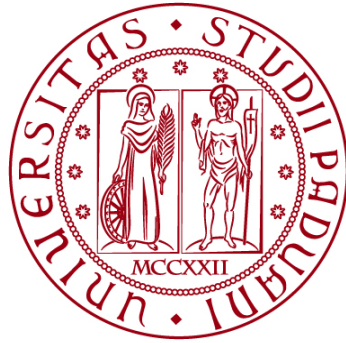


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA

Corso di Laurea magistrale in Scienze della Natura



TESI DI LAUREA

ANALISI SULL'ECOLOGIA ALIMENTARE DELLA MARMOTTA ALPINA (*Marmota marmota*) IN UN PASCOLO MONTANO NEL PARCO NATURALE PANEVEGGIO PALE DI SAN MARTINO

Relatore: Prof. Andrea Pilastro - Dipartimento di Biologia

Correlatori:

Dott. Alessandro Forti - Ente Parco Paneveggio Pale di San Martino

Piergiovanni Partel - Ente Parco Paneveggio Pale di San Martino

Prof. Giorgio Marchesini – Dipartimento MAPS

Laureanda: Caterina Byloos

ANNO ACCADEMICO 2022/2023

ABSTRACT

La marmotta alpina (*Marmota marmota*) è un mammifero semifossorio adattato a climi freddi, predilige infatti ambienti di prateria o pascoli d'alta quota ed è ben diffusa in tutto l'Arco Alpino.

Le attività svolte nella presente tesi si inseriscono in un progetto più ampio, nato dalla collaborazione tra l'Ente Parco Naturale Paneveggio Pale di San Martino e il Dipartimento di Medicina Animale, Produzioni e Salute (MAPS), dell'Università degli Studi di Padova. Le indagini sono state svolte in due aree campione nei pressi del Passo Rolle durante la stagione estiva 2022, tra giugno e agosto. Lo studio vuole approfondire le conoscenze riguardo le preferenze alimentari della marmotta alpina. Durante le indagini sono state effettuate tre tipologie di analisi volte ad indagare l'attuale utilizzo del pascolo. Si sono svolte analisi floristiche per conoscere le specie vegetali presenti nell'area di studio, la loro abbondanza e lo stadio fenologico. Per raccogliere queste informazioni sono stati utilizzati transetti lineari di 10 m e, parallelamente a questi, sono stati raccolti anche dei campioni di foraggio per analizzarne la composizione e la qualità nutrizionale mediante successiva analisi spettroscopica. Queste informazioni sono state integrate con osservazioni sui nuclei di marmotte presenti.

Dai dati sembra che la marmotta alpina prediliga per il foraggiamento aree dove la vegetazione è ricca in termini di biodiversità ed è caratterizzata da un elevato contenuto in emicellulose e proteina. I risultati di questa ricerca possono essere utili per definire quali sono le specie vegetali che forniscono un ambiente idoneo alla marmotta.

Inoltre, pongono le basi per poter attuare piani di gestione del pascolo più sostenibili, che guardino con più attenzione alla tutela e conservazione di specie selvatiche come la marmotta che, seppur ben diffusa, svolge un importante ruolo ecologico nell'ecosistema ed è per questo una specie da tutelare.

Indice

1. INTRODUZIONE	7
2. LA MARMOTTA ALPINA	11
2.1. FILOGENESI	11
2.2. DISTRIBUZIONE	13
2.3. HABITAT	16
2.4. CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	19
2.5. DIETA	21
2.6. ETOLOGIA	22
2.6.1. <i>Comportamento e gerarchia sociale</i>	22
2.6.2. <i>Ciclo biologico</i>	25
2.6.3. <i>Sistema di tane</i>	27
2.6.4. <i>Ruolo ecologico e predatori</i>	28
3. IL PARCO NATURALE PANEVEGGIO PALE DI SAN MARTINO	33
3.1. AMBIENTI NATURALI	33
3.2. BIODIVERSITÀ	36
4. L'AREA DI STUDIO	39
5. MATERIALI E METODI	43
5.1. ANALISI FAUNISTICA	43
5.1.1. <i>Stima home-range e aree di foraggiamento</i>	53
5.2. ANALISI SULLA VEGETAZIONE	54
5.3. ANALISI STATISTICA	58
6. RISULTATI	61
6.1. DATI SULLE MARMOTTE	61
6.1.1. <i>Busabella</i>	62
6.1.2. <i>Fosse</i>	65
6.2. DATI SULLA VEGETAZIONE	67
6.3. DATI SULLA QUALITÀ FORAGGIO	71
7. DISCUSSIONE	83
9. BIBLIOGRAFIA	89
9.1. SITOGRAFIA	93
10. ALLEGATI	95
11. RINGRAZIAMENTI	99

1. INTRODUZIONE

Dal 2019 il Parco Naturale Paneveggio Pale di San Martino è impegnato in uno studio volto ad approfondire le conoscenze riguardo la dinamica delle popolazioni e in generale l'ecologia della marmotta alpina, in alcune aree campione all'interno dell'area protetta. Il progetto a medio termine prevede obiettivi quali conoscere la consistenza e la densità delle popolazioni presenti, studiare i fattori che possono influenzare la demografia di popolazione ma anche stabilire un metodo di monitoraggio accurato e speditivo. Le attività svolte nel triennio 2019-2021 hanno permesso di raggiungere la maggior parte degli obiettivi prefissati (Forti e Partel, 2021).

Nel 2022 il Parco ha inoltre firmato un accordo di collaborazione con il Dipartimento di Medicina Animale, Produzioni e Salute (MAPS), dell'Università degli Studi di Padova, per lo sviluppo di ulteriori attività di ricerca riguardanti l'ecologia e lo stato sanitario della marmotta alpina, in relazione alle diverse modalità di utilizzo del pascolo durante l'alpeggio.

La marmotta è un erbivoro pascolatore selettivo (Bassato et al. 1996) che colonizza aree a pascolo in alta quota, dove svolge un ruolo fondamentale nell'ecosistema. Occupando zone d'alpeggio, in estate spesso condivide le stesse con animali d'allevamento quali bovini (*Bos taurus*) e pecore (*Ovis aries*), anch'essi pascolatori. Questa situazione implica una possibile competizione interspecifica tra selvatico e domestico. D'altra parte, l'attività di pascolo è utile per il mantenimento delle aree aperte: se queste venissero lasciate a sé stesse, infatti, verrebbero occupate gradualmente dal bosco e verrebbero meno le zone adatte alla vita della marmotta. È molto probabile che il pascolo bovino possa influenzare l'ecologia alimentare della marmotta, oltre che la presenza/assenza della stessa in un'area. Ad oggi, però, non è ancora chiaro se gli effetti di tale influenza siano positivi o negativi, o in che termini, a seconda dell'intensità di pascolamento, possano influire sulle dinamiche di popolazione della marmotta stessa.

Per comprenderlo è necessario analizzare diversi fattori, al fine di indagare ed eventualmente mitigare il possibile conflitto tra fauna e allevamento, rendendo quest'ultimo più sostenibile ove necessario.

L'attività di ricerca avviata nel 2022, in collaborazione con l'Università di Padova, è volta proprio a comprendere come l'attività di pascolamento a diversa intensità possa influenzare la composizione dei pascoli in termini di specie di piante presenti, e qualità nutrizionale. Un ulteriore obiettivo a lungo termine del progetto è studiare l'ecologia alimentare della marmotta e capire se la qualità dei pascoli possa influenzare l'attività alimentare della marmotta, le sue dinamiche di popolazione e il suo stato sanitario.

Questa tesi si inserisce all'interno di tale progetto, focalizzandosi sull'ecologia alimentare delle marmotte in due delle aree campione prese in considerazione e presentando dei risultati preliminari. Lo scopo della tesi è stato quello di analizzare la composizione floristica e la qualità nutrizionale del pascolo delle due aree durante l'estate 2022 e studiare la distribuzione dell'attività di foraggiamento delle marmotte.

2. LA MARMOTTA ALPINA

2.1. FILOGENESI

La marmotta alpina *Marmota marmota* (Linneus, 1758) è un mammifero semifossorio di medie dimensioni appartenente all'ordine dei Roditori (Rodentia), del quale fanno parte più del 40% delle specie di mammiferi viventi. L'origine di quest'ordine risale al Paleocene, tra i 57 e i 60 milioni di anni fa, quando la linea evolutiva dei Roditori si separò da quella dei Lagomorfi. La prima famiglia conosciuta è quella dei Paramidae, che includeva specie simili a sciuridi.

Il picco di diversificazione dell'ordine fu raggiunto nell'Eocene, tra i 38 e i 45 milioni di anni fa, durante il quale la notevole ricchezza in specie si tradusse in evidenti diversificazioni morfologiche ed eco-etologiche che vanno dalle dimensioni delle diverse specie, alla varietà di ambienti colonizzati, fino ai differenti stili di vita adottati. Nonostante ciò, tutti i Roditori sono accomunati da alcune caratteristiche quali l'assenza dei denti canini, la presenza di uno spazio vuoto chiamato "diastema" tra gli incisivi e i premolari e un forte sviluppo dei denti incisivi, a crescita continua e privi di radici. Inoltre, sono animali plantigradi, con ossa carpali e tarsali ben sviluppate (Ranghetti, 2009).

La classificazione dei Roditori è abbastanza controversa, sono due le suddivisioni maggiormente accettate: la prima fa riferimento alla struttura del muscolo masseterico e dell'arcata zigomatica, individuando tre sottordini quali Sciuromorpha (sciuridi e ghiri), Myomorpha (topi e ratti) e Hystricomorpha (cavie e isticri); la seconda classificazione fa invece riferimento alla struttura della mandibola, individuando i due sottordini degli Sciuromorpha, considerata la condizione più primitiva, e Hystricomorpha, che comprendono solo una parte degli isticomorfi.

Il sottordine degli sciuromorfi si suddivide poi in sei famiglie, di cui tre in realtà sono estinte e le specie viventi si dividono nelle famiglie Aplodontiidae, Gliridae e Sciuridae. Gli sciuridi, a cui appartiene la marmotta, secondo la nuova classificazione (Thorington e Hoffmann 2005), si suddividono a loro volta in cinque sottofamiglie:

Ratufinae, Sciurillinae, Sciurinae, Callosciurinae e Xerinae. Quest'ultima comprende specie prevalentemente terricole, a loro volta raggruppate in tre tribù: Xerini e Protoxerini, che sono scoiattoli africani, e la tribù dei Marmotini che comprende sei generi, tra cui il genere *Marmota* a cui appartengono 14 specie. Si tratta di un genere monofiletico, come confermato da Steppan et al. (1999), adattatosi a molti ambienti tra cui quelli periglaciali.

Il genere *Marmota* a sua volta si divide in altri dieci sottogeneri, tra i quali è presente il sottogenere *marmota*, al quale appartiene la specie *Marmota marmota*; diffusa su Alpi, Pirenei, Carpazi e in ristrette zone dell'Appennino Tosco-Emiliano (Ranghetti, 2009; Serge, 2019) (tab. 1).

