



UNIVERSITÀ DI PARMA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE CHIMICHE, DELLA VITA E DELLA
SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

CORSO DI LAUREA IN

SCIENZE DELLA NATURA E DELL'AMBIENTE

**FOTOTRAPPOLAGGIO E RAPPORTI INTRA E INTERSPECIFICI
TRA CERVO E CAPRIOLO: UN CASO DI STUDIO NEL PARCO
NATURALE ADAMELLO BRENTA**

Relatore:

Prof.ssa PAOLA MARIA VALSECCHI

Correlatore:

Dott. MARCO ARMANINI

Dott.ssa ROBERTA CHIRICHELLA

Laureando:

EMANUELE VOLPI

MATRICOLA 306794

ANNO ACCADEMICO 2023 – 2024

*“Qualunque cosa tu voglia
fare, o sognare di fare,
incominciala. Incomincia
adesso. L'audacia ha in sé
genio, potere e magia.”*

Johann Wolfgang von Goethe

INDICE

1. RIASSUNTO	1
2. INTRODUZIONE.....	2
2.1. IL PARCO NATURALE ADAMELLO BRENTA	3
3. BIOLOGIA DELLE SPECIE E CENNI SUI RAPPORTI INTRASPECIFICI ED INTERSPECIFICI DEGLI UNGULATI ALPINI	7
3.1. CERVO	8
3.2. CAPRIOLO.....	10
4. MATERIALI E METODI	14
4.1. FOTOTRAPPOLAGGIO.....	14
4.2. RETE SPERIMENTALE DI FOTOTRAPPOLE	16
4.3. RACCOLTA DATI ED ARCHIVIAZIONE	18
4.4. IMPLEMENTAZIONE DEL DATABASE.....	18
5. ANALISI DEI DATI E DISCUSSIONE	20
6. CONCLUSIONI.....	26
7. BIBLIOGRAFIA	28
7.1. SITOGRAFIA	31
8. APPENDICE.....	32
9. RINGRAZIAMENTI.....	36

1. RIASSUNTO

Il presente studio si è focalizzato sull'applicazione della tecnica di fototrappolaggio per analizzare i rapporti intra ed interspecifici tra cervo (*Cervus elaphus*) e capriolo (*Capreolus capreolus*) in Val Nambrone, nel Parco Naturale Adamello Brenta. L'obiettivo principale era valutare l'efficacia del fototrappolaggio nel fornire dati utili sulle dinamiche ecologiche tra queste due specie.

Nel periodo tra il 19 aprile 2022 e il 29 giugno 2022, sono stati registrati 341 eventi fototrappola totali, di cui 204 relativi alla fauna e 137 a passaggi umani. I risultati hanno permesso di comprendere la distribuzione temporale delle presenze di cervo e capriolo e hanno gettato le basi per studi più specifici sulle loro interazioni. Inoltre, la ricerca ha confermato che il fototrappolaggio è uno strumento efficace per monitorare le specie selvatiche e raccogliere informazioni sui loro spostamenti, comportamenti e interazioni.

Nonostante i dati raccolti non includano informazioni sul sesso degli individui, è stato sottolineato come tali informazioni potrebbero arricchire ulteriormente lo studio, integrandosi con altre osservazioni comportamentali e portare ad una maggiore conoscenza della distribuzione degli individui. Il lavoro ha anche evidenziato possibili miglioramenti nella gestione dei dati, suggerendo l'impiego di raffiche di immagini al posto di video per alleggerire il carico di lavoro interpretativo e gli spazi di archiviazione. In prospettiva futura, l'introduzione di intelligenza artificiale potrebbe ottimizzare ulteriormente il processo di analisi. In conclusione, il fototrappolaggio si conferma una metodologia promettente per lo studio delle interazioni tra specie e la gestione della fauna.

2. INTRODUZIONE

Il Parco Naturale Adamello Brenta, noto per la sua biodiversità e la varietà di habitat, è un contesto ideale per l'analisi delle dinamiche ecologiche tra le specie selvatiche. Negli ultimi anni, il Parco ha iniziato a utilizzare il fototrappolaggio come strumento innovativo per il monitoraggio della fauna, una tecnica recente che sta rapidamente guadagnando popolarità grazie alla progressiva riduzione dei costi delle attrezzature. Questo progresso tecnologico ha permesso di avviare progetti di monitoraggio in modo standardizzato, aprendo nuove possibilità per la ricerca e la gestione della fauna.

Uno dei primi approcci del Parco Naturale Adamello Brenta al fototrappolaggio è stato il progetto pilota svolto in Val Nambrone, pensato per monitorare la possibile colonizzazione dell'area da parte del lupo (*Canis lupus*), specie elusiva e difficile da monitorare con metodi tradizionali. Per questo motivo, si è deciso di utilizzare 10 fototrappole del modello Boly Guard SG2060 X, posizionate per documentare l'eventuale presenza del lupo.

Il progetto si poneva anche l'obiettivo di affinare le competenze tecniche e operative necessarie per utilizzare al meglio il fototrappolaggio. Nonostante il lupo non sia stato rilevato durante il periodo di monitoraggio, le fototrappole hanno fornito informazioni preziose sulla comunità faunistica presente nell'area. Questi dati si sono rivelati particolarmente utili per approfondire i rapporti intraspecifici ed interspecifici tra le specie preda del lupo.

Grazie ai risultati e all'esperienza maturata con questo primo progetto, il Parco ha successivamente ampliato l'applicazione del fototrappolaggio, standardizzando la raccolta dati attraverso il posizionamento delle fototrappole su griglia di 25 celle con 1,5 km di lato per coprire un'area totale di 56,25 kmq.

La presente ricerca si propone di valutare l'efficacia del fototrappolaggio come mezzo per analizzare le dinamiche ecologiche tra cervo (*Cervus elaphus*) e capriolo (*Capreolus capreolus*). Attraverso l'analisi dei dati raccolti, si intende approfondire le conoscenze sui rapporti tra queste due specie e valutare l'applicabilità del fototrappolaggio per studi ecologici di più ampio respiro.

2.1. IL PARCO NATURALE ADAMELLO BRENTA

Il Parco Naturale Adamello Brenta, con un'estensione di 625,83 kmq, è la più ampia area protetta della Provincia Autonoma di Trento (Fig. 2.1). Racchiude i gruppi montuosi dell'Adamello Presanella e delle Dolomiti di Brenta ed è circondato dalle valli di Non, di Sole, Giudicarie e dalla Val Rendena. Il suo vasto territorio si caratterizza per un ampio gradiente altitudinale che varia dai 447 m s.l.m. fino a raggiungere i 3558 m s.l.m. della Cima Presanella.

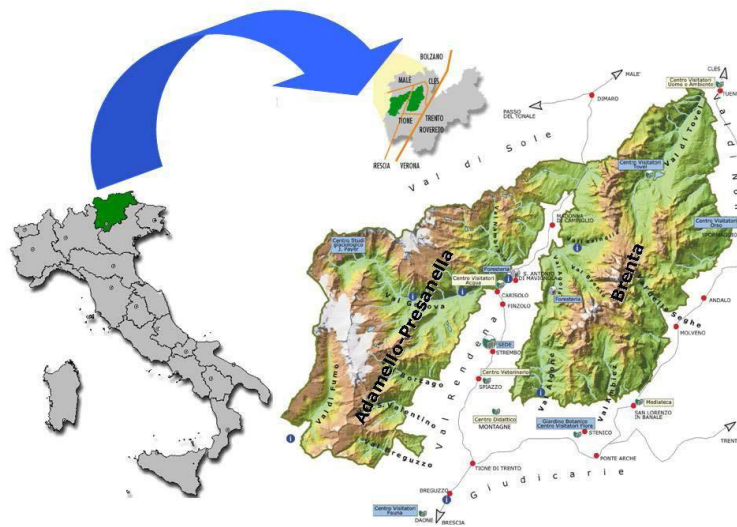


Figura 2.1 Mappa del territorio del Parco Naturale Adamello Brenta.

L'area del Parco Naturale Adamello Brenta è stata per la prima volta perimetrata nel 1967 con l'approvazione del primo Piano Urbanistico Provinciale (PUP) insieme al Parco Naturale Paneveggio Pale di San Martino. Nel 1987 con l'approvazione del nuovo PUP, vengono considerevolmente ampliati i confini dell'area protetta, passando dai 504 kmq originari a 618 kmq, e successivamente grazie all'approvazione della Legge Provinciale 6 maggio 1988 n.18 "Ordinamento dei parchi naturali" vennero stabilite le finalità, l'organizzazione amministrativa e le linee guida generali di gestione dell'area protetta. Nel 1999 il Parco si dota del Piano di Parco, lo strumento gestionale del territorio finalizzato al perseguimento degli scopi istitutivi. Ad oggi il parco è regolamentato dalla Legge Provinciale sulle foreste e sulla protezione della natura (L.P. 23 maggio 2007, n.11) che sostituisce ed integra la L.P. 18/88.

Da un punto di vista geologico il territorio del Parco può essere suddiviso in due ripartizioni distinte che riportano caratteristiche estremamente differenti tra loro: il Gruppo delle Dolomiti di Brenta (patrimonio UNESCO dal 2009) situato ad Est, e il massiccio cristallino dell'Adamello-Presanella sul lato opposto. I due settori sono separati dal solco vallivo della Val

Rendena e riuniti all'altezza di Passo Campo Carlo Magno, che conferisce continuità ecologica tra i due gruppi montuosi. Il massiccio dell'Adamello-Presanella è prevalentemente costituito da Tonalite, roccia ignea di origine intrusiva che dona alle creste profili stretti ed affilati e valli dalla tipica forma ad "U" modellate dai ghiacciai, residui delle glaciazioni del Quaternario. In questo settore è presente uno dei complessi glaciali più esteso di tutte le Alpi, il Ghiacciaio dell'Adamello, con i suoi 19,05 km² suddivisi in 58 corpi glaciali tra cui: la vedretta di Lares, della Lobbia e del Mandrone. Grazie alla presenza di numerosi ghiacciai perenni ed all'impermeabilità della tonalite, l'acqua è protagonista di queste montagne rendendo l'area del Massiccio Adamello-Presanella ricca di laghi, torrenti e cascate.

