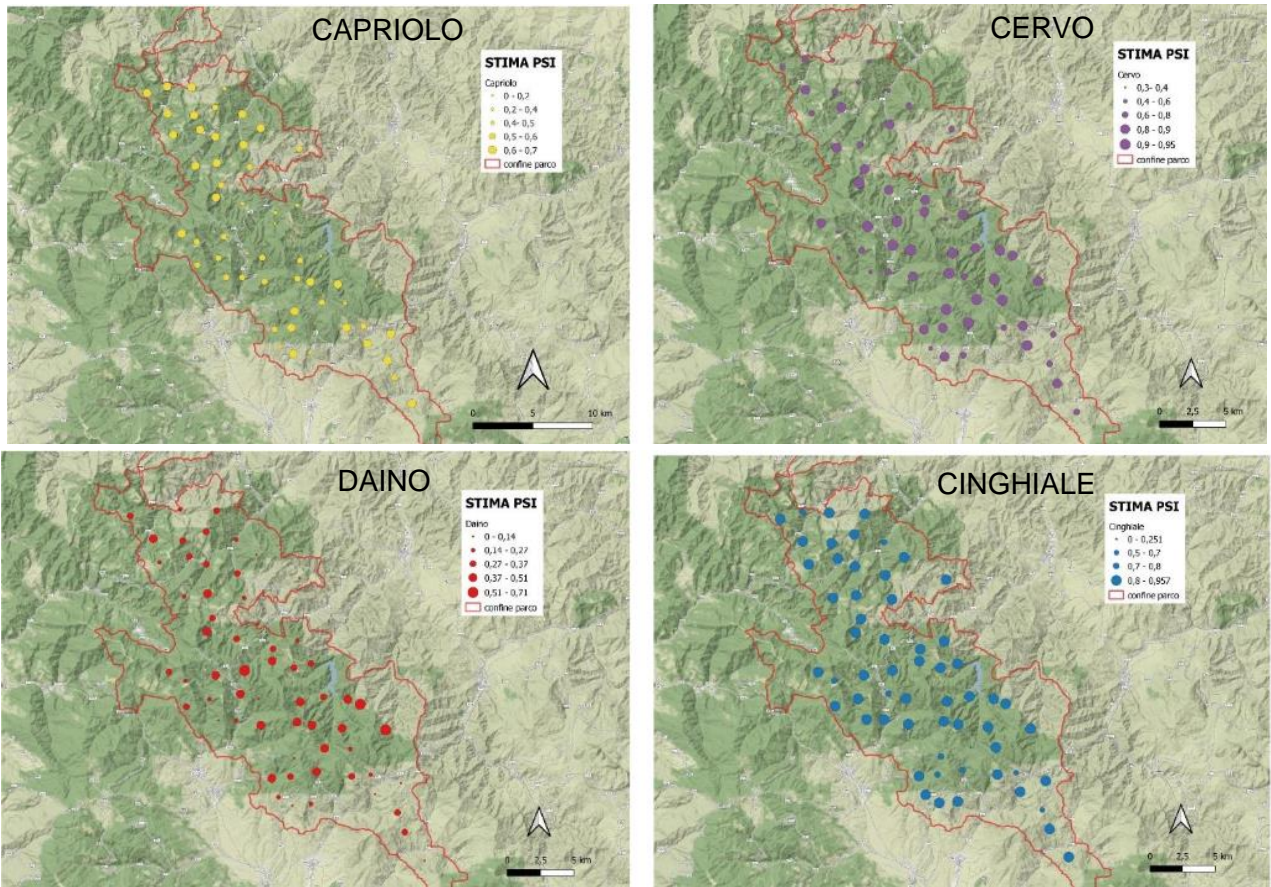


Fig. 36 Distribuzione spaziale della probabilità di presenza stimata sito-specifica per ogni ungulato presente nel Parco.

In aggiunta ai modelli di singola specie, abbiamo anche effettuato dei modelli di co-occorrenza (o di interazione) per coppie di specie, sia presupponendo l'interazione tra ogni ungulato in relazione alla presenza del lupo e modelli in cui non si presupponeva l'interazione. Tra questi, l'unico caso in cui l'ipotesi di interazione è risultata supportata tra cervo e lupo, con una co-occorrenza negativa (Fig. 37).

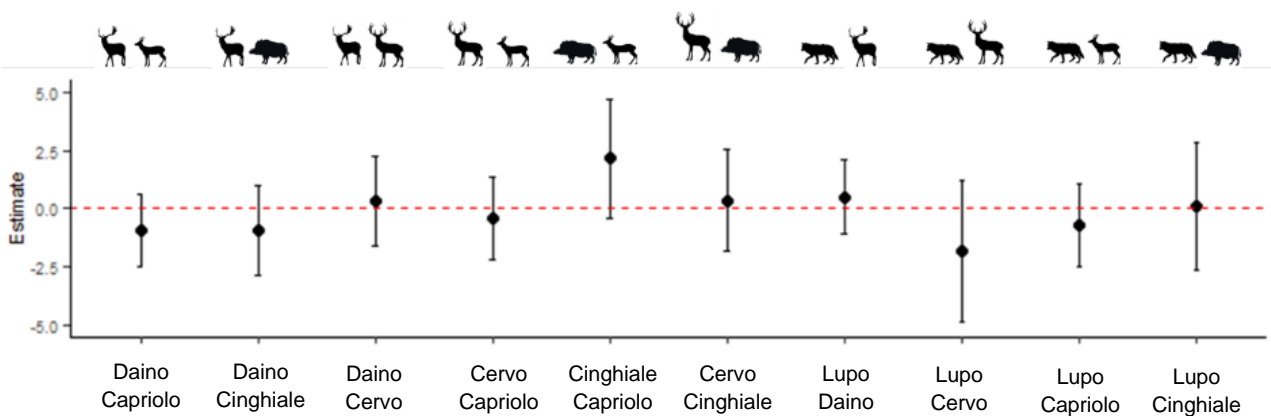


Fig. 37 Stime degli effetti di interazione dell'occupancy tra coppie di specie.