Tabella 1. Filogenesi della marmotta alpina

Regno	Animalia
Phylum	Chordata
Classe	Mammalia
Sottoclasse	Theria
Infraclasse	Eutheria
Ordine	Rodentia
Sottordine	Sciuromorpha
Famiglia	Sciuridae
Sottofamiglia	Xerinae
Tribù	Marmotini
Genere	<i>Marmota</i>
Sottogenere	<i>Marmota</i>
Specie	<i>M. marmota</i>

2.2. DISTRIBUZIONE

La distribuzione attuale della marmotta alpina è strettamente legata alla successione di numerosi periodi glaciali e interglaciali succedutisi nel Pleistocene (Zimina e Gerasimov, 1973). Il genere *Marmota* ha origine durante il Miocene (25-5 milioni di anni fa) in America Settentrionale ma arriva in Eurasia soltanto all'inizio del Pleistocene, durante le glaciazioni quaternarie (a partire da 600.000 anni fa) attraverso lo stretto di Bering. Così durante il Quaternario, che fu caratterizzato dal susseguirsi di più fasi glaciali, le specie appartenenti a questo genere arrivarono a colonizzare l'Europa Occidentale attraverso le grandi steppe russe, insediandosi negli ambienti di tundra e steppa che caratterizzavano tutta l'Europa. Grazie a testimonianze fossili sappiamo che in questi periodi, più freddi degli attuali, le marmotte occupavano anche aree prealpine e pedemontane (Dal Piaz, 1929; Bressan, 1988; Tonon, 1989; Bon et al., 1995; Cappato et al., 2006; Gurioli et al., 2006), a quote quindi più basse di quelle oggi maggiormente idonee alla specie.

Dopo l'ultima glaciazione, nel postglaciale olocenico (10-9 mila anni fa) ci fu un periodo di riscaldamento che portò ad un'espansione delle foreste d'Europa e, di conseguenza, ad una progressiva riduzione dell'habitat della marmotta. La specie iniziò infatti a spostarsi in senso altitudinale, trovando rifugio nelle catene montuose, tra cui l'Arco Alpino, in quanto, al di sotto di esse, l'avanzamento delle foreste di conifere rendeva l'ambiente inadatto alla sua sopravvivenza. La distribuzione della specie si è perciò ristretta generalmente sopra il limite della vegetazione arborea delle principali catene montuose (Ranghetti, 2009; Galluzzi, 2014). La marmotta alpina è quindi una specie endemica europea il cui areale è limitato alle catene montuose delle Alpi, dei monti Tatra, dei Carpazi e dei Pirenei (Borgo e Vettorazzo, 2008). In Italia, la marmotta alpina è attualmente presente e ben diffusa su tutto l'Arco Alpino e in alcune aree dell'Appennino settentrionale, più precisamente nell'Appennino ligure e in quello tra tosco-emiliano, dove però è stata introdotta soltanto di recente (fig. 1).

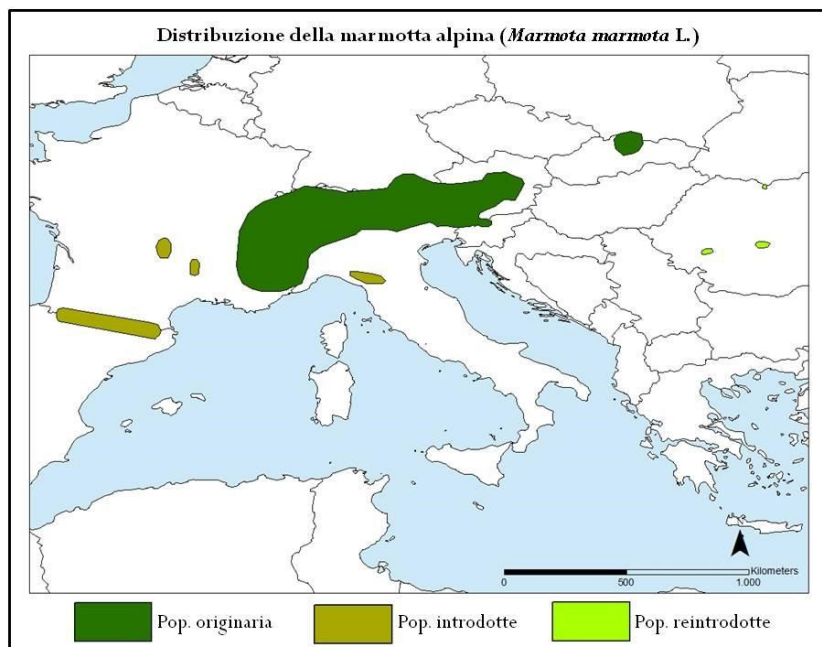


Figura 1. Areale di distribuzione della marmotta alpina. Fonte: IUCN (2015); da Galluzzi, 2014.

Per quanto riguarda la sua distribuzione in Trentino, la marmotta è oggi ampiamente distribuita nella provincia autonoma di Trento (PAT) (fig. 2), con un areale sempre più ampio grazie ai numerosi interventi di cattura e rilascio effettuati dall'Associazione Cacciatori del Trentino in accordo con il Servizio Foreste e Fauna della PAT.

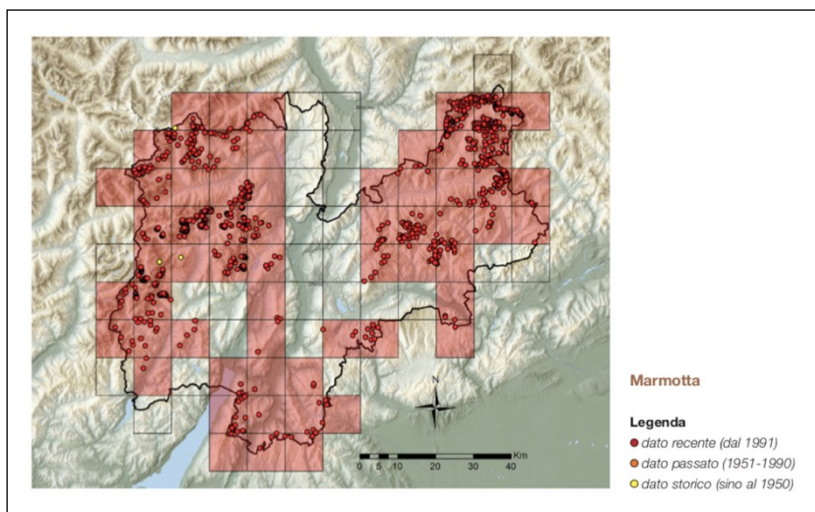


Figura 2. Mappa della distribuzione della marmotta alpina nella provincia autonoma di Trento (PAT). Fonte: Caldonazzi et al., 2018.

Numerose fonti riportavano infatti l'assenza della marmotta durante l'Ottocento nella porzione di Trentino a oriente della Val d'Adige, con la sola eccezione dell'Alta Val di Fassa. È probabile, dunque, che l'attuale diffusione della specie, oggi ben distribuita in tutto il territorio, sia dovuta proprio a introduzioni e reintroduzioni durante i primi decenni del Novecento (Caldonazzi et al., 2018). La prima testimonianza della sua presenza nel Parco risale agli anni '50 del Novecento, quando la marmotta venne citata tra le specie di selvaggina presenti all'interno della foresta demaniale di Paneveggio in una relazione dell'Azienda di Stato per le Foreste Demaniali (ASFD).

Un tempo la marmotta era infatti oggetto di interesse venatorio, oggi è invece un animale popolarmente apprezzato e tutelato ai sensi della Legge 157/92, art. 18 e la Legge Provinciale 24/91, art. 29. Secondo quest'ultima la tutela, la conservazione e il miglioramento della fauna selvatica si realizzano sulla base del piano faunistico (L.P. 24/91, art. 5, comma 1), il quale individua sul territorio gli areali delle singole specie selvatiche, rileva lo stato faunistico e vegetazionale esistente, verifica la dinamica delle popolazioni faunistiche e individua gli interventi e le misure volte al miglioramento della fauna, al fine di realizzare l'equilibrio con l'ambiente, anche attraverso ripopolamenti e prelievi nelle popolazioni medesime e specifiche articolazioni del territorio (L.P. 24/91, art. 5, comma 2). Ai sensi dell'articolo 14, comma 17 della legge 11 febbraio 1992, n. 157, il piano faunistico e la disciplina per l'articolazione del territorio e per la gestione della caccia di cui agli articoli 14 e 23 sostituiscono, in provincia di Trento, la disciplina statale concernente la pianificazione faunistico-venatoria, la suddivisione territoriale e la determinazione della densità venatoria - (L.P. 24/91, art. 5, comma 5).

La marmotta è inoltre elencata in appendice III della Convenzione di Berna (1982).

Per questi motivi gode in Trentino, come nel resto delle Alpi, di un buono stato di conservazione. Le popolazioni di marmotta alpina mostrano un trend demografico stabile in tutto l'areale della specie, è infatti classificata a minor preoccupazione (Least Concern) nella Lista Rossa della IUCN (Cassola, 2016).

2.3. HABITAT

In generale la marmotta predilige aree che consentono di avere una buona disponibilità di cibo ma anche di poter avvistare facilmente i predatori e di poter fuggire rapidamente nelle tane (Ranghetti, 2009).

La marmotta alpina occupa ambienti estremi, caratterizzati da altitudini elevate, temperature invernali basse, copertura nevosa per 5-6 mesi l'anno e conseguente limitato periodo di utilizzazione delle risorse trofiche (Rudatis e De Battisti, 2005).

È infatti una specie tipicamente legata alla prateria alpina e subalpina posta al di sopra del limite superiore della vegetazione arborea (Borgo e Vettorazzo, 2008), ben presente nei gruppi montuosi alpini e prealpini di maggior rilievo, dove occupa principalmente praterie e pascoli (fig. 3). Secondo un'indagine condotta dal MUSE nel 2013, la fascia altitudinale entro la quale si colloca il maggior numero di osservazioni è fra i 1500 e i 2500 m s.l.m.; in particolare quote comprese tra i 2000 e i 2500 m s.l.m. sembrano essere le più utilizzate nell'ambito dell'Arco Alpino (Barbieri et al., 1997). Sono state rilevate discrete presenze anche a quota superiore, fino al limite delle praterie sommitali alpine mentre sotto il limite medio della vegetazione arborea, quindi nella fascia dei 1000-1500 m s.l.m., sono presenti soltanto colonie prealpine di neoformazione, reintrodotte negli ultimi decenni (Caldonazzi et al., 2018).



Figura 3. Area di Busabella, Passo Rolle. Ambienti come questi sono gli habitat selezionati dalla marmotta alpina. Foto di: Caterina Byloos.

Per quanto riguarda la sua distribuzione all'interno del territorio del PNPPSM, come mostrato dalla carta degli habitat in fig. 4, la marmotta è ben diffusa e occupa soprattutto le praterie alpine tra i 1900 e i 2600 m s.l.m., in particolare la troviamo presente con colonie numerose e alcuni nuclei isolati sulla Catena Lusia-Bocche-Juribrutto, nell'area Val Venegia-Rolle-Malga Fosse, sulla Catena del Lagorai e sul Massiccio Tognola-Cima d'Arzon. Ci sono anche alcune colonie più localizzate in Val Canali (www.parcopan.org).

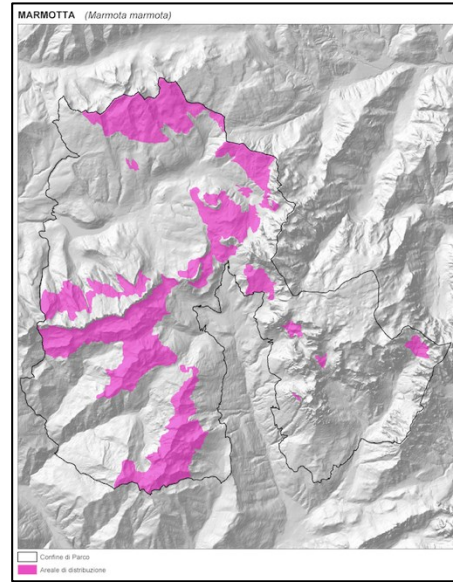


Figura 4. Distribuzione della marmotta alpina all'interno dei confini del PNPPSM. Fonte: Piano del Parco, carta degli habitat, tav. 3B.

