

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MODENA E REGGIO EMILIA

Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche

Corso di Laurea in Scienze Naturali

**Studio dei mesocarnivori del Parco Naturale
Adamello Brenta in relazione alla presenza di
Canis lupus Linnaeus, 1758**

Relatori:

Prof. Antonio M. Todaro

Prof. Matteo Dal Zotto

Laureanda:

Ester Magnani

Correlatori:

Dott. Andrea Mustoni

Dott. Marco Armanini

Dott.ssa Roberta Chirichella

Anno Accademico 2022/2023

“La montagna non è solo nevi e dirupi, creste, torrenti, laghi, pascoli. La montagna è un modo di vivere la vita. Un passo davanti all’altro, silenzio tempo e misura.”
- Paolo Cognetti, *Le otto montagne*.

INDICE

RIASSUNTO	1
1. INTRODUZIONE	3
1.1 I MAMMIFERI	3
1.2 CARNIVORI	4
1.3 IL LUPO <i>Canis lupus</i> Linnaeus, 1758	5
1.4 MESOCARNIVORI	10
2. SCOPO DELLO STUDIO	12
3. MATERIALI E METODI	13
3.1 AREA DI STUDIO	13
3.1.1 IL PARCO NATURALE ADAMELLO BRENTA	13
3.1.2 AREA CAMPIONE E PERIODO DI INDAGINE	19
3.2 LE FOTOTRAPPOLE	22
3.3 ARCHIVIAZIONE E INTERPRETAZIONE DELLE IMMAGINI	24
3.4 LA PIATTAFORMA AGOUTI	28
3.5 ANALISI STATISTICA	30
4. RISULTATI E DISCUSSIONE	32
4.1 CONFRONTO TRA DATABASE	32
4.2 RELAZIONI TRA LUPO E MESOCARNIVORI	39
5. CONCLUSIONI	52
6. RINGRAZIAMENTI	53
7. BIBLIOGRAFIA	54

La recente e spontanea ricomparsa del lupo nel territorio alpino ha scatenato tanti interrogativi su come questa specie possa influenzare gli altri carnivori in termini di risorse e utilizzo dello spazio. Sebbene siano stati effettuati alcuni studi nelle zone alpine, sono ancora in via di sviluppo indagini all'interno del Parco Naturale Adamello Brenta, situato nella parte nord-occidentale della provincia italiana del Trentino, attuale scenario di questo fenomeno del ritorno spontaneo del lupo. A questo scopo sono state posizionate 50 fototrappole nell'area del Parco e in zone limitrofe, con l'obiettivo di raccogliere dati sui principali predatori e sulle prede presenti. In questo studio sono stati presi in considerazione i dati compresi tra giugno e dicembre 2023, riferiti esclusivamente a 8 fototrappole del progetto, scelte con particolare attenzione alla presenza o assenza di lupo. Le immagini raccolte sono, poi, state archiviate tramite due metodologie differenti con la finalità di sperimentare e valutare l'utilizzo di una piattaforma digitale, denominata "Agouti", creata a questo scopo e che si avvale dell'intelligenza artificiale ancora in via di sviluppo. I dati sono stati, in seguito, valutati tramite t-test, analisi della varianza (ANOVA) e analisi statistiche multivariate, il non-metric MultiDimensional Scaling (nMDS), per valutarne la significatività statistica e capire se fossero presenti differenze tra le specie considerate. L'analisi si è basata su tre principali fattori: la presenza o assenza di lupo, le differenze tra la notte e il giorno e tra le due stagioni in cui si è svolto il monitoraggio (estate e autunno). I risultati ottenuti non sottolineano alcuna differenza significativa tra la distribuzione del lupo e quella della volpe, mentre si è evidenziata una netta separazione tra la suddivisione di volpe nelle fototrappole in cui è presente il lupo rispetto a quelle dove è assente (t-test, $p < 0,05$). Da questo risultato e da altre analisi effettuate per i fattori presi in considerazione si è potuto capire e supporre che la volpe, analogamente al lupo, preferisce muoversi su terreni in presenza di sentieri o strade forestali, presenti in tutte le fototrappole dove è stato ripreso il lupo, ma assenti nelle altre. È consigliabile effettuare altri studi in merito alla distribuzione e alle relazioni tra i carnivori presenti nell'area del Parco Naturale Adamello Brenta, tenendo conto anche di altri fattori ambientali e antropici che, a causa della scarsità di dati, non si sono potuti considerare all'interno di questo studio.

È stata valutata anche la sperimentazione della piattaforma Agouti, sulla base dell'errore commesso dall'intelligenza artificiale; la quale commette un errore abbastanza elevato (25,51%) nel riconoscimento di immagini scattate a vuoto o in presenza di animali. Da questo si può supporre che tale strumento sia ancora troppo prematuro e poco allenato per poter essere utilizzato efficacemente in studi di questa tipologia.

1. INTRODUZIONE

La competizione interspecifica tra mammiferi predatori può avere effetto sulla loro distribuzione e abbondanza, sui loro spostamenti e sull'utilizzo delle risorse ecosistemiche. La coesistenza tra specie affini nello sfruttamento delle risorse non può perdurare a lungo. In generale, se più predatori riescono a convivere nello stesso ambiente, tendono a ripartire le risorse presenti (SCHOENER, 1982).

Mediante lo studio delle relazioni interspecifiche e la ripartizione delle risorse tra le diverse specie di predatori si possono evidenziare alcuni loro comportamenti e il rapporto che queste hanno con l'ambiente (KAMLER, 1998).

1.1 I MAMMIFERI

I mammiferi sono vertebrati originatisi dalla linea evolutiva dei cinodonti (Cynodontia), unica sopravvissuta all'estinzione di massa tra il periodo Cretacico e il Cenozoico. Una prima diversificazione di questi animali avvenne durante il Mesozoico, quando i primi mammiferi andarono ad occupare una nicchia ecologica molto differente da quella dei loro antenati. Essi, infatti, erano animali notturni, di piccole dimensioni e probabilmente insettivori (ABELLI et al., 2016).

I caratteri distintivi dei mammiferi sono: la presenza di ghiandole mammarie, utilizzate per l'allattamento della prole; la presenza di peli su tutto il corpo; il possedimento dell'osso dentale, unico osso che costituisce la mandibola, e dell'osso squamoso. Un altro particolare importante è lo sviluppo della neocorteccia cerebrale (ABELLI et al., 2016).

A livello filogenetico i mammiferi vengono distinti in due linee principali: monotremi (mammiferi ovipari) e teri (mammiferi vivipari), questi ultimi a loro volta suddivisi in metateri (o marsupiali) ed euteri (o placentati). La classificazione più accreditata vede gli euteri suddivisi in quattro macro-raggruppamenti: Afrotheria, Xenartra, Euarcontoglires e Laurasiatheria (ABELLI et al., 2016).

Recenti studi confermano la straordinaria diversità della teriofauna globale, la quale consta di oltre 6400 specie viventi (BURGIN et al., 2018), di queste in Europa ne sono

presenti 260 (TEMPLE et al., 2007); tra le quali 123 sono distribuite anche in Italia (ALOISE et al., 2019).

1.2 CARNIVORI

I Carnivori (Carnivora) sono un Ordine molto particolare di mammiferi, appartenenti al raggruppamento dei Laurasiatheria, che si distingue per le diverse strategie evolutive adottate rispetto ai loro antenati. “Carnivora” significa letteralmente “mangiatore di carne”, nome che ben descrive la nicchia ecologica che molti di questi animali occupano (EISENBERG, 1989).

Uno degli aspetti evolutivi più importanti della maggior parte dei Carnivori è la presenza di denti funzionali a un'alimentazione carnivora, caratterizzati dalla specializzazione dell'ultimo premolare superiore e primo molare inferiore, atti al taglio (carnassiali o denti ferini) e dalla riduzione dei molari posteriori (ABELLI et al., 2016).

Molti studi in ambito teriologico distinguono le specie terrestri in base alla loro massa corporea. Diversi autori considerano i mammiferi di grandi o medie dimensioni tutte le specie con massa corporea adulta maggiore o uguale a 1 kg; tutte le altre specie vengono definite come ‘piccoli mammiferi’ (LIM & PACHECO, 2016). Nella letteratura scientifica, riferita ai Carnivori, le specie vengono comunemente suddivise in “grandi carnivori”, con peso maggiore di 15 kg, e “mesocarnivori” con dimensioni medio-piccole, di peso minore di 15 kg (ROMER et al., 2009).

In Italia sono presenti 18 specie appartenenti all'Ordine dei Carnivori, distribuite su tutto il territorio italiano: lo sciacallo dorato (*Canis aureus*), il lupo (*Canis lupus*), il cane procione (*Nyctereutes procyonoides*), la volpe (*Vulpes vulpes*), il gatto selvatico (*Felis silvestris*), la lince eurasiatica (*Lynx lynx*), la lontra eurasiatica (*Lutra lutra*), la faina (*Martes foina*), la martora (*Martes martes*), il tasso (*Meles meles*), l'ermellino (*Mustela erminea*), la donnola (*Mustela nivalis*), la puzzola (*Mustela putorius*), il visone americano (*Neovison vison*), la foca monaca (*Monachus monachus*), il procione (*Procyon lotor*), l'orso bruno (*Ursus arctos*) e la genetta (*Genetta genetta*).

1.3 IL LUPO *Canis lupus* Linnaeus, 1758

ORDINE: Carnivora

FAMIGLIA: Canidae

SOTTOFAMIGLIA: Caninae

GENERE: *Canis*

SPECIE: *Canis lupus*



Fig. 1 – Individuo adulto di *Canis lupus*
(<https://www.visittrentino.info/>).

Il lupo, a livello globale, presenta morfologie, dimensioni corporee, colorazione e *pattern* del mantello molto varie, in relazione alle aree geografiche.

Il lupo presente in Italia ha una colorazione stabile, un *pattern* tipico. I rappresentanti di questa specie si presentano, infatti, con un mantello grigio-fulvo, di tonalità più tendenti al marrone-rossiccio durante i mesi estivi. Risaltano, su questa colorazione, bandeggi scuri molto evidenti su dorso, punta della coda e orecchie, nonché linee scure sulla parte anteriore delle zampe. Ventralmente la pelliccia risulta più chiara così come la caratteristica mascherina facciale. Variazioni di questa tipologia di manto dipendono, oltre a età, condizioni nutrizionali e di salute dell'esemplare, anche dalla muta stagionale. Il cambio del pelo si verifica una volta all'anno, con lunghezza maggiore durante i mesi invernali (CIUCCI e BOITANI, 1998). Il corpo è slanciato e robusto, con peso medio di circa 28 kg per le femmine e 34 kg per i maschi. È uno dei carnivori di maggiori dimensioni: la lunghezza del corpo, dalla testa alla base della coda, misura circa 110-148 cm e la coda intorno ai 30-35 cm. L'altezza al garrese è compresa, invece, tra i 50 e i 70 cm.

Presenta inoltre muso allungato, orecchie dritte e di forma triangolare a base larga, collo tarchiato, un poderoso torace e zampe sottili e robuste. Altra caratteristica morfologica tipica del lupo sono gli occhi di colore giallo (FEDEROFF, 2002).

A livello scheletrico il cranio del lupo è ampio e massiccio, contraddistinto da un rostro molto lungo, una cresta sagittale ben sviluppata e una scatola cranica fortemente ossificata. Tutti questi elementi favoriscono l'attacco dei muscoli masseteri e temporali, impiegati per una salda chiusura della mandibola. Il lupo

possiede un totale di 42 denti tra i quali si differenziano possenti canini e denti ferini (IV premolare superiore e I molare inferiore).

L'utilizzo dei muscoli masseteri unitamente a una dentizione molto sviluppata, permette la lacerazione di tendini e grosse prede (CIUCCI e BOITANI, 1998).

Il lupo è una specie che non ha particolari bisogni in termini di habitat, è influenzato essenzialmente dalla persecuzione da parte dell'uomo, dalla disponibilità delle prede e dalla distruzione e frammentazione delle aree naturali. È un animale caratterizzato da elevata adattabilità e per questo occupa la maggior parte degli habitat dell'emisfero settentrionale, dalla tundra artica fino alle zone aride del deserto dell'Arabia, raggiungendo altitudini elevate a partire dal livello del mare.

Attualmente in Europa sono presenti 9 popolazioni di lupo (<http://www.lcie.org/>): Scandinava, Kareliana, Carpazia, Baltica, Iberica, Alpina, Appenninica italiana, Dinarico-Balcanica e Centro-europea; per un totale di circa 17.000 esemplari (ultimo aggiornamento del LCIE: <http://www.lcie.org/Large-carnivores/Wolf->).

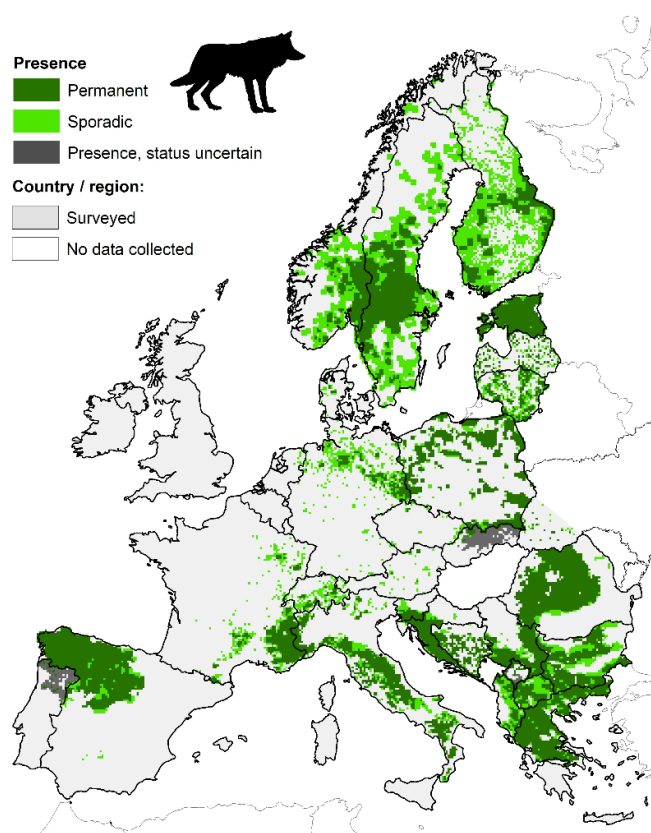


Fig. 2 - Attuale distribuzione del lupo in Europa secondo i dati aggiornati al 2018 del LCIE (Large Carnivore Initiative for Europe) (<https://www.lcie.org/>).

Il lupo è un predatore generalista, poiché in grado di cacciare prede di dimensioni molto differenti tra loro; per questo la sua dieta dipende dall'abbondanza relativa, dall'accessibilità e dalla fruibilità delle prede nel suo areale di distribuzione. Queste variabili dipendono, inoltre, da fattori abiotici di tipo ambientale (stagionali e annuali) e geografiche. Il lupo presenta un'ecologia alimentare di tipo opportunistico in quanto non si ciba esclusivamente di carne ma può includere nella sua dieta, in minor quantità, anche altre tipologie alimentari come frutta o rifiuti di origine antropica (CIUCCI e BOITANI, 1998).

Come già evidenziato, il lupo riesce ad adattare la sua dieta a seconda dell'ambiente in cui si trova; nella zona del Trentino, essendovi grande abbondanza di ungulati selvatici, le prede di cui maggiormente usufruisce sono principalmente il cervo nobile (*Cervus elaphus*), il capriolo (*Capreolus capreolus*), il camoscio (*Rupicapra rupicapra*) e, dove molto abbondante, anche il muflone (*Ovis aries*) (MARUCCO, 2014).

La caccia di suddette prede è un aspetto molto importante nella vita del lupo, in quanto avviene spesso in branco.

Il branco è solitamente formato da 5 a 8 membri, uniti da un forte senso di appartenenza, che si sviluppa e rinforza nei primi mesi di vita, oppure nasce durante il corteggiamento tra due individui solitari (MECH, 1974).

I branchi sono organizzati in una gerarchia definita, dove un individuo maschio è dominante rispetto alle femmine e ai cuccioli, chiamato "maschio alfa".

Questa suddivisione, dettata dalla dominanza, determina il ruolo degli individui all'interno del gruppo per svolgere le attività di branco come, ad esempio, la decisione e la guida negli spostamenti, la caccia e la difesa del territorio (GADBOIS, 2002).

Attraverso la permanenza nel branco, durante i primi due anni di vita, i cuccioli apprendono comportamenti e conoscenze della vita di branco.

Sopraggiunta l'età adulta, i lupi possono mettere in atto due strategie: allontanarsi dal branco per disperdersi e formarne uno nuovo, riducendo così l'inbreeding all'interno del gruppo, oppure tentare di guadagnarsi una posizione dominante all'interno della loro famiglia di origine (MESSIER, 1985).

I grandi carnivori tipici del territorio alpino sono andati via via scomparendo nelle regioni europee ad alta attività antropica durante il XVII e XIX secolo. Questo avvenne principalmente a causa di quattro fattori tra loro correlati: le persecuzioni dirette da parte dell'uomo, il cambiamento climatico, la deforestazione e la diminuzione di ungulati selvatici.

La ricomparsa dei grandi predatori in aree naturali come quelle delle Alpi, è ad oggi in atto grazie all'espansione delle foreste e all'aumento di densità delle popolazioni di prede (BREITENMOSER, 1998).