Per quanto riguarda l'attività temporale, abbiamo stimato che cervo, capriolo e cinghiale hanno un'attività più crepuscolare e notturna rispetto al daino che risulta essere più diurno. Per quanto riguarda il confronto dei ritmi di attività tra siti a più alta frequentazione umana e siti a minore frequentazione umana (Fig. 38), abbiamo stimato che sia per cervo, che daino e cinghiale si nota una minore sovrapposizione temporale con l'uomo in siti con più alti tassi di passaggio umano, e questo minore overlap temporale diventa significativo per il cinghiale. Al contrario, il capriolo sembra invece non subire variazioni di attività temporale tra siti più o meno frequentati dall'uomo.

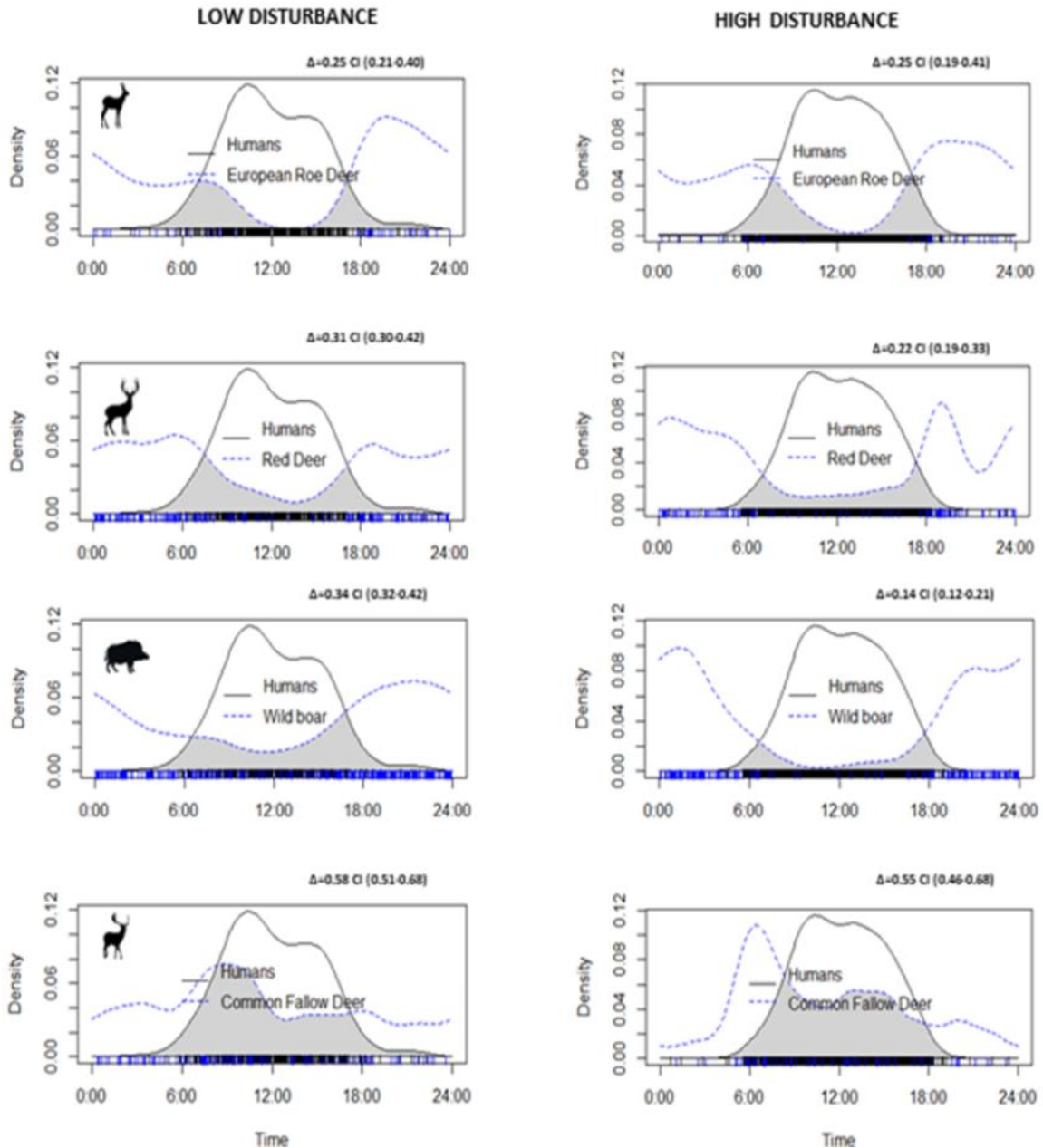


Fig. 38 attività temporale dei quattro ungulati in relazione a siti con frequenza di passaggio umano più basso della media (low disturbance) e siti con tasso di frequenza umana più alto della media (high disturbance).



Per quanto riguarda la differenza di attività temporale tra strade forestali e sentieri, abbiamo notato che tutti e quattro gli ungulati hanno ritmi molto simili indipendentemente che passino su strade o sentieri (Fig. 39).