Completamente diverso è il paesaggio delle Dolomiti di Brenta poste ad Est della Val Rendena. Composto principalmente da calcari e dolomie originatisi in seguito al susseguirsi di molti cicli sedimentari fondomarini risalenti a circa 250-200 milioni di anni fa (Tomasi, 1990) e poi spinte verso l'alto durante l'orogenesi alpina, sono all'origine del tipico paesaggio dolomitico che oggi caratterizza il Gruppo di Brenta. In questo territorio le dimensioni dei 20 ghiacciai del Brenta che, maggiormente influenzati dagli effetti dei cambiamenti climatici, risultano molto più ridotte e occupano un areale di soli 0,86 km² (Comitato Glaciologico Italiano). La povertà di corpi idrici e torrenti rappresenta una differenza importante rispetto al Gruppo dell'Adamello (Tomasi, 1990). Il massiccio delle Dolomiti di Brenta è infatti dominato dal fenomeno del carsismo e l'acqua scompare in cunicoli sotterranei e profondi per riemergere in prossimità delle zone basali del massiccio, per cui è raro osservarla in situazioni di alta quota (Tomasi, 1990).

Il Parco si posiziona geograficamente a cavallo tra due fasce climatiche, endoalpina e prealpina. La vicinanza del lago di Garda con influssi mediterranei sulle propaggini meridionali del Parco, le notevoli differenze altitudinali (oltre 2700 m di dislivello), la complessità morfologica delle valli e le diverse esposizioni che interessano questo territorio, favoriscono condizioni climatiche locali estremamente diversificate.

Una tale varietà geologica, morfologica e climatica supporta la grande biodiversità che caratterizza il Parco. Sotto il profilo vegetazionale suddividendo il territorio del Parco secondo piani vegetazionali che rispecchiano gradienti altitudinali si possono individuare le seguenti fasce: collinare, montana, subalpina, alpina e nivale. Il piano collinare interessa superfici comprese tra il fondovalle e gli 800-900 m s.l.m., ed è caratterizzato da boschi di latifoglie caducifoglie (Pedrotti, 2005) con qualche pecceta di origine secondaria. Il piano montano e

altimontanto si estende dagli 800-900m s.l.m. ai 1900-2000m s.l.m. in ambo i settori sono presenti specie arboree dominanti come il faggio (*Fagus sylvatica*) l'abete rosso (*Picea abies*) e il larice che possono dar luogo a popolamenti puri o frammisti con pino silvestre (*Pinus sylvestris*) caratteristico delle zone più calde e secche, abete bianco (*Abies Alba*) nei settori più freschi in cui è presente maggiore umidità e altre specie come aceri, frassini, sorbi e noccioli a seconda delle stazioni. La fascia subalpina nota per la presenza di ambienti di transizione tra quelli tipicamente forestali e le praterie d'alta quota è compresa in un intervallo altitudinale che va dai 1900-2000m ai 2250m s.l.m., in cui si riscontrano ancora specie arboree come il larice (*Larix decidua*) e l'abete rosso con individui solitari o consorziati in isolate aggregazioni, oltre a specie dal portamento arbustivo come il pino mugo (*Pinus mugo*), l'ontano verde (*Alnus viridis*) il rododendro peloso (*Rhododendron hirsutum*) tipico dei suoli calcarei il rododendro ferrugineo (*Rhododendron ferrugineum*) caratteristico dei substrati acidi, , mirtillo (*Vaccinium sp.*) e il pino cembro (*Pinus cembra*) specie più marginale e rara nel Parco. La fascia alpina compresa tra i 2200m e 3000m s.l.m. è composta da praterie e pascoli di alta quota, tra cui spiccano *Carex firma*, *Carex sempervirens*, *Carex curvula* e *Nardus stricata*. Il piano alpino è caratterizzato da importanti particolarità floristiche ed endemismi, tra cui *Nigritella buschmanniae* esclusiva di questo Gruppo di Brenta e la genziana del Brenta (*Gentiana brentae*) (Festie e Prosser, 2008). Altre specie rappresentative della flora alpina sono il ranuncolo dei ghiacciai (*Ranunculus glacialis*), il crisantemo alpino (*Chrysanthemum alpinum*) e l'androsace (*Androsace alpina*) (Festie e Prosser, 2008). Infine, la fascia nivale si estende lungo il settore Adamello-Presanella, oltre i 3000m s.l.m. e abbraccia popolamenti discontinui prevalentemente a crittogame (Pignatti 1998; Pedrotti, 2005).

Il Parco Adamello Brenta è sede di tutte le specie caratteristiche del' area alpina. Una delle specie simbolo del Parco Naturale Adamello Brenta è l'orso bruno (*Ursus arctos*). Un tempo presente su tutto l'Arco Alpino, la specie ha subito negli ultimi due secoli una progressiva contrazione numerica e di areale fino a rimanere confinata verso la fine degli anni '80 con una piccola popolazione relitta e ormai senza possibilità di ripresa in Trentino Occidentale. Dopo attenti studi preliminari, nel 1996 prende avvio il progetto *LifeUrsus*, che porterà tra il 1999 e il 2002 a intervenire con il rilascio di 10 orsi appartenenti alla popolazione slovena (Zibordi *et al.*,2010). Oggi, a 25 anni dai primi rilasci, la popolazione di orsi delle Alpi Centrali ha raggiunto e superato la minima popolazione vitale, definita dallo studio di fattibilità (Duprè *et al.*, 2000) in 40-60 individui, e occupa stabilmente la parte occidentale della Provincia di Trento con un numero stimato di 98 esemplari (piccoli dell'anno esclusi) (Rapporto Grandi Carnivori

2023, PAT). Il lupo (*Canis lupus*) è stato protagonista di un ritorno spontaneo su tutto l'Arco Alpino, riuscendo ad incrementare il numero di individui presente sul territorio italiano. Il primo dato certo attribuibile alla presenza di un lupo in Trentino, confermato geneticamente, risale al 2010. Secondo il "Rapporto Grandi Carnivori 2023" ad oggi sono presenti sul territorio trentino 27 branchi e un numero non definito di animali solitari (Groff *et al.*, 2024). Nel Parco la situazione è ancora molto dinamica e la ricolonizzazione è un processo tutt'ora in atto. Tra gli altri carnivori sono presenti la volpe (*Vulpes vulpes*) la martora (*Martes martes*), la donnola (*Mustela nivalis*) la faina (*Martes faina*), il tasso (*Meles meles*) e l'ermellino (*Mustela erminea*). Considerevole è la presenza di tutti gli ungulati alpini di cui il cervo (*Cervus elaphus*), il capriolo (*Capreolus capreolus*) il muflone (*Ovis aries musimon*) specie alloctona introdotta per scopi venatori, il camoscio (*Rupicapra rupicapra*) e lo stambecco (*Capra ibex*). Degna di nota è la presenza di tutte le specie di galliformi alpini: il gallo forcello (*Tetrao tetrix*), il gallo cedrone (*Tetrao urogallus*) il francolino di monte (*Tetrastes bonasia*) e la pernice bianca (*Lagopus muta*); tra i rapaci: l'aquila reale (*Aquila chrysaetos*), la poiana (*Buteo buteo*), il gheppio (*Falco tinnunculus*), occasionalmente il gipeto (*Gypaetus barbatus*), il nibbio bruno (*Milvus migrans*), il gufo reale (*Bubo bubo*), l'allocco (*Strix aluco*) la civetta nana (*Glaucidium passerinum*) e la civetta capogrosso (*Aegolius funereus*).



Figura 2.2 Fauna del Parco oggetto di studio.

L'erpetofauna è composta da specie caratteristiche dell'ambiente alpino tra cui si riscontrano la lucertola vivipara (*Lacerta vivipara*), il ramarro (*Lacerta viridis*), l'orbettino (*Anguis fragilis*) la l'aspide (*Vipera aspis*), il marasso (*Vipera berus*) e il colubro liscio (coronella austriaca) tra i rettili, la salamandra pezzata (*Salamandra salamandra*), il tritone alpestre (*Triturus alpestris*) il rospo comune (*Bufo bufo*) e la rana di montagna (*Rana temporaria*) tra gli anfibi. Appartenenti ai laghi e corsi d'acqua sono presenti specie ittiche caratteristiche di acque fredde come il salmerino (*Salvelinus alpinus*) e la trota marmorata (*Salmo [trutta] marmoratus*).

3. BIOLOGIA DELLE SPECIE E CENNI SUI RAPPORTI INTRASPECIFICI ED INTERSPECIFICI DEGLI UNGULATI ALPINI

Gli Ungulati (dal latino *ungula* = unghia) sono mammiferi erbivori che presentano la parte terminale delle dita (falangette) ricoperte da zoccoli, i quali permettono di poggiare a terra solo la parte anteriore dell'arto rendendo l'animale un agile corridore. È possibile pensare che gli ungulati abbiano evoluto una zampa che permetta loro di essere più rapidi negli spostamenti e veloci nella corsa. Attualmente, gli Ungulati sono classificati come un superordine che include, tra gli altri, i due ordini Artiodactyla e Perissodactyla, distinti tra loro per la diversa struttura degli arti (Mustoni *et al.*, 2002):

- Artiodactyla (ἄρτιος = pari e δ᾽ αὐτοῦ = dito) sono ungulati aventi un numero pari di dita, ossia due o quattro. Il 1° dito è sempre assente, mentre il 2° e il 5° prendono il nome di speroni che possono essere più o meno sviluppati, ma sempre arretrati rispetto allo zoccolo in certi casi queste dita possono essere vestigiali o del tutto assenti. Il peso del corpo è sempre sostenuto dal 3° e 4° dito, che vanno a costituire lo zoccolo. Fanno parte di questo ordine il maggior numero degli ungulati, appartenenti alle famiglie: Cervidae (cervi, daini, renna, alce, caprioli etc.), Bovidae (bovini, caprini, antilopi, gazzelle etc.), Giraffidae (giraffe e okapi) e Suidae (maiali domestici e selvatici).

- Perissodactyla (περισσός = dispari e δ᾽ αὐτοῦ = dito) sono ungulati aventi un numero dispari di dita; uno o tre. L'asse di simmetria dell'arto passa dal 3° dito imputato a sostenere il peso del corpo e a formare lo zoccolo. Questo ordine è meno numeroso di Artiodactyla e comprende solo 18 specie, in seguito ad una massiccia contrazione, che ha portato le 13 famiglie dell'Eocene a ridursi alle 3 famiglie (Equidae, Tapiridae e Rhinocerotidae) presenti ad oggi.

Prima di analizzare i rapporti inter ed intraspecifici, è necessario esaminare alcune caratteristiche morfologiche ed ecologiche degli ungulati coinvolti, ovvero il cervo e il capriolo. Senza entrare nel dettaglio sistematico e della distribuzione italiana e alpina, è importante sottolineare i principali aspetti morfologici, biologici ed ecologici di queste specie.

3.1. CERVO

Morfologia

Il cervo è dotato di una corporatura massiccia con un peso che può raggiungere i 300 kg nei maschi e i 140 kg per le femmine. L'altezza al garrese varia dai 110 ai 140 cm e la lunghezza può arrivare ai 210 cm. Gli arti anteriori, soprattutto nei maschi, sono molto robusti in quanto il peso dell'animale è spostato nella parte anteriore del corpo. Il mantello subisce due mute all'anno in rapporto alle condizioni climatiche stagionali, con la muta autunnale vira al bruno scuro, mentre il caratteristico colore bruno-rossastro è dato dalla muta primaverile. Il dorso dalla regione del collo è percorso da una linea scura che raggiunge la coda.