Tra le specie più interessate da questo fenomeno, il caso del lupo all'interno del territorio del Parco Naturale Adamello Brenta è di grande rilevanza.

Il lupo, in Italia, è sempre stato presente fino alla sua quasi scomparsa negli anni '70 del secolo scorso. Da allora, a seguito dell'emanazione di leggi di protezione nazionali ed europee, si è assistito ad un progressivo aumento di questa specie in tutta la penisola; partendo dall'Appennino centrale e da alcuni individui provenienti anche dall'area dinarica (Croazia e Slovenia) e dai Carpazi (Romania), fino ad arrivare alla progressiva ricolonizzazione dell'arco alpino occidentale nei primi anni '90 (Fig. 3).

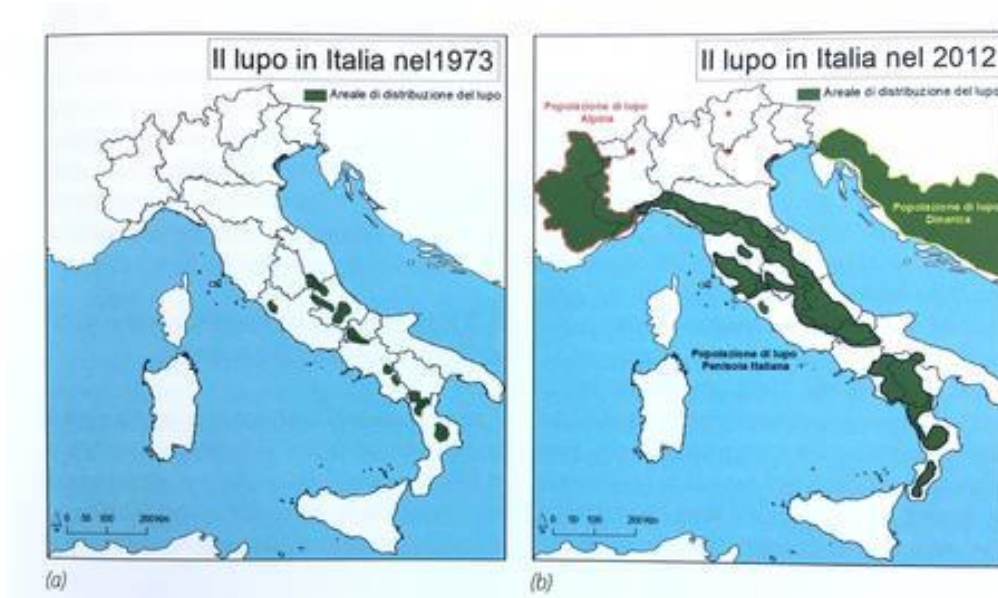


Fig. 3 - Distribuzione di *Canis lupus* in Italia nel 1973 e nel 2012
(<https://grandicarnivori.provincia.tn.it/>).

Nelle Alpi il lupo è una specie autoctona, la sua presenza storica in Trentino è dimostrata da diversi fattori. Anche in questi luoghi scomparve completamente, fino alla sua spontanea ricomparsa nel 2008 in provincia di Trento.

Il 13 aprile 2010 sono state trovate tracce di lupo nella zona del Brenta nord-orientale, proveniente dalle Alpi Occidentali (Provincia Autonoma di Trento - PAT, *Rapporto Orso e Grandi carnivori*, 2010. 56-58).

Nel 2013 si è avuta la conferma della formazione di un branco, dopo l'incontro di una femmina con un maschio giunto dalla Slovenia, nell'area dei Monti Lessini (Comunicato stampa, Progetto LIFE Slowolf, 23.04.2012). Questo avvenimento ha fatto sì che la regione si ripopolasse di esemplari appartenenti a questa specie.

Le prime evidenze di lupi nel territorio del Parco Naturale Adamello Brenta si hanno nel 2014, anno in cui è stata documentata la presenza di questi animali in Val Rendena e in Brenta Meridionale (PAT, *Rapporto Orso e Grandi carnivori*, 2014. 79-81).

Negli anni successivi ci sono stati alcuni sporadici avvistamenti e campionamenti di individui singoli nella stessa zona, tra cui una femmina di origine "italiana" e altri esemplari probabilmente provenienti dal branco della Lessinia, tra il 2015 e il 2019. Tuttavia, le aree di maggior concentrazione della specie erano quelle limitrofe (PAT, *Rapporto Orso e Grandi carnivori*, 2015-2019)

Nel 2020 la presenza di questo grande carnivoro diventa più consolidata all'interno dell'area protetta, dove è stata rilevata la possibile formazione di una coppia nei dintorni di Campo Carlo Magno (PAT, *Rapporto Orso e Grandi carnivori*, 2020. 19-26). Si accerta la presenza di un branco nel territorio a partire dal 2021 con la prima riproduzione della coppia rilevata nell'anno precedente (PAT, *Rapporto Orso e Grandi carnivori*, 2021. 19-25). I primi dati raccolti dal Parco, registrati a seguito del posizionamento di fototrappole, sono della fine del 2022, anno in cui sono stati ripresi 3 esemplari di lupo tra la zona di Folgarida e Campo Carlo Magno. A seguito di questi iniziali avvistamenti, i record di lupo sono aumentati nettamente a partire dalla primavera 2023.

1.4 MESOCARNIVORI

Le specie di carnivori di piccola e media taglia (minore di 15 kg), sebbene molto diversificate dal punto di vista sistematico, ecologico e comportamentale, vengono considerate nel complesso “mesocarnivori”. Possono presentare alimentazione da frugivora a carnivora, con popolazioni generaliste o specialiste; comportamento solitario o molto sociale.

In generale ricoprono ruoli ecologici molto importanti influenzando anche indirettamente le comunità e gli ecosistemi. Questo fattore è spesso agevolato dalla loro alta densità, rispetto a molti grandi carnivori, nei territori in cui sono presenti a causa delle loro dimensioni e della grande capacità nell’occupare habitat differenti (ROMER et al., 2009).

Uno dei mesocarnivori più abbondanti presenti nella provincia di Trento, dove si è svolta l’indagine, è la volpe *Vulpes vulpes* Linnaeus 1758, caratteristica per la colorazione del manto tendente al rossiccio e bianco. È un mammifero ubiquitario, si adatta a vivere anche in zone antropizzate dove riesce a trovare ampia disponibilità di cibo e prede. L’alimentazione è molto variabile a seconda delle stagioni: consuma prevalentemente vegetali e invertebrati nei mesi primaverili ed estivi, micromammiferi in autunno, rifiuti e resti di carcasse in inverno.

La volpe è presente in tutto il continente europeo, in Italia è diffusa sul territorio nazionale dal livello del mare alle alte quote. La sua distribuzione delinea la grande adattabilità di questa specie, capace di insediarsi in qualsiasi ambiente. In Trentino è il carnivoro più diffuso, sia in zone antropizzate che in territori più isolati (DEFLORIAN et al., 2018; BON et al., 1995).

Altri mesocarnivori importanti sono quelli appartenenti alla famiglia Mustelidae. La faina *Martes foina*, Erxleben 1777 è una specie antropofila molto presente in ambienti urbanizzati dove sono noti anche episodi di riproduzione in sottotetti, fienili, legnaie e scantinati. Ha un’alimentazione molto eterogenea ma prevalentemente carnivora.

Una specie molto simile a questa è la martora *Martes martes*, Linnaeus 1758, facilmente distinguibile per la colorazione giallognola della gola. A differenza della

faina, la martora predilige habitat forestali prevalentemente ad alto fusto di conifere e misti di latifoglie; popola soprattutto la fascia delle medie e alte altitudini a partire dai 500 m fino oltre i 1000 m.

Faina e martora hanno distribuzione abbastanza simile nella regione, diffuse in tutta la provincia di Trento, tra le medie e alte quote, con presenza maggiore della prima. Nel territorio italiano la martora è distribuita in maniera discontinua nell'arco alpino e nelle isole maggiori; mentre la faina ricopre tutta la penisola dalla pianura fino al limite della vegetazione, anche se assente sulle isole (DEFLORIAN et al., 2018).

Altro carnivoro appartenente a questa famiglia è il tasso *Meles meles*, Linnaeus 1758, importante per l'elevata valenza ecologica. Abita, infatti, ambienti molto diversi: da poco urbanizzati come boschi di latifoglie, fino ai margini dei centri abitati. Le sue preferenze in termini di habitat sono condizionate dalla presenza di aree consone alla costruzione della tana, che normalmente viene scavata in ambienti di scarpata, sotto massi o pareti rocciose (DEFLORIAN et al., 2018). Ampiamente diffuso in Eurasia, il tasso è presente in tutta Italia, dal livello del mare fino ad un'altitudine di circa 2000 m, anch'esso mancante nelle isole. In Trentino si trova sull'intero territorio provinciale con preferenza di ambienti tra il fondovalle e i 1000 m di altitudine (DEFLORIAN et al., 2018).

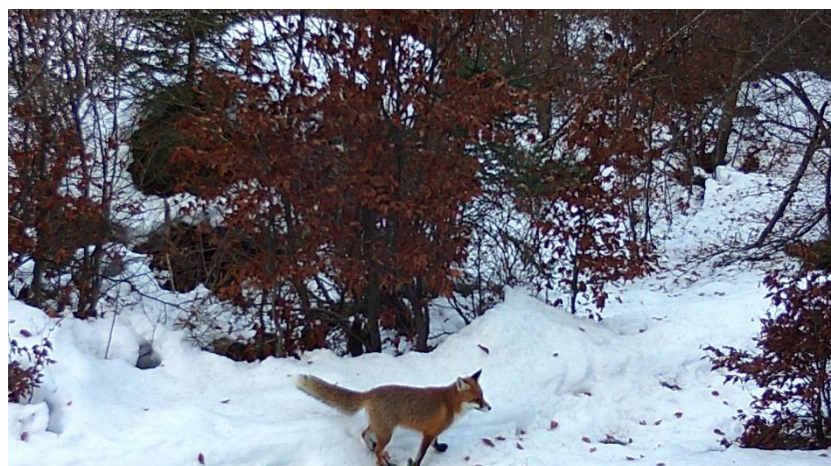


Fig 4 – Individuo adulto di *Vulpes vulpes* (Archivio Parco Naturale Adamello Brenta).

2. SCOPO DELLO STUDIO

Il mio lavoro si inserisce in un progetto di monitoraggio della teriofauna nel Parco Naturale Adamello Brenta. L'indagine si basa sul lavoro di tirocinio, volto ad apprendere le principali tecniche di studio della teriofauna, tra le quali il fototrappolaggio.

Nello specifico, lo studio ha l'obiettivo di indagare la presenza di mesocarnivori e del lupo nel Parco e di analizzare le relazioni tra di essi, per poter comprendere meglio come la recente e spontanea ricomparsa di individui di lupo possa incidere sui ritmi di attività dei mesocarnivori presenti nell'area studiata.

Il lavoro di tesi ha avuto anche lo scopo di sperimentare l'utilizzo di una piattaforma digitale, chiamata "*Agouti*", creata per l'archiviazione delle immagini derivanti dalle attività di fototrappolaggio. Questo strumento, poiché opera con l'ausilio dell'intelligenza artificiale, potrebbe facilitare e velocizzare le operazioni di interpretazione e archiviazione delle immagini.

3. MATERIALI E METODI

3.1 AREA DI STUDIO

L'attività di tirocinio, durante la quale sono stati raccolti i dati riportati in questo lavoro di tesi, si è svolta all'interno del Parco Naturale Adamello Brenta e nelle aree ad esso circostanti.

3.1.1 IL PARCO NATURALE ADAMELLO BRENTA

Il Parco Naturale Adamello Brenta, assieme al Parco Naturale Paneveggio Pale di San Martino, è uno dei parchi naturali della provincia italiana del Trentino. Sul territorio è presente anche parte del Parco Nazionale dello Stelvio, istituito già dai primi anni del '900 e gestito da tre province distinte.

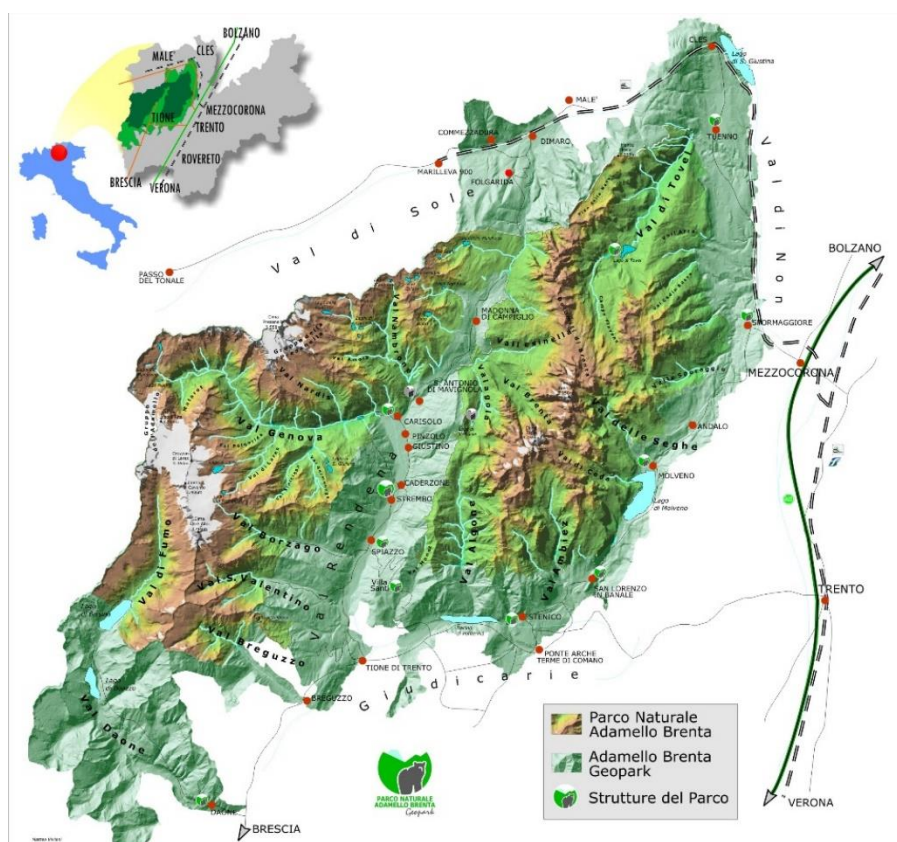


Fig. 5 - Localizzazione del Parco Naturale Adamello Brenta (<https://www.pnab.it/>).

L'area del Parco venne individuata già dal 1967 con una superficie di 504 km², dopo l'introduzione del Piano Urbanistico Provinciale (PUP) da parte della Provincia di Trento, il quale presentava un approccio fortemente conservazionistico nei confronti delle aree regionali protette appena istituite. Successivamente il territorio del Parco fu ampliato fino ad un'estensione di 618 km².

In seguito, venne varata la Legge Provinciale 6 maggio 1988, n. 18, la quale conferì maggiore operatività ai Parchi nella gestione del territorio e ne definì le finalità ovvero: *“la tutela delle caratteristiche naturali e ambientali, la promozione dello studio scientifico e l'uso sociale dei beni ambientali”*. Con l'approvazione da parte della Giunta Provinciale della L.P. 11 del 23 maggio 2007, l'Ente si dota del Piano del Parco, strumento di gestione fondamentale per attuare progetti all'interno dell'area (AA. VV., 2018).

Ad oggi il Parco Naturale Adamello Brenta ricopre un'area di 625,83 km²; questo gli attribuisce il primato in Trentino in termini di superficie protetta, ma è anche uno dei più vasti delle Alpi. Localizzato nella parte occidentale del Trentino, è delimitato dalle Valli Giudicarie, dall'Altopiano della Paganella, dalla Val di Non e dalla Val di Sole, fino al limite del confine della Provincia di Trento ad ovest.

Il Parco assume rilevanza internazionale a seguito del suo inserimento, nel 2008, nella Rete Europea e Globale dei Geoparchi. Questo riconoscimento valorizza l'importanza delle sue straordinarie peculiarità in termini geologici, in quanto, al suo interno, presenta due gruppi montuosi molto differenti: le Dolomiti di Brenta, nella parte orientale; e la catena montuosa dell'Adamello-Presanella nel settore occidentale, separati dal solco della Val Rendena.

Le Dolomiti di Brenta, decretate Patrimonio Mondiale dell'Umanità UNESCO nel 2009, si sono formate in ambiente marino durante l'Era Mesozoica (230-56 Ma). Sotto alla superficie del grande mare chiamato Tétide, si sono accumulati diversi strati di sedimenti che oggi si possono osservare nelle successioni calcaree e dolomitiche del Brenta. Questi potenti strati poggiano su un basamento cristallino, formatosi precedentemente e costituito da rocce di tipo metamorfico.

Questo gruppo montuoso è posizionato in direzione nord-sud, percorrendo circa 42 km ed estendendosi per circa 400 km². Le maggiori cime presentano un'altitudine

compresa tra i 2800 e i 3000 m, dominate da Cima Tosa che, con i suoi 3173 m di quota, è la vetta più alta del gruppo. Le morfologie sono molto varie perché condizionate dal modellamento effettuato dagli agenti meteorici, dai fiumi e dai ghiacciai, in relazione con la litologia del luogo (BUSCAINI e CASTIGLIONI,1977).