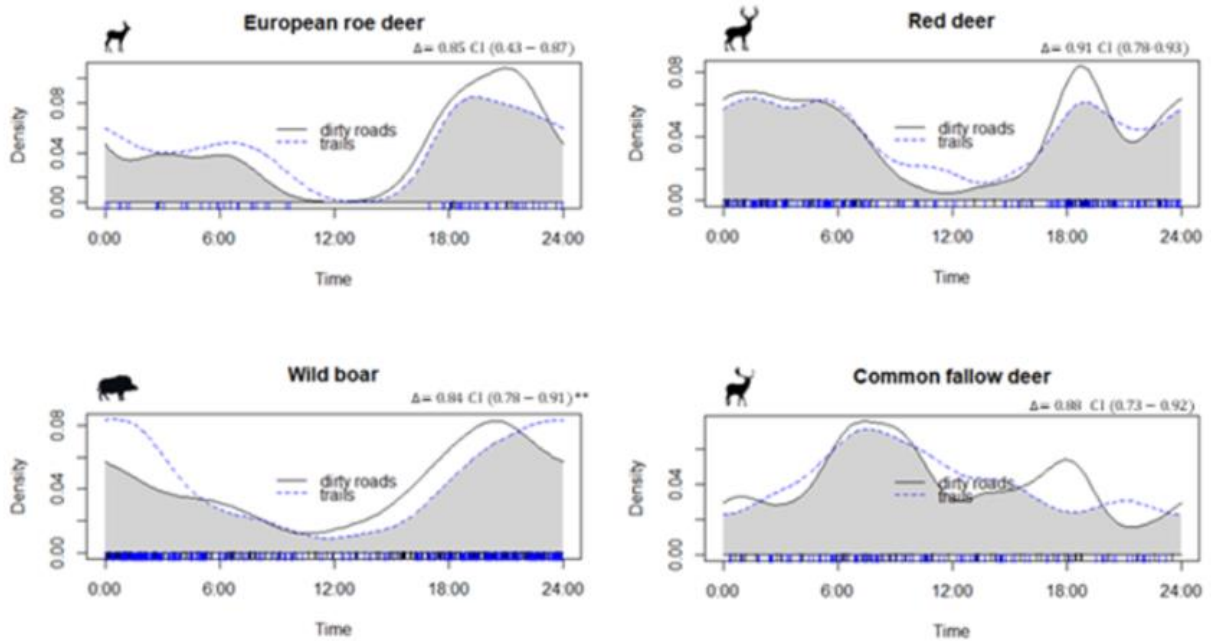


Fig. 39 Differenza di attività temporale tra sentieri e strade forestali.

### c. Stime di densità del Gatto selvatico (*Felis silvestris*) con modelli di Cattura-Marcatura-Ricattura in collaborazione con il Dott. Stefano Anile

Grazie ad una collaborazione con il Prof. Stefano Anile dell'Università di Palermo, è al momento in atto uno studio che punta a stimare la densità dei gatti selvatici presenti nel Parco, usando modelli di Cattura-Marcatura-Ricattura, sui dati del 2020 (primo anno di campionamento). Questa è una specie appartenente alla categoria IUCN "Least Concern", a minor preoccupazione, ma in realtà si sa molto poco circa lo status della popolazione, se non che vive a densità molto basse. Diversamente, in Italia questa specie è catalogata come "Near threatened", quasi minacciata, e una delle minacce più pressanti è la coesistenza col gatto domestico e il rischio di ibridazione.

Per poter stimare la densità del gatto selvatico, è stato prima necessario distinguere i gatti selvatici dai gatti domestici o dai potenziali ibridi, e successivamente distinguere individualmente i gatti selvatici. Per la prima fase, ci siamo avvalsi delle linee guida di riconoscimento del "modello disegno-colore" che consente una prima identificazione sul campo (Fig. 40). Questo modello si basa sull'identificazione di tratti fenotipici distinguibili per il gatto selvatico che si dividono in 8 regioni somatiche: 1) rinario, 2) padiglioni auricolare, 3) gola, 4) regione occipito-cervicale, 5) regione scapolare, 6) regione dorsale, 7) regione laterale, e 8) coda (Fig. 40). Venivano, quindi, identificati "gatti selvatici" gli individui per i quali è stato possibile identificare tutti o quasi tutti gli otto tratti.

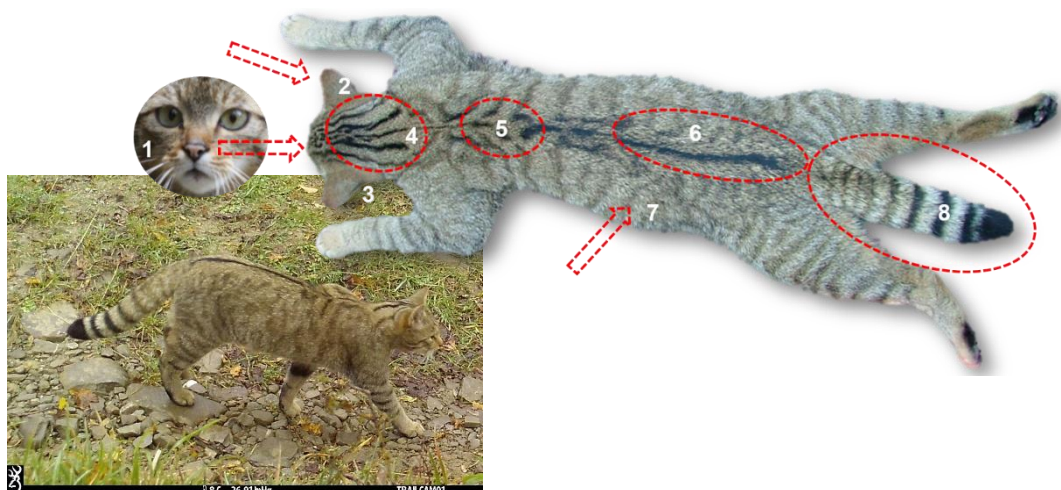
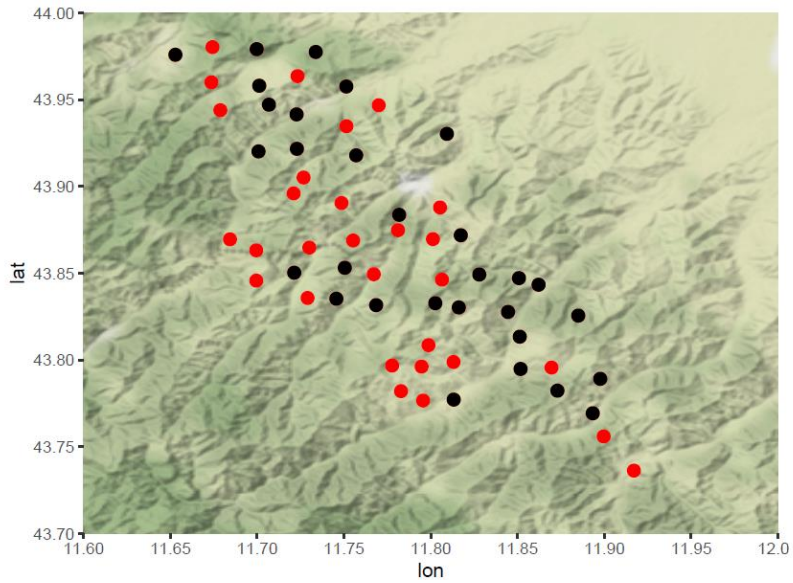