Il palco, grande e ramificato e presente solo sui maschi, è protetto e nutrito da un tessuto epidermico vascolarizzato e ricoperto da uno strato di folte peli che costituiscono il velluto è soggetto ad un ciclo annuale che consiste nella perdita di tali strutture in un periodo compreso tra febbraio e marzo con tempi variabili a seconda dell'età: i maschi più anziani, infatti, le perdono qualche settimana prima rispetto agli esemplari più giovani con conseguente immediata ricrescita.

Habitat

Altitudine Nei territori montani, a seconda delle stagioni, compie ampi spostamenti altitudinali, occupando aree che si estendono dall'orizzonte alpino, situato oltre il limite della vegetazione arborea, fino al livello del mare.

Esposizione I versanti rivolti a sud rivestono un ruolo essenziale come zone di svernamento, grazie alle loro favorevoli condizioni microclimatiche, tra cui una maggiore esposizione al sole, una ridotta presenza di neve e temperature più miti.

Pendenza Nei periodi di svernamento vengono preferite aree di pascolo a moderata pendenza che favoriscono una scomparsa del manto nevoso più efficace.

Vegetazione L'habitat ideale è costituito da vasti complessi forestali intervallati da zone di pascolo, ideale una composizione del 60% di latifoglie e 20% di resinose. Vengono preferite

	<p>aree riservate e tranquille rispetto ad aree con qualità del pascolo e clima migliori.</p> <p>Condizioni climatiche Altezza e permanenza del manto nevoso invernale possono condizionare pesantemente la sopravvivenza delle popolazioni.</p>
Home range	<p>Nel contesto delle foreste alpine, l'area in cui il cervo svolge le sue attività vitali varia tra i 400 ettari per le femmine e gli 800 ettari per i maschi. In zone caratterizzate da boschi meno estesi e frammentati, il territorio occupato può ampliarsi fino a coprire superfici comprese tra 1.000 e 5.000 ettari. I domini stagionali più ampi si registrano in primavera e autunno, con un'estensione che va dai 170 ai 390 ettari rispettivamente per femmine e maschi. Durante l'inverno, invece, in linea con la strategia di risparmio energetico, le aree utilizzate si riducono significativamente, raggiungendo circa 110 ettari per i maschi e 65 ettari per le femmine (Mustoni <i>et al.</i>, 2002).</p>
Ciclo biologico	<p>Animale sociale che tende a riunirsi in gruppi, che a seconda di diversi fattori assumono dimensioni variabili. Gruppi formati da femmine di età variabile, piccoli e giovani maschi possono rimanere stabili e uniti per tutto l'anno. I maschi tendono ad abbandonare il branco al compimento del secondo anno di vita, unendosi ad altri maschi ed assumendo con il passare degli anni un comportamento più solitario, mentre le femmine propongono la loro permanenza anche oltre la maturità sessuale. Settembre segna l'inizio della stagione degli amori ed i maschi si avvicinano ai gruppi di femmine iniziando a competere tra loro mediante confronti vocali (bramito), combattimenti e parate rituali. Il maschio dominante è l'unico ad accoppiarsi con le femmine del branco, e alla fine della stagione degli amori (ottobre) lascia il branco isolandosi e formando dei piccoli gruppi con gli altri maschi.</p> <p>I piccoli nascono tra maggio e giugno, dopo una gestazione di 32-34 settimane.</p>

3.2. CAPRIOLO

Morfologia	<p>Cervide dalle modeste dimensioni dotato di una corporatura esile, I maschi possono raggiungere i 28 kg, mentre le femmine arrivano fino a 25 kg. L'altezza al garrese varia tra i 60 e i 70 cm nelle femmine e tra i 70 e i 77 cm nei maschi, con una lunghezza complessiva compresa tra 90 e 130 cm. Il mantello subisce due mute annuali, adattandosi alle condizioni climatiche stagionali. In estate, presenta una colorazione bruno-rossastra con tonalità più chiare nella zona perianale e nella parte inferiore del corpo. In inverno, invece, assume sfumature grigio-brune e mette in evidenza lo "specchio anale", che nelle femmine ha la caratteristica forma a cuore e nei maschi a fagiolo/rene. Durante la stagione fredda, le femmine sviluppano un lungo ciuffo di peli a protezione degli organi genitali, formando quella che viene definita "finta coda". Il palco, presente solo nei maschi, è costituito da due stanghe simmetriche poco ramificate viene rinnovato ogni anno, mostra dimensioni molto più modeste rispetto al cervo che si attestano intorno ai 20 ai 25 cm.</p>
Habitat	<p>Altitudine La sua distribuzione va dal livello del mare al piano subalpino, non oltrepassando il limite della vegetazione ad alto fusto. Generalmente le zone frequentate non superano i 1200 m s.l.m., il limite altitudinale massimo si attesta intorno ai 1600-2000 m s.l.m.</p> <p>Esposizione Versanti esposti a sud acquisiscono importanza fondamentale come zone di svernamento grazie alle caratteristiche microclimatiche che li contraddistinguono.</p> <p>Pendenza Aree in leggera pendenza, interrotte da vallette e zone pianeggianti vengono preferite a terreni ripidi e scoscesi composti da un'elevata presenza di roccia.</p> <p>Vegetazione L'habitat ideale è costituito da complessi boschivi alternati a zone di pascolo e zone coltivate; infatti, il capriolo è un animale che predilige gli ecotoni, zone di transizione tra fitte aree boschive e praterie. La presenza ottimale di bosco rispetto all'estensione totale è valutata attorno al 60%. I</p>

	<p>boschi più indicati presentano una composizione a latifoglie, mentre i boschi misti costituiti da faggio, abete rosso o abete bianco sono caratteristici di situazioni intermedie.</p> <p>Condizioni climatiche Il manto nevoso e la sua permanenza al suolo condizionano sia l'approvvigionamento delle risorse trofiche che il movimento. Particolarmente critiche sono le nevicate tardive, che possono avere effetti negativi sugli esemplari già stremati dalla stagione invernale.</p>
Home range	<p>Lo spazio vitale varia dai 30 ha ai 50 ha, con differenze tra i sessi che diventano evidenti in primavera, quando la disponibilità di risorse alimentari aumenta e i maschi tendono a occupare territori più ampi rispetto alle femmine. In inverno gli spostamenti sono meno frequenti e vengono preferite aree quote più basse.</p>
Ciclo biologico	<p>L'estate segna l'inizio della stagione degli amori, che si avvia a metà luglio e prosegue fino a metà agosto. I maschi più anziani entrano in amore prima rispetto ai più giovani, anticipando la ricerca delle femmine. In autunno, le coppie si separano temporaneamente durante la fase indifferente, un periodo utile soprattutto ai maschi per recuperare energie in vista dell'inverno. Successivamente, maschi e femmine si riuniscono in gruppi a organizzazione matriarcale per tutta la stagione invernale (fase di raggruppamento). La gestazione è caratterizzata da un periodo di quiescenza per i primi 4 mesi, durante il quale lo sviluppo embrionale si arresta temporaneamente per riprendere intorno a metà dicembre proseguire per altri 5 mesi. Complessivamente la gravidanza dura circa 40 settimane e risulta notevolmente più lunga rispetto agli altri ungulati. Le nascite si verificano tra maggio e giugno quando temperature e risorse aumentano le capacità di sopravvivenza della progenie.</p>

Due specie che interagiscono tra di loro sono in relazione con numerose altre specie e le loro interazioni possono propagarsi ed avere effetti sull'intero ecosistema. L'attività e la presenza di

un organismo modificano l'ambiente in cui vive, alterando le condizioni e incidendo sulla disponibilità delle risorse (Pusceddu *et al.*, 2020).

Le interazioni biologiche possono verificarsi tra individui della stessa specie o tra individui di specie differenti. Le *interazioni intraspecifiche* si verificano quando due individui appartenenti alla stessa specie interagiscono tra di loro per la riproduzione o per le risorse. Nel momento in cui una risorsa non è più sufficiente per una determinata popolazione, si attivano alcuni meccanismi di regolazione, che tendono a rallentare o diminuire la crescita della popolazione, in modo da ripartire il numero di individui sulle risorse disponibili. Nel momento in cui le risorse si fanno limitanti, cambiano in modo negativo le condizioni generali dei singoli individui, (scarsa nutrizione o malattie) che se non più in grado di riprodursi, possono causare un innalzamento del tasso di mortalità della popolazione.

Le *interazioni interspecifiche* si verificano quando due individui di specie differenti interagiscono tra di loro in modo da essere: vantaggiose per entrambe (effetto positivo), vantaggiose per una delle due, svantaggiose per entrambe (effetto negativo).

		Specie 1		
		Effetto positivo	Effetto negativo	Nessun effetto
Specie 2	Effetto positivo	Mutualismo e simbiosi	Predazione e parassitismo	Commensalismo
	Effetto negativo	Predazione e parassitismo	Competizione	Amensalismo
	Nessun effetto	Commensalismo	Amensalismo	Neutralismo

Figura 3.1 Principali interazioni biologiche (Pusceddu *et al.*, 2020).

L'interazione biologica più forte tra quelle che si possono verificare è rappresentata dalla *competizione* (Fig.3.1), che esercita conseguenze negative su entrambe le popolazioni, e può presentarsi tra individui della stessa popolazione (competizione intraspecifica) oppure tra individui di specie differenti (competizione interspecifica). Per competizione si intende un'interazione tra individui provocata da una comune esigenza di una risorsa disponibile in una quantità limitata, il cui risultato è una diminuzione della sopravvivenza, dell'accrescimento e delle capacità riproduttive, di una parte degli individui in competizione.

Nella competizione diretta gli individui che vivono nella stessa area sfruttano risorse in comune, ad esempio cibo, luce, spazio ed acqua; nella competizione indiretta gli organismi interagiscono

tra di loro senza che le risorse entrino in gioco, come per esempio la lotta tra i maschi che combattono per la supremazia del territorio (Pusceddu *et al.*, 2020). Anche se come già accennato, la competizione porta ad effetti negativi su entrambe le specie, il suo impatto può non essere equamente distribuito. Si parla di competizione *simmetrica* quando entrambe le specie subiscono conseguenze negative in modo uguale; in questo caso, se le risorse sono ripartite equamente, l'esito porterà alla loro coesistenza. Al contrario, la competizione *asimmetrica* si verifica quando una delle due specie subisce un impatto maggiore rispetto all'altra. Se una delle due è più efficiente nell'utilizzo delle risorse disponibili, vi è un incremento del rischio di sopravvivenza per la specie meno efficiente. (Pusceddu *et al.*, 2020).