I ghiacciai presenti sono attualmente di dimensioni molto ridotte e in costante ritiro, il più esteso è il Ghiacciaio d'Agola con 0,19 km² di superficie.

Al lato opposto del Parco a dominare il paesaggio è il massiccio dell'Adamello, caratterizzato da acrocori sommitali, i quali creano i bacini dei caratteristici ghiacciai (Pisgana, Mandrone, Lòbbia, Làres) da cui deriva la grande quantità di acqua presente nelle valli laterali, che dà origine a cascate, laghi e torrenti.

La catena dell'Adamello è delimitata dal Passo del Tonale, dal Passo di Presena e dal Passo di Croce Domini; è contornato dalla Valcamonica ad ovest, dalla Val Rendena ad est, dalla Val Genova a nord-est e dalla Val del Càffaro a sud. Il massiccio si trova a sud-ovest rispetto al punto d'incontro di due importanti linee tettoniche: la Linea Insubrica o Linea del Tonale e la Linea delle Giudicarie. Le cime si presentano con altitudini elevate, oltre i 3200 m, con la cima più alta rappresentata dalla vetta del Monte Adamello di 3554 m di altezza. Assieme all'Adamello, nella parte nord-est del massiccio, è presente anche il gruppo della Presanella, identico per modalità di formazione e geologia, ma di età più giovane e isolato dal punto di vista orogenetico. I Gruppi dell'Adamello e della Presanella vedono la loro formazione in tempi geologici più recenti rispetto alle Dolomiti di Brenta; risalgono infatti all'epoca eocenica-oligocenica (43-35 Ma), quando avvenne l'intrusione e il raffreddamento di rocce magmatiche (plutoni) all'interno della serie sedimentaria sottostante di età più antica, modificandola per contatto. La roccia, formata da queste intrusioni, è di aspetto granitoide ma di composizione più simile alle dioriti, prende il nome di tonalite dall'omonimo Passo (SACCHI, 1984).

La Presanella è circoscritta nell'area compresa fra: Dimaro, Pinzolo e Passo del Tonale. Essa si eleva con cime molto alte, di cui quelle di maggiore rilievo toccano i 3458 m, con Cima Vermiglio e Monte Gabbiolo, e i 3558 m di Cima Presanella, la vetta più alta all'interno del Parco. Anche questa è sede di numerosi ghiacciai tra i più rilevanti sull'arco alpino (come il Ghiacciaio della Presanella e il Ghiacciaio di

Nardis), dai quali provengono ingenti corsi d'acqua, laghi glaciali e cascate (ONAGARI, 1978).

A causa della grande quantità d'acqua, unitamente all'azione degli agenti atmosferici, il Gruppo montuoso dell'Adamello-Presanella ha subito, nel corso dei secoli, un forte modellamento che lo ha portato ad assumere le morfologie oggi visibili; ha anche permesso la crescita di un ambiente alpino molto differente, rispetto alla parte dolomitica del Parco, per vegetazione e fauna.

Dal punto di vista ambientale l'area del Parco Naturale Adamello Brenta si vede suddivisa in zone che riflettono l'eterogeneità litologica, geomorfologica, climatica e idrologica delle sue componenti. Tutti questi fattori hanno anche favorito la naturale proliferazione di endemismi ed una considerevole diversificazione vegetale.

Nel Gruppo di Brenta sono frequenti fenomeni carsici a causa della sua composizione prevalentemente calcarea; mentre nella parte dell'Adamello-Presanella, per l'elevata impermeabilità della roccia, l'acqua scorre prevalentemente in superficie determinandone un maggiore afflusso anche in alta quota.

Nelle zone di fondovalle i boschi sono costituiti in prevalenza da latifoglie come: l'acero di monte (*Acer pseudoplatanus*), il corniolo (*Cornus mas*), il sorbo (*C. domestica*), il nocciolo (*Corylus avellana*), il carpino (*Carpinus betulus*), il rovere (*Quercus petraea*), il frassino (*Fraxinus excelsior*), e la betulla (*Betula pendula*). Tipiche sono anche le faggete (*Fagus sylvatica*), favorite in passato per la selvicoltura, che si estendono tra i 1000 e i 1200 m di altitudine, alternate con boschi di abete bianco (*Abies alba*).

A quote ancora maggiori, fino al limite della vegetazione arborea (circa 1900 m), troviamo la fascia delle conifere con: l'abete rosso (*Picea excelsa*), il larice (*Larix decidua*), in misura minore il pino silvestre (*Pinus sylvestris*) e, più raramente, il pino cembro (*P. cembra*).

Al di sopra del limite arboreo, la vegetazione si fa più rada lasciando spazio a specie arbustive come il pino mugo (*Pinus mugo*), il rododendro (*Rhododendron hirsutum*) e l'ontano verde (*Alnus viridis*); adattati a vivere in ambienti e climi molto rigidi, sono caratteristici della zona di alta quota o tundra alpina. Nelle aree sommitali, dove i

climi e le temperature sono tali da essere identificata come steppa alpina, si trovano solamente specie erbacee a copertura sempre più discontinua.

Al limite delle nevi perenni, ovvero in prossimità dei fronti glaciali, sono presenti poche e molto piccole forme di vita come microrganismi unicellulari, alghe e batteri.

La grande varietà geologica, climatica e vegetazionale si riflette sulla composizione della zoocenosi del Parco che ben rappresenta la tipica fauna alpina. L'Ente, molto attivo nel monitoraggio e nella conservazione in ambito faunistico delle specie di interesse comunitario, vede il suo territorio tutelato ai sensi della Direttiva "Habitat" 92/43/CEE e della Direttiva "Uccelli" 79/409/CEE (e successivi aggiornamenti), che consentono di attuare progetti di ricerca ai fini di: "*salvaguardare la biodiversità mediante la conservazione degli habitat naturali, nonché della flora e della fauna selvatiche nel territorio europeo degli Stati membri al quale si applica il trattato*" (art. 2).

Le specie presenti nel Parco sono varie. L'ittiofauna è molto ricca per l'insediamento di pesci tipici delle acque fredde nei numerosi laghi e torrenti, come il salmerino alpino (*Salvelinus alpinus*), la trota marmorata (*Salmo marmoratus*) e la trota fario (*Salmo [trutta] trutta*).

Anche batracofauna ed erpetofauna sono tipiche di zone di alta quota e climi freddi, sono infatti presenti specie come il tritone alpestre (*Ichthyosaura alpestris*) e la rana di montagna (*Rana temporaria*), per la prima categoria; la lucertola vivipara (*Zootoca vivipara*), l'aspide (*Vipera aspis*) e il marasso (*V. berus*), appartenenti alla seconda.

L'avifauna nel territorio consta di numerose specie tra cui galliformi, come la pernice bianca (*Lagopus muta*), la coturnice (*Alectoris graeca*), il gallo forcello (*Lyrurus tetrix*), il gallo cedrone (*Tetrao urogallus*) e il francolino di monte (*Tetrastes bonasia*). Presenti anche diversi rapaci diurni e notturni, ad esempio l'aquila reale (*Aquila chrysaetos*), la poiana (*Buteo buteo*), il gheppio (*Falco tinnunculus*), il nibbio bruno (*Milvus migrans*), il falco pellegrino (*Falco peregrinus*), l'allocco (*Strix aluco*), il gufo

comune (*Asio otus*), il gufo reale (*Bubo bubo*), la civetta capogrosso (*Aegolius funereus*) e la civetta nana (*Glucidium passerinum*).

La teriofauna è caratterizzata dalla presenza di tutti gli ungulati alpini: il cervo nobile (*Cervus elaphus*), il capriolo (*Capreolus capreolus*), i quali prediligono ambienti a quote più basse con presenza di boschi di latifoglie, il camoscio (*Rupicapra rupicapra*), presente a quote ben più alte nelle zone libere da vegetazione, assieme allo stambecco (*Capra ibex*), che si trova solo in determinate aree e deriva da un progetto di reintroduzione all'interno del Parco, e infine il muflone (*Ovis aries*), di cui sono presenti due colonie introdotte a partire dagli anni '70 a scopo venatorio.

Oltre a questi mammiferi caratteristici, sono di notevole rilevanza i grandi carnivori, ovvero l'orso bruno (*Ursus arctos*), reintrodotta col progetto LIFE Ursus alla fine degli anni '90 del secolo scorso, e il lupo (*Canis lupus*). Altri carnivori di più modeste dimensioni sono la volpe (*Vulpes vulpes*) e varie specie di mustelidi: la martora (*Martes martes*), la faina (*M. foina*), l'ermellino (*Mustela erminea*), la donnola (*M. nivalis*) e il tasso (*Meles meles*).

Numerose sono anche le specie di roditori, come la marmotta (*Marmota marmota*), lo scoiattolo rosso (*Sciurus vulgaris*), il ghiro (*Glis glis*), il moscardino (*Muscardinus avellanarius*), le arvicole (*Myodes glareolus* e *Chionomys nivalis*) e i toporagni (*Sorex alpinus* e *S. araneus*). Presenti anche lagomorfi lepre comune (*Lepus europaeus*) e lepre variabile (*L. timidus*).

3.1.2 AREA CAMPIONE E PERIODO DI INDAGINE

L'area di studio comprende la parte alta della Val Rendena e una piccola zona della Val di Sole. I dati sono stati registrati mediante 50 fototrappole distribuite all'interno di 25 celle quadrate, aventi 1,5 km di lato (Fig. 6). Le fototrappole sono state posizionate tra il 26 settembre e il 10 ottobre 2022 seguendo una logica opportunistica:

- per questioni di sicurezza legate alla manutenzione delle fototrappole durante i mesi invernali;
- per una riduzione dei tempi di avvicinamento alle fototrappole;
- per massimizzare le possibilità di rilevare la presenza di specie particolarmente elusive come il lupo.

La manutenzione e l'acquisizione dei dati registrati dalle fototrappole viene effettuata ogni mese dagli operatori del Parco. Il periodo di monitoraggio utilizzato nel presente elaborato comprende i mesi da giugno a dicembre 2023 e rientra nel progetto di ricerca scientifica del Parco Naturale Adamello Brenta denominato "*Preda-Predatore*". Il progetto ha la finalità di raccogliere dati sulla fauna presente nel Parco, i quali vengono poi analizzati con particolare attenzione ai rapporti interspecifici tra predatori e prede.

In seguito alla raccolta dei dati delle 50 fototrappole si è optato per focalizzare l'attenzione solo su quelle in cui è stata registrata la presenza del lupo e tra queste soltanto quelle in cui il lupo è stato ripreso almeno cinque volte nell'arco dell'intero anno di monitoraggio. Questa scelta è derivata dalla necessità di ridurre la grande quantità di dati raccolta nel corso dell'anno di studio in dipendenza dal tempo relativamente breve a disposizione per sviluppare il tirocinio e il lavoro di tesi triennale. In questo modo sono state selezionate 4 fototrappole (Fig. 6), denominate '*LUPO SÌ*'. La selezione ha evidenziato il fatto che i 4 dispositivi inquadravano sentieri o strade forestali. Pertanto, si è optato per scegliere altre 4 fototrappole prive di camminamenti antropici, utilizzate come controllo. La scelta si è basata sull'ubicazione di queste ultime in ambienti comparabili con quelli delle prime

fototrappole, in termini di altitudine, tipologia e copertura vegetazionale e copertura del suolo. Le fototrappole di controllo sono state denominate *'LUPO NO'* (Tab. 1). Inoltre, le fototrappole *"LUPO NO"* sono state scelte in quanto ubicate alle maggiori distanze dalle aree con la prevalente presenza del lupo. Questa scelta è stata effettuata in modo da garantire una maggiore attendibilità dei dati da utilizzare come controllo, in quanto si assume che nelle aree con le fototrappole *'LUPO NO'* le specie animali presenti non siano influenzate da individui di lupo.

Tab. 1 - Criteri di scelta delle fototrappole *'LUPO NO'* in base a caratteristiche simili alle *'LUPO SÌ'*.

Fotrappola <i>'LUPO SÌ'</i>	Fotrappola <i>'LUPO NO'</i>	Ambiente
FT37	FT52	Pecceta, circa 1200m di altitudine
FT42	FT28	Pecceta, versante di displuvio
FT74	FT56	Versante di impluvio
FT77	FT48	Versante di impluvio

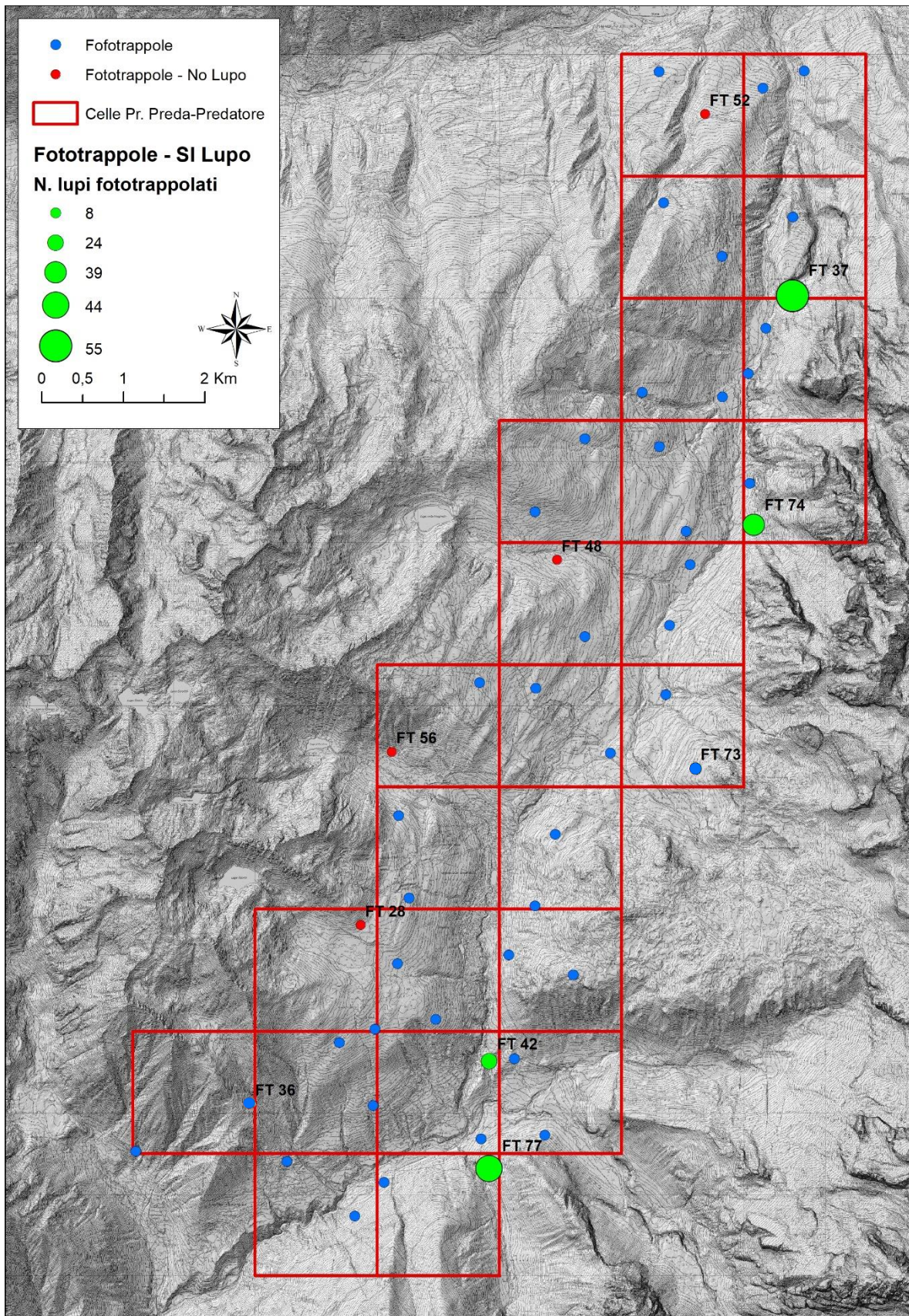


Fig. 6 - Suddivisione dell'area di studio in 25 celle. Sono state evidenziate le 8 fototrappole utilizzate nello studio (Archivio Parco Naturale Adamello Brenta).

3.2 LE FOTOTRAPPOLE

I dati relativi a questo studio sono stati raccolti tramite l'impiego di fototrappole, posizionate in maniera opportunistica all'interno del Parco e delle aree limitrofe, nel periodo estivo e autunnale dell'anno 2023, ovvero durante i mesi compresi tra giugno e dicembre.

Il fototrappolaggio è ad oggi uno dei metodi più utilizzati nell'ambito di ricerche faunistiche, permettendo di osservare e monitorare le popolazioni e di riportare la loro presenza ed abbondanza a caratteristiche ambientali, climatiche e di composizione delle comunità.

Le fototrappole utilizzate in questo studio sono tutte dello stesso modello, *Keepguard KW561*, di dimensione 11.1x9.91x5.96cm. Questi dispositivi si attivano in seguito alla presenza di movimenti, rilevati davanti al sensore della fototrappola, e sono anche dotate di tecnologia a raggi infrarossi invisibile, in modo da poter scattare immagini anche in assenza di luce e allo stesso tempo non creare disturbo alla fauna. Il modello utilizzato è in grado di restituire sia fotografie che video.