Fig. 40 Rappresentazione del modello disegno-colore con evidenziate le 8 regioni somatiche. Immagine presa dal sito del Museo della Maremma (<https://www.museonaturalemaremma.it/gatto-selvatico-italia-riconoscimento/>). Sotto, foto di gatto selvatico scattata con le nostre foto-trappole durante il 2020.

La seconda fase, includeva l'identificazione a livello di singolo individuo dei gatti selvatici fotografati, grazie allo studio di disegni specifici sul manto. Grazie a questa fase sono stati distinti 16 individui di gatto selvatico, per un totale di 82 eventi indipendenti in 30 siti di campionamento (Fig. 41). Ciò ha restituito una stima preliminare grezza (che è minima e per difetto) di 0.04 ind./km<sup>2</sup> che, benchè molto bassa, è in linea con le stime di 0.03 – 0.05 ind./km<sup>2</sup> riportati sul sito della IUCN per la densità nazionale in Italia (<http://www.iucn.it/>). Inoltre, sono stati identificati 10 potenziali individui di gatto selvatico ibrido, ovvero gatti che hanno una livrea simile a quella del gatto selvatico ma che non presentano la maggior parte dei tratti fenotipici di riferimento.

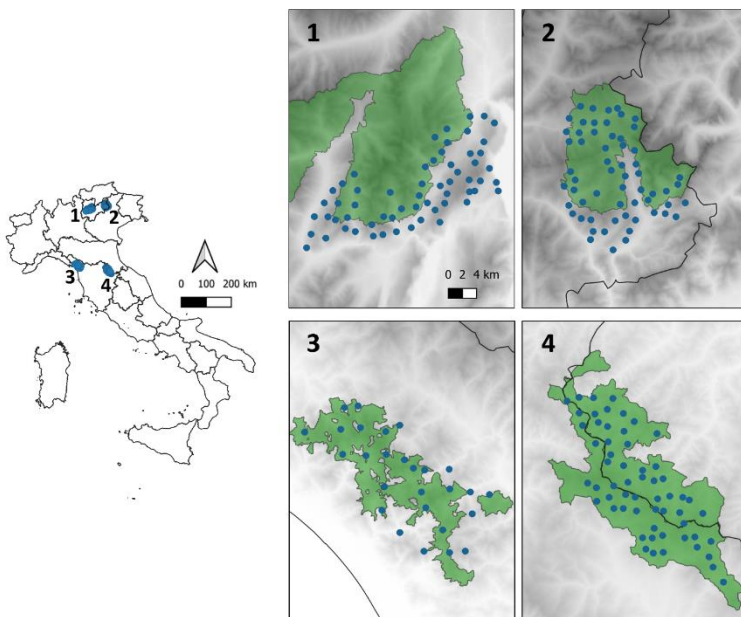


*Fig. 41 Area di studio con i 60 siti di fototrappolaggio rappresentati da cerchi. Di questi, i cerchi neri rappresentano i siti in cui è stato foto-trappolato il gatto selvatico.*

Stime di densità più robuste sono in atto e verranno riportate una volta che finiranno le analisi basate sui modelli SECR (Spatially-Explicit Capture Recapture) che consentono di stimare la densità spazialmente esplicita della specie in esame.

#### d. Confronto multi-area

Durante il 2020, si sono svolti quasi in contemporanea quattro monitoraggi di mammiferi selvatici in quattro aree protette in centro e nord Italia (Fig. 42). Tali monitoraggi sono stati effettuati usando lo stesso protocollo standardizzato e sistematico di raccolta dati con foto-trappole. Ciò ha fornito l'opportunità senza precedenti di poter investigare potenziali risposte comuni all'ambiente e vulnerabilità all'impatto antropico sia delle quattro comunità di mammiferi che delle singole specie presenti in ogni area.