Esistono diversi meccanismi che riducono la competizione e favoriscono la coesistenza tra le specie, basati su strategie che limitano la sovrapposizione temporale o spaziale. La separazione temporale consente alle specie di differenziare i loro ritmi di attività, ad esempio, nutrendosi in momenti diversi della giornata riducendo il conflitto diretto. La separazione spaziale, invece, permette alle specie di occupare habitat diversi o di sfruttare parti differenti dello stesso ambiente, evitando un'eccessiva sovrapposizione nello sfruttamento delle risorse (Chesson, 2000). La divergenza ecologica che si instaura tra specie che si sono evolute in simpatria può portare a variazioni nelle preferenze alimentari e comportamentali, riducendo ulteriormente la competizione diretta, permettendo a specie simili di coesistere senza che una prevalga direttamente sull'altra (Mustoni *et al.*, 2002).

Selezionatori di cibo concentrato	Vengono definiti <i>brucatori</i> , quelle specie che consumano prevalentemente alimenti ricchi di nutrienti e facilmente digeribili.
Mangiatori di erba e foraggi grezzi	I <i>pascolatori</i> sono specie che si cibano di alimenti fibrosi con alto contenuto in cellulosa senza riscontrare particolari problematiche digestive.
Tipi intermedi	Sono specie che possono comportarsi sia da pascolatori che da brucatori adattandosi alle risorse trofiche disponibili e alla stagione.

Figura 3.2 Abitudini alimentari degli Ungulati alpini. (Mustoni *et al.*, 2002).

Tra gli ungulati la principale causa della competizione riguarda l'accessibilità alle risorse trofiche, più marginale è la competizione per l'utilizzo di un territorio. Analizzando la competizione per l'accesso alle risorse trofiche vengono distinte tre categorie principali in rapporto al comportamento alimentare riportati in Figura 3.2 (Mustoni *et al.*, 2002).

Il cervo rosso è considerato un erbivoro con una strategia alimentare intermedia, in grado di consumare sia cibo di alta qualità che risorse più povere dal punto di vista nutrizionale (Hofmann, 1989). Al contrario, il capriolo è un selettore specializzato che si nutre prevalentemente di alimenti ricchi in nutrienti e facilmente digeribili (Mustoni *et al.*, 2002). Questa differenza nelle abitudini alimentari può portare a una sovrapposizione nella dieta, con la possibilità di interazioni di tipo competitivo tra le due specie (Donini *et al.*, 2025). Questo fenomeno è stato documentato in diverse aree d'Europa, tra cui Scozia (Latham, Staines e Gorman 1997), Francia (Richard *et al.*, 2010) e Polonia (Borkowski *et al.*, 2021). Ricerche precedenti hanno evidenziato che un'alta densità di cervi rossi può influenzare negativamente la massa corporea dei giovani esemplari, con ripercussioni sulle dinamiche di popolazione (Richard *et al.*, 2010). La presenza del cervo rosso può condizionare la distribuzione spaziale del capriolo, inducendo un drastico calo delle popolazioni spingendolo a un inconsueto nomadismo con abbandono temporaneo delle aree frequentate da entrambe le specie, suggerendo una maggiore vulnerabilità di quest'ultimo alla competizione con il primo (Mustoni *et al.*, 2002).

Tuttavia, non esistono ancora dati specifici sugli ambienti alpini, e le interazioni tra queste due specie in relazione allo spazio e al tempo rimangono poco conosciute (Donini *et al.*, 2025).

4. MATERIALI E METODI

4.1. FOTOTRAPPOLAGGIO

La tecnica del fototrappolaggio è una metodologia di monitoraggio che prevede il posizionamento di un certo numero di foto(video)camere automatiche sul territorio. La fototrappola sfrutta un sistema automatico di attivazione della registrazione che rileva la differenza di temperatura tra l'ambiente circostante e l'eventuale individuo inquadrato (Passive Infrared o PIR). Anche in ragione della riduzione del costo dei singoli dispositivi nel giro di pochi anni si è passati da un utilizzo poco più che occasionale ad un uso sempre più sistematico

aprendo alla possibilità di un loro impiego più massiccio nell'ambito di progetti di gestione e conservazione della fauna. Più nello specifico questo metodo di studio è utilizzato a livello globale per raccogliere informazioni su diversità delle specie, distribuzione (Kays *et al.*, 2020) e dove è possibile riconoscere il singolo individuo, per stimare la densità di popolazione (Trolle *et al.*, 2007), ricavando dati che consentono di esaminare i ritmi di attività delle diverse specie, offrendo preziose informazioni sulle loro abitudini, sulle interazioni con l'ambiente circostante e sulle dinamiche ecologiche (Srbek-Araújo & Chiarello, 2005).

Essendo un metodo di monitoraggio non invasivo ha visto una rapida espansione grazie anche ai numerosi vantaggi che lo contraddistinguono: uno dei quali è dato dal risparmio di tempo, poiché le fototrappole possono rimanere attive sul campo per settimane raccogliendo una grande quantità di dati in quasi tutti gli ambienti, resistendo a condizioni meteorologiche avverse senza bisogno di controlli frequenti. Possono essere mantenute da personale formato, senza necessità di specialisti (Lyra-Jorge *et al.*, 2008), questa caratteristica consente di installare un numero maggiore di dispositivi, permettendo così di monitorare un'area molto più vasta rispetto a metodi più tradizionali come i transetti.

Rispetto ad altri metodi di monitoraggio non invasivo, le fototrappole forniscono una quantità maggiore di dati, poiché ogni immagine registra automaticamente data, ora temperatura e comportamento dell'animale ripreso (Natucci, 2020).

Uno dei vantaggi da non sottovalutare è rappresentato dal costo, in quanto sul lungo periodo, un progetto basato sulla tecnica del fototrappolaggio risulta meno costoso rispetto ad un monitoraggio effettuato tramite transetti. Questo metodo richiede un investimento iniziale per l'acquisto delle fotocamere, ma col tempo diventa più economico grazie alla riduzione dei costi di manodopera (De Bondi *et al.*, 2010), anche considerando il tempo necessario per analizzare i dati raccolti (Diggins *et al.*, 2016).

A fronte di numerosi aspetti positivi questi strumenti presentano alcune criticità; il vantaggio favorito delle grandi quantità di risultati catturati dalle fototrappole deve essere analizzato ed archiviato, questo comporta un grande lavoro di interpretazione dei file che richiede la presenza di uno o più operatori esperti nel riconoscimento delle specie ed uno spazio di archiviazione di notevoli capacità. Inoltre, è doveroso tenere conto che il funzionamento delle fototrappole necessita di un tempo di attivazione dalla rilevazione del sensore alla effettiva registrazione.

Un tempo lungo di attivazione comporta la raccolta di file in cui il l'animale non è inquadrato o sta uscendo dal campo visivo, portando ad una difficile interpretazione della specie o delle principali caratteristiche dello stesso (Rovero e Zimmermann, 2016). Il sistema PIR possiede 4 livelli di sensibilità (Altro, Normale, Basso, Auto), livelli troppo alti possono compromettere la qualità e la quantità dei video registrati, producendo un'archiviazione di numerosi video/immagini che non ritraggono esemplari. Alcuni malfunzionamenti o errate impostazioni selezionate in fase di posizionamento o controllo, possono compromettere lunghi periodi di raccolta dati rendendoli inutilizzabili, per questo è necessario stabilire delle manutenzioni al fine di rilevare eventuali errori nelle impostazioni o nell'inquadratura ed impedire che gli strumenti subiscano danni. L'installazione di fototrappole in aree antropizzate può comportare alcune criticità legate alla percezione di violazione della privacy da parte dei passanti, che potrebbe portare a una manomissione, danneggiamento o furto dell'attrezzatura. L'utilizzo di modelli diversi può portare ad una raccolta dati non sempre confrontabile, differenze tecnologiche come la sensibilità di movimento, qualità delle immagini e modalità di attivazione possono influenzare il tipo e la quantità di informazioni raccolte.

4.2. RETE SPERIMENTALE DI FOTOTRAPPOLE

La sperimentazione del fototrappolaggio è avvenuta in una delle principali valli del Parco, la Val Nambrone, ad una quota di circa 1200m s.l.m. attraverso il posizionamento di 10 fototrappole (Boly Guard SG2060 X) in un'area di circa 26 ha caratterizzata da peccete, faggete e zone aperte (Fig.4.1).

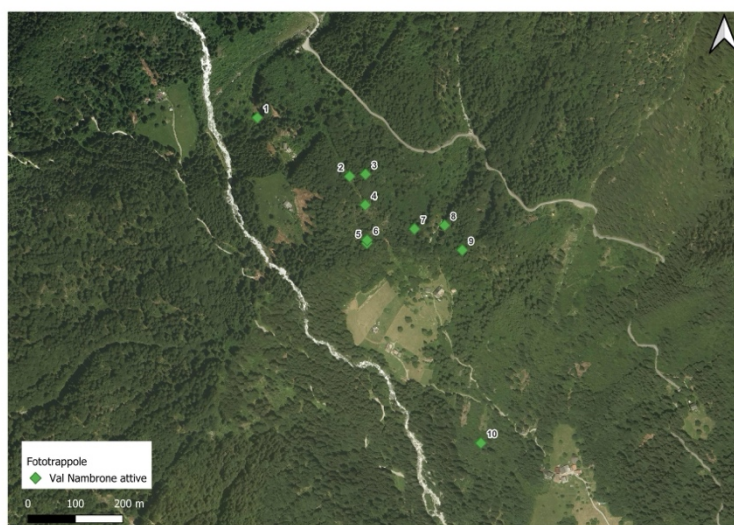


Figura 4.1 Rete sperimentale di fototrappole allestita in Val Nambrone.

L'area è stata scelta considerando la facilità di accesso anche durante il periodo invernale e in relazione alla presenza di una colonia di muflone che potenzialmente avrebbe potuto rappresentare un elemento attrattivo nei confronti dei primi individui di lupo.

I siti di fototrappolaggio sono stati individuati con un approccio opportunistico sfruttando tracce di passaggio abituale di animali e/o sentieri, per massimizzare le probabilità di contatto con le specie presenti nell'area. Complessivamente le fototrappole sono rimaste attive da novembre 2021 a maggio 2023. Queste fototrappole possono operare sia di giorno che di notte, grazie alla tecnologia a infrarossi che riesce a restituire video di buona qualità senza bisogno di luce, funzione particolarmente utile per l'osservazione di specie elusive senza recare disturbo alla fauna presente (Lyra-Jorge *et al.*, 2008).