Una ricerca condotta nel Parco Naturale Adamello Brenta (Barbieri et al. 1997) ha evidenziato come non esistesse alcuna relazione tra la localizzazione dei nuclei e il substrato geologico, siliceo o calcareo.

Nonostante ciò, poiché le marmotte vivono in tane sotterranee, colonizzano più facilmente aree caratterizzate da un suolo sufficientemente profondo e scavabile. Spesso le praterie degli altopiani dolomitici e carbonatici sono quindi poco idonee, in quanto caratterizzate da suoli poco profondi e dalla presenza di strati di roccia affiorante (Borgo e Vettorazzo, 2008; Caldonazzi et al., 2018).

Fattori importanti per la scelta dell'ambiente da colonizzare sono l'esposizione e la pendenza dei versanti: la marmotta sembra preferire versanti esposti a sud o sud-ovest, con una pendenza moderata (30-40°). Dall'analisi della correlazione tra esposizione e altitudine, all'aumentare di quest'ultima aumenta parimenti la tendenza della specie a insediarsi in aree esposte a sud, preferenza spiegabile quale compensazione al maggiore incremento della nevosità con l'aumento della quota (Caldonazzi et al., 2018).

L'esposizione influenza la lunghezza della stagione attiva in quanto, nei versanti esposti a meridione, caratterizzati da condizioni microclimatiche decisamente più favorevoli, la luce permane per più tempo e quindi lo scioglimento delle nevi in primavera è più precoce. Trovarsi su versanti esposti a sud riduce quindi il rischio di morire di inedia nelle prime settimane dopo il risveglio dal letargo. Da una parte la presenza di copertura nevosa può mettere a repentaglio la sopravvivenza di singoli individui o di un intero nucleo, dall'altra la coltre nevosa isola il terreno dalle basse temperature aiutando a mantenere ben isolate le tane invernali (Borgo e Vettorazzo, 2008).

Per quanto riguarda la pendenza, se troppo bassa ostacolerebbe lo scioglimento della neve riducendo il periodo di attività e aumentando il rischio di allagamento delle tane, oltre a rallentare la fuga degli animali in caso di necessità; d'altra parte, una pendenza troppo elevata aumenterebbe il costo degli spostamenti e il rischio di dissesti (Ranghetti, 2009). Ci possono essere casi specifici in cui è possibile che un gruppo familiare si insedi in versanti con una pendenza anche piuttosto elevata: nel nostro caso uno dei nuclei osservati (F2) era collocato in un'area caratterizzata da un'elevata pendenza ma anche dalla presenza di piccoli terrazzamenti, che agevolavano quindi in parte gli spostamenti.

Un altro elemento importante è la presenza di massi o affioramenti rocciosi, che possono essere utilizzati dalle marmotte per vigilare sul territorio, termoregolarsi o nascondersi dai predatori. Questi animali sembrano quindi preferire zone di prateria miste a macereti, o dove sono comunque presenti massi sui quali poter salire per controllare i dintorni e la possibile presenza di predatori. Le praterie senza massi tendono infatti ad essere occupate solo dopo che le aree con massi sono già state occupate da altre famiglie (Borgo, 2003). Per le stesse ragioni in generale le marmotte tendono anche ad evitare le aree arbustive o cespugliate come le mughete e le ontanete aperte, o anche i settori con rododendro e mirtillo. Anche in questo caso è sempre importante considerare che si tratta di generalizzazioni, ci possono infatti essere situazioni differenti. Nel nostro caso si è potuto osservare come gli esemplari

del nucleo B7, avente un sistema di tane ed un areale che comprende sia zona a prato sia ghiaione, abbiano cambiato il proprio comportamento con l'avanzare della stagione. In primavera gli individui frequentavano soltanto la zona prativa mentre durante il periodo estivo si è assistito ad un quasi totale abbandono di tale zona. Gli animali sono infatti stati avvistati quasi sempre girare tra le rocce del ghiaione, dove potevano trovare rifugio, termoregolare ma anche alimentarsi di bacche e frutti (ad es. lamponi) presenti nei cespugli ed arbusti in mezzo ai massi (oss. pers.). Anche in B3 gli animali durante l'estate passavano gran parte della giornata a termoregolare e riposarsi tra le rocce del medesimo ghiaione, in questo caso però non sono mai state osservate foraggiare, per questo tipo di attività si spostavano invece nel prato (oss. pers.). Le marmotte sono quindi in grado di insediarsi in ambienti cespugliati solo se caratterizzati almeno dalla presenza di grossi massi che offrano punti di osservazione più alti dei cespugli circostanti (Borgo e Vettorazzo, 2008). La scelta di ambienti aperti d'alta quota quali praterie e pascoli alpini è dovuta anche al fatto che questi offrono, oltre che una maggior visibilità, una più ampia varietà floristica rispetto alle zone marginali confinanti con la foresta. Questo permette agli animali di foraggiare più a lungo e con uno stress ambientale inferiore (Ferrari et al. 2022).

2.4. CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE

La forma piuttosto tozza della marmotta alpina (fig. 5) riflette il suo stile di vita terricolo-fossorio. Un individuo adulto misura mediamente 50-60 cm di lunghezza, con una coda di circa 15-20 cm; il peso varia invece durante l'anno e in genere è inferiore ai 2-2,5 kg in primavera e superiore a 5 kg in prossimità del periodo tardo estivo-autunnale.



Figura 5. Foto di un esemplare di marmotta alpina in piedi davanti all'ingresso di tana. Fonte: foto da fototrappola.

L'animale presenta un collo soltanto abbozzato e una testa larga e appiattita superiormente, adattata allo stile di vita parzialmente ipogeo. I padiglioni auricolari sono piccoli e arrotondati, quasi totalmente coperti di pelo e gli occhi sono disposti lateralmente, così da permettere una visione abbastanza ampia, di circa 300°. Nonostante ciò, la vista pur essendo migliore rispetto a quella degli altri Roditori, è poco sviluppata in quanto la nitidezza dell'immagine è scarsa per la mancanza della fovea e la visione è soltanto diurna per l'assenza dei bastoncelli. Per orientarsi nei cunicoli delle tane, in cui la luce è assente, le marmotte sono infatti dotate di vibrisse lunghe 4-7 cm poste su guance e occhi. I sensi maggiormente sviluppati sono invece udito e olfatto.

Il corpo è coperto da una pelliccia che svolge una funzione di isolamento termico ed è di colore variabile dall'ocra, al marrone chiaro al grigiastro a seconda dell'individuo e della stagione; sono invece rari i casi di albinismo (Vevey et al., 1992). La specie è caratterizzata dalla presenza della punta della coda nera, una macchia biancastra tra il naso e gli occhi, il dorso più scuro rispetto al ventre. Il pelo viene in genere cambiato una volta l'anno, durante il periodo estivo.

Le zampe sono corte e robuste, in particolare quelle anteriori hanno quattro dita con grosse unghie adattate allo scavo mentre quelle posteriori hanno cinque dita e sono più sottili.

Come già accennato in precedenza, la marmotta possiede la dentatura tipica di tutti i Roditori, sono infatti assenti i canini e la dentatura è formata da 22 denti di cui 4 incisivi (2 superiori e 2 inferiori), 6 premolari (4 superiori e 2 inferiori), 12 molari (6 per ogni arcata). Gli incisivi hanno la tipica forma a scalpello, sono di colore giallastro, con lo smalto solo anteriormente e sono a crescita continua, come in tutti i Roditori.

La marmotta è una specie per lo più monogama caratterizzata dall'assenza di dimorfismo sessuale (Allainé et al., 1998): i due sessi possono differire leggermente per dimensione corporea ma le uniche caratteristiche che permettono effettivamente di distinguere gli adulti sono la presenza di testicoli nel maschio e la distanza ano-uretra, che in genere è superiore ai 30 mm nei maschi e inferiore nelle femmine.

Anche la distinzione tra classi d'età non è semplice: è possibile distinguere gli adulti dai sub-adulti e dai piccoli, grazie alle dimensioni corporee, tuttavia la distinzione tra adulti e sub-adulti diventa più difficile con l'avanzare della stagione.

2.5. DIETA

La marmotta passa circa sei mesi l'anno in letargo, per questo motivo nei mesi di attività deve cercare di accumulare la maggior quantità di energia e nutrienti possibile per poi affrontare la stagione invernale. Si nutre generalmente di piante ed è una pascolatrice selettiva. Da un'indagine sulla dieta di due gruppi famigliari di marmotte condotta da Garin et al. nel 2008 sui Pirenei è emerso come questa specie prediliga le Dicotiledoni come Leguminose, Composite, Scrophulariacee, Cistacee, Campanulacee e Cariofillacee rispetto alle Monocotiledoni quali Liliacee e Graminacee (Garin et al., 2008). Inoltre, è stato riscontrato in diversi studi come la dieta della marmotta sembri variare stagionalmente: la marmotta tende infatti a selezionare, anche grazie all'aiuto delle zampe anteriori, le parti della pianta che risultano più digeribili e ricche di nutrienti (proteine, zuccheri e acqua), che variano in relazione alla stagione, come germogli, foglie, infiorescenze, frutti o semi. Vengono in genere tralasciate le parti più legnose come i gambi. La scelta alimentare sembra quindi dipendere per lo più dallo stadio vegetativo e dalla maturità istologica delle piante. All'inizio della stagione la marmotta sembra nutrirsi prevalentemente di graminoidi, che mostrano però un peggioramento nella digeribilità e nel contenuto in proteine con l'avanzare dello stadio di maturazione. Durante l'estate, tra giugno e agosto, la dieta è composta per lo più da infiorescenze mentre, verso la fine dell'estate si osserva un maggior consumo di frutti e semi, sia per la loro abbondanza sia per il loro elevato contenuto in proteine (Rudatis e De Battisti 2005; Garin et al. 2008).

Nei periodi in cui il foraggio è più scarso, come appena dopo l'uscita dal letargo, l'alimentazione è invece composta da bulbi e radici e può essere integrata anche da cibi di origine animale come piccoli invertebrati quali larve, insetti e vermi e, più raramente carogne di piccoli animali e uova di uccelli che nidificano a terra, ad

esempio quelle di pernice bianca (Scherini e Tosi, 2003). Casi di cannibalismo intraspecifico e consumo parziale sono stati invece registrati in Valle D'Aosta ma si tratta di eventi rari (Ferrari et al., 2012)

Per quanto riguarda invece il fabbisogno idrico, la marmotta non beve quasi mai in quanto questo bisogno viene soddisfatto tramite l'assunzione di acqua contenuta nelle piante e con la rugiada o la pioggia su di esse accumulata. La distribuzione della specie sul territorio è quindi slegata dalla presenza di corsi d'acqua (Ramousse et al., 1993; Rudatis e De Battisti, 2005; Borgo e Vettorazzo, 2008).

2.6. ETOLOGIA

2.6.1. Comportamento e gerarchia sociale

La marmotta alpina è un animale sociale, vive infatti in famiglie, chiamate anche nuclei famigliari. Ogni nucleo occupa un home-range specifico, differente da quello di un altro gruppo famigliare. In uno stesso territorio ci possono essere però più nuclei famigliari, i quali occupano aree tra loro confinanti (o quasi) e i cui individui si mantengono in contatto acustico e visivo: in questo caso si parla di colonia (Borgo e Vettorazzo, 2008; Serge, 2019). Le interazioni tra individui di famiglie diverse sono invece in genere di tipo antagonista, essendo la marmotta una specie territoriale. Tuttavia, gli individui di una colonia possono collaborare tra loro, ad esempio comunicando l'avvistamento di un potenziale pericolo, come l'avvicinarsi di un predatore.