*Fig. 42 Aree di studio in centro e nord Italia in cui è stato effettuato un monitoraggio di mammiferi con lo stesso metodo e protocollo di campionamento. Area 1 – Parco Naturale Adamello Brenta, area 2 – Parco Naturale Paneveggio Pale di San Martino, area 3 – Parco Naturale Regionale delle Alpi Apuane, area 4 – Parco Naturale Nazionale delle Foreste Casentinesi.*

Gli obiettivi di questo studio riguardano sia la valutazione di variazioni di distribuzione spaziale dei mammiferi che variazione dei loro ritmi di attività in relazione a variabili antropogeniche ed ambientali. In particolare, gli scopi sono:

- valutare se la vicinanza agli insediamenti, più alti tassi di passaggio umano, differenti quote e differenti pendenze determinano variazioni nella probabilità di presenza dei mammiferi
- valutare se le stesse variabili sopracitate determinano differenze nella tendenza dei mammiferi ad essere diurni, notturni o crepuscolari
- valutare se la presenza di persone e vicinanza agli insediamenti può rappresentare un effetto scudo grazie al quale le prede trovano rifugio dai predatori
- valutare se la potenziale presenza di variazioni spazio-temporali dipende dalla taglia dei mammiferi.

Inoltre, la necessità di valutare il potenziale effetto delle attività umane sulle dinamiche spazio-temporali dei mammiferi nasce dal fatto che, per tutte le aree campionate, durante i nostri monitoraggi all'incirca il 50% degli eventi indipendenti erano rappresentati da persone che frequentavano il bosco (Fig. 43). Per il Casentino, la percentuale di eventi rappresentati da ciclisti ed escursionisti copre il 41.67%, mentre i mammiferi selvatici rappresentano (insieme) il 42.83% degli eventi totali. Benché pregevole ed auspicabile, questa attività potrebbe potenzialmente impattare la fauna selvatica ed è pertanto importante investigare tali effetti, consci delle limitazioni del nostro disegno sperimentale, che limita i risultati al solo uso di strade forestali e sentieri.

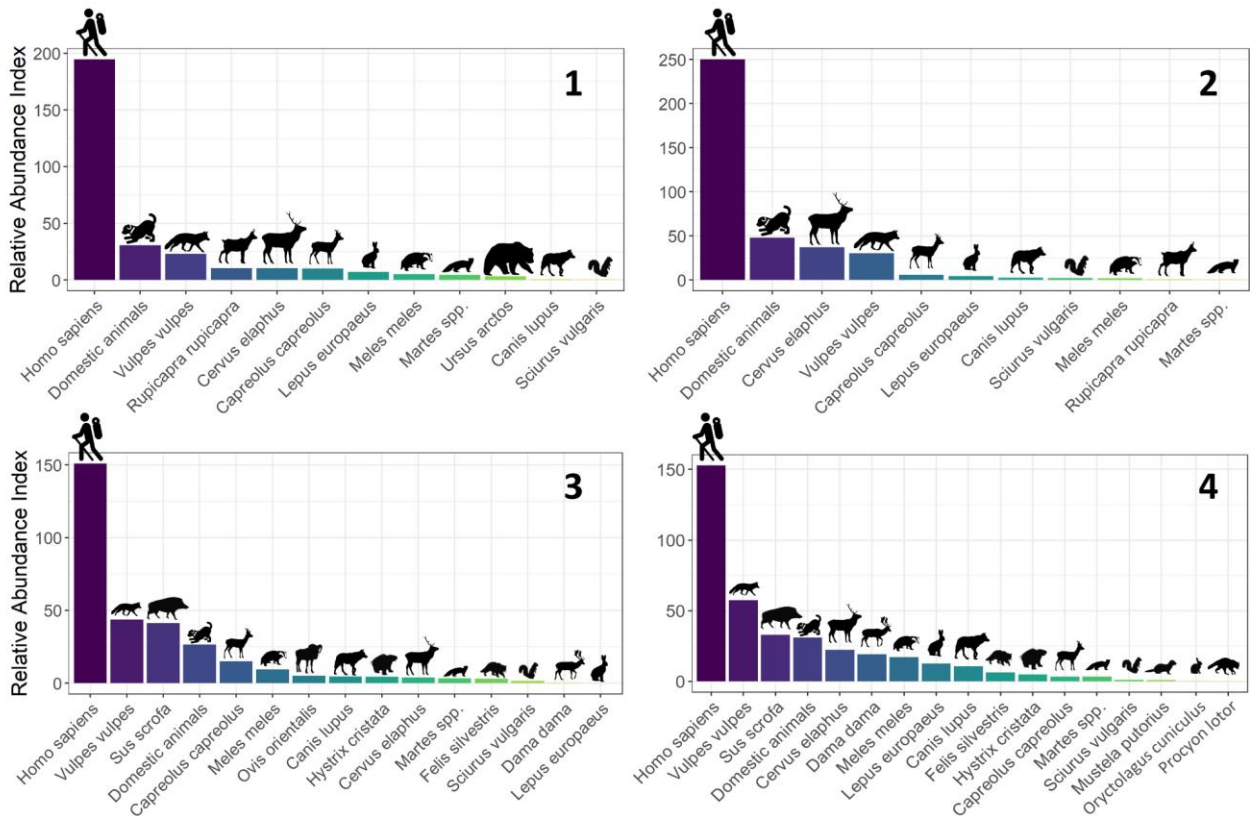


Fig. 43 abbondanza relativa di persone e fauna selvatica all'interno delle quattro aree monitorate con foto-trappole e seguendo lo stesso disegno sperimentale.

Abbiamo trovato che gli animali selvatici tendono in modo consistente tra aree e tra specie a diminuire la loro presenza e ad aumentare la loro notturnalità in corrispondenza di siti con tassi di presenza umana maggiore. Infatti, ad una maggiore presenza umana, il numero di eventi diurni e crepuscolari diminuiscono significativamente (Fig. 44). Ciò significa che la fauna tende ad evitare i sentieri e le strade più frequentate dalle persone, limitandone l'uso soltanto nelle ore notturne.