Formato Data e Ora	mm/gg/aaaa hh:mm	Intervallo	3s
Modalità	Video	Livello sensore	Alto
Dim. Video	1280x720	Scheda SD	32 Gb
Angolo di campo	60°	Time Laps	OFF
Durata video	10s	Coordinata	OFF

Tabella 4.1 Impostazioni fototrappola utilizzate.

Nell'ambito di questo progetto le fototrappole sono settate in modi diversi a seconda del loro posizionamento, della quantità e della qualità dei video registrati cercando di ridurre al minimo le riprese a vuoto.

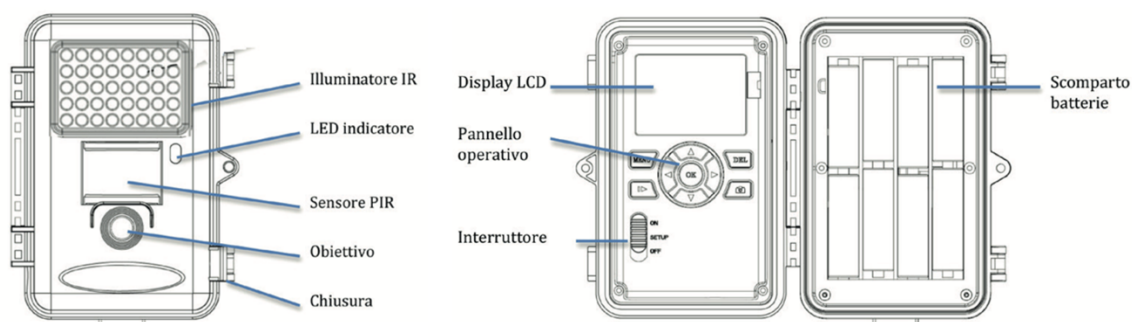


Figura 4.2 Modello di fototrappola utilizzato per lo studio (scubla.it).

4.3. RACCOLTA DATI ED ARCHIVIAZIONE

La raccolta dei dati e la manutenzione delle fototrappole è stata effettuata circa una volta al mese, seguendo alcune semplici procedure per garantire il corretto funzionamento delle apparecchiature. Raggiunta la postazione della fototrappola ci si accertava del suo funzionamento, con una rapida revisione dei video verificando il corretto posizionamento e la sensibilità del PIR. La manutenzione prevedeva la pulizia dei sensori e dell'obiettivo, la sostituzione della scheda SD, se necessario della batteria al piombo, per assicurarne l'operatività nel tempo. Prima di lasciare la postazione veniva effettuato uno scrupoloso controllo sul mantenimento dei parametri settati.

I video contenuti nelle schede SD recuperate sono stati archiviati su server in cartelle e sottocartelle indicanti rispettivamente il sito di fototrappolaggio e la data dello scarico. Ad ogni manutenzione è stata compilata una scheda di campo (Allegato 1) in cui veniva registrato il funzionamento o non funzionamento della fototrappola, lo stato della batteria, il numero di video registrati, eventuali modifiche alle impostazioni o all'inquadratura e la data dello scarico. Questi dati sono stati fondamentali per capire sul lungo periodo il funzionamento delle fototrappole, la durata delle batterie, l'intervallo di tempo tra le manutenzioni e la qualità dei video ripresi.

4.4. IMPLEMENTAZIONE DEL DATABASE

I video scaricati sono stati interpretati compilando un database Excel. Ogni riga del database è identificata da un ID, che corrisponde ad un "evento fototrappola" indipendente da quello successivo. Ciò significa che nei casi in cui siano stati analizzati video consecutivi dello stesso individuo, questi sono stati considerati come un unico evento e quindi associati ad un solo ID. In fase di compilazione, possono presentarsi particolari situazioni che vengono gestite in modo differente a seconda degli individui fototrappolati. Come menzionato precedentemente nel caso di video consecutivi che riprendono lo stesso individuo, viene compilata un'unica riga, indicando l'orario di inizio corrispondente al primo video e l'orario di fine, corrispondente all'ultimo video.

Se invece, nello stesso evento fototrappola sono presenti più specie, si procede compilando due righe separate per ciascuna specie, compilando anche il dato di "co-presenza" e riportando l'ID dell'evento in cui compare l'altra specie (Tabella 4.1).

Ad ogni evento fototrappola sono associate una serie di informazioni legate a data, ora sito di fototrappolaggio, specie, numero di individui e numerose altre informazioni.

Il protocollo di interpretazione prevede due fasi distinte.

- La prima compilazione si occupa di registrare data, ora, numero di individui e attività svolta tenendo conto anche dell'eventuale presenza di cani a seguito (Tabella 4.1). Per tutelare la privacy, i video relativi alla presenza umana una volta interpretati sono stati immediatamente eliminati. La casella "specie" viene compilata anche per gli esseri umani, specificando l'attività che stanno svolgendo in base a una legenda predefinita (Allegato 2). Le diverse sessioni di fototrappolaggio, ovvero il tempo che intercorre tra una manutenzione e la successiva, sono state definite sulla base del personale PNAB (Parco Naturale Adamello Brenta) fototrappolato durante le operazioni di manutenzione. In questa prima fase di implementazione del database si è proceduto anche all'eliminazione dei video vuoti.
- In seconda battuta si è passati all'interpretazione dei video riferiti alle presenze faunistiche, rilevando la specie, sesso, classe di età oltre che eventuali altre caratteristiche distintive del singolo individuo (es. corno spezzato) o comportamentali per cui sono stati previsti specifici campi nel database codificati secondo una legenda specifica (Allegato 2).

DATA	ORA INIZIO	ORA FINE	UOMO/ ANIMALE	SPECIE	COOPRESENZA	ID [FTxx_N]	TOT. INDIVIDUI
19/04/22	11:30:00	11:34:00	u	pnab		FT1_1	2
22/04/22	04:36:00		a	cervo		FT1_2	3
03/05/22	20:52:00	20:52:00	a	capriolo	FT2_45	FT2_44	1
03/05/22	20:52:00	20:52:00	a	tasso	FT2_44	FT2_45	1
07/05/22	08:46:00		a	volpe		FT2_48	1

Tabella 4.2 Esempio di compilazione del database.

5. ANALISI DEI DATI E DISCUSSIONE

I dati alla base del presente lavoro di tesi fanno riferimento ad una finestra temporale che va dal 19/04/2022 al 29/06/2022. Durante questo periodo le 10 fototrappole sono state funzionanti in modo continuativo per uno sforzo di monitoraggio totale pari a 710 giorni fototrappola (n. fototrappole x n. giorni). Complessivamente sono stati interpretati 341 eventi fototrappola: 204 ascrivibili ad animali e 137 attribuibili a passaggi uomo di cui 13 accompagnati da cani. (Tab. 5.1)

Codice Fototrappola	Animali	Uomo	U+A	Totale
FT1	12	24	1	37
FT2	43	5		48
FT3	44	7		51
FT4	10	8	1	19
FT5	12	3		15
FT6	6	60	11	77
FT7	20	4		24
FT8	20	3		23
FT9	18	3		21
FT10	19	7		26
Totale	204	124	13	341

Tabella 5.1 Eventi fototrappolati.

Osservando la distribuzione degli eventi in funzione delle fototrappole (Tab. 5.1 e Fig. 5.1), pare evidente come alcuni siti di fototrappolaggio abbiano registrato più eventi rispetto ad altri. Più nello specifico, distinguendo tra presenze animali e umane emerge come la maggiore presenza di fauna sia registrata nelle aree in cui l'attività umana è più limitata. In particolare, le fototrappole FT2 e FT3, situate in zone con scarso passaggio umano, mostrano un'elevata attività animale. Al contrario, la fototrappola FT6, collocata in prossimità di un sentiero ad alta frequentazione umana, registra numerosi passaggi di persone anche accompagnate da cani, di conseguenza la presenza di animali selvatici si riduce, suggerendo un'influenza negativa del disturbo antropico sulla distribuzione della fauna.

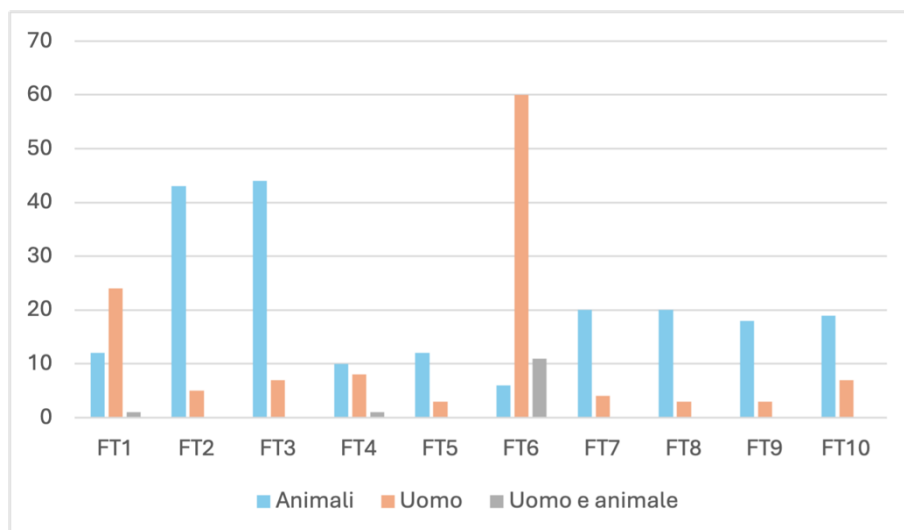


Figura 5.1 Distribuzione eventi fototrappola ascrivibili a presenze animali (compresi 2 pecore, 1 cane e 1 gatto non accompagnati da uomo), umane ed eventi che ritraggono persone con animali domestici.

Considerando i 204 eventi ascrivibili a presenze faunistiche è stato possibile determinare 10 specie (Fig. 5.2), contattate con frequenze profondamente differenti. La figura 5.2 mostra la distribuzione delle specie rilevate e il numero totale dei contatti per singola specie registrati considerando l'attività di tutte e 10 le fototrappole. Tra le specie contattate, il capriolo (*Capreolus capreolus*) risulta essere la più frequentemente rilevata, contattata 98 volte, seguito dal cervo (*Cervus elaphus*) con 45 contatti e dalla volpe (*Vulpes vulpes*) con 22. Nel grafico sono stati inclusi anche i dati relativi a specie indeterminate che hanno registrato 11 eventi fototrappola distinti. Per specie difficilmente distinguibili come faina e martora è stato preso il dato di genere (*Martes sp.*).