La struttura sociale tipica del nucleo famigliare permette agli individui di collaborare tra loro nello svolgimento delle attività comuni come la vigilanza, la costruzione di tane e la termoregolazione durante il periodo di ibernazione.

Un nucleo familiare è sempre composto da un'unica coppia dominante riproduttrice e dalla progenie composta di esemplari subadulti (2-3 anni), giovani (1 anno) e piccoli dell'anno, in numero variabile. Ogni famiglia può essere composta da un minimo di 2 esemplari (soltanto la coppia) ad un massimo di 20 (Allainé et al., 2011; Ranghetti, 2009; Ferrari et al., 2022).

Il maschio e la femmina dominanti cercano di imporre la loro posizione gerarchica sugli altri individui tramite atteggiamenti aggressivi e di oppressione. La femmina dominante è l'unica in grado di riprodursi in quanto è capace di inibire l'ovulazione delle altre femmine subordinate. Il maschio dominante cerca invece di mantenere la priorità sulla femmina tramite comportamenti aggressivi e di lotta nei confronti dei maschi subordinati o esterni al nucleo familiare. Questi atteggiamenti richiedono un elevato dispendio energetico: più sono numerosi gli individui subordinati, siano essi maschi o femmine, più è difficile per la coppia mantenere la gerarchia e una buona produttività (Cohas et al., 2006). Non sono rari i casi in cui la femmina partorisca figli illegittimi (Goossens et al., 1998), anche se questa sembra essere una vera e propria strategia per variare e migliorare la qualità genetica della prole.

La coesione familiare è mantenuta tramite alcuni comportamenti sociali quali la pulizia reciproca, contatti naso-naso e il gioco. Quest'ultimo è un comportamento tipico degli individui più giovani, che simulano azioni di combattimento e inseguimenti, esercitandosi in questo modo nella difesa del territorio, nella lotta per la gerarchia sociale interna al nucleo e nella sorveglianza nei confronti dei predatori (fig. 6). L'importanza di questi comportamenti di coesione è evidenziata dal fatto che essi sono più frequenti dopo il risveglio dal letargo e prima di rientrarvi, ossia quando la coesione è più necessaria per la sopravvivenza (Borgo e Vettorazzo, 2008; Ranghetti, 2009; Serge, 2019).



Figura 6. Comportamenti sociali tra marmotte di uno stesso nucleo familiare. Nella foto sopra si osservano due individui simulare la lotta; nella foto sotto si osservano due individui mentre si scambiano effusioni. Fonte: foto da fototrappola.

Raramente gli individui adulti giocano, questo perché essi dedicano la maggior parte del loro tempo nello svolgimento di altre attività come l'alimentazione, la vigilanza contro i predatori e la difesa del territorio dagli individui esterni al nucleo. Come già accennato, infatti, la marmotta è una specie territoriale e ogni nucleo familiare ha un proprio territorio entro il quale non sono ammessi individui esterni. Il territorio comprende l'intero sistema di tane e i siti per il foraggiamento e la sua estensione, che dipende dalla dimensione del gruppo e dalle caratteristiche ambientali, varia tra 0,9-2,8 ha con un valore medio di circa 2 ha (Perrin et al., 1993). Gli home-range familiari sono ben distinti l'uno dall'altro e molto poco sovrapposti (Ranghetti, 2009). La difesa del territorio avviene tramite marcature odorose e visive (svitolamento della coda) dei confini o cacciando attivamente gli intrusi. Questo tipo di attività sono a carico soprattutto della coppia dominante, mentre tutti i membri del gruppo partecipano alla marcatura degli ingressi delle tane principali (Borgo e Vettorazzo, 2008).

La marmotta raggiunge la maturità sessuale intorno al secondo anno d'età: a questo punto deve scegliere se andare in dispersione o restare all'interno della famiglia come "helper", aiutando quindi nella difesa del territorio e nella sopravvivenza dei piccoli. In genere i giovani rimangono all'interno del proprio nucleo familiare per un lungo periodo e solo in tarda età giovanile, a partire dal terzo anno d'età, lasciano il proprio nucleo e vanno in dispersione. Dopo l'abbandono della famiglia, la marmotta in dispersione ha davanti a sé diverse possibilità: se trova un sito non occupato può scavarsi una tana propria o appropriarsi di tane abbandonate, oppure può tentare di cacciare il maschio dominante di un'altra famiglia (Stephens et al., 2002).

2.6.2. Ciclo biologico

La marmotta alpina è una specie ibernante, utilizza il letargo come strategia per superare la stagione fredda. Il suo ciclo di vita annuale può quindi essere diviso in due fasi principali: la stagione attiva e il periodo di ibernazione, che inizia di solito durante il mese di ottobre e si protrae per circa sei mesi, fino alla primavera successiva. Il superamento del letargo dipende dalla quantità di grasso accumulato durante la stagione attiva (Armitage, 2014). Esistono però anche altre strategie che le marmotte mettono in atto per ridurre al minimo la dispersione del calore. Una di queste è il letargo di gruppo: maggiore è la dimensione della famiglia e minore sarà la probabilità di morte per assideramento. Il tasso di mortalità invernale è inoltre più alto per gli individui più giovani mentre cala dopo circa i 6 anni d'età (Ferrari et al., 2023), la sopravvivenza degli individui dipende quindi anche dall'età dei componenti del nucleo. Nell'ultimo periodo di attività (agosto-settembre) le marmotte preparano la tana invernale, foderando la camera di ibernazione con erba secca e prima di entrare in maniera definitiva nelle tane invernali, chiudendo con pietre e terra le vie di accesso.

Durante il letargo le funzioni biologiche vengono rallentate il più possibile, solo in questo modo gli animali riescono a sopravvivere alle basse temperature invernali (Hortmann e Heldmaier, 2000): la temperatura corporea della marmotta, normalmente di 37,7°C, scende fino ad un minimo di 2,6°C; la frequenza respiratoria, normalmente di più di 30 ventilazioni, si abbassa a 5 e la frequenza cardiaca si riduce a 15 battiti cardiaci al minuto, dai normali 130. Le marmotte alternano momenti di ipotermia a momenti di eutermia; quindi, da questi livelli di "quasi morte" il metabolismo dell'animale in letargo periodicamente aumenta, rialzando le frequenze respiratorie e cardiache e facendo risalire la temperatura corporea. Con l'avanzare della stagione i valori vitali progressivamente aumentano fino ad arrivare al risveglio definitivo durante il mese di aprile. Al momento dell'uscita dalle tane, gli individui possono aver perso fino al 55% del proprio peso corporeo.

Poco dopo l'uscita dalle tane, con l'inizio della stagione attiva, comincia la stagione riproduttiva. In questo periodo il suolo è ancora spesso coperto dal manto nevoso e il foraggiamento è un'attività secondaria, prevalgono invece le attività sociali, i combattimenti tra il maschio dominante e i maschi subordinati o in dispersione, marcature e accoppiamenti. Questi ultimi in genere avvengono tra i mesi di aprile e maggio, comunque circa due-tre settimane dopo l'uscita dal letargo. Dopo cinque settimane di gestazione nascono dai 2 fino agli 8 piccoli (in media 4), che vengono allattati per circa sei settimane ed escono dalla tana solo dopo 30-40 giorni dalla nascita, tra la fine di giugno e la metà di luglio (fig. 7).



Figura 7. In foto si possono osservare due individui di marmotta del nucleo B2, a sinistra si riconosce la femmina adulta che ha probabilmente finito da poco di allattare i piccoli. Fonte: foto di Alessandro Forti.

Al momento dell'uscita i piccoli non si allontanano troppo dalle tane; la distanza percorsa aumenterà gradualmente col passare del tempo (Barash, 1989).

Con la liquefazione del manto nevoso e l'arrivo della stagione estiva il foraggiamento diventa gradualmente l'attività principale, alternata ad altre attività come la termoregolazione, la vigilanza e le altre attività di interazione sociale già citate. Secondo uno studio condotto da Ferrari et al. (2022), il tempo dedicato all'alimentazione è massimo nel mese di giugno e decresce già durante luglio-agosto. Questo è probabilmente dovuto al fatto che nel primo periodo le marmotte cercano di recuperare l'energia persa durante il letargo, durante il secondo periodo possono invece dedicarsi maggiormente ad altre attività, come alle interazioni sociali.

Verso la fine dell'estate, nella fase di pre-ibernazione, l'attività principale diventa la raccolta di fieno per la preparazione delle tane invernali.

2.6.3. Sistema di tane

Come scritto in precedenza le marmotte sono animali semifossori, spendono perciò buona parte della loro vita sottoterra, entro e attorno ad un sistema di tane. Qui si rifugiano per il riposo diurno e notturno, per sfuggire ai predatori e al calore estivo durante la stagione attiva e per ripararsi dal freddo invernale durante il letargo.

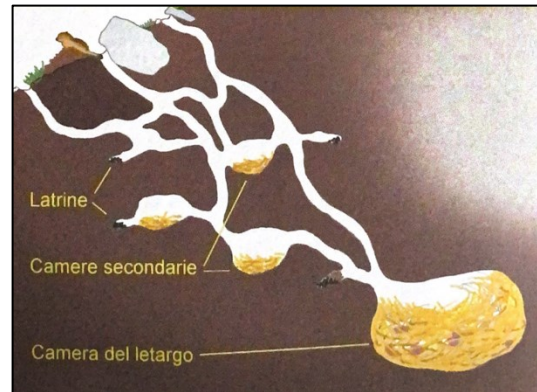


Figura 8. Sezione schematica di un sistema di tane.
Fonte: Borgo e Vettorazzo, 2008.

Nella maggior parte dei casi l'accoppiamento avviene all'interno delle tane ed è qui che la prole nasce e viene allevata nel primo mese di vita. Le tane sono quindi di fondamentale importanza per questa specie, presentano una struttura complessa con cunicoli e cavità di diverso tipo ben sviluppati. Si possono distinguere diverse tipologie di tana, differenziate per funzione e struttura (fig. 8). La tana principale è la tana dove le marmotte passano più tempo, trascorrono qui le ore notturne e avviene il parto. La tana principale viene in genere utilizzata per più anni consecutivi, anche per più generazioni nel caso in cui la famiglia rimanga stabile nel territorio. Può avere entrate multiple così da formare una struttura complessa, costituita da una rete di gallerie e camere. La si può distinguere per l'ingresso: al suo esterno è quasi sempre presente un ampio terrazzino, utile per la termoregolazione e come punto d'osservazione. Questo tipo di tana spesso si trova al centro dell'home-range del nucleo familiare, il quale è considerato di solito entro un raggio di 100 m dalla tana principale (Perrin et al., 1993). La tana invernale è quella che viene utilizzata per il letargo, di solito si trova a 2-3 m di profondità per evitare la dispersione di calore e viene riempita con erba secca per fare la lettiera invernale. In alcuni casi la tana estiva e quella invernale possono anche coincidere. Esistono anche tane ausiliarie o secondarie, cioè tane più piccole che possono anche essere collegate alla principale tramite delle gallerie. Tra i tunnel delle tane secondarie e principali, associati alle altre camere, spesso si trovano

dei piccoli cunicoli a fondo cieco che vengono utilizzati come latrine. Una volta riempite, queste vengono chiuse con del terriccio. Le latrine possono essere anche esterne, si possono trovare ad esempio tra le rocce, come per il caso dei nuclei B7 e B3 per i quali sono state trovate latrine tra i massi del ghiaione, l'area più frequentata da entrambi i nuclei durante l'estate. Infine, nelle aree più marginali dell'home-range ci sono tunnel poco profondi che vengono utilizzati come rifugio temporaneo per fuggire ai predatori. In alcuni casi possono essere anche dotati di una camera che può servire come riparo notturno per singoli animali. Il numero di rifugi presenti sul territorio di una famiglia varia in relazione della "pericolosità" dell'ambiente: sono più abbondanti in aree dove sono presenti arbusti o erba alta che ostacolano l'avvistamento dei predatori e la fuga (Ferrari et al., 2010; Borgo e Vettorazzo, 2008).