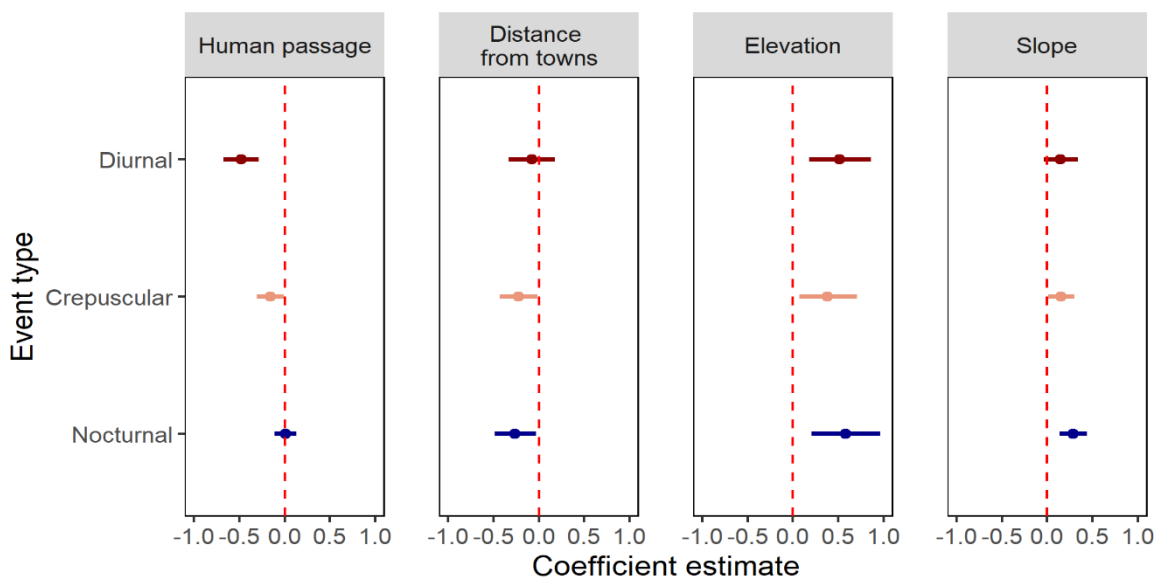


Fig. 44 Effetto del passaggio delle persone, distanza dagli insediamenti, quota altitudinale e pendenza sul numero di eventi della fauna selvatica nella quattro aree.



Questo effetto di evitamento e di aumento della notturnalità in siti più frequentate dalle persone è ancora più evidente per specie di grande taglia (Fig. 45). Quest'ultime, infatti, tendono ad essere maggiormente presenti lungo sentieri e strade meno frequentate da escursionisti (Fig. 46A) e anche più lontano dagli insediamenti (Fig. 46B). Di conseguenza, l'ipotesi della presenza umana come effetto scudo delle prede per proteggersi dai predatori non è stata confermata visto che anche piccole specie come scoiattoli e lepri e grandi prede come gli ungulati mostrano un evitamento consistente al passaggio umano. Infine, abbiamo stimato una generale preferenza per siti a quote più alte e con maggiori pendenze, con le attività temporali che in questo caso non differivano tra fasce orarie.

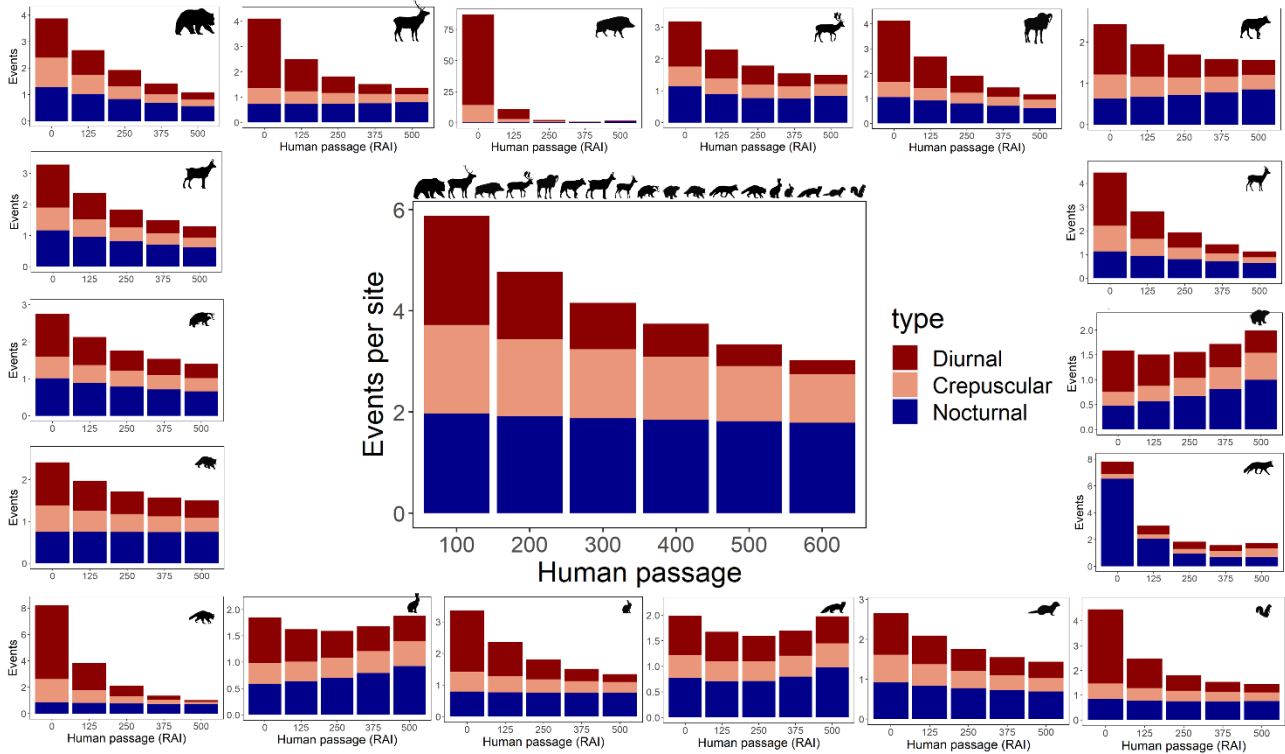


Fig. 45 Per ogni specie, numero di eventi indipendenti complessivo nelle varie fasce orarie (giorno, crepuscolo e notte) in relazione al tasso di passaggio umano.