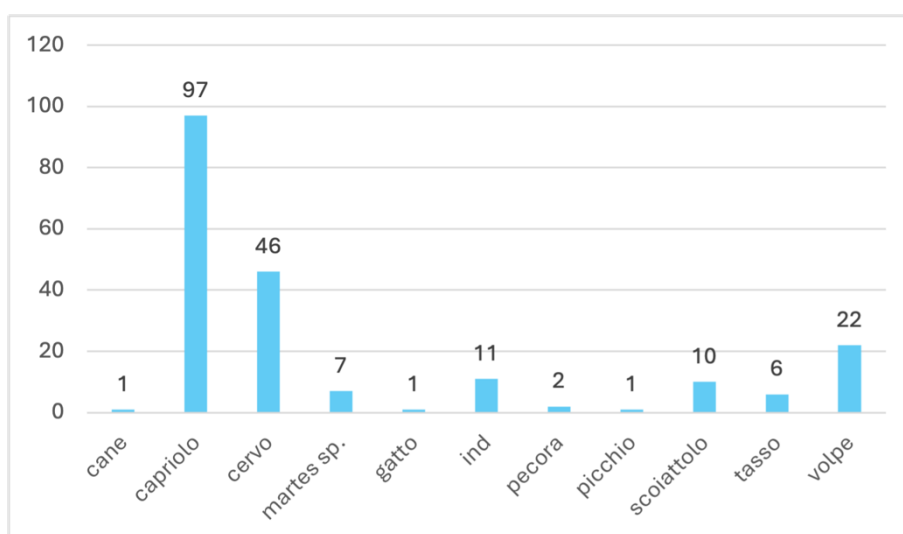


Figura 5.2 Numero di eventi fototrappola per specie contattate.

Il grafico riportato in Figura 5.3 illustra la distribuzione del numero di individui di cervo (*Cervus elaphus*) e capriolo (*Capreolus capreolus*) per ciascuna delle fototrappole monitorate. Analizzando i dati, emerge una chiara relazione inversa tra la presenza delle due specie, suggerendo una sorta di segregazione spaziale riconducibile a preferenze ecologiche differenti e/o a dinamiche competitive tra le due specie. In particolare, nelle fototrappole FT1 e FT10, dove si osserva un alto numero di contatti con il cervo, si registra una bassa frequenza di rilevamenti del capriolo. Al contrario per le FT2 e FT3 sebbene si rilevi una maggiore presenza del capriolo, quest'ultima diminuisce all'aumentare dei contatti con il cervo. Questa dinamica suggerisce che, in queste aree, la presenza di una specie possa in qualche modo limitare o ridurre la presenza dell'altra.

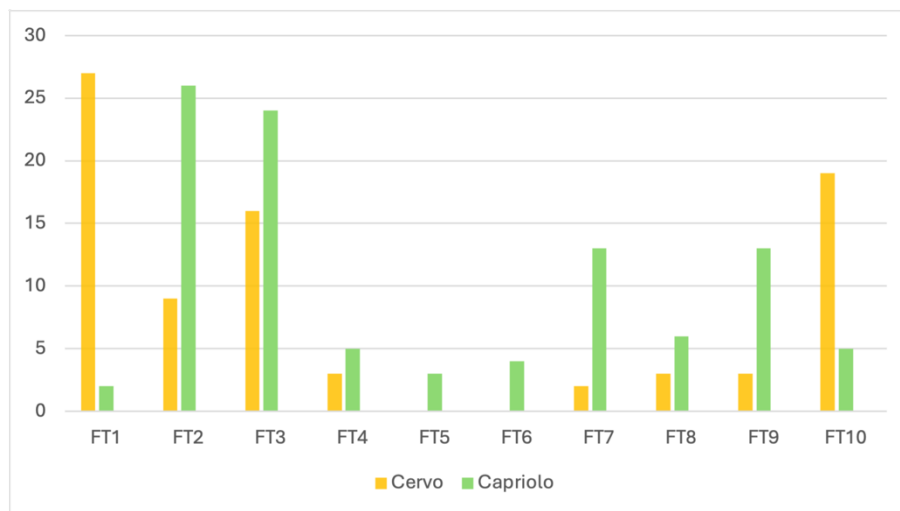


Figura 5.3 Confronto tra numero di cervi e caprioli distribuiti per fototrappola.

Analizzando la Figura 5.3 e 5.4 si nota l'assenza di rilevamenti del cervo nei pressi delle FT5 e FT6 posizionate in aree relativamente vicine, in una zona caratterizzata da un'elevata presenza antropica ed in un ambiente boschivo chiuso. Questo dato potrebbe essere spiegato dalla significativa presenza umana in queste aree che rappresenta un fattore di disturbo per entrambe le specie, come riportato da Mustoni *et al.*, 2000, il cervo tende ad evitare le aree con intensa attività umana, prediligendo habitat meno disturbati, in quanto, il disturbo antropico può influenzare significativamente la distribuzione spaziale della specie, inoltre il cervo è un animale che predilige ambienti più aperti.

Al contrario, nelle fototrappole FT7, FT8 e FT9, si osserva una predominanza dei contatti con il capriolo rispetto al cervo. Tuttavia, in queste stesse fototrappole, i contatti con il cervo sono limitati, questo potrebbe indicare che, in alcune aree, il capriolo ha una maggiore adattabilità o preferenza per ambienti specifici, che potrebbero risultare meno favorevoli per il cervo.

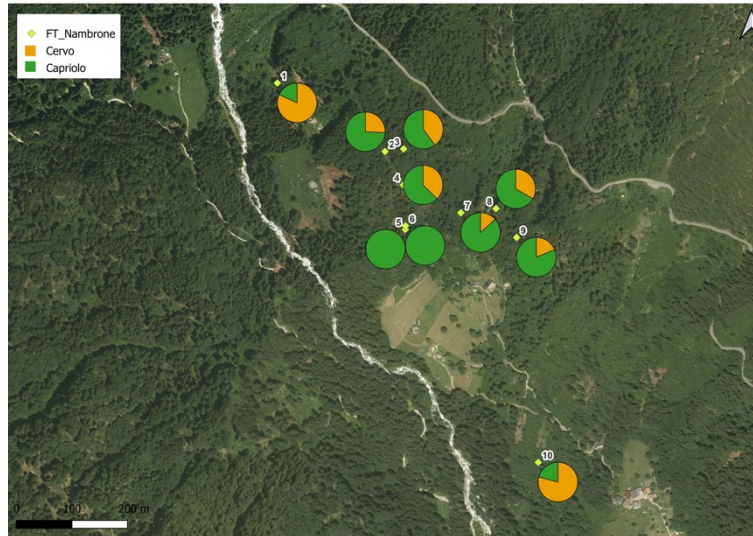


Figura 5.4 Distribuzione spaziale delle presenze attribuibili a Cervo e Capriolo.

I ritmi di attività giornaliera (0-24 h) riportati nel grafico (Fig. 5.5) costruito utilizzando le frequenze di passaggio di cervo e capriolo per tutte le fototrappole. Entrambe le specie mostrano picchi di attività nelle ore crepuscolari e notturne. Tuttavia, il cervo tende ad anticipare la sua attività durante le prime ore del mattino e a prolungarla nelle ore serali rispetto al capriolo, il quale, pur concentrando la propria attività in queste fasce orarie, rimane comunque attivo anche durante il giorno. La differenza nei tempi di attività tra il cervo e il capriolo potrebbe rappresentare una strategia per ridurre la competizione tra le due specie, volta a minimizzare il sovrapporsi delle nicchie ecologiche e a ridurre i conflitti interspecifici, specialmente in ambienti alpini, fortemente condivisi con la presenza umana.

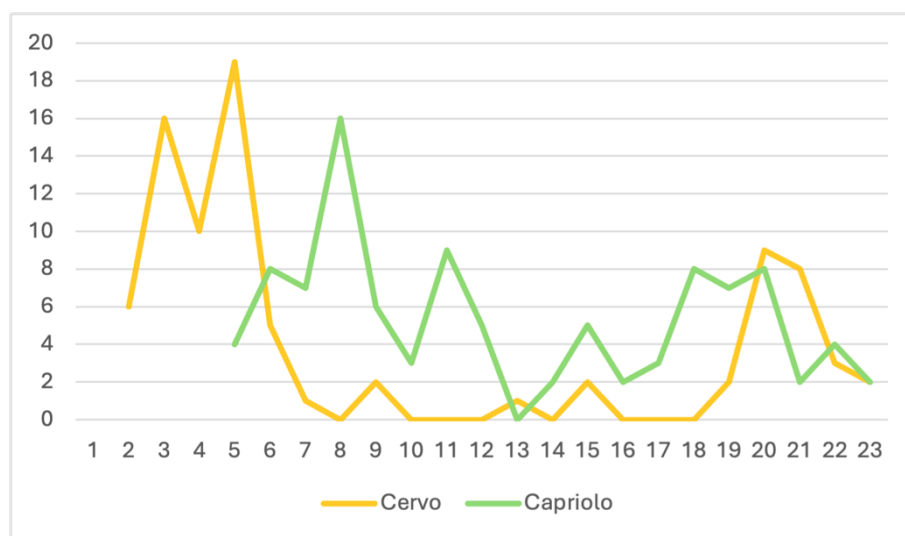


Figura 5.5 Ritmi di attività per cervo e capriolo distribuiti per fasce orarie.

È interessante osservare come per entrambe le specie sia presente una segregazione temporale con una brusca riduzione dell'attività nelle ore centrali della giornata. Per verificare l'eventuale sovrapposizione tra l'uomo e le due specie sono stati analizzati nel grafico 5.5 i ritmi di attività umana utilizzando la stessa logica del grafico precedente. I risultati confermano le aspettative, in quanto, l'attività dell'uomo raggiunge i suoi picchi nelle ore centrali della giornata, sebbene sia già presente a partire dalle 7 del mattino, momento in cui non si ravvisa più attività del cervo, fino alle 19 di sera, in cui l'attività del cervo vede il suo ritorno. Da una prima analisi di questi grafici, sembrerebbe che la presenza umana influisca molto di più su cervo piuttosto che su capriolo, diminuendo però i ritmi di attività per entrambe le specie.

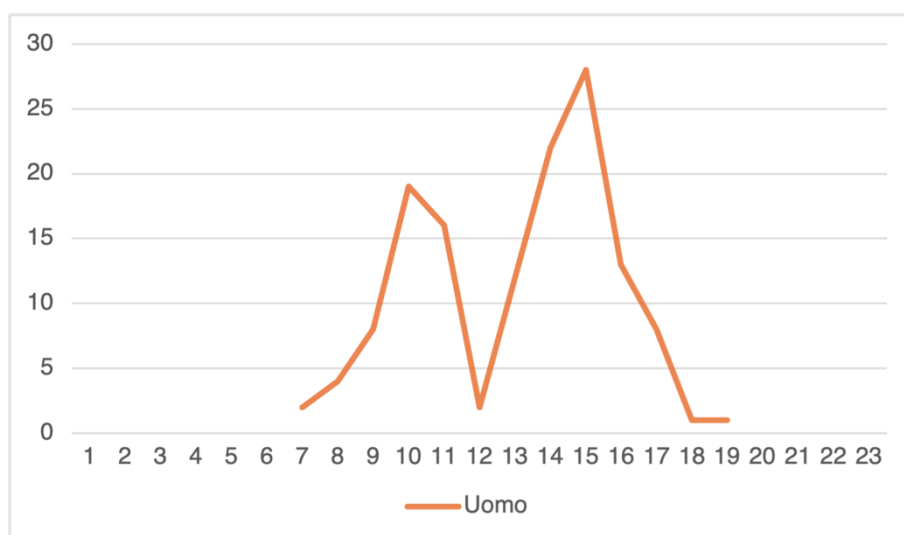


Figura 5.6 Ritmi di attività umana distribuiti per fasce orarie.