2.6.4. Ruolo ecologico e predatori

All'interno dell'ecosistema alpino la marmotta svolge un ruolo importante. Si tratta di una specie diffusa in tutta l'area alpina e il suo ruolo ecologico può essere compreso in tre livelli distinti: nelle relazioni interspecifiche, nelle cenosi vegetali e nelle componenti del suolo. Secondo uno studio condotto da Semenov et al. (2022) la marmotta alpina esercita un impatto notevole sulle cenosi vegetali d'alta quota essendo un consumatore primario. Contribuisce a regolare la composizione e la struttura e sembrerebbe aumentarne l'eterogeneità ambientale (Semenov et al., 2022). Apporta infatti benefici anche alla qualità floristica dei biotopi in cui vive: un foraggiamento moderato da parte delle marmotte sembra ridurre la dominanza delle specie più rappresentate, creando così le condizioni necessarie per l'affermazione di altre specie (Del Moral, 1984).

Oltre che sulle cenosi vegetali, questa specie ha anche un'influenza sulla micro e macro-fauna del suolo dovuta all'attività di scavo; inoltre, tane secondarie e rifugi possono essere usati anche da altri mammiferi o uccelli per fuggire dai predatori.

In ambito di relazioni interspecifiche, la marmotta è un'importante specie preda e la sua presenza potrebbe ripercuotersi positivamente su quella di altre specie

minacciate o di maggior pregio. Uno dei suoi predatori principali sull'Arco Alpino è l'aquila reale (Pedrini e Sergio, 2001). Quindi, da un lato, la presenza della marmotta contribuisce a sostenere popolazioni vitali del rapace, dall'altro garantirebbe una minore pressione venatoria su altre specie comprese nella dieta dell'aquila, come il gallo cedrone (*Tetrao urogallus*) e la lepre variabile (*Lepus timidus*), di maggior pregio conservazionistico. In particolare, la marmotta costituisce buona parte della dieta dell'aquila reale (*Aquila chrysaetos*), la quale cattura soprattutto esemplari giovani oppure in dispersione (Borgo e Vettorazzo, 2008). Durante il periodo di osservazione delle marmotte è stato infatti possibile assistere a diversi tentativi di predazione da parte di aquile e ad una predazione, avvenuta con successo, su un piccolo di F2 dalla coppia di aquile della zona di Passo Rolle (oss. pers.).

Il principale predatore terrestre è invece la volpe (*Vulpes vulpes*), la quale caccia da sola dopo lunghi e pazienti agguati all'imboccatura delle tane. Anche in questo caso, durante l'attività di monitoraggio si è potuto assistere più volte al passaggio di una volpe nei pressi del sistema di tane del nucleo B3 (oss. pers.);



Figura 9. Passaggio di un esemplare di volpe (*Vulpes vulpes*) nei pressi della tana principale del nucleo B2-4. Foto da fototrappola.

questi sono anche stati ripresi dalle fototrappole posizionate nei pressi delle tane principali, come si può osservare in fig. 9.

Per difendersi da questi predatori la marmotta attua una strategia preventiva, basata su una vigilanza costante, svolta in cooperazione tra le varie famiglie di una stessa colonia, atta ad avvistare tempestivamente l'arrivo di un predatore.

Inoltre, come adattamento anti-predatorio, la marmotta alterna fasi di foraggiamento (o altre attività) a fasi di osservazione del territorio. Alla comparsa di un predatore la marmotta lancia il caratteristico grido d'allarme (fischio), inducendo alla fuga altre marmotte all'interno delle tane.

I fischi di allarme sono differenziati in base al tipo di predatore e all'imminenza del pericolo: sembra che fischi singoli siano emessi in caso di presenza di predatore aereo, mentre i fischi multipli in caso di pericolo da terra. Oltre al caratteristico grido di allarme a "fischio" la marmotta ha un repertorio vocale vario, composto da grugniti, sbuffi, fusa di benessere (Ferrari et al., 2022; Borgo e Vettorazzo, 2008; Waring, 1996; Lenti Boero, 1989).

3. IL PARCO NATURALE PANEVEGGIO PALE DI SAN MARTINO

3.1. AMBIENTI NATURALI

Il Parco Naturale Paneveggio Pale di San Martino si colloca nel Trentino sud-orientale (fig.10) ed è stato istituito dalla Provincia Autonoma di Trento con la Legge Provinciale n. 18 del 1988. L'area protetta si espande per circa 20.000 ettari ed è costituita da una grande varietà di ambienti tipicamente montani, come si può osservare anche dalla Carta di analisi del paesaggio in fig. 11.

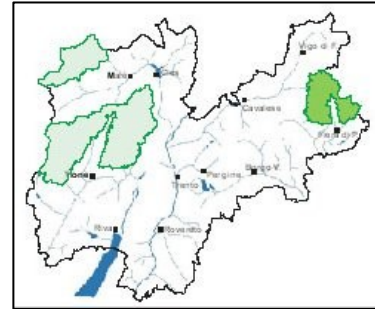


Figura 10. Collocazione del PNPPSM nel territorio trentino. Fonte: www aree protette.provincia.tn.it

Dal punto di vista geologico il territorio del Parco è caratterizzato da un'elevata diversità: ci sono affioramenti di rocce sedimentarie sulla parte orientale, mentre rocce ignee e metamorfiche affiorano nella parte più occidentale.

Gran parte del territorio orientale del Parco è costituito dal Gruppo dolomitico delle Pale di San Martino che dal 2009 è stato dichiarato Patrimonio dell'Umanità dall'UNESCO assieme ad altri gruppi montuosi dolomitici situati fra Trentino, Alto Adige, Veneto e Friuli. Il Gruppo delle Pale è il più esteso gruppo montuoso delle Dolomiti, con un'estensione di circa 240 km²; qui si trovano anche i due ghiacciai principali del Parco: il ghiacciaio della Fradusta e quello del Travignolo. Si tratta degli unici due ghiacciai superstiti di un numero molto maggiore di apparati glaciali, entrambi in forte regresso da molti anni.

A ovest, come accennato, troviamo un substrato geologico totalmente differente.

La catena del Lagorai e il massiccio di Cima Bocche sono costituite da vulcaniti della Piattaforma porfirica atesina, una successione costituita di ignimbriti, lave e depositi epiclastici che affiora in Alto Adige e Trentino orientale, depositatasi nel Permiano, tra 290 e 274 milioni di anni fa. Ci sono anche affioramenti più recenti di ignimbriti in corrispondenza della Cavallazza, immediatamente a ridosso di Passo Rolle.

Infine, il Gruppo di Cima Arzon è geologicamente interessante in quanto è uno dei pochi settori delle Alpi meridionali dove emerge il basamento cristallino, l'unità geologica più antica delle Alpi centro-meridionali, sulla quale si sono poi depositati gli strati calcareo-dolomitici che costituiscono le Dolomiti.

Per quanto riguarda la vegetazione, il territorio del Parco è coperto per oltre la metà di boschi e foreste, questi ecosistemi rappresentano infatti gli ambienti di maggiore complessità del territorio. La foresta simbolo del Parco è quella di Paneveggio, avente un'estensione di circa 2700 ettari e uno strato arboreo costituito in prevalenza da conifere, in particolare da abete rosso (*Picea abies*), che occupa la fascia altimetrica compresa fra i 1500 e i 1900 metri. Più in alto, fino ai 2200 metri, diventano più frequenti il larice (*Larix decidua*) e il pino cembro (*Pinus cembra*); l'abete bianco (*Abies alba*) è invece poco diffuso e localizzato. Alberi di latifoglie si possono invece trovare soltanto circoscritti a zone marginali quali sponde dei corpi idrici oppure nelle torbiere. Ci sono poi anche altre importanti foreste nell'area della Valsorda e della Valzanca, nella Valle del Vanoi: si tratta in questi casi di foreste miste in cui convivono abete rosso, abete bianco e faggio.

Anche le zone a prato e pascolo sono di estrema importanza in quanto racchiudono una notevole ricchezza in termini di biodiversità: all'interno del territorio del parco ci sono più di 200 ettari di prati mantenuti a prato da sfalcio. Queste superfici hanno una forte valenza conservazionistica per la ricchezza e la varietà della flora e sono in buona parte costituite da habitat "Natura 2000".

Un altro elemento fondamentale per la conservazione della fauna e la funzionalità ecologica è la presenza di corpi idrici d'acqua dolce come laghetti, corsi d'acqua e ghiacciai. All'interno del territorio del Parco si possono distinguere tre bacini idrografici principali: Cismon, Vanoi e Travignolo, solcati dagli omonimi torrenti. Numerosi sono anche i laghetti d'alta quota tra i quali si possono ricordare i laghetti di Colbricon, Bocche, Juribrutto, Lusia e Cavallazza.

Questi sono la testimonianza delle glaciazioni quaternarie, si sono infatti formati riempiendo le conche d'erosione degli antichi ghiacciai. Di dimensioni più estese sono invece il lago Calaita, nel Vanoi, e il laghetto Welsperg in Val Canali.

Infine, sono presenti anche alcune zone umide, come le torbiere. Si tratta di ambienti molto delicati e in continua evoluzione, inoltre sono l'habitat di molte specie rare e per questo considerati importanti. Secondo un censimento condotto dal Parco, sono presenti oltre 300 "aree umide" (www.parcopan.org).

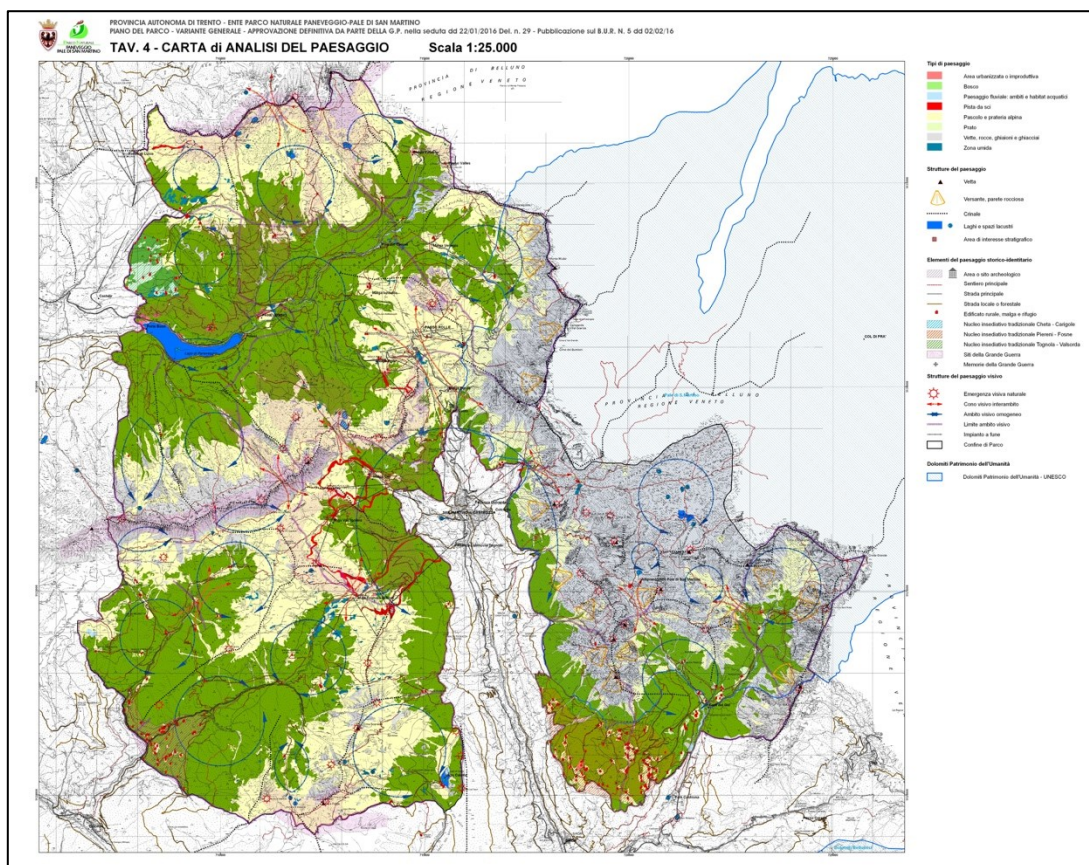


Figura 11. Ambienti ed elementi del paesaggio che caratterizzano il territorio del Parco. Fonte: Carta di analisi del paesaggio, tav. 4, Piano del Parco.