La programmazione delle fototrappole, uguale per tutte quelle utilizzate, è stata impostata come mostrato in Tabella 2.

Tab. 2 - Parametri per il settaggio delle fototrappole utilizzate nello studio (Archivio Parco Naturale Adamello Brenta).

Parametro	Opzione	Parametro	Opzione
Ora e data	hh:mm; mm/gg/aaaa	Livello sensore	Alto
Modalità	Telecamera (foto)	Modalità flash	Lungo raggio
Dim.immagine	16M	Periodo di lavoro	OFF
N. scatti	3	Ora di scatto	ON
Nome camera	Codice cella_FTxx (Es. 11C_FT76)	Time Lapse	OFF
Intervallo	3s	Coordinata	OFF

Gli eventi catturati, secondo queste impostazioni, sono costituiti da tre scatti consecutivi, con intervallo di tre secondi tra un evento e l'altro.

Questi strumenti sono in grado di restituire molte informazioni utili alla successiva analisi delle immagini (Fig. 7). Vengono infatti riportate sul materiale fotografico: la data e l'orario relativi allo scatto, la temperatura (espressa in °C e in °F), la fase lunare e il numero identificativo della fototrappola.



Fig. 7 – Display con le informazioni riportate sulle fotografie realizzate dalle fototrappole.

Durante il posizionamento, le fototrappole sono state installate cercando di mantenere una metodologia uniforme. Dopo aver precedentemente individuato le aree all'interno delle 25 celle, l'allestimento dei dispositivi è avvenuto in punti in cui fossero presenti radure o aperture nella copertura forestale, all'interno delle quali fosse plausibile il passaggio di animali. Le apparecchiature sono state installate su alberi, ad un'altezza di circa 1,8-2 m, e con visuale libera da vegetazione per un campo visivo di massimo 20 m di profondità e circa 8 m di larghezza.

La manutenzione delle fototrappole viene effettuata circa una volta al mese; durante questa attività gli operatori devono seguire alcuni semplici accorgimenti per verificare che le attrezzature siano ancora funzionanti e che l'inquadratura non sia stata spostata o compromessa. Una volta raggiunto il luogo dove è stata posizionata la fototrappola, il primo passo è accertarsi del suo funzionamento; dopodiché si effettua la manutenzione, che prevede la rimozione della scheda SD, in cui sono contenute le immagini, e la sostituzione della batteria al litio a cui la fototrappola è collegata per garantirne l'operatività nel lungo periodo e soprattutto nei mesi invernali.

3.3 ARCHIVIAZIONE E INTERPRETAZIONE DELLE IMMAGINI

I dati vengono archiviati dopo ogni singola manutenzione, scaricando sul server le immagini contenute nelle schede SD, per poi essere visionate e archiviate con l'impiego di un database Excel. Per primi devono essere annotati gli scatti contenenti persone, che andranno poi immediatamente eliminati. Fatto ciò, è possibile visionare e catalogare tutti gli altri scatti.

Le informazioni utilizzate in questo studio, sono state esaminate tramite due modalità differenti: il primo metodo, già impiegato dall'Ente per questa stessa finalità, prevede l'uso di un database Excel compilato a mano dagli operatori; mentre il secondo è un metodo di analisi in via di sperimentazione di cui si parlerà in seguito.

Nell'ambito di questo progetto le fototrappole sono programmate per effettuare tre scatti dopo aver rilevato un movimento; ogni tripletta di immagini consecutive viene denominata "evento fototrappola".

Durante la compilazione del database Excel, secondo l'annotazione manuale, ogni evento viene registrato in una singola riga.

Per questo metodo di catalogazione, viene utilizzato un foglio Excel in cui inserire tutte le informazioni relative a: date, orari, fattori ambientali e numero di individui presenti in ogni singolo evento; i campi da compilare manualmente sono contrassegnati di colore verde, come riportato nella Tabella 3.

Tab. 3 - Informazioni riportate nel database Excel utilizzato nello studio.

N	CODICE Fototrappola	ID [FTox_N]	Operatore	LOCALITA'	AREA	SESSIONE TRAP	CODICE	VIDEO/FOTO [V/F]	DATA	ORAINIZIO (solare)	ORAFINE (solare)
FASCE ORARIE [h]	DATA+ORA	DIFF_ORA	si_no	MEDIAALBA	MEDIA TRAMONTO	T.C.°	DURATA (sec.)	NEVE [0-4]	UOMO/ANIMALE	SPECIE [nome comune]	COOPRESENZA
ID [FTox_N]	TOT. INDIVIDUI	ALTRE NOTE	TIPO GRUPPO	IPOTESI [?]	NOTE FENOTIPO	SESSO	CLASSE/ETA'	CODICE	ATTIVITA'	NOTE COMPORTAMENTO	

La prima compilazione, come citato precedentemente, avviene per gli scatti con presenze di persone. Per ogni evento contenente presenze umane, viene compilata una riga del database contrassegnando i dati relativi al numero, alla posizione e alla sessione della fototrappola; dopodiché si inseriscono le informazioni riguardanti il singolo evento e il contenuto di questo. In questa prima compilazione del database si tiene conto anche della presenza di cani a seguito delle persone (Tab. 4), i quali vengono conteggiati alla voce "totale individui" e in "altre note" viene inserito il numero effettivo di cani presenti e altre caratteristiche particolari (ad es. operai, moto, greggi, numero di cani, etc.). La casella contrassegnata come "specie" viene compilata anche per gli esseri umani inserendo l'attività che stanno svolgendo secondo una legenda predefinita (Tab. 5).

Tab. 4 – Esempio di compilazione del database Excel in relazione alle presenze umane (Archivio Parco Naturale Adamello Brenta).

CODICE	UOMO/ANIMALE	SPECIE	Specie	COD SPECIE	TOT. INDIVIDUI	ALTRE NOTE
-	U	moto			1	In moto
-	U+C	Uomo+cane			3	2 cani
-	U+C	Uomo+cane			2	

Tab. 5 – Legenda utilizzata per i record di specie diverse dal lupo.

SPECIE (tutto maschile e singolare)
 nome comune → fauna determinabile (tutto minuscolo e maschile)
 ind → Indeterminato
 pnab → Se operatore PNAB
 bici → Biciclette
 sci → Sci/scialpinismo
 cias → Ciaspole
 auto → Autoveicoli/trattori/ecc.
 moto → Moto/motoslitta
 cacc → Cacciatore
 cav → A cavallo
 esc → escursionista

Questa compilazione iniziale, che tiene conto esclusivamente delle presenze umane, è fondamentale per permettere il rispetto della privacy, procedendo

immediatamente dopo la catalogazione all'eliminazione di tali immagini; in secondo luogo, è essenziale per un eventuale studio successivo che tenga conto del disturbo antropico presente nell'area.

Il personale che effettua la manutenzione viene sempre ripreso dalla fotocamera e deve quindi essere inserito nel database come evento, contrassegnando il campo della specie come "pnab" (Parco Naturale Adamello Brenta).

Per quanto riguarda l'interpretazione delle rimanenti immagini contenenti esclusivamente fauna, sono presenti colonne appositamente dedicate alle caratteristiche e ai comportamenti adottati dagli animali ripresi. Queste colonne vengono compilate seguendo una legenda specifica (Tab. 6).

Nella compilazione di questi eventi, vi sono spesso casi particolari che vengono gestiti in maniera differente a seconda degli individui presenti. Per raffiche consecutive contenenti lo stesso individuo, viene compilata una sola riga anche se queste comprendono più eventi, specificando l'orario di inizio, corrispondente alla prima raffica, e quello di fine dell'ultima. Qualora fossero presenti in uno stesso evento individui appartenenti a specie diverse, si effettua la compilazione di righe differenti per ogni specie, andando poi ad inserire il dato di "co-presenza" con l'"ID" dell'evento contenente l'altra specie (Tab. 6).

Tab. 6 – Legenda utilizzata nel database per la compilazione dei campi relativi agli animali registrati.

TIPO GRUPPO

uno → individuo singolo adulto o indeterminato

gru → 2 o più individui adulti o indeterminati SENZA piccolo

fam → unità familiare composta da adulti o indeterminati e piccoli

kid → uno o più piccoli senza adulti

IPOTESI da compilare con "?" nel caso si avanzi l'ipotesi per "Specie", "Sesso", "Classe età" "Tipo gruppo"

NOTE FENOTIPO

Descrizione di eventuali segni e caratteristiche particolari nell'aspetto dell'animale che permettono il riconoscimento ragionevolmente certo dell'individuo. Es: corno spezzato, albinismo, ferite, ecc.

SESSO

m → maschio

f → femmina

ind → indeterminato

Nel caso di più individui nella stessa riga riportiamo i sessi di tutti gli individui divisi da “,”. Es. f,f,ind,m

CLASSE ETA' distinta per specie, nel caso di ungulati anche per sesso (vedi sotto). Per dettagli fare riferimento al libro “**Ungulati delle Alpi**”. **Nel caso di più individui nella stessa riga riportiamo le classi di età di tutti gli individui in ordine coerente con i “sessi” di cui sopra.**

CERVO

p → Piccolo/a, ultimi nati (dalle nascite fino al 31/12)

ad → Maschio adulto (anni 6+)

ad → Femmina adulta

imm → Maschio immaturo (anni 5-)

sott → Sottile (F)

CAPRIOLO

p → Piccolo/a, ultimi nati (dalle nascite fino al 31/12)

ad → Adulto (maschio o femmina)

CAMOSCIO

p → Piccolo/a, ultimi nati (dalle nascite fino al 31/12)

j → Jarling, con corna alte al max come le orecchie (maschio e femmina)

ad → “Adulto” con corna più alte delle orecchie (maschi e femmine)

MUFLONE

p → Piccolo/a, ultimi nati (dalle nascite fino al 31/12)

imm → Maschio con corno più corto dell’incrocio con lato sup. del collo

ad → Maschio con corno più lungo dell’incrocio con lato sup. del collo

ad → Tutte le femmine (non è stata individuata classe giovanile, difficile)

ORSO

p → Piccolo/a dell’anno (fino al 31/12)

imm → Cucciolone nato l’anno prima, solitamente ancora con madre

ad → “Adulti”

ALTRE SPECIE

p → Piccolo/a, ultimi nati (dalle nascite fino al 31/12)

ad → “Adulti”

COOPRESENZA da compilare solo in caso di più specie differenti presenti in contemporanea nella stessa raffica.

ID della “specie 2” nella riga della “specie 1”

ID della “specie 1” nella riga della “specie 2”

In “CODICE” si indica per tutte le righe/specie lo stesso file

TOTALE INDIVIDUI (uomo+cane compreso) Es. 1uomo+1cane=2

ATTIVITA'

ent → entra nel video

esc → esce dal video

pst → passa davanti alla fototrappola senza fermarsi

end → il video termina con il soggetto ancora presente

mov → l'animale si muove

snf → l'animale annusa e ispeziona l'ambiente

rest → l'animale sta fermo

run → l'animale corre

fed → l'animale mangia

rot → l'animale scava (cinghiale)

fgt → interazione aggressiva

soc → interazione sociale (allattamento, gioco con piccoli, ecc.)

mark → marcatura generica (cinghiale, tasso)

flu → forward leg urination (lupo F, ma anche volpe)

rlu → raised leg urination (lupo M, ma anche volpe)

gsm → raspata (ground scratch mark)

scar → atteggiamento che indica paura (fuga improvvisa, posizione di difesa, ecc.)

voc → emissione di vocalizzi

def → defecazione (NON marcatura es. ungulati)

uri → urinazione (NON marcatura es. ungulati)

Nel caso di un unico individuo: Se si manifestano più attività le si separa con:

“xx-xx” → se un’attività si conclude e ne inizia un’altra

“xx,xx” → se le attività sono eseguite in contemporanea

Nel caso di più individui: Se si manifestano più attività le si separa con virgola:

“xxx,xxx,xxx”

3.4 LA PIATTAFORMA AGOUTI

Il secondo metodo di catalogazione delle immagini utilizzato in questo lavoro ha previsto l'utilizzo della piattaforma Agouti. Questa piattaforma digitale è stata creata per agevolare il lavoro di interpretazione delle immagini scattate da fototrappole, mediante l'impiego dell'intelligenza artificiale per il riconoscimento di specie animali e di scatti a vuoto. Essendo una piattaforma online è possibile far accedere al progetto creato anche persone esterne, le quali possono essere coinvolte con modalità differenti a seconda del ruolo che viene loro assegnato. Questo permette di usufruire di volontari interessati a prendere parte a progetti di ricerca e agevola perciò la *Citizen Science*.

Il programma consente di caricare immagini senza limitazioni in termini numerici, e di analizzarle immediatamente tramite l'ausilio dell'intelligenza artificiale, programmata per riconoscere gli "eventi", leggendo i metadati relativi alle immagini (data e ora). Gli eventi vengono, quindi, separati e registrati come uniche sequenze. È possibile, tramite questa piattaforma, far analizzare a priori le immagini in modo che questa riconosca quali scatti sono privi di qualsiasi presenza vivente e li annoti già come tali ("blank").

Una volta finita questa operazione il programma consente l'annotazione dei singoli eventi fototrappola permettendo di individuare manualmente la specie, il numero di individui, il sesso e il comportamento di questi.

Agouti offre anche la possibilità di aggiungere su una mappa le singole localizzazioni delle fototrappole, tramite l'inserimento delle coordinate secondo il sistema UTM. (Fig. 8)

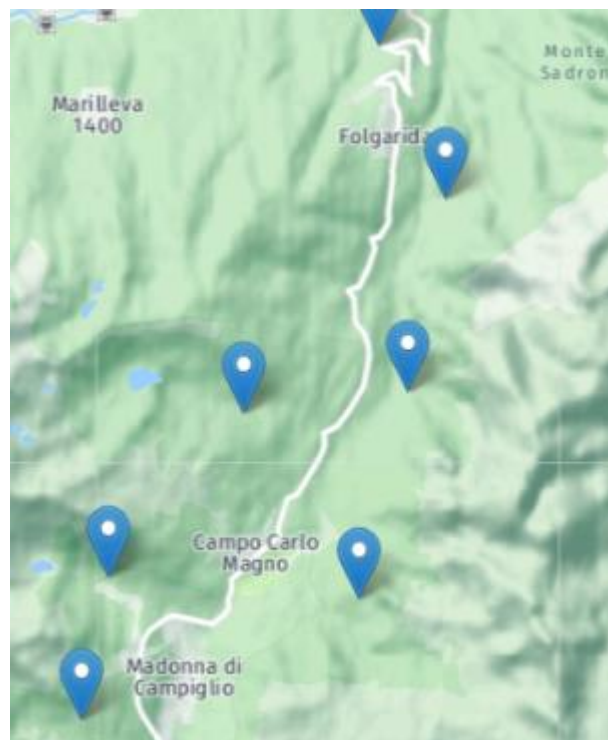


Fig. 8 - Geolocalizzazione dei punti in cui sono posizionate le fototrappole, interfaccia di Agouti (<https://www.agouti.eu/>).

Dopo aver annotato ogni singola sequenza, la piattaforma è in grado di restituire i dati raccolti sotto forma di tre file Excel denominati "deployments", "observations" e "media". Questi tre documenti contengono tutte le informazioni riguardanti i vari

campi utilizzati anche nel metodo di annotazione manuale, già precedentemente utilizzato per questo tipo di studio sulle fototrappole.

La piattaforma Agouti è stata utilizzata per analizzare i dati relativi al periodo autunnale, da settembre a dicembre 2023, per poi essere uniformati ai database Excel provenienti da compilazione manuale. È stato, quindi, caricato il materiale fotografico, previa annotazione e rimozione degli eventi contenenti persone, secondo la metodologia manuale.

Si è scelto di sperimentare l'impiego di questo strumento in quanto l'annotazione manuale presenta numerose controversie e difficoltà, tra cui errori dovuti al ripetitivo inserimento di date e orari, ma anche per velocizzare la fase di analisi dei dati.

3.5 ANALISI STATISTICA

In base ai dati raccolti dal monitoraggio, si è scelto innanzitutto di svolgere un'indagine esplorativa per capire se potessero essere effettuate analisi statistiche significative. Per fare questo è stato necessario suddividere gli eventi in due categorie: *day "D"* (con orario compreso tra la media dell'alba e quella del tramonto, calcolate mensilmente) e *night "N"* (con orari compresi tra la media mensile del tramonto e quella dell'alba) (LUCHERINI et al., 2009). Gli orari di alba e tramonto per ogni giorno sono stati ricavati da un apposito sito web (<https://dateandtime.info/it>), riferiti alla posizione del paese di Madonna di Campiglio, e poi modificati in modo da adattarli all'ora solare riportata delle fotografie registrate dalle fototrappole. Successivamente, le indagini sono state svolte tenendo conto del numero di passaggi di lupo e di volpe, confrontandoli in base a:

- Presenza o assenza di lupo ripreso dalle fototrappole;
- Entrambe le categorie giornaliere ("*D*" e "*N*");
- Le due stagioni di monitoraggio, escludendo il mese di dicembre e considerando – secondo gli standard meteorologici internazionali – giugno-luglio-agosto come estate e settembre-ottobre-novembre come autunno.

Le analisi si sono focalizzate sia sul lupo, sia su eventuali altri organismi (vertebrati) rilevati dalle fototrappole.