L'analisi dei periodi di attività delle specie, suddivisi per mese, ha rivelato tendenze specifiche riguardo alla distribuzione temporale delle due specie. Per il cervo si è osservata una diminuzione del numero di contatti mensili, con 31 individui ad aprile, 30 a maggio e 25 a giugno.

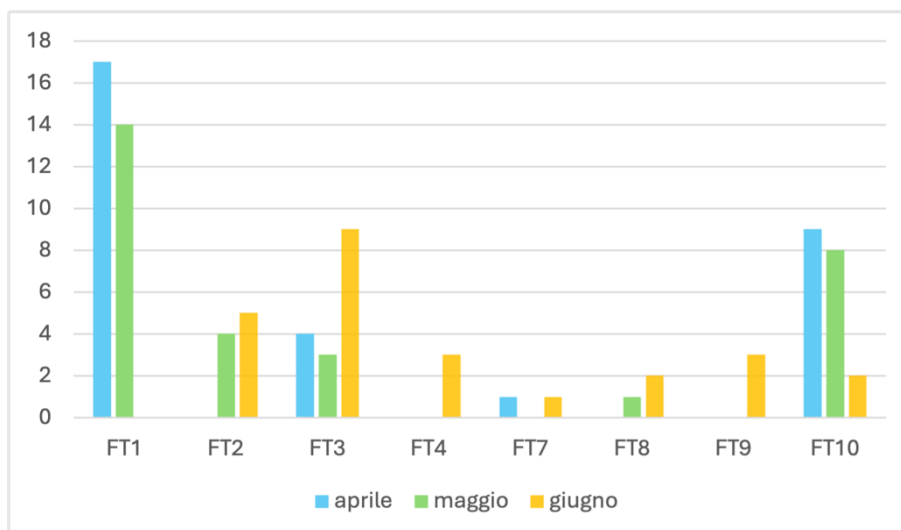


Figura Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..7 Distribuzione per mese dei contatti con Cervo.

Questo decremento potrebbe essere spiegato da un movimento stagionale di abbandono delle aree a bassa quota, in favore di zone più elevate, più facilmente accessibili e ricche di risorse alimentari durante la stagione estiva. In particolare, durante il periodo di rigoglio vegetativo, il cervo, tende ad evitare i boschi fitti, che risultano poco favorevoli per la sua attività a causa della sua stazza e della presenza del palco, che lo rendono meno agile in ambienti densi. Pertanto, la riduzione dei contatti con il cervo nelle aree monitorate potrebbe essere attribuita alla sua preferenza per ambienti più aperti e adatti alla sua mobilità, che si trovano a quote più elevate.

In contrasto, il capriolo ha mostrato un incremento nel numero di individui osservati, con 14 ad aprile, 36 a maggio e 51 a giugno. Questo aumento potrebbe essere spiegato dall'abbandono da parte del cervo delle aree a bassa quota, riducendo la competizione per le risorse alimentari.

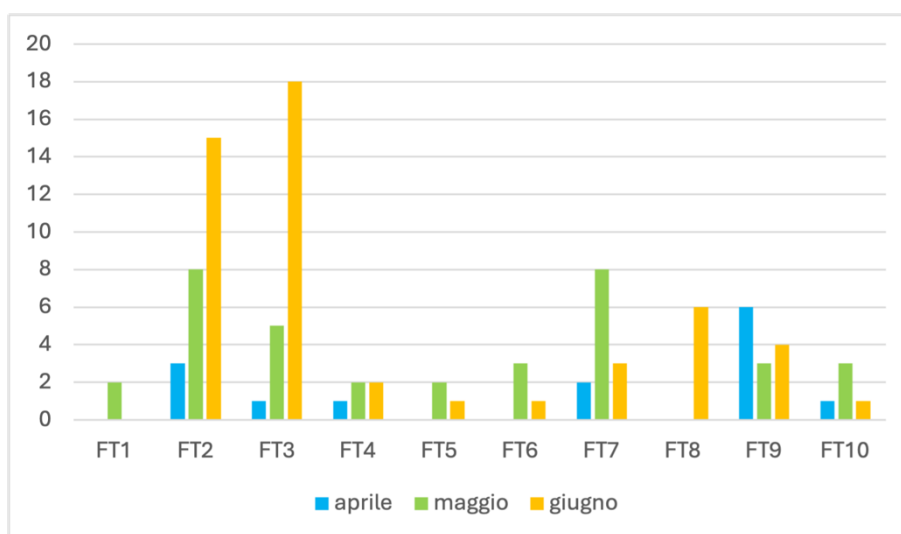


Figura 5.8 Distribuzione per mese dei contatti con Capriolo.

6. CONCLUSIONI

Il presente lavoro di tesi ha dimostrato l'efficacia della tecnica di fototrappolaggio applicata ad un'area campione all'interno del Parco per un periodo che va dal 19/04/2022 al 29/06/2022. L'obiettivo principale è stato quello di verificare se i dati raccolti attraverso le fototrappole potessero contribuire ad ampliare le conoscenze sulle dinamiche ecologiche e le interazioni tra cervo e capriolo. Nonostante il periodo limitato, questa metodologia si è rivelata particolarmente utile nell'ottenere informazioni dettagliate, localizzate nello spazio e nel tempo, sulle specie *target* e più in generale sulla comunità faunistica presente nell'area indagata. In particolare, l'analisi dei dati ha evidenziato una segregazione spaziale e temporale tra le specie *target* e la presenza umana, registrando picchi di attività nelle ore crepuscolari e notturne per i cervidi e nelle ore centrali della giornata per l'uomo. Questa differenza nei tempi di attività potrebbe rappresentare una strategia per ridurre la competizione interspecifica, in quanto si nota una segregazione spazio-temporale tra i due cervidi, che potrebbe indicare dinamiche competitive che spingono presumibilmente il capriolo ad evitare il cervo (Bruschi, 2024 e Chiozzini *et al.*, 2000). Entro il periodo analizzato è stato osservato un calo nella presenza di cervi, accompagnato da un aumento del numero di caprioli. Tale dinamica potrebbe essere interpretata considerando il rigoglio vegetativo primaverile-estivo che progressivamente interessa aree a quote più alte e presumibilmente più idonee alla presenza cervo.

Il fototrappolaggio si è confermato uno strumento estremamente efficace per rilevare la presenza delle diverse specie nel territorio selezionato e per raccogliere dati ecologicamente rilevanti, come orari di attività giornaliera e mensile. Questa tecnica è potenzialmente in grado di fornire ulteriori informazioni, come sesso degli individui, classe di età ed eventuali dati comportamentali, fornendo importanti indicazioni sulla distribuzione spaziale e sulle strategie ecologiche delle due specie anche risposta alle variazioni stagionali e ambientali. Sebbene tali dati non siano stati presi in considerazione in questo studio, la loro integrazione futura potrebbe portare a risultati più completi e significativi. Un valore aggiunto della tecnica è rappresentato dalla possibilità di registrare video di specie elusive, permettendo la costruzione di etogrammi. Tuttavia, il fototrappolaggio presenta dei limiti per quanto riguarda la stima della densità di popolazione, poiché è spesso difficile riconoscere singoli individui in modo affidabile, specialmente in condizioni di scarsa visibilità (ad esempio, di notte o in presenza di ostacoli visivi).

Questa ricerca ha inoltre messo in luce alcune criticità legate alla gestione dei dati. L'analisi manuale dei numerosi video registrati, ha richiesto un notevole investimento di tempo ed è stata esposta al rischio di errori umani. Per ottimizzare il processo di interpretazione e archiviazione dei dati, un possibile approccio futuro potrebbe essere l'utilizzo di raffiche di immagini anziché video da 10 secondi. Questa soluzione consentirebbe di velocizzare l'interpretazione dei dati e di ridurre significativamente il peso complessivo dei file, semplificando così la gestione e l'analisi.

In un'ottica ancora più avanzata, l'introduzione di programmi di intelligenza artificiale potrebbe rappresentare una svolta significativa, ad esempio per l'eliminazione automatica dei cosiddetti "video bianchi" (in cui non sono presenti animali) o per il riconoscimento automatico delle specie o degli individui stessi (Magnani 2023).

Un altro aspetto interessante emerso è il potenziale contributo della *citizen science* come strumento di supporto per l'analisi dei dati. Coinvolgere i cittadini in attività di raccolta e classificazione dei dati, previa formazione adeguata e supervisione, potrebbe non solo alleggerire il carico di lavoro, ma anche promuovere una maggiore consapevolezza ambientale e comunicare efficacemente il ruolo del Parco nel monitoraggio della fauna (Vascelli, 2024).

Infine, questa tesi ha gettato le basi per lo sviluppo di un progetto di fototrappolaggio più ampio e complesso, focalizzato sulle interazioni tra prede e predatori (Progetto Preda-Predatore). Una prospettiva di ricerca futura potrebbe consistere nell'analisi a lungo termine dei rapporti tra cervo e capriolo in seguito al ritorno del lupo, assente ormai da decenni. Questo tipo di studio potrebbe fornire dati cruciali non solo sul comportamento antipredatorio degli ungulati, ma anche su altre specie presenti, contribuendo così alla comprensione delle dinamiche ecologiche che caratterizzano l'area.

In conclusione, il fototrappolaggio si conferma uno strumento versatile e prezioso per l'ecologia e la gestione della fauna selvatica, capace di fornire informazioni dettagliate e di aprire nuove prospettive di ricerca e conservazione.

7. BIBLIOGRAFIA

APOLLONIO M., MENEGUZ P. 2003. *Ovis orientalis*. In Boitani L., Lovari S., Vigna Taglianti A. (Eds.), *Mammiferi Carnivori e Artiodattili*, Serie Fauna d'Italia, Ed. Calderini, Bologna.

ARRIGHETTI A., 1973 bis. *Ecologia vegetale e fitogeografia*. In: Tomasi G. (a cura di), *L'ambiente naturale e umano dei parchi in Trentino*. Provincia Autonoma di Trento: 185-193.