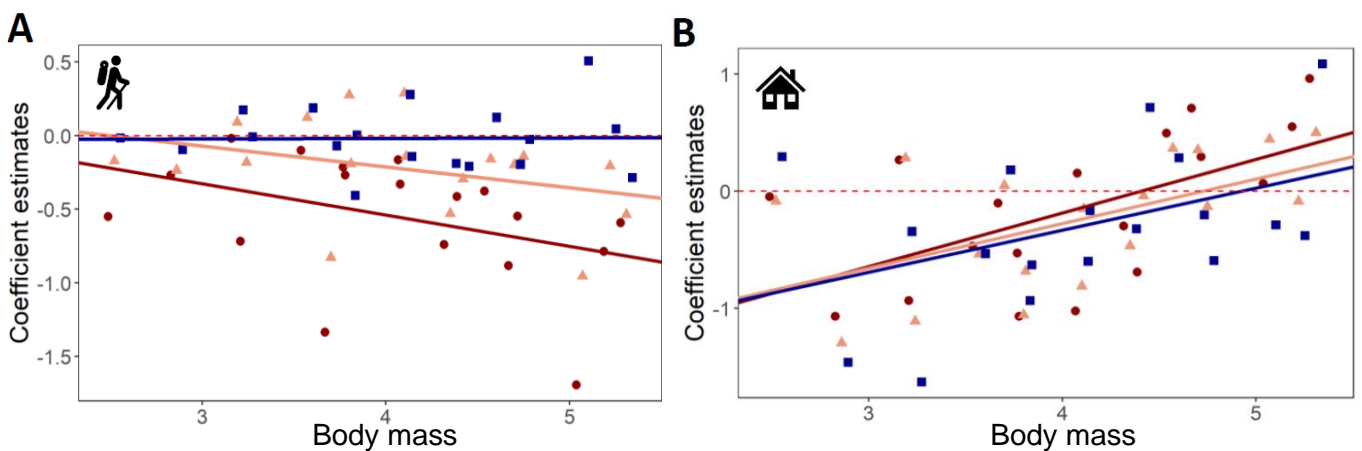


Fig. 46 Regressione post-hoc rappresentante la relazione tra massa corporea e passaggio umano (A) e tra massa corporea e distanza dagli insediamenti (B).

### e. SnapshotEurope 2020/2021

Sotto l'approvazione dell'Ente Parco, i dati ottenuti da 20 dei siti di foto-trappolaggio sul versante toscano sono stati condivisi su Wildlife Insights (<https://www.wildlifeinsights.org/>) come contributo alla partecipazione del progetto a larga scala "Snapshot Europe". Questo è un progetto guidato dal Max Planck Institute e EuroMammals che segue quanto già fatto in America con Snapshot USA (<https://emammal.si.edu/snapshot-usa>), e si basa su una collaborazione tra organizzazioni internazionali per monitorare mammiferi di medie-grandi dimensioni a scala europea per fini di conservazione, utilizzando una metodologia standardizzata e sistematica di raccolta dati con foto-trappole. Per il solo 2021, 22 nazioni in Europa hanno partecipato a questo progetto, divise in 70 sub-progetti e settando 1400 stazioni di foto-trappolaggio (Fig. 47).

## Wildlife Insights Snapshot Euro

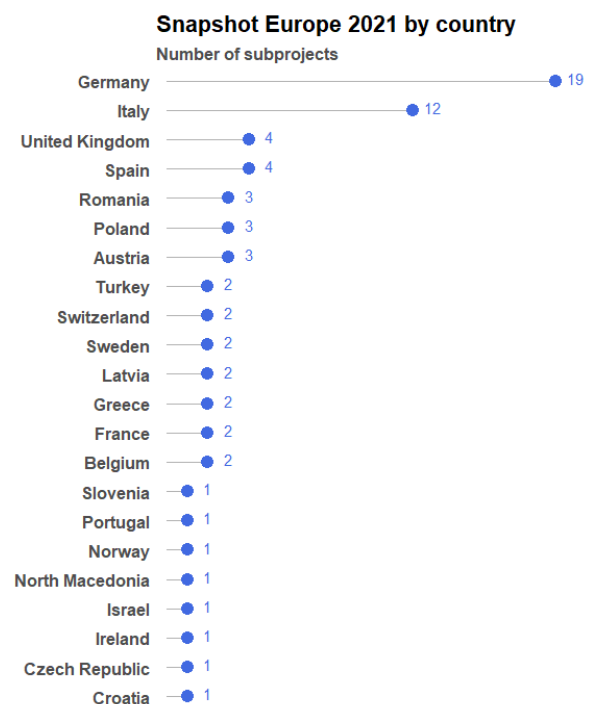


Fig. 47 Sintesi del numero di stazioni di foto-trappolaggio per paese e numero di sotto-progetti per nazione che formano il progetto Snapshot Europe. Le informazioni di questa figura sono state prese dal sito interno di Snapshot Europe (<https://app.wildlifeinsights.org/>).

Al momento è in preparazione il data paper del 2021 che costituisce un dataset europeo di 206 specie di mammiferi identificati in 52.122 sequenze che riprendono specie selvatiche su un totale di 106.194 sequenze totali di scatto (Fig. 48) e uno sforzo totale di campionamento di 52563 giorni di fototrappolaggio. Inoltre, si sta finalizzando l'identificazione dei dati del 2022 e la conseguente pulizia dei dati.