La significatività di eventuali differenze nel numero di passaggi registrati dalle fototrappole è stata valutata per mezzo di t-test o, a seconda, dell'analisi della varianza (ANOVA), valutando le difformità tra coppie di set di dati mediante il test di Tukey. Prima di procedere con i confronti è stato accertato che i valori rispettassero gli assunti di distribuzione normale e di omogeneità della varianza. In caso negativo, prima di proseguire ulteriormente, si è provveduto ad effettuare la trasformazione logaritmica dei dati. Nei casi in cui le trasformazioni apportate non hanno sortito gli effetti desiderati, si è fatto ricorso ad analisi statistiche non parametriche (ANOVA on Ranks, Mann-Whitney Rank Sum Test). Inoltre, è stata effettuata un'analisi statistica multivariata, il non-metric MultiDimensional Scaling (nMDS), basata sulla matrice di similarità di Bray-Curtis, ottenuta dalla matrice del numero di passaggi relativi a ciascuna fototrappola, preceduta, ove necessario, dalla trasformazione logaritmica dei dati. Il t-test e l'analisi della varianza (ANOVA) sono stati condotti utilizzando il pacchetto applicativo SigmaStat-SigmaPlot 9.0 (Systat software, California, USA). Il nMDS è stato effettuato utilizzando il software PRIMER 6.0 (PRIMER-E Ltd, Plymouth, U. K.; CLARKE e WARWICK, 2001; CLARKE e GORLEY, 2006).

4. RISULTATI E DISCUSSIONE

4.1 CONFRONTO TRA DATABASE

L'annotazione manuale delle informazioni derivanti dalle fototrappole presenta diverse difficoltà in fase di analisi dei dati, oltre ad essere un procedimento che richiede spesso una notevole quantità di tempo. Le problematiche principali riguardanti questa metodologia sono da attribuire agli errori commessi dagli operatori in fase di trascrizione dei dati, ma anche all'ingente numero di immagini contenute nel server dell'Ente Parco Naturale, derivanti anche solo da un anno di monitoraggio.

Queste complicazioni potrebbero essere sviate tramite l'impiego della piattaforma Agouti, la quale annullerebbe completamente gli errori dovuti alla compilazione manuale di date e orari, in quanto i metadati vengono inseriti automaticamente. Utilizzando la piattaforma sarebbe anche possibile alleggerire l'accumulo di materiale fotografico dal server e, soprattutto, renderebbe molto più veloce la procedura di annotazione grazie all'ausilio dell'intelligenza artificiale, la quale è in grado di riconoscere automaticamente le sequenze prive di passaggi faunistici.

In merito a quest'ultima funzione, si è verificato che l'intelligenza artificiale (*Generic human/blank model (MegaDetector) v5a*), creata per il riconoscimento delle immagini prive di animali, denominate '*blank*', commette svariati errori. Essa, infatti, attribuisce spesso l'annotazione '*blank*' a sequenze dove è riconoscibile all'occhio umano la presenza di una specie animale. Questo accade soprattutto nel caso in cui l'individuo, ripreso dalla fototrappola, stia passando ad elevata velocità, oppure sia di dimensioni ridotte; ma avviene anche in altre casistiche. L'errore rilevato, se presente in percentuale elevata, andrebbe ad influire in modo consistente sui dati raccolti, in quanto molti di questi, anche di grande rilevanza, potrebbero andare persi nel caso si utilizzi questa piattaforma.

Per queste ragioni si è proceduto col calcolo dell'errore commesso da questa funzionalità per studiarne meglio l'efficacia e valutare in modo più consapevole il suo impiego.

Il calcolo dell'errore è stato eseguito attraverso l'analisi dei database restituiti dalla piattaforma. Questi sono stati inizialmente scaricati, corretti manualmente in piattaforma e nuovamente scaricati.

Una volta uniti entrambi i database ed eliminate le annotazioni duplicate, ovvero quelle corrette presenti in entrambi i file, utilizzando la funzione *Power Query* di Microsoft Excel, è stato analizzato il numero di errori commessi dall'intelligenza artificiale, rispetto al totale di sequenze '*blank*', riferite al primo scarico di dati.

L'obiettivo dell'analisi è stato quello di indagare se l'errore presente fosse correlato a particolari fattori riguardanti le immagini restituite dalle fototrappole; a questo scopo è stata calcolata la percentuale di errore per ognuno dei seguenti campi:

- per ognuna delle 8 fototrappole;
- a seconda del mese (settembre, ottobre, novembre, dicembre);
- per le ore diurne e per quelle notturne;
- a seconda della dimensione dell'animale non identificato.

Tenendo conto di questi fattori è stato calcolato l'errore percentuale sul totale di immagini '*blank*', utilizzando la formula:

$$errore\% = \frac{N \text{ errori } AI}{tot \text{ 'blank' } AI} * 100$$

Dove:

- "*N errori AI*" è il numero di errori commessi dall'intelligenza artificiale sulle immagini segnate '*blank*'
- "*Tot 'blank' AI*" è il totale di annotazioni di tipo '*blank*' identificate dall'intelligenza artificiale.

Da questo calcolo si evince un errore del 25,51 % sul totale di immagini riconosciute come '*blank*' dal modello di intelligenza artificiale (Tab. 7).

Tab. 7 – Calcolo dell'errore percentuale sul totale di immagini scattate a vuoto. AI: Artificial Intelligence

	N. immagini	Percentuale
Tot. Immagini a vuoto segnate dall' AI	635	100%
N. errori commessi dall'AI	162	25,51%

Considerando separatamente le 8 fototrappole e il numero di errori commessi per ognuna di esse, è stato ottenuto un errore variabile tra lo 0,00% e il 91,11% (Fig. 9), tenendo conto del fatto che le sessioni di fototrappolaggio sono diverse, in termini di numero di giorni, per le 8 fototrappole e che il numero di immagini caricate non è costante per tutte queste (Tab. 8).

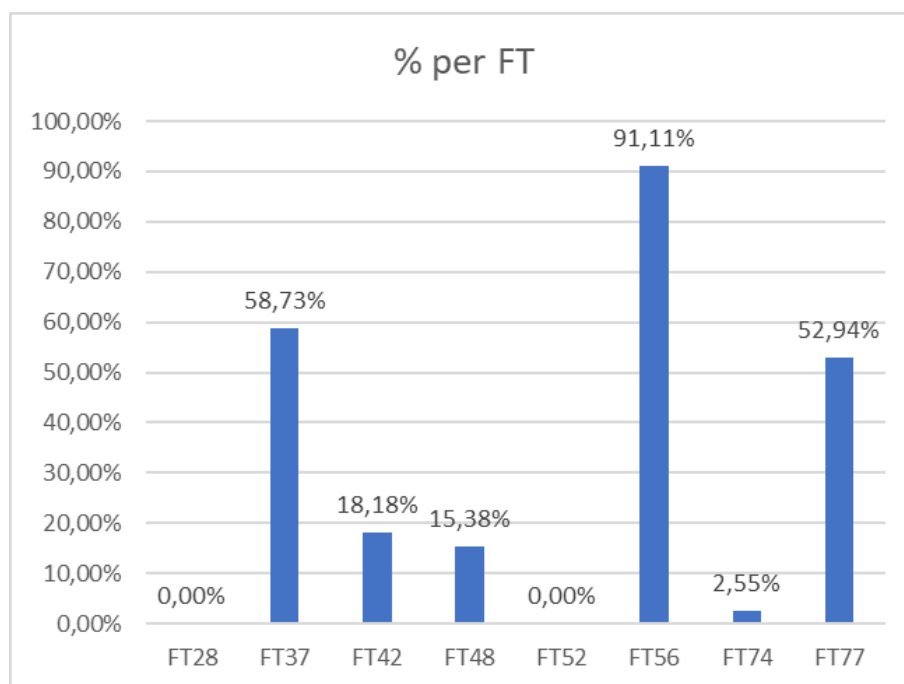


Fig. 9 – Errore percentuale riferito a ciascuna delle 8 fototrappole utilizzate nello studio paragonato all'errore totale.

Tab. 8 – Numero di sequenze per ogni cartella di immagini caricata nella piattaforma Agouti rispetto all’ammontare di scatti effettivamente presenti per ciascuna delle 8 fototrappole utilizzate nello studio.

Codice fototrappola	Data di download	Numero di foto	Numero di sequenze
FT28	4dic2023	12	3
	14dic2023	42	5
FT48	6nov2023	45	12
	30nov2023	23	7
FT52	13ott2023	126	21
	16nov2023	192	26
	5dic2023	276	24
FT56	6ott2023	570	73
	23nov2023	531	86
	11dic2023	210	26
FT37	13ott2023	402	52
	13nov2023	396	49
	5dic2023	165	27
FT42	10ott2023	1065	198
	22nov2023	1152	89
	6dic2023	156	25
FT74	25ott2023	141	54
	16nov2023	360	80
	29nov2023	2842	246
	19dic2023	757	114
FT77	9ott2023	963	84
	22nov2023	1458	117
	6dic2023	315	19

L’errore è stato valutato successivamente a seconda del periodo di scatto, suddividendo l’analisi in base ai mesi tra settembre e dicembre 2023 (Fig. 10), per i quali è stata effettuata l’annotazione con l’ausilio della piattaforma. A seconda dei risultati ottenuti, il mese in cui viene riscontrato il maggior numero di errori da parte dell’intelligenza artificiale, è quello di ottobre con una percentuale del 69,57%, con differenza molto abbondante rispetto a dicembre, mese in cui la percentuale di errore è minima (5,81 %).

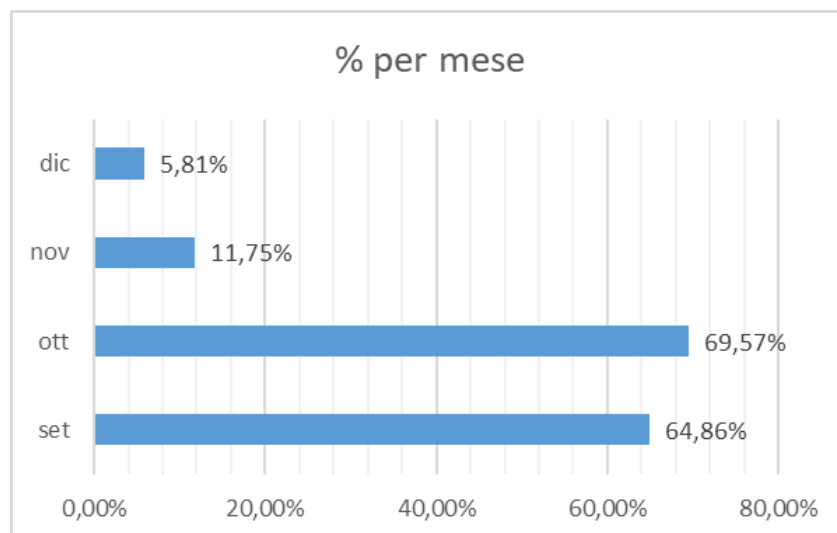


Fig. 10 – Errore percentuale riscontrato in riferimento alle immagini registrate tra settembre e dicembre 2023.

A livello giornaliero, l'errore è stato calcolato considerando le ore di luce, che intercorrono tra le fasce orarie dell'alba e del tramonto, e le ore di buio, tenendo in considerazione il periodo tra il tramonto e l'alba, per ogni mese d'indagine. Sommando, poi, gli errori per l'uno e l'altro periodo di ogni mese, è stata riscontrata una percentuale di errore del 47,34% nelle ore notturne e del 17,60% in quelle diurne (Fig. 11).

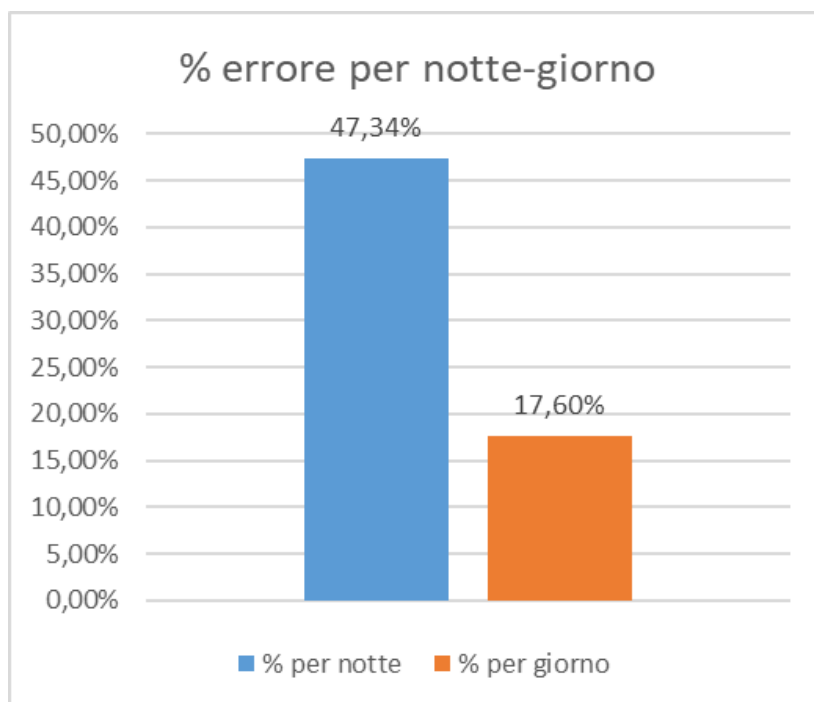


Fig. 11 – Errore percentuale rilevato tra le immagini registrate nelle ore notturne rispetto a quelle diurne.

L'ultimo fattore considerato per la valutazione dell'errore della piattaforma è la dimensione degli individui non riconosciuti dal modello digitale. Sono state, così, suddivise le specie a seconda del loro peso, in modo da avere una ripartizione equa in tre livelli dimensionali, a cui si aggiunge la voce "unknown", ovvero individui animali di cui non è possibile una classificazione più specifica, in quanto non totalmente visibili negli scatti. Da quest'ultima analisi si evince che il modello "Generic human/blank model (MegaDetector) v5a" commette errori molto frequenti in presenza di specie di dimensioni inferiori a 1 kg (Fig. 12).

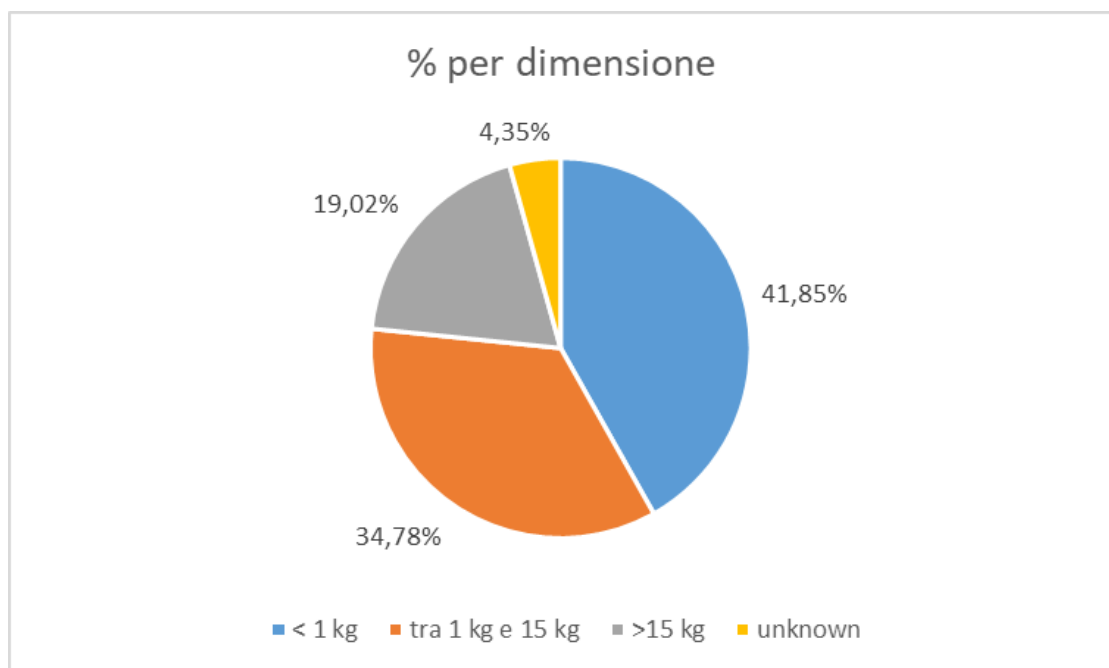


Fig. 12 – Suddivisione dell'errore percentuale in relazione alle dimensioni delle specie non identificate dalla piattaforma Agouti.

Molti studi, riguardanti le metodologie di analisi di dati da fototrappole, hanno evidenziato l'importanza di sviluppare delle piattaforme per agevolare il lavoro di riconoscimento e interpretazione delle immagini restituite (BRADLEY et al., 2022; SCOTSON et al., 2017). Questi strumenti permettono, infatti, di velocizzare il procedimento e avvalersi della *Citizen Science* come supporto a studi scientifici in merito alla fauna.