ARRIGHETTI A., 1973. *Clima*. In: Tomasi G. (a cura di), *L'ambiente naturale e umano dei parchi in Trentino*. Provincia Autonoma di Trento: 185-193.

BORKOWSKI, J., R. BANUL, J. JURKIEWICZ- AZAB, ET AL. 2021. "There Is Only One Winner: The Negative Impact of Red Deer Density on Roe Deer Numbers and Distribution in the Słowiński National Park and Its Vicinity." *Ecology and Evolution* 11, no. 11: 6889–6899.

BRUSCHI S. 2024 *Effetti del disturbo antropico sugli ungulati: una valutazione basata su dati di fototrappolaggio nel Parco Naturale Adamello Brenta*. Tesi Magistrale discussa presso Università di Torino; facoltà di Scienze della vita e biologia dei sistemi. Anno accademico 2023/2024

CAMPESTRINI C. 1990. *La salvaguardia delle risorse e la scelta ecologica in Trentino*. In Flaim S. (a cura di), *Incontri col Parco*. Edizioni Arca, Trento: 15-29.

CHESSON P. 2000, *Mechanism of maintenance of species diversity*, "Annual review of Ecology and systematics", 2000 31:1, 343-66

CHIOZZINI S., MUSTONI A., PEDROTTI L. e SARACENI S., 2000. *Collana Parco documenti 12: "Il Cervo e il Capriolo" studio sui rapporti interspecifici invernali*. Parco Naturale Adamello Brenta. Litografia Amorth – Gardolo (TN)

DONINI, V., PEDROTTI, L., FERRETTI, F., IACONA, E., LORENZETTI, L., COZZI, F. AND CORLATTI, L. (2025), Spatial and Temporal Relationships Between Roe and Red Deer in an Alpine Area. *Ecol Evol*, 15: e70777

DUPRÉ E., GENOVESI P., PEDROTTI L. 2000. Studio di fattibilità per la reintroduzione dell'Orso bruno (*Ursus arctos*) sulle Alpi centrali. Istituto nazionale per la fauna selvatica "Alessandro Ghigi"

FESTI F., PROSSER F., 2008. Flora del Parco Naturale Adamello Brenta. Documenti del Parco n°17. Ed. Osiride, Rovereto (TN).

GANDOLFO C., SULLI M., 1993. Studi sul clima del Trentino per ricerche dendrocronologiche e di ecologia forestale. Servizio Foreste, Provincia Autonoma di Trento.

GROFF C., ANGELI F., BAGGIA M., BRAGALANTI N., ZANGHELLINI P., ZENI M. (a cura di), 2024. Rapporto Grandi carnivori 2023. Servizio Faunistico della Provincia Autonoma di Trento

HOFMANN, R. R. 1989. "Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system." *Oecologia* 78: 443–457.

KAYS R., ARBOGAST B.S., BAKER-WHATTON M., BEIRNE C., BOONE H.M., BOWLER M., BURNEO S.F., COVE M.V., DING P., ESPINOSA S., GONÇALVES A.L.S., HANSEN C.P., JANSEN P.A., KOLOWSKI J.M., KNOWLES T.W., LIMA M.G.M., MILLSPAUGH J., MCSHEA W., PACIFICI K., PARSONS A.W., PEASE B.S., ROVERO F., SANTOS F., SCHUTTLER S.G., SHEIL D., SI X., SNIDER M., SPIRONELLO W.R. 2020. An empirical evaluation of camera trap study design: How many, how long and when? *Methods Ecol Evol*. 2020; 11:700-713

LATHAM, J., B. W. STAINES, AND M. L. GORMAN. 1997. "Correlations of Red (*Cervus elaphus*) and Roe (*Capreolus capreolus*) Deer Densities in Scottish Forests With Environmental Variables." *Journal of Zoology* 242, no. 4: 681–704

LYRA-JORGE M.C., CIOCHETI G., PIVELLO V.R., MEIRELLES S.T. 2008. Comparing methods for sampling large-and medium-sized mammals: camera traps and track plots. *Eur J Wildl Res* (2008) 54:739-744

MAGNANI E. 2023. Studio dei mesocarnivori del Parco Naturale Adamello Brenta in relazione alla presenza di *Canis lupus* Linnaeus, 1758. Tesi Triennale discussa presso l'Università degli studi di Modena e Reggio Emilia; facoltà di Scienze Naturali. Anno accademico 2022/2023

MUSTONI A., PEDROTTI L., ZANON E., TOSI G. 2002. Ungulati delle Alpi – biologia riconoscimento - gestione. Nitida Immagine Editrice. Cles (TN).

NATUCCI L., 2020. Investigating activity patterns of large-size mammals using opportunistic camera-trapping data

PEDROTTI F., 2005. Vegetazione. In: Sartori G., Mancabelli A., Wolf U., Corradini F., Atlante dei suoli del Parco Naturale Adamello Brenta Suoli e paesaggi. Museo Tridentino di Scienze Naturali, Trento. Pp. 13-15.

PIGNATTI S., 1998. I Boschi d'Italia, Sinecologia e Biodiversità. Ed.UTET, Torino.

PUSCEDDU A., SARÀ G., VIAROLI P. 2020. Ecologia. De Agostini scuola Spa Novara.

RICHARD, E., J. M. GAILLARD, S. SAÏD, J. L. HAMANN, AND F. KLEIN. 2010. "High Red Deer Density Depresses Body Mass of Roe Deer Fawns." *Oecologia* 163, no. 1: 91–97.

ROVERO, F. AND ZIMMERMANN, F., 2016. Camera Trapping For Wildlife Research. Pelagic Publishing.

SMIRAGLIA C. 1992. Guida ai ghiacciai e alla glaciologia. Zanichelli, Bologna: 243.

SRBEK-ARAÚJO A.C., CHIARELLO A.G. 2005. Is camera-trapping an efficient method to surveying mammals in neotropical forest? *J Trop Ecol* 21:121–125

TOMASI G., 1990. Aspetti naturalistici. In: Flaim S. (a cura di), Incontri col Parco. Edizioni Arca, Trento: 31-40.

TROLLE M., NOSS A.J., LIMA E., DALPONTE JC. 2007. Camera-trap studies of maned wolf density in the Cerrado and the Pantanal of Brazil. *Biol Conserv* 16:1197–120

VASCELLI C. 2024. La Citizen Science per l'interpretazione delle immagini in un progetto di fototrappolaggio nel Parco Naturale Adamello Brenta. Tesi Magistrale discussa presso Università degli studi di Milano; facoltà di Scienze e Tecnologie. Anno accademico 2023/2024

ZIBORDI F., MUSTONI A., VIVIANI V., LICCIOLI S., STEFANI G. 2010. L'impegno del Parco per l'orso: il Progetto Life Ursus. Ufficio Faunistico del Parco Naturale Adamello Brenta. Documenti del Parco 18. Manfrini. Strembo (TN)

7.1.SITOGRAFIA

http://www.areeprotette.provincia.tn.it/parchi_trentino/parco_adamello_brenta/

https://grandicarnivori.provincia.tn.it/content/download/15356/263827/file/RapportoGrandiCarnivori_2023_ITA_03_web.pdf

<https://scubla.it/wp-content/uploads/2021/04/Manuale-Scout-Guard-SG2060-X-V.01.2019.pdf>

<https://sites.unimi.it/glaciol/wp-content/uploads/2019/02/6-trentino.pdf>

<https://www.glaciologia.it/i-ghiacciai-italiani/>

<https://www.pnab.it>

UOMO/ANIMALE

u → Uomo

u+c → Uomo con cane

a → Animale

np → obiettivo coperto da ostacoli (rami rotti, neve, ecc.)

off → fototrappola spenta o non funzionante

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/quod

cacc → Cacciatore

cav → A cavallo

esc → Escursionista

oper → Operaio

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

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”

Allegato 2 Legenda di compilazione database

9. RINGRAZIAMENTI

Giunto al termine di questo percorso, sento il bisogno e il piacere di ringraziare tutte le persone che mi hanno accompagnato, sostenuto e ispirato lungo la strada. Il mio più sentito ringraziamento va al Parco Naturale Adamello Brenta, che ha rappresentato il cuore di questa esperienza. Grazie ad Andrea per avermi dato l'opportunità di partecipare attivamente a un progetto tanto stimolante quanto formativo. L'esperienza sul campo, il contatto diretto con la natura e il lavoro svolto insieme a Nicolò hanno arricchito profondamente il mio percorso. Un ringraziamento speciale e sentito va a Marco Armanini, mio correlatore. Sei stato per me un vero punto di riferimento. Con premura, pazienza e dedizione, mi hai accompagnato in ogni fase di questo lavoro. La tua passione, competenza, disponibilità ed i consigli preziosi hanno lasciato un segno importante in questo percorso, non solo dal punto di vista accademico.

Ringrazio la mia relattrice, Prof.ssa Paola Maria Valsecchi per aver seguito con attenzione e rispetto lo sviluppo di questo lavoro.

Il ringraziamento più profondo va alla mia famiglia, ed in particolare a mia mamma. Senza di lei, semplicemente, tutto questo non ci sarebbe stato. Mi ha sempre incoraggiato con costanza, amore, fiducia e tutte quelle cose belle che solo una madre sa donare. È stata il motore silenzioso e potente di questo percorso, anche nei momenti più difficili, e a lei va il mio grazie più grande. A mia sorella, che mi è sempre stata accanto e ha rappresentato un esempio da seguire fin dai primi episodi e scontri con la matematica.

A mio papà, che teneva il conto degli esami mancanti, e ogni volta, con orgoglio e leggerezza, diceva: "Un altro è andato".

A Valentina, mia compagna di vita, che sa comprendermi, sostenermi e soprattutto... pazientare. La tua presenza è stata ed è fondamentale.

Un grazie sincero anche ai miei due cani, Gastone e Nina, che mi hanno tenuto compagnia nelle lunghe giornate di studio, regalandomi attimi di libertà e leggerezza tra un giretto e l'altro.

Un pensiero speciale va anche a Mike: ci siamo riusciti. Mi hai sempre sostenuto, e hai sempre saputo farmi sorridere con i tuoi racconti, che mi mancano molto. Questo traguardo è anche tuo.

Un grazie agli amici e a tutte le persone che, in modi diversi, hanno fatto parte di questo viaggio. Infine, grazie alla Montagna che con la sua forza, il suo silenzio e la sua verità, mi ha insegnato ad ascoltare, osservare e camminare con rispetto. È lei che mi ha dato ispirazione, equilibrio e un posto in cui tornare.

“Su quei sentieri, tra il vento e le rocce, ho ritrovato me stesso. E ogni volta che alzo lo sguardo verso una cima, so perché ho iniziato”