3.2. BIODIVERSITÀ

I fattori che condizionano la presenza e la crescita delle specie vegetali sono precipitazioni, temperatura e tipo di suolo. Il Parco Naturale Paneveggio Pale di San Martino presenta una morfologia capace di influenzare profondamente gli aspetti climatici; infatti, la presenza di catene montuose come le Pale di San Martino e Lagorai creano una barriera naturale in grado di interrompere il flusso delle correnti umide provenienti dal mare. In questo modo si assiste ad una sovrapposizione di condizioni di forte umidità nei versanti meridionali a situazioni più fresche ed asciutte nei versanti settentrionali, oltre il Passo Rolle. A questa diversità climatica corrisponde anche una diversità vegetazionale. Verso sud la vegetazione è più termofila e caratterizzata dalla presenza di latifoglie quali Orniello, Roverella e Castagno e, nel piano montano da Abete rosso, Abete bianco e Faggio. Verso nord, oltre il Lagorai e le Pale di San Martino, i versanti sono caratterizzati da estese foreste di abete rosso mentre le quote più elevate si caratterizzano dalla presenza di pino cembro, che assieme al larice forma pregiate associazioni dette larici-cembrete.

Oltre i 2400 m di quota, nel piano alpino, si sviluppano le praterie a cotica continua, alle quali seguono le formazioni pioniere delle quote ancora più elevate, tipiche dell'orizzonte nivale.

Come accennato prima, le aree a ovest del Parco, caratterizzate da un substrato geologico porfirico e metamorfico, sono ricche di piccoli laghetti e torbiere, che aumentano la diversità floristica. Anche i prati magri di mezza quota sono importanti, in quanto ospitano particolari specie di orchidee come l'*Anacamptis coriophora*.

Il Parco ospita anche numerose specie endemiche, tra cui *Campanula morettiana*, *Primula tyrolensis* e *Saxifraga facchini*. Una componente importantissima, oltre che molto ricca, è quella lichenica che conta più di 900 specie, anche se si ritiene ne siano presenti almeno un migliaio. La metà delle specie licheniche del Parco è concentrata negli ambienti rupestri. Per la loro rarità, ben 59 sono di particolare interesse conservazionistico (www.parcopan.org).

Anche la fauna del Parco è estremamente ricca e variegata e, grazie a progetti di reintroduzione e alla tutela offerta dal Parco numerose specie, che fino a pochi decenni fa erano praticamente scomparse, sono ora ben presenti all'interno del territorio del Parco.

4. L'AREA DI STUDIO

L'area di studio considerata fa parte di un'area di studio più ampia che caratterizza l'intero progetto e che comprende cinque zone all'interno del territorio del Parco: Busabella, Fosse, Piani della Cavallazza, Piani della Vezzana e Venegiota.

Per questa tesi sono state selezionate due tra le aree studiate: l'area di Busabella e quella di Fosse. Entrambe sono situate nei pressi dell'unità ambientale di Punta Rolle (fig. 12), che collega le valli del Primiero e di Fiemme. Tra le due zone passa la Strada Statale SS50, che le divide.

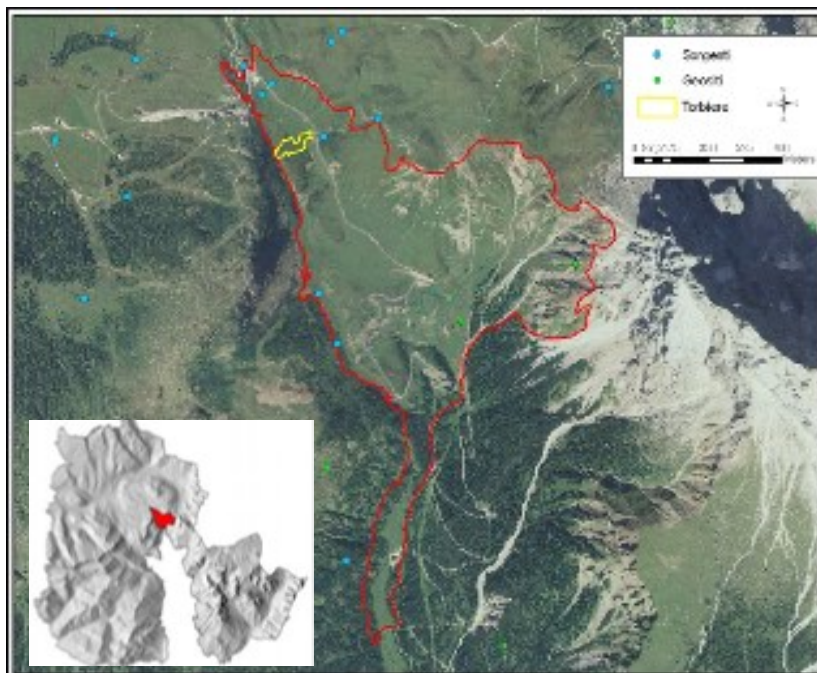


Figura 12. In rosso è evidenziata l'area di Punta Rolle, oggetto di questo studio. Fonte: Schede unità ambientali, Piano del Parco, modificato.

Busabella è una piccola valle caratterizzata da pascolo che si forma dalle pendici della Tognazza, che la delimita a ovest, mentre ad est è delimitata proprio dalla SS50. La valle si trova a quote comprese circa tra i 1800 e i 2000 m s.l.m. ed è attraversata da nord a sud dal torrente Cismon, che scorre dal Passo Rolle verso San Martino di Castrozza. Si tratta di un'area interessata dal passaggio turistico, soprattutto durante il periodo estivo, in quanto attraversata da percorsi ciclabili, inoltre da qui partono anche sentieri per il trekking e l'arrampicata.

Il ghiaione alla base della Tognazza viene inoltre utilizzato dal Soccorso Alpino e dalla Finanza per l'addestramento dei cani. Il disturbo antropico è quindi ampiamente presente. Nonostante ciò, qui sono situati quattro dei sei nuclei familiari indagati in questa tesi. Gli altri due nuclei si trovano invece nella zona di Fosse, dal lato opposto della SS50 e sotto l'omonima malga. Anche qui l'impatto antropico è ampiamente presente: l'area è attraversata da una pista ciclabile sterrata ed un tempo era presente anche una pista da sci. Anche l'area di Fosse si trova ad un'altitudine compresa tra i 1800 e i 1900 m s.l.m. ed è caratterizzata da un terreno principalmente pascolivo.

Come accennato, nell'area oggetto di studio sono presenti sei nuclei di marmotte di cui due situati nell'area di Fosse e quattro nell'area di Busabella. Nello specifico a Busabella si trovano i nuclei denominati come B1, B2-B4, B3 e B7. Il nucleo B1 non è stato valutato nel presente studio in quanto alcune caratteristiche, come quelle di vegetazione, erano sovrapponibili con quelle del nucleo B7. I nuclei B2 e B4 vengono considerati come un unico nucleo in quanto inizialmente i due sistemi di tane erano occupati da due famiglie differenti ma sono stati poi occupati da un solo grande nucleo familiare, verranno quindi identificati come unico nucleo B2. A Fosse i nuclei sono stati denominati F1 ed F2 (fig. 13).

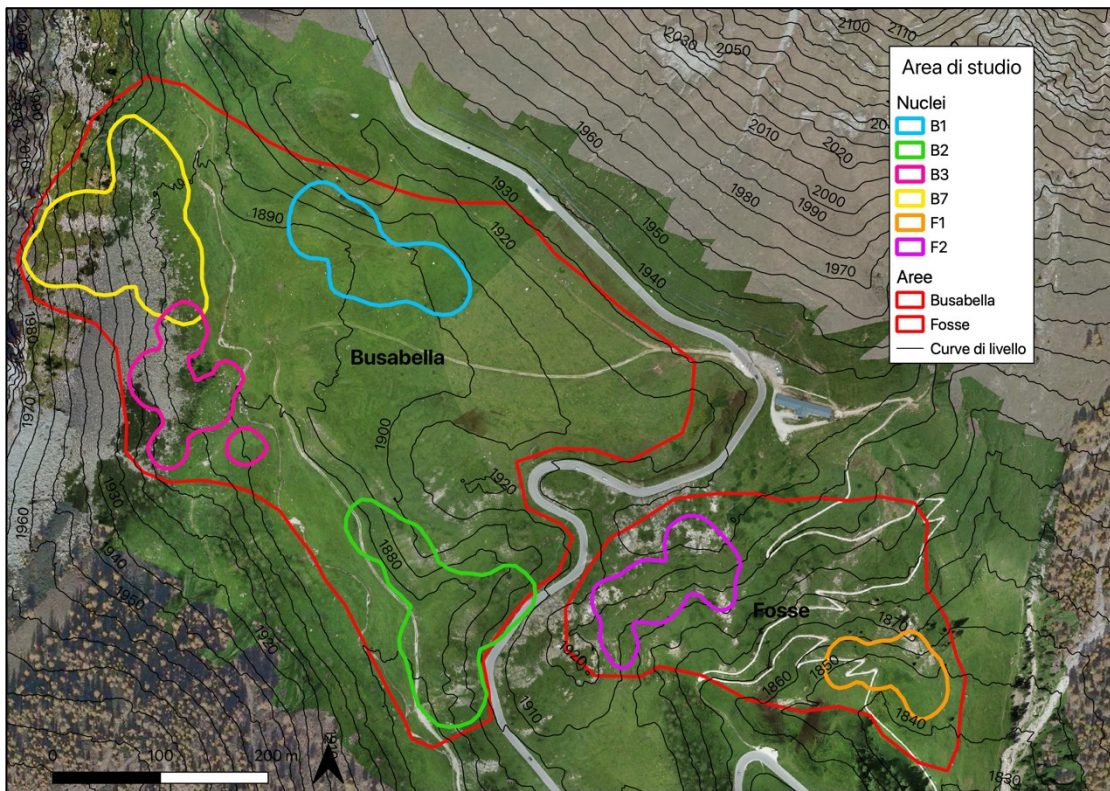


Figura 13. Rappresentazione cartografica dell'area di studio e dei nuclei di marmotte osservati. Le aree di Busabella e fosse sono delimitate da linee rosse mentre le aree occupate dai nuclei da linee colorate.