Lo studio di Green et al. (2020) sottolinea che l'intelligenza artificiale, applicata a questa tipologia di studi, deve essere allenata per poter dare risultati più attendibili nell'identificazione delle specie animali, attraverso il sistema di "*Deep Learning*". Vari studi sono stati in grado di attestare oltre il 90% di precisione, da parte dell'intelligenza artificiale, in presenza di una grande quantità di dati. Tuttavia, per gli studi con piccoli set di dati, la precisione può diminuire significativamente. Anche quando l'accuratezza è elevata, è ancora presente un problema di generalità dove un modello ha prestazioni peggiori su dati per cui non è stato specificamente addestrato (GIORDANO et al. 2020).

Le indagini in merito alla precisione dell'intelligenza artificiale, utilizzata su queste piattaforme, sono tuttavia molto poche. Tra questi i lavori di Vélez et al. (2022) e di Beery et al. (2019) si concentrano sul modello utilizzato anche in questo studio, ovvero "*MegaDetector*". I risultati di queste due analisi riportano che il modello, creato per classificare le immagini utilizzando categorie più ampie (ad esempio, "vuoto" o "animale"), ha una precisione tra il 95% e il 98% nel riconoscere la presenza di animali; anche se, come riportano gli autori, è ancora presente l'esigenza di effettuare un controllo sulle immagini analizzate dal modello.

In base all'errore emerso dai risultati di questa analisi, si può supporre, considerando anche i precedenti studi in merito, che il modello utilizzato per l'identificazione di immagini scattate a vuoto, non sia ancora abbastanza sviluppato per effettuare questa tipologia di annotazioni e perciò, per poter valutare un utilizzo futuro di questa piattaforma da parte dell'Ente, sono necessarie ulteriori indagini in merito ai rischi di perdita di una percentuale dei dati disponibili.

Si evidenzia che i dati utilizzati per l'analisi statistica che segue, sono stati corretti manualmente e perciò privi dell'errore appena descritto, per poter avere risultati più attendibili.

4.2 RELAZIONI TRA LUPO E MESOCARNIVORI

Nel corso di 188 giorni di campionamento, corrispondenti ai sette mesi di fototrappolaggio, sono state ottenute un totale di 1956 osservazioni di animali selvatici. Confrontando il numero di passaggi di lupi e volpi nelle fototrappole (Fig. 13) non si sono trovate differenze statisticamente significative tra le due specie. Sono stati effettuati altri studi in merito a questa tipologia di interazioni interspecifiche tra carnivori. Tuttavia, pochi di questi si concentrano sull'arco alpino, ad esempio, lo studio effettuato all'interno del Parco Nazionale del Gran Paradiso (BASSANO et al., 2022); mentre gli altri riguardano principalmente zone italiane mediterranee, come in Liguria (TORRETTA et al., 2016) e nel Parco Regionale della Maremma (ROSSA et al., 2021) o in zone europee sud-occidentali (MONTERROSO et al., 2014); i quali hanno constatato che la presenza del lupo è significativa per gli spostamenti della volpe.

Come riportato negli studi di Bassano et al. (2022) e di Rossa et al. (2021), essi hanno uguali ritmi di attività; questo perché alla volpe sembra essere conveniente seguire l'attività e i movimenti del grande carnivoro. Secondo altri studi, ciò accade specialmente in condizioni di alto stress, ad esempio nelle stagioni più fredde, durante le quali i grandi predatori facilitano indirettamente altre specie di mesocarnivori (PRUGH and SIVY, 2020). In questo lavoro di tesi, a causa della scarsità di dati a disposizione, non sono state rilevate relazioni di questo tipo tra le due specie di carnivori. Per comprendere se quanto accertato dagli studi citati sopra stia succedendo anche nell'area del Parco Naturale Adamello Brenta, sarebbe opportuno effettuare uno studio in merito utilizzando i dati relativi all'intero anno di monitoraggio, molto più consistenti in termini di numero anche solo per il lupo (Tab. 9).

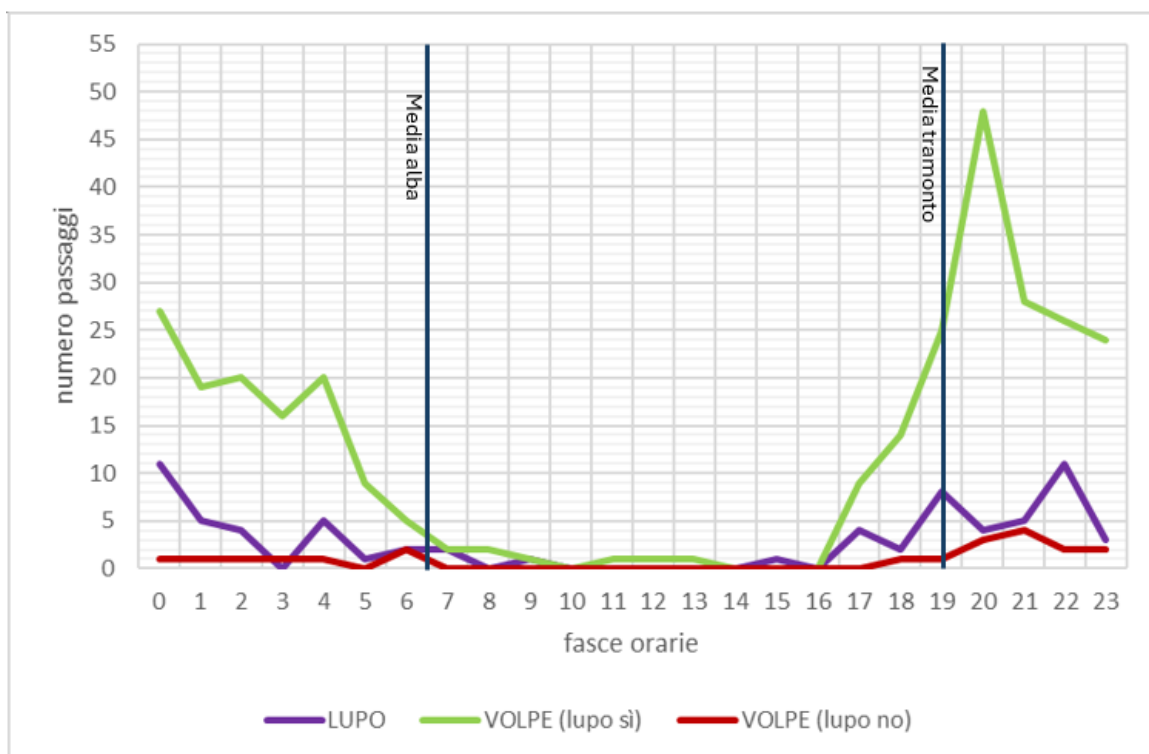


Fig. 13 – Attività del lupo e della volpe nel corso delle fasce orarie giornaliere, riportata come numero di passaggi.

Tab. 9 – Tabella contenente il numero di passaggi di **lupo** rilevati da 4 fototrappole durante l'intero periodo di campionamento (settembre 2022-dicembre 2023) confrontati con quelli rilevati nel periodo preso in considerazione nelle nostre analisi (giugno-dicembre 2023).

Codice Fototrappola	Passaggi tra giugno e dicembre 2023	Passaggi da settembre 2022 a dicembre 2023
FT 37	22	34
FT42	10	14
FT74	18	23
FT77	19	25

Altri test relativi al numero di passaggi di lupo, hanno evidenziato che questa specie è più attiva nelle ore notturne rispetto che a quelle diurne, questo sia considerando esclusivamente la stagione autunnale (t-test, $p < 0,001$), sia per entrambe le stagioni assieme, estate e autunno (t-test, $p < 0,001$) (Fig. 14). Uno studio effettuato in Minnesota ha rilevato, come in questo caso, che i lupi sono più attivi durante la notte e nelle ore del crepuscolo, durante le quali svolgono le attività di caccia al cervo e agli

alci (CHAVEZ and GESE 2006). Altri studi, effettuati in Polonia orientale, hanno, invece, dato prova di una maggiore operatività durante le ore dell'alba e del tramonto (EGGERMANN et al., 2009). Questi risultati accreditano il fatto che il lupo dimostra *pattern* di attività distinti, ma i suoi movimenti sono molto flessibili ed è capace di adattarsi alle diverse condizioni ambientali (FANCY and BALLARD, 1995).

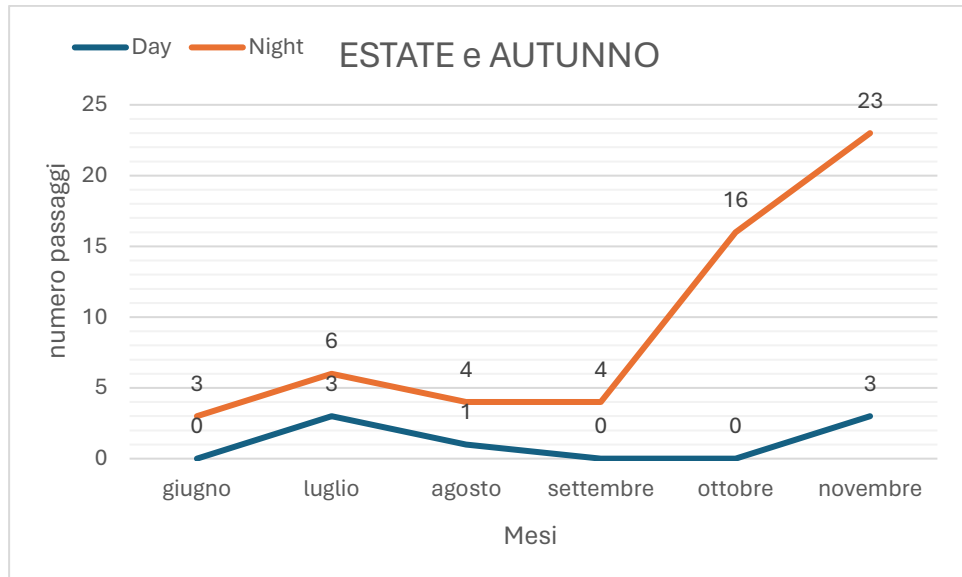


Fig. 14 – Nel grafico viene riportato l’andamento del numero di passaggi di **lupo** durante i mesi estivi e autunnali, mettendo in relazione le due categorie giornaliere: giorno (*Day*) e notte (*Night*).

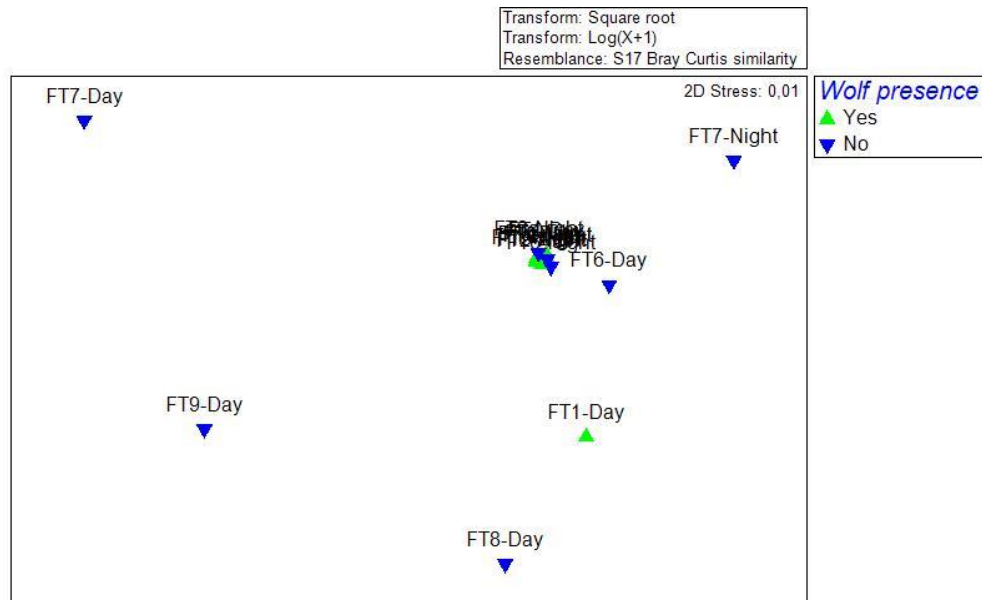


Fig. 15 – Risultati delle analisi tramite nMDS in base alla presenza di **lupo**.

Per quanto riguarda la specie *Vulpes vulpes*, è stata trovata una differenza tra il numero di passaggi rilevati nelle fototrappole “LUPO SI” e quelli in “LUPO NO”. In generale, considerando insieme giorno e notte per tutto il periodo di monitoraggio, sono presenti più individui nelle zone dove sono posizionati i dispositivi con presenza di lupo piuttosto che in quelli dove esso non è stato ripreso (t-test, $p < 0,05$). Questo risultato potrebbe appurare quanto riportato negli studi di Bassano et al. (2022) e di Rossa et al. (2021), anche se dalle analisi statistiche effettuate tra lupo e volpe non sono evidenti rapporti di questo tipo.

Il secondo fattore considerato per questa specie è stata la stagionalità. Sono state trovate alcune difformità prendendo in considerazione le due stagioni distintamente, l'estate e l'autunno. I primi risultati scaturiti da queste analisi evidenziano nel complesso una netta separazione tra i passaggi di volpe nelle fototrappole “LUPO SI” e quelli in “LUPO NO” (t-test, $p < 0,05$); mentre, andando nello specifico delle singole stagioni, sia in estate che in autunno evidenti differenze si riscontrano tra i diversi momenti della giornata, più consistenti di notte piuttosto che di giorno (ANOVA, $p < 0,05$). Le analisi si sono mostrate significative anche tra le ore notturne autunnali nei dispositivi ‘LUPO SI’ rispetto alle ore diurne estive sia in presenza che in assenza di lupo (ANOVA, $p < 0,001$).

Secondo queste prime evidenze e in base ad altri studi effettuati in merito (CARVALHO et al., 2016), si può supporre che la volpe, in quanto carnivoro, sia influenzata dalla presenza di sentieri e strade forestali nella scelta dell'habitat; questo è quanto accade anche per il lupo, il quale tende a selezionare strade che favoriscono una combinazione ottimale tra: sicurezza, qualità dell'habitat ed efficienza energetica (DUKE et al., 2001). È possibile anche ipotizzare, a seconda dei risultati ottenuti e considerando la collocazione delle fototrappole su versanti opposti, che questa distribuzione possa essere condizionata ulteriormente dalla diversa esposizione alla luce e alla temperatura. Non è stato, però, possibile analizzare questo fattore più attentamente; perciò, tale fattore andrebbe ulteriormente indagato.

Un altro fattore valutato nelle analisi è stata la suddivisione dei passaggi di volpe a seconda delle due categorie giornaliere, sempre considerando la stagionalità. Da queste analisi è stato riscontrato che in autunno i movimenti sono più consistenti di notte piuttosto che durante il giorno (t-test, $p < 0,001$) e che, sempre nello stesso

periodo, essi sono maggiori nelle le fototrappole “*LUPO SI*” che in quelle “*LUPO NO*”, sia nelle ore diurne che in quelle notturne (t-test, $p < 0,001$) (Fig. 16-17).

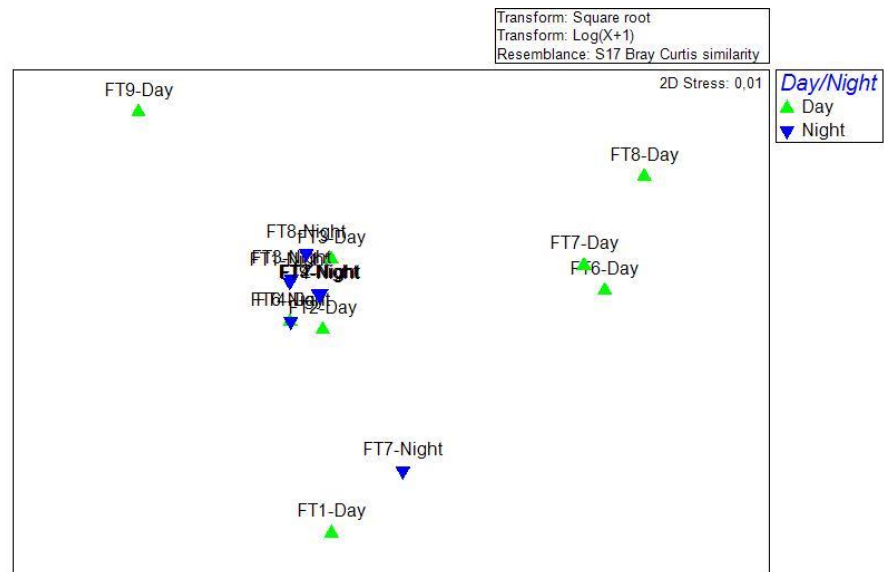


Fig. 16 – Risultati delle analisi tramite nMDS in base alla presenza di **volpe** nelle ore diurne e notturne.

Prendendo in considerazione esclusivamente i mesi estivi, si evince che il numero di passaggi di volpe nelle fototrappole “*LUPO SI*” è maggiore di notte rispetto che di giorno (ANOVA, $p < 0,05$).

Le uniche differenze trovate rispetto alle due stagioni considerate assieme, sono state tra le due categorie diverse di fototrappole, per le quali la volpe sembra, ancora una volta, favorire quelle in presenza di lupo (t-test, $p < 0,005$) (Fig. 18); ma anche per le due categorie giornaliere. Infatti, è stato constatato che la specie in esame preferisce, similmente al lupo, le ore notturne piuttosto che quelle diurne, sia per i dispositivi “*LUPO SI*” (t-test, $p < 0,001$), sia per quelli “*LUPO NO*” (t-test, $p < 0,05$) (Fig. 19). Lo stesso risultato si deduce dalle indagini effettuate in seguito all’unione dei dati relativi ad entrambe le categorie di fototrappole (t-test, $p < 0,001$) (Fig. 20).