Sequences by type  
Distribution of sequences by type



Identified species  
Count of sequences per species

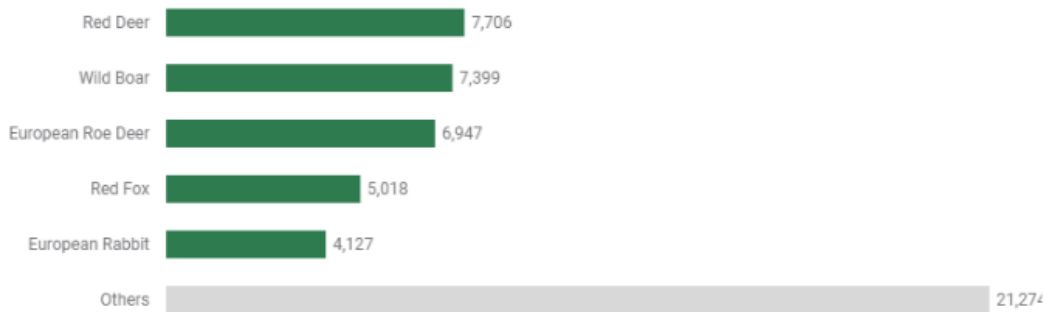


Fig. 48 Numero totale di sequenze identificate diviso nelle categorie principali di: Wildlife (verde), non wildlife (rosso), blank (giallo). Nel grafico a destra vengono riportate le specie identificate con il maggior numero di sequenze. Le informazioni di questa figura sono state prese dal sito interno di Snapshot Europe (<https://app.wildlifeinsights.org/>).

## 7. Programmi futuri

Grazie ad una proroga annuale (2023) della convenzione potranno essere sviluppati i seguenti progetti: 1) continuazione del monitoraggio sistematico sui 60 siti distribuiti nel Parco in modo da aggiungere anni di campionamento e poter quindi testare variazioni di occupancy nel tempo, sia a livello di singola specie sia a livello comunitario; 2) creazione di un disegno sperimentale randomico sul quale basare un monitoraggio della fauna parallelo e contestuale a quello sistematico, sempre da effettuare tramite foto-trappole. Azione che è parte del programma PNRR Centro Nazionale 5 (Biodiversità) cui il Dipartimento di Biologia fa parte per il periodo 2022 – 2025.

Il monitoraggio della stessa area e della stessa comunità di mammiferi con due disegni di campionamento differenti apre a nuove e interessanti possibilità di ricerca all'interno del Parco quali: 1) confronto di metodologie; 2) possibilità di stimare densità di specie non marcate; 3) confronto tra ritmi di attività tra luoghi frequentati da persone (strade e sentieri con griglia sistematica) e luoghi non frequentati (interno del bosco con campionamento randomico).

Il monitoraggio parallelo prevederà sempre la presenza di 60 siti di foto-trappolaggio, 30 lungo il versante toscano (rappresentanti la prima sessione di campionamento) e 30 lungo il versante romagnolo (rappresentanti la seconda sessione). Sarà da decidere come impostare il monitoraggio del nuovo disegno sperimentale e se seguire un campionamento randomico stratificato in cui 1 sito è distribuito casualmente all'interno di una singola cella, o se impostare i siti di campionamento in modo del tutto casuale all'interno dell'area di studio (Fig. 49).

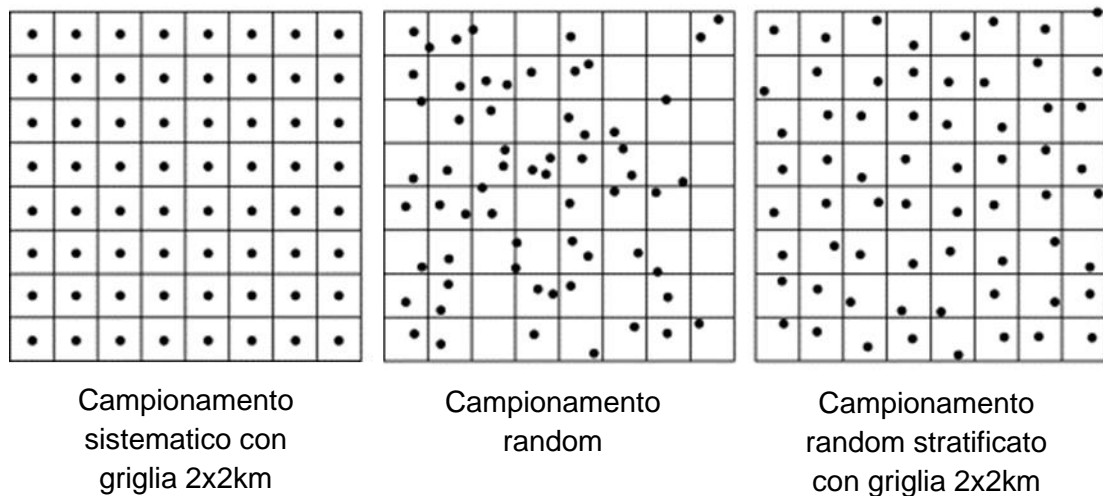


Fig. 49 Esempi di disegno di campionamento. Da sinistra: sistematico, randomico con griglia, e randomico. La figura è stata presa e riadattata da Atkinson 2005 (<https://doi.org/10.1016/B0-12-369398-5/00355-8>).

Queste nuove implementazioni verranno seguite dal titolare di un assegno di ricerca interamente dedicato ai monitoraggi all'interno del PNFC, che verrà affiancato da uno o più tesisti magistrali.