5. MATERIALI E METODI

5.1. ANALISI FAUNISTICA

Nelle aree oggetto di questo studio dal 2019 è in atto un progetto sui nuclei di marmotte che comprende varie attività quali Cattura Marcatura e Ricattura (CMR), osservazione da punti di vantaggio e fototrappolaggio (Forti et al., 2022).

La stagione primaverile-estiva 2022 è stata quindi la quarta stagione consecutiva di osservazione dell'area e questo ci ha permesso di avere una buona base di partenza per poi svolgere lo studio dell'home-range e della stima delle aree di foraggiamento. Per indagare gli aspetti riguardanti le aree di foraggiamento delle marmotte si è svolta un'attività di osservazione dei nuclei presenti.

Le attività svolte in precedenza allo studio dell'home-range sono importanti per conoscere come gli individui si muovono nell'area di studio, quali territori occupano ma anche saper riconoscere tra di loro gli esemplari e, infine, conoscere la disposizione delle diverse famiglie e delle tane nell'area di studio. Questo è utile per la pianificazione dell'attività, più precisamente per poter individuare i migliori punti dai quali osservare l'attività degli animali arrecando loro il minor disturbo possibile. Bisogna inoltre tenere in considerazione che non tutti i nuclei di marmotte presenti nel Parco sono facilmente accessibili o dispongono di buoni punti d'osservazione. Per tutte queste ragioni è preferibile scegliere nuclei già studiati in precedenza e con queste caratteristiche, come quelli presenti nelle zone di Malga Fosse e Busabella, sul Passo Rolle.

Per questo tipo di indagine la più importante delle attività svolte anche negli anni precedenti, volta proprio a conoscere al meglio i vari individui e le loro caratteristiche (sesso ed età) è quella della cattura e marcatura, che ha permesso di rendere ben riconoscibili gli individui anche da lontano. Le marmotte, infatti, non presentano caratteristiche fisiche o comportamentali che permettono di distinguere sesso o età facilmente a distanza, l'utilizzo delle marche auricolari lo rende invece possibile.

Gli animali sono stati catturati tramite sola cattura meccanica, quindi senza l'utilizzo di anestetici, grazie all'ausilio di 30 trappole in metallo di tipo *Tomahawk*.

Nello specifico sono state impiegate due diverse misure: 20 più grandi e a doppio ingresso (P30 x H30 x L100 cm), 10 più piccole a ingresso singolo (P30 x H30 x L90 cm) (Fig. 14).

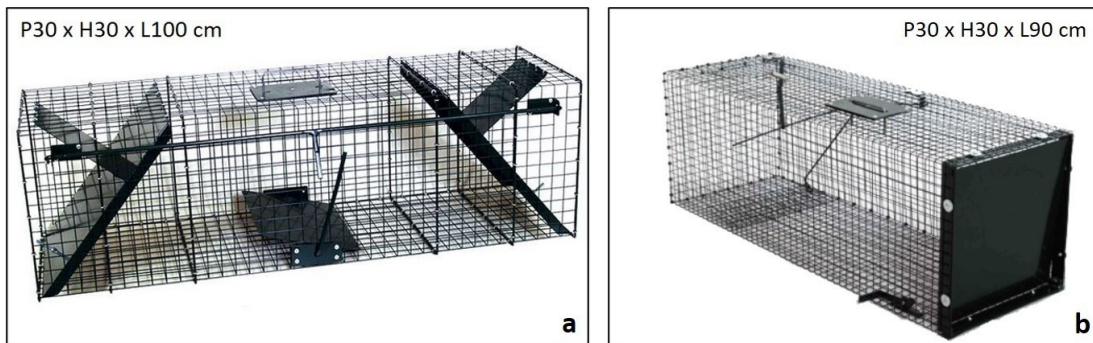


Figura 14. Trappole ad innesco meccanico simil "Tomhawk" a doppio ingresso (a) e ad ingresso singolo (b). Fonte: Relazione interna, 2021.

Le trappole sono caratterizzate dall'aver una pedana di innesco e uno, o due nel caso di quelle più grandi, sportelli basculanti: quando l'animale entra all'interno della trappola, schiaccia la pedana e fa scattare gli sportelli che chiudendosi impediscono l'uscita degli individui. Ogni trappola viene attivata alla mattina e disinnescata la sera per un totale di 7 giornate di cattura, inoltre più volte durante la giornata all'interno vengono messe piante fresche di tarassaco (*Taraxacum officinalis*) con funzione di attrattivo alimentare (Forti e Partel, 2021).

Le trappole vengono tenute sotto controllo da punti di vantaggio per intervenire il prima possibile, così da disturbare il meno possibile l'animale e anche evitare potenziali pericoli.

Durante le catture della primavera 2021, ad esempio, si è potuto assistere a tentativi di predazione da parte di una volpe, avvicinatasi più volte alle trappole in cui erano presenti le marmotte (fig. 15). In questi casi il tempestivo intervento della squadra può essere determinante per la sopravvivenza degli individui.



Figura 15. Durante le catture del 2021 una volpe si aggira nei dintorni delle trappole con all'interno alcune marmotte. Questo è un esempio in cui la tempestività degli operatori è necessaria per garantire la sicurezza degli animali. Foto: Alessandro Forti.

Quando una marmotta viene catturata gli operatori si avvicinano lentamente e in silenzio, una sola persona arriva fino alla trappola e la copre con un telo in modo che tutti si possano avvicinare arrecando il minor stress possibile all'animale.

Le operazioni di cattura vengono sempre effettuate da una squadra di almeno due/tre persone, tra cui è sempre presente un medico veterinario per garantire la corretta manipolazione, gestione e il benessere dei soggetti catturati. Gli animali, prima di essere rilasciati, vengono spostati all'interno di un sacco e pesati; dopodiché vengono

estratti e immobilizzati manualmente in modo da poter essere marcati con microchip sottocutaneo e targhe auricolari colorate (fig. 16).

Quest'operazione è molto importante perché permette di distinguere individualmente i soggetti in tutte le fasi del progetto e anche da un anno all'altro.



Figura 16. Si possono osservare le operazioni di cattura e pesatura (a sinistra) e la marcatura con microchip e marche auricolari (a destra) di alcuni esemplari durante le catture del 2022. Foto: Alessandro Forti e Caterina Byloos.

Nella fase di cattura vengono anche prese diverse misurazioni morfometriche come lunghezza del corpo, della coda, della zampa posteriore destra, distanza ano-uretra che servono per definire il sesso e la classe d'età dell'animale.

Queste operazioni vengono effettuate su tutti gli individui catturati per la prima volta. Quando ad essere catturato è invece un individuo già noto, quindi marcato, questo viene soltanto pesato e rilasciato. In caso di ricattura entro la stessa giornata o in giornate consecutive, l'individuo viene direttamente rilasciato. Quando si parla di ricattura si intendono tutte le catture dell'anno di un individuo dopo che questo è stato catturato la prima volta.

Tutti i dati raccolti durante le catture vengono raccolti in schede di campo con id progressivo come quella presente in allegato 1.

Le trappole sono posizionate nei pressi delle tane dove le marmotte hanno ibernato o nei luoghi più frequentati in questa fase dell'anno, in modo da massimizzare il successo di cattura. In tutti e quattro gli anni l'attività di cattura si è svolta in primavera, nel mese di maggio, poco dopo l'uscita dal letargo.

Nello specifico l'attività di cattura si è concentrata in 7 giornate il più possibile consecutive (03, 05, 09, 10, 11, 17 e 19 maggio) distribuite in tre settimane durante il mese di maggio. Lo sforzo di cattura è stato uguale per tutti i nuclei, indipendentemente dalla composizione delle diverse famiglie. Le catture totali sono state 59 di cui soltanto 1 per i nuclei B1 ed F2, 5 per B3, 13 per B7, 14 per B2 e 26 per F1. Di queste 59 le prime catture sono state 21 mentre le ricatture 38, questo significa che sono stati catturati 21 diversi individui (allegato 2).

Gli unici individui nuovi marcati nel 2022 sono dei giovani nati nel 2021:

- "Checco", "Valentina", "Pigi" e "Moana" in B2
- "Laura", "Mafalda", "Caterina" e "Ugo" in F1

È stato quindi possibile ricostruire la piramide di popolazione per il 2022 (fig. 17). Il rapporto tra sessi è pari a 1:1, senza distinzione in classi d'età. Gli individui di sesso femminile e maschile sono quindi distribuiti equamente all'interno della popolazione indagata.

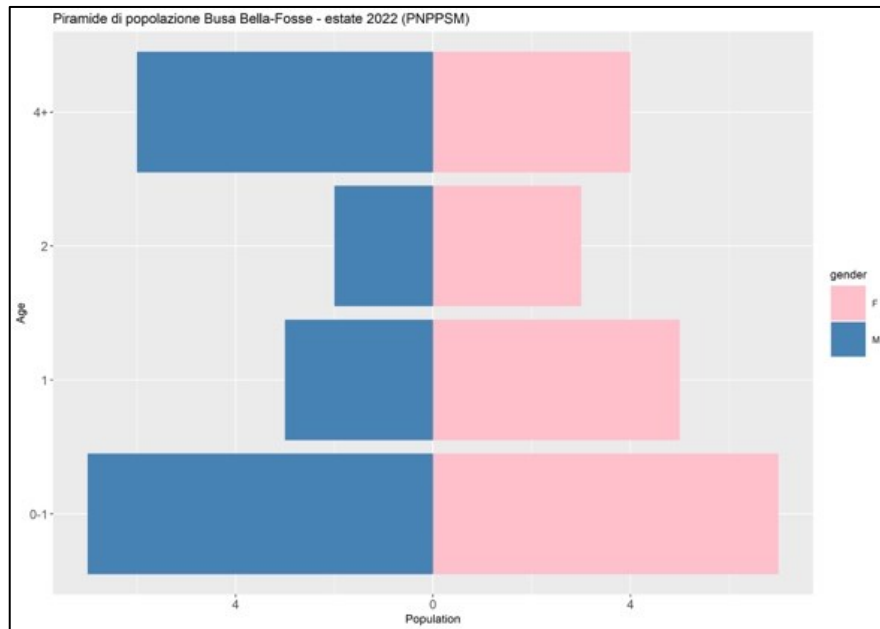


Figura 17. Struttura di popolazione per il 2022. In ascissa sono riportati gli individui divisi per sesso; in ordinata sono riportate le classi d'età: 0-1 = piccoli, 1 = giovani, 2 = subadulti, 4+ = adulti.

Si è passati poi all'effettiva osservazione degli individui per lo studio dell'home-range. Sebbene l'attività di cattura negli anni abbia permesso di avere molti individui marcati, non è stato possibile svolgere l'attività con la totalità degli esemplari riconoscibili l'uno dall'altro in quanto durante la primavera 2022 le coppie dominanti di alcuni nuclei quali B1, B2 ed F2 sono riuscite a riprodursi e, nel momento delle osservazioni, erano dunque presenti piccoli di poche settimane di vita, in particolare all'inizio dell'attività si è osservata la presenza di 5 piccoli in B1, 6 in B2 e 3 in F2, per un totale minimo di 14 nuovi individui non marcati.

I dati sono stati perciò raccolti su tutte le classi di età presenti. Soltanto per i piccoli, essendo nati dopo il periodo di catture, non è stato possibile distinguerli individualmente, in quanto non marcati e quindi facilmente confondibili tra loro.