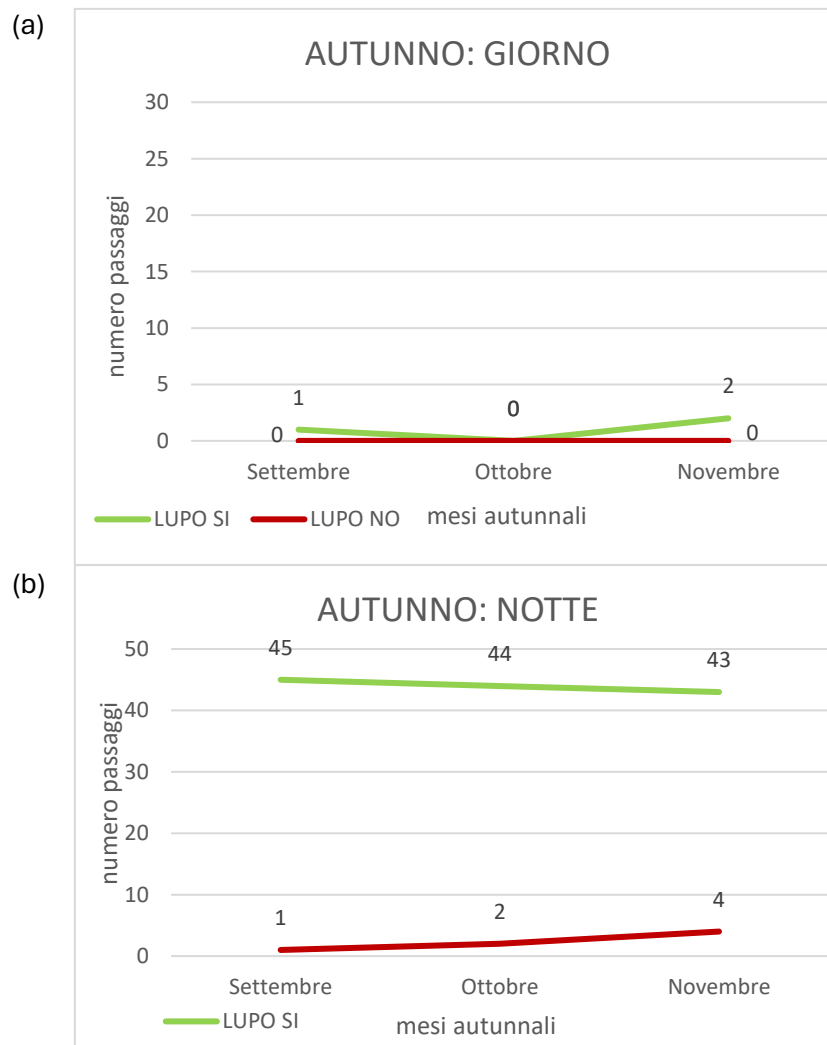


Fig. 17 – Rappresentazione grafica dell’andamento dei passaggi di **volpe** durante le ore diurne (a) e notturne (b) nei mesi autunnali per le fototrappole “*LUPO SI*” rispetto a quelle “*LUPO NO*”.

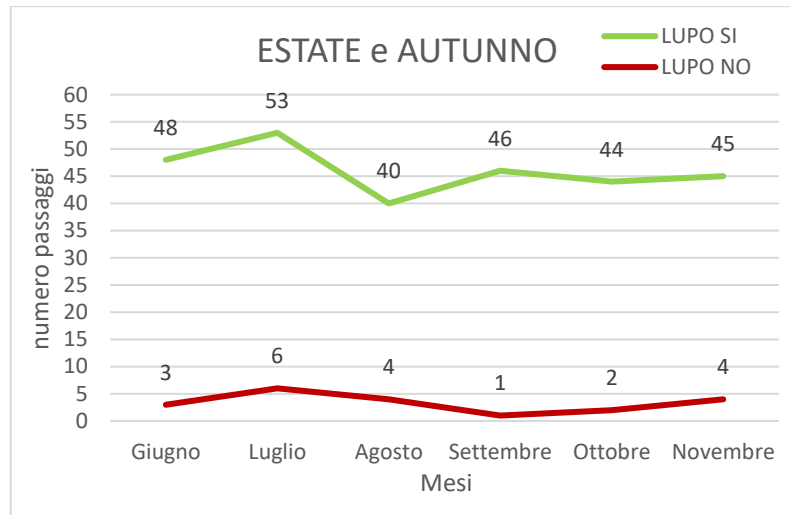


Fig. 18 – Passaggi di **volpe** rilevati dalle “LUPO SI” e in “LUPO NO” nel corso dei mesi di indagine.

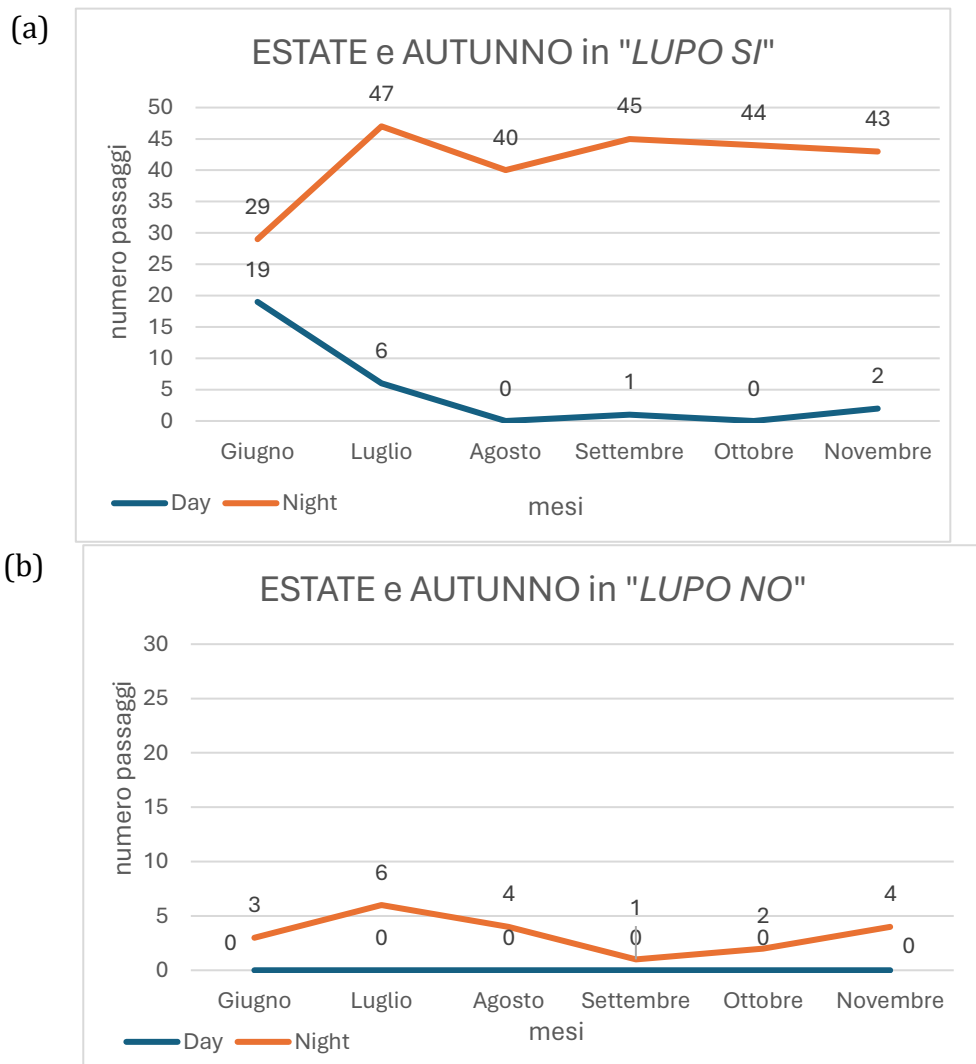


Fig. 19 – Numero complessivo di passaggi di **volpe** rilevati dalle fototrappole “LUPO SI” (a) e “LUPO NO” (b) durante le ore diurne e notturne, nel corso dei mesi di indagine.

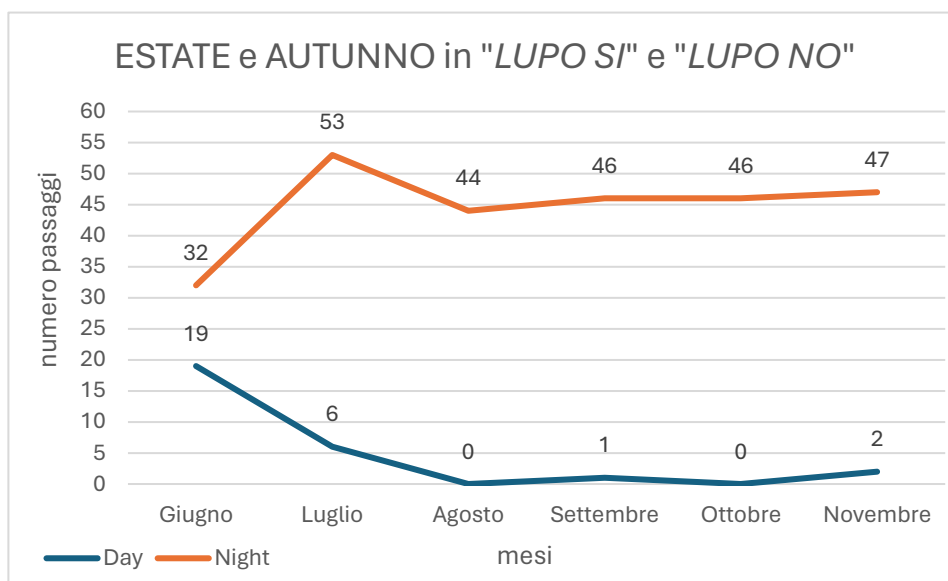


Fig. 20 - Numero complessivo di passaggi di volpe durante le ore diurne e notturne, nel corso dei mesi di indagine.

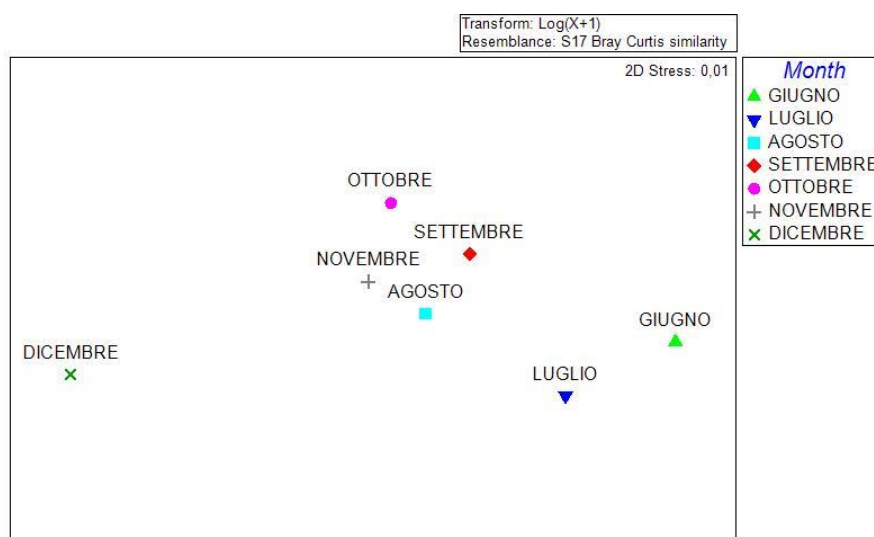


Fig. 21 - Plot derivante dall'analisi nMDS relativo alla presenza di **volpe** durante i mesi di monitoraggio.

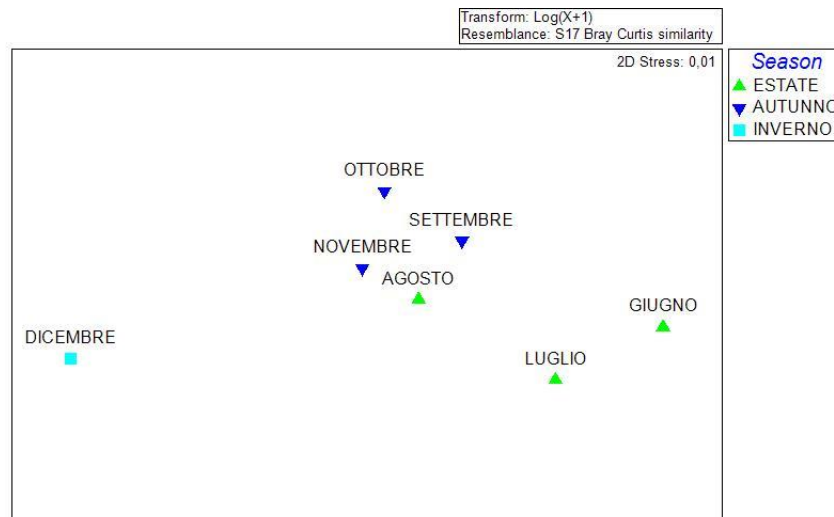


Fig. 22 – Risultati delle analisi tramite nMDS in base alla presenza di **volpe** durante le due stagioni considerate nello studio.

Ulteriori studi hanno cercato di analizzare l'influenza del lupo su altri mesocarnivori e sulle principali prede (TORRETTA et al., 2016; MONTERROSO et al., 2014), trovando risultati differenti tra loro ed esortando ad eseguire analisi più approfondite in merito. Purtroppo, la scarsità di dati a disposizione non ha permesso di approfondire il rapporto esistente in quest'area tra i mesocarnivori presenti (martora, faina, tasso) e le prede predilette da lupo e volpe in modo accurato. Utilizzando la totalità di dati del progetto, sarebbe interessante approfondire questi aspetti per poter comprendere meglio come il ruolo del lupo influisca sulle altre specie presenti che condividono lo stesso habitat. Nelle tabelle sottostanti (Tab. 10 e Tab. 11) viene riportato il numero di passaggi di carnivori e relative prede ripresi dalle fototrappole nei sette mesi considerati.

Tab. 10 – Numero di passaggi delle specie di carnivori e relative prede, ripresi dalle fototrappole 'LUPO NO'.

	FT28	FT48	FT52	FT56
VOLPE	2	0	3	15
FAINA/MARTORA	1	0	3	8
TASSO	0	0	1	1
CERVO	10	8	8	16
CAPRIOLO	52	48	47	38
CAMOSCIO	0	0	0	0
UNGULATO	0	1	0	3
LEPRE COMUNE	10	0	0	114
LEPRE VARIABILE	1	1	0	1

Tab. 11 – Numero di passaggi delle specie di carnivori e relative prede, ripresi dalle fototrappole 'LUPO SI'.

	FT37	FT42	FT74	FT77
LUPO	22	10	18	19
VOLPE	11	191	42	54
FAINA/MARTORA	0	6	0	30
TASSO	0	25	0	3
CERVO	45	66	31	253
CAPRIOLO	13	12	20	17
CAMOSCIO	0	0	3	6
LEPRE COMUNE	26	20	0	8
LEPRE VARIABILE	0	0	0	0

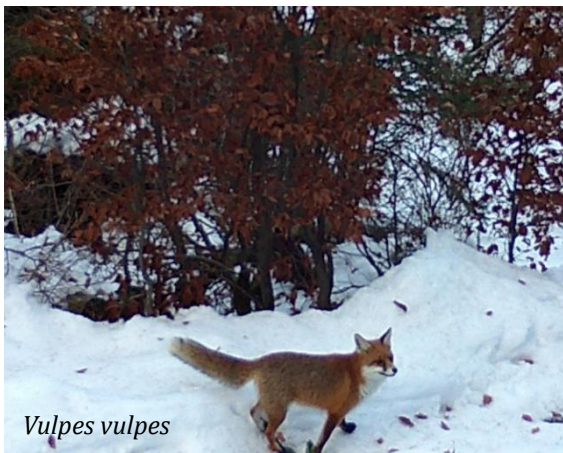


Fig. 23 – Immagini di carnivori ripresi durante il monitoraggio mediante fototrappole.



Fig. 24 - Immagini da fototrappola di alcuni mammiferi ripresi mediante fototrappola durante il monitoraggio.

Essendo la Val Rendena meta di grande turismo, l'influenza umana nell'area è molto abbondante, soprattutto nei mesi estivi. Anche questo fattore potrebbe incidere in modo significativo sulla presenza e sui movimenti della fauna, specialmente su specie elusive come il lupo e altri carnivori. Anche in questo caso sono state effettuate indagini generiche prendendo in considerazione la presenza dell'uomo tra le fototrappole "LUPO SI" e quelle "LUPO NO" (Fig. 24). La presenza di strade e sentieri ripresi dalla prima categoria di dispositivi, permette di comprendere i risultati ottenuti, con numeri molto più abbondanti in queste piuttosto che nelle fototrappole in assenza di lupi (t-test, $p < 0,05$).