Bisogna tenere in considerazione che alcuni individui non sono più stati osservati dopo il periodo di catture, come nel caso di “Papillon” e “Giacomino”. Più precisamente “Papillon” è stato catturato 2 volte lo stesso giorno in B3, ma poi non essendoci più state catture e riavvistamenti non è stato più considerato presente entro la popolazione oggetto di studio. È probabile sia andato in dispersione o sia stato predato. “Giacomino” è stato visto soltanto durante le catture ed è probabile che sia andato in dispersione. Un piccolo di B2 non è mai stato visto durante le osservazioni svolte per lo studio dell’home-range, è probabile che sia stato predato prima. Altri individui (“Maiolica”, “Rosa”, “Pino”, “Tripel”) non sono stati catturati ma sono stati visti durante la primavera e l’estate, sono perciò stati considerati all’interno della popolazione. Al momento dell’inizio delle osservazioni gli esemplari nell’area di studio erano quindi minimo 36 (allegato 2).

Infine, alcuni individui sono scomparsi durante il periodo di osservazione, come nel caso di alcuni piccoli, anche se non si sa quali siano le cause e l’unico dato certo che si ha è la predazione da parte di aquila di un piccolo in F2 durante la sessione di osservazione del pomeriggio in data 16 agosto.

Per osservare possibili cambiamenti nel comportamento e nell’ampiezza del territorio durante l’intera stagione estiva, l’attività di campo sarebbe dovuta iniziare nel mese di giugno. Essendo il primo anno in cui si è svolta questa indagine, è stato prima necessario affrontare una fase sperimentale fino a giungere al metodo che ha permesso di raccogliere il maggior numero di punti (fix) nel minor tempo, mantenendo una buona precisione di localizzazione. Per questo motivo l’effettiva raccolta dei dati è iniziata nell’ultima settimana di luglio.

Si è scelto di procedere svolgendo delle sessioni di osservazione segnando i punti (fix) su foto aeree e su delle schede di campo.

Per prima cosa, nelle giornate del 14 e 15 luglio 2022 sono stati fatti dei voli con un quadricottero per ottenere immagini ad alta risoluzione dell'intera area di studio.

I voli effettuati sono stati possibili grazie alla collaborazione tra l'Ente Parco e il Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari (DISAFA) dell'Università degli Studi di Torino che ha fornito le competenze e la strumentazione necessaria.

Il drone utilizzato era di tipo SAPR (Sistema Aeromobile a Pilotaggio Remoto), nello specifico un Dji Phantom 4 pro v2, dotato di una camera RGB a 20Mp e obiettivo CMOS da 1 chip.

I voli sono stati pianificati utilizzando il software di simulazione di volo Ugcs 4.6. In ogni sito si sono effettuati due voli incrociati con camera in posizione nadirale e due voli incrociati con camera inclinata a 60° e seguendo parametri precisi quali quota di volo pari a 75 m, velocità di volo di 3 m/s, sovrapposizione sulla strisciata dell'80%, sovrapposizione laterale pari al 50% e GSD (Ground Sampling Distance) di 2,2 cm.

Le elaborazioni delle immagini raccolte sono state eseguite tramite l'utilizzo del software Agisoft Metashape che ha permesso di ottenere un ortomosaico con dimensione del pixel di 2,5 cm. Tale definizione rende individuabili oggetti anche di piccola dimensione includendo in questi anche le tane delle marmotte, rendendolo uno strumento molto utile agli scopi del progetto.

In QGIS, è stato aggiunto un reticolo numerato sopra l'immagine ottenuta con il drone. Ogni cella del reticolo (50x40 m) è stata numerata con un ID progressivo (fig. 18). Le celle del reticolo corrispondenti alle potenziali aree frequentate dalle diverse famiglie sono state stampate in formato A4. Durante l'attività di campo le zone corrispondenti alle celle erano facilmente riconoscibili grazie alla buona risoluzione delle foto e alla presenza di punti di riferimento come elementi del paesaggio facilmente riconoscibili (rocce, alberi, ingressi di tana, ecc.).

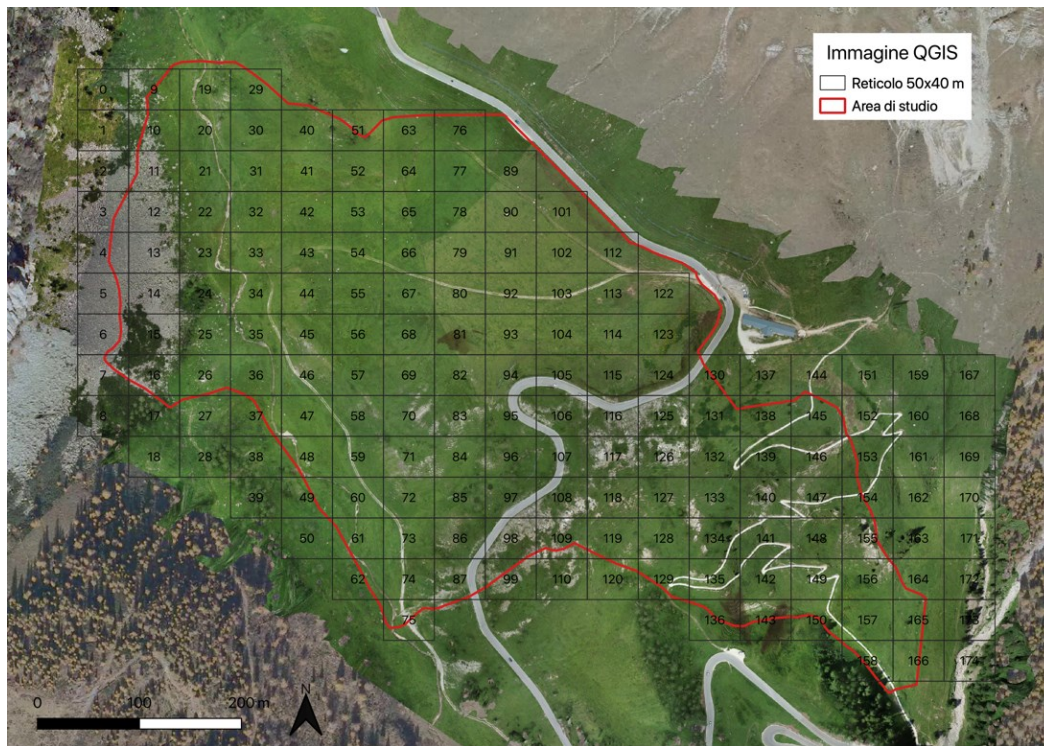


Figura 18. Immagine georeferenziata in QGIS dell'area di studio con il reticolo utilizzato per l'attività di osservazione dell'home range. Le celle del reticolo sono state numerate con ID progressivo e misurano 40x50m.

Ogni giornata di osservazione è stata divisa in 2 sessioni di 5 ore ciascuna, una la mattina e una il pomeriggio, escludendo gli orari di minor attività o addirittura assenza delle marmotte come la mattina presto (prima dell'alba), le ore centrali del giorno (12:00-14:00) e dopo il tramonto. Nella maggior parte dei casi gli orari sono stati 07:00-12:00 per la mattina e 14:00-19:00 per il pomeriggio, in alcuni casi la sessione è stata interrotta o cancellata a causa del meteo avverso. Per ogni sessione era presente una squadra composta da almeno due persone, in modo da ottimizzare la raccolta dei dati.



Figura 19. Svolgimento dell'attività di campo presso il punto d'osservazione per il nucleo B1. Foto: Caterina Byloos.

Ogni operatore disponeva di un binocolo con ingrandimento 8-10x42, utile per una rapida individuazione degli animali, e di un cannocchiale con ingrandimento 60x, per identificare correttamente i soggetti grazie all'osservazione delle marche (fig. 19).

I fix, quindi le posizioni dei soggetti osservati, venivano sempre segnati sulle celle corrispondenti e su una scheda di campo (allegato 3).

Secondo il protocollo i fix sono stati presi ogni cinque minuti circa (cf. Ranghetti, 2009) per ciascun individuo osservato, segnati sulla carta e anche sulla scheda di campo con il numero identificativo.

Sulla scheda di campo vengono segnati i vari fix riportando, per ogni marmotta avvistata:

- il nome dell'individuo, se riconoscibile
- la posizione sulla carta, quindi il numero progressivo della posizione unito alla cella corrispondente
- L'orario di osservazione (hh:mm:ss)
- La data di osservazione
- Il tipo di comportamento/attività

Per quanto riguarda il comportamento, si distinguono le seguenti attività:

- Foraging (FOR): marmotta intenta a nutrirsi.
- Looking burrow (L.B.): marmotta sulla tana. Può avvenire nel momento di uscita dalla tana nel primo mattino, al rientro la serata, durante un segnale di pericolo. In questa categoria se la marmotta è sulla tana ma termoregola l'attività è stata registrata come: L.B. (Term.)
- Looking around (L.A.): marmotta immobile in posizioni diverse dalla tana. Le funzioni principali di questa attività sono la vigilanza e la termoregolazione. In generale avviene a regolare durante il foraggiamento o dopo l'uscita dalle tane. Come sopra, se in termoregolazione scrivere: L.A. (Term.)
- Moving: spostamento della marmotta.

- Grooming: attività di pulizia. Una marmotta può effettuarla da sola o su altri individui; in questo caso, essa assume anche una funzione sociale.
- Greetings: atteggiamento sociale che consiste nell'annusarsi vicendevolmente con funzione di riconoscimento.
- Playing: altro atteggiamento sociale, praticato solitamente da piccoli, subadulti o da un adulto (la madre o un helper) con un piccolo. Le modalità tipiche osservate sono prevalentemente la simulazione di un combattimento, gli inseguimenti e le capriole, con esiti spesso buffi.
- Fight: combattimento vero e proprio. Può essere praticato da individui dominanti appartenenti a famiglie limitrofe che si contendono una stessa area o all'interno della stessa famiglia fra un dominante e un subordinato dello stesso sesso per stabilire i rapporti di dominanza. Vengono distinti dal playing per tipologia dei contendenti e modalità di svolgimento (ritmo concitato)
- Scent marking: azione di marcatura del territorio.
- Screaming: azione di emissione di vocalizzazioni simili a fischi per segnalare un pericolo.
- Digging: azione di escavazione di tane
- Making hay: azione di trasporto di vegetazione all'interno delle tane (Ranghetti, 2009).

L'attività si è svolta dall'ultima settimana di luglio fino al 02 settembre, per un totale di 27 giorni di monitoraggio, 40 sessioni di osservazione. A questi dati si aggiungono anche alcune osservazioni raccolte in modo occasionale, ad esempio durante la sessione d'osservazione dedicata ad un altro nucleo.

I fix raccolti sono stati inseriti all'interno di QGIS (QGIS Development Team, 2021) come elementi puntiformi, suddivisi per famiglie e per sessioni di osservazione. Nella tabella degli attributi per ogni record sono stati inseriti i dati presi sul campo quali il corrispondente ID progressivo, nome, data, ora, comportamento, cella, il sesso e la

classe d'età. In seguito, sono state ricavate le coordinate X e Y in formato decimale (EPSG: 32632).

Per ogni nucleo si sono poi uniti tutti i fix in uno shapefile unico fondendo i vettori tramite il comando “fondi vettori”. Da questo shapefile è stata esportata la tabella degli attributi in formato csv, in questo modo è stata creata una tabella per ogni famiglia, contenente tutti i dati raccolti.

5.1.1. Stima home-range e aree di foraggiamento

Le posizioni individuali (fix) sono state utilizzate per estrapolare gli home-range totali e le aree di foraggiamento per ogni nucleo familiare tramite il *Kernel Density Estimation* (Silverman, 1986; Wand and Jones, 1995