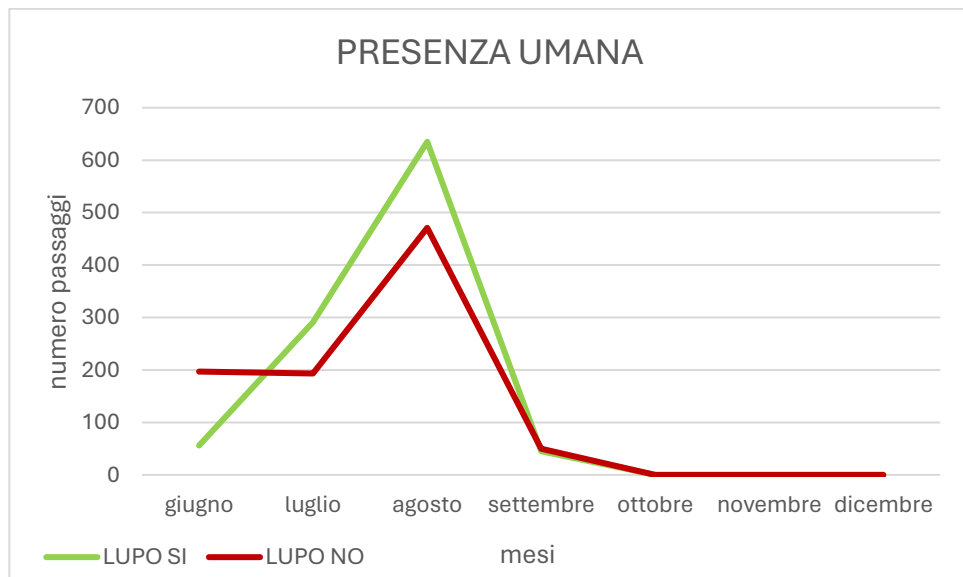


Fig. 24 - Rappresentazione grafica del numero di passaggi umani rilevati nel corso dei mesi di monitoraggio, con distinzione tra quelle "LUPO SI" e i rispettivi dispositivi di controllo "LUPO NO".

5. CONCLUSIONI

La sperimentazione di Agouti ha consentito di evidenziare che si tratta di prodotto risultati inaspettati: è una piattaforma molto efficiente e pratica, che agevola il lavoro di interpretazione delle immagini restituite dal fototrappolaggio. Essa potrebbe risultare utile anche nell'eventuale coinvolgimento di *Citizen Scienze* in progetti scientifici come i monitoraggi della fauna da parte dell'Ente Parco Naturale Adamello Brenta. Ciononostante, le funzionalità legate all'intelligenza artificiale disponibili su questa piattaforma, presentano ad oggi un livello di errore elevato. Pertanto, la sperimentazione da me effettuata può rappresentare uno stimolo a migliorare l'operatività della piattaforma in termini di riconoscimento della presenza-assenza di animali nel materiale fotografico analizzato.

Per quanto riguarda le relazioni tra le specie di carnivori, in particolare tra lupo e volpe, non sono state riscontrate differenze significative nonostante si possano ipotizzare correlazioni tra la presenza di uno e dell'altra, scaturite dalle indagini successive riguardo ai passaggi di volpe; sicuramente l'argomento necessita di ulteriori approfondimenti che mirino a meglio comprendere come la spontanea ricomparsa del lupo stia influenzando sulle altre specie presenti nell'area studiata. Si rimanda, dunque, a studi più approfonditi in merito, che prendano in considerazione i dati raccolti nel corso dell'intero periodo di monitoraggio, ovvero da settembre 2022 a dicembre 2023.

Relativamente alla volpe, dalle analisi effettuate si evince una preferenza in termini di habitat con presenza di sentieri o strade forestali, che le permettono di ottenere una combinazione ottimale tra: sicurezza, qualità dell'habitat ed efficienza energetica, ed una preferenza ad essere attiva nelle ore notturne. Queste ultime considerazioni riguardano anche i lupi osservati: le due specie sembrerebbero occupare gli stessi ambienti e le stesse fasce orarie di attività.

Sarebbe opportuno, in termini di studi futuri, tenere in considerazione altri fattori che potrebbero essere molto rilevanti nella distribuzione di queste specie di carnivori. Tra questi, ad esempio, l'esposizione al sole e l'acclività dei versanti, la temperatura, la presenza di prede e l'influenza antropica, piuttosto consistente nell'area studiata.

6. RINGRAZIAMENTI

Vorrei innanzitutto ringraziare tutte le persone che ho incontrato al Parco Naturale Adamello Brenta, perché ho trovato grande accoglienza e disponibilità; in particolare ringrazio Andrea Mustoni, Marco Armanini e Roberta Chirichella che hanno reso possibile la stesura di questa tesi.

Ringrazio vivamente il professor Matteo Dal Zotto, il quale si è dimostrato da subito molto interessato a questo studio e ha supportato il lavoro di tesi.

Un ringraziamento speciale è dedicato a tutti coloro che mi hanno accompagnato nel mio percorso e che ancora mi sostengono nei momenti di serenità e in quelli più ardui della vita. Ringrazio tutti i miei amici, in particolare Sara ed Elisa che sono tuttora partecipi delle mie sventure e pazzie; ringrazio di cuore gli amici e compagni di università che hanno condiviso con me questo pezzo di vita. Tra questi rivolgo un ringraziamento speciale alla Rebbi, socia di studio al solito bar e amica di hobby antistress.

Vorrei ringraziare anche coloro che, crescendo assieme a me durante il lungo percorso scout, mi hanno aiutata a diventare quella che sono oggi e che ancora mi stanno a fianco e mi insegnano tanto della vita; nonché dei valori che porto con me e che provo a trasmettere nel mio percorso da capo scout.

Ringrazio anche Nicola che mi appoggia nelle scelte della vita, lasciandomi la libertà di essere me stessa anche se questo significa sacrificare il tempo da passare insieme.

Ringrazio di cuore tutta la mia famiglia. Specialmente mia mamma, che mi ha sempre indicato il sentiero giusto da percorrere, e mio papà, a cui devo la mia passione per la montagna e tutto ciò che essa ha da offrire, senza il quale probabilmente non avrei scelto di intraprendere questa facoltà.

In ultimo ringrazio i miei fratelli: due che camminano assieme a me quaggiù e una che mi guida e mi accompagna da lassù.

7. BIBLIOGRAFIA

AA.VV. (1973). *L'ambiente naturale e umano dei parchi del trentino*. Ed. Manfrini, Caliano (TN).

ABELLI L., BERNARDINI G., BOVOLIN P., CAPRIGLIONE T., CAPUTO BARUCCHI V., CASTIGLIA R., FENOGLIO C., FERRI D., FERRITO V., GUARINO F. M., NEGRISOLO E., PATARNELLO T., ROCCHERI M. C., ROCCO L., SCILLITANI G., SOLA L., STRIGO V. (2016). Anatomia comparata. *Edi.Erms*, Milano: 102-108.

ALOISE G., AMORI G., ANCILLOTTO L., ANGELICI F. M., BERTOLINO S., CAPIZZI D., CASTIGLIA R., COLANGELO P., CONTOLI L., COZZI B., FONTANETO D., LAPINI, L., LOY A., MAIO N., MONACO A., MORI E., NAPPI A., PODESTA M., RUSSO D., SARA M., SCANDURA M. (2019). Mammals of Italy: An annotated checklist. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy* 2: 87-106.

ASSOCIAZIONE TERIOLOGICA ITALIANA ONLUS. Checklist mammiferi: <https://www.mammiferi.org/specie/> (consultato il 16 marzo 2024).

BALESTRIERI A., CAVADA L., PRIGIONI C., REMONTI L. (2008). Differential use of food and habitat by sympatric carnivores in the eastern Italian Alps. *Italian Journal of Zoology* 75: 2, 173-184.

BASSANO B., BERARDI B., BOLOGNA M. A. (2022). Ungulates and mesocarnivores temporal responses to wolf exposure: a case study on the ecology of fear in Gran Paradiso National Park. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy* 33: 187-192.

BEERY S., MORRIS D., YANG S. (2019). Efficient Pipeline for Camera Trap Image Review. *ArXiv*.

BOITANI L., CIUCCI P. (1998). Il lupo: elementi di biologia, gestione e ricerca. *Istituto nazionale per la fauna selvatica "Alessandro Ghigi"*, Documenti Tecnici 23, Ozzano dell'Emilia (BO): 7-21.

BON M., DE BATTISTI R., MEZZAVILLA E., PAOLUCCI P., VERNIER E. (Eds.) (1995). Atlante dei Mammiferi del Veneto. *Lavori Soc, V en. Sc. Nat., suppl, al vol. 21*: 89-100.

BRADLEY S., COKILL J., GREEN S. E., HILL R. A., HSING P. Y., SMITH G. C., KENT V. T., MASON S. S., REES J., STEPHENS P. A., WHITTINGHAM M. J., MammalWeb citizen scientists (2022). Large-scale mammal monitoring: The potential of a citizen science camera-trapping project in the United Kingdom. *Ecological Solutions and Evidence* 3.

BREITENMOSER U. (1998). Large predators in the Alps: The fall and rise of man's competitors, *Biological Conservation* 83: 279-289.

BURGIN C. J., COLELLA J. P., KAHN P. L., UPHAM N. S. (2018). How many species of mammals are there?. *Journal of Mammalogy* 99: 1-14.

BUSCAINI G., CASTIGLIONI E. (1977). Dolomiti di Brenta. *Club Alpino Italiano e Touring Club Italiano*, Milano.

CALDONAZZI M., DEFLORIAN M. C., PEDRINI P., ZANGHELLINI S. (2018). Atlante dei Mammiferi della provincia di Trento. *MUSE, Museo delle Scienze di Trento*: 229-254.

CARVALHO F., CARVALHO R., MIRA A. et al. (2016). Assessing landscape functional connectivity in a forest carnivore using path selection functions. *Landscape Ecol* 31: 1021-1036.

CHAVEZ A.S. and GESE E.M. (2006), Landscape Use and Movements of Wolves in Relation to Livestock in a Wildland-Agriculture Matrix. *The Journal of Wildlife Management* 70: 1079-1086.

CLARKE K. R., WARWICK R. M. (2001). Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. *Primer-E*, 2nd edition, Plymouth, UK.

CLARKE K. R., GORLEY R. N. 2006. PRIMER v.6: User Manual/Tutorial. *Primer-E*, Plymouth, UK.

DONINI V. (2019). Selezione dell'habitat e ritmi di attività di una popolazione di cervo (*Cervus elaphus l.*) nel Parco Nazionale dello Stelvio. Università degli studi di Parma, *Tesi di Laurea Magistrale in Ecologia e Conservazione della Natura*, A. A. 2018/2019.

DUKE D.L., HEBBLEWHITE M., PAQUET P. C., CALLAGHAN C., PERCY M. (2001). Restoring a large carnivore corridor in Banf National Park. *Large mammal restoration: ecological and social challenges in the 21st century*: 261–75.

EGGERMANN J., GULA R., PIRGA B., THEUERKAUF J., TSUNODA H., BRZEZOWSKA B., ... & RADLER, S. (2009). Daily and seasonal variation in wolf activity in the Bieszczady Mountains, SE Poland. *Mammalian Biology* 74, 159-163.

EISENBERG J. F., GITTLEMAN J. L. (Eds.) (1989). An Introduction to the Carnivora. *Carnivore Behavior, Ecology, and Evolution*, Springer, Boston, MA.

FANCY S. G., BALLARD W. B. (1995). Monitoring wolf activity by satellite. Ecology and conservation of wolves in a changing world. *Occasional Publication* 35: 329-333.

FEDEROFF N. E. B. NOWAK R. M. (2002). "The systematic status of the Italian wolf *Canis lupus*." *Acta Theriologica* 47(3):333-338.

FERNANDEZ-MORAN J., KOLLIAS G. V. (2015). Mustelidae. *Fowler's Zoo and Wild Animal Medicine* 8: 476–491.

GADBOIS S. (2002). The socioendocrinology of aggression-mediated stress in timber wolf (*Canis lupus*). *Ph. D. Dissertation*, Dalhousie University, Halifax, NS.

GILMOZZI M. (2018). Aree protette del Trentino. *Speciale della rivista "Terra Trentina"*: 5-9.

GOMPPER M. E., ROEMER G. W., VAN VALKENBURGH B. (2009). The Ecological Role of the Mammalian Mesocarnivore, *BioScience* 59: 165–173.

GREEN S. E., REES J. P., STEPHENS P. A., HILL R. A., GIORDANO A. J. (2020). Innovations in Camera Trapping Technology and Approaches: The Integration of Citizen Science and Artificial Intelligence. *Animals* 10, no. 1: 132.

HAMBUCKERS A., HUYNEN M. C., TROLLIET F., VERMEULEN C. (2014). Use of camera traps for wildlife studies: a review. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* 18: 446-454.

IACONA E. (2020). Selezione dell'habitat e ritmi di attività del capriolo (*Capreolus capreolus l.*) in relazione a variabili ambientali e all'abbondanza relativa del cervo (*Cervus elaphus l.*). Università degli studi di Milano, Tesi di Laurea Magistrale in Scienze e Tecnologie delle Produzioni Animali, A.A. 2019/2020.

KAMLER J. F. (1998). Ecology and interspecific relationships of mammalian predators on fort riley military reservation, Kansas. University of Kansas, Master of Science.

LIM B. K. & PACHECO V. (2016). Small non-volant mammals. *Core Standardized Methods*: 84.

LUCHERINI M., REPPUCCI J. I., WALKER R. S., VILLALBA M. L., WURSTTEN A., GALLARDO G., IRIARTE A., VILLALOBOS R., PEROVIC P. (2009). Activity Pattern Segregation of Carnivores in the High Andes. *Journal of Mammalogy* 90: 1404–1409.

MARUCCO F. (2014). Il Lupo: biologia e gestione sulle Alpi e in Europa. *Edizioni Il Piviere*, Gavi (AL).

MECH L. D. (1974). *Canis lupus*. *Mammal species* 37:1-6.

MESSIER F. (1985). Solitary living extra territorial movements of wolves in relation to socialstatus and prey abundance. *Can. J. Zool.* 63: 239-245.

MONTERROSO P., ALVES P.C. & FERRERAS P. (2014). Plasticity in circadian activity patterns of mesocarnivores in Southwestern Europe: implications for species coexistence. *Behav Ecol Sociobiol* 68: 1403–1417.

ONGARI D. (1978). Presanella. *Club Alpino Italiano e Touring Club Italiano*, Milano.

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO (PAT) (2022). Rapporto Orso e Grandi carnivori: <https://grandicarnivori.provincia.tn.it/Rapporto-Orso-e-grandi-carnivori> (consultato il 6 febbraio 2024).

PRUGH L. R., SIVY K. J. (2020). Enemies with benefits: integrating positive and negative interactions among terrestrial carnivores. *Ecol Lett* 23: 902-918.

ROSSA M., LOVARI S., FERRETTI F. (2021). Spatiotemporal patterns of wolf, mesocarnivores and prey in a Mediterranean area. *Behav Ecol Sociobiol* 75: 32.

SACCHI P. (1984). Adamello, volume I. *Club Alpino Italiano e Touring Club Italiano*, Milano.

SAGLIO S. E LAENG G. (1954). Adamello. *Club Alpino Italiano e Touring Club Italiano*, Milano.

SCHOENER T. W. (1982). The controversy over Interspecific Competition: Despite spirited criticism, competition continues to occupy a major domain in ecological thought. *American Scientist* 70: 586-595.

SCOTSON L., JOHNSTON L. R., IANNARILLI F., WEARN O.R., MOHD-AZLAN J., WONG W., GRAY T. N. E., DINATA Y., SUZUKI A., WILLARD C.E., FRECHETTE J., LOKEN B., STEINMETZ R., MOßBRUCKER A. M., CLEMENTS G. R., FIEBERG J. (2017). Best practices and software for the management and sharing of camera trap data for small and large scales studies. *Remote Sens Ecol Conserv* 3: 158-172.

TEMPLE H. J., TERRY A. (2007). The Status and Distribution of European Mammals. *Office for Official Publications of the European Communities*, Luxembourg: 1-3.

TORRETTA E., SERAFINI M., PUOPOLO F. et al. (2016). Spatial and temporal adjustments allowing the coexistence among carnivores in Liguria (N-W Italy). *acta ethol* 19: 123–132.

VÉLEZ J., CASTIBLANCO CAMACHO P. J., TABAK M. A., CHALMERS C., FERGUS P., FIEBERG J. (2022). Choosing an Appropriate Platform and Workflow for Processing Camera Trap Data using Artificial Intelligence. *ArXiv*.

VEZZANI L. (2020). Community structure and activity patterns of medium and large-sized mammals of the Karen Mogensen Reserve (Northwestern Costa Rica). Università degli studi di Modena e Reggio Emilia, Tesi di Laurea Triennale in Scienze Naturali, A. A. 2019/2020.

SITOGRAFIA

<http://www.lcie.org/>

<http://www.lcie.org/Large-carnivores/Wolf->

<https://dateandtime.info/it/citysunrisesunset.php?id=3174326&month=10&year=2007>

<https://grandicarnivori.provincia.tn.it>

<https://grandicarnivori.provincia.tn.it/Il-lupo/Storia-del-lupo-in-Italia-e-sull-arco-alpino>

<https://www.agouti.eu/#/project/1e014d8a-feaf-44df-b7d8-f5fb06d11049/locations>

https://www.lcie.org/portals/lcie/Map_Wolf_2012-2016.jpg

<https://www.pnab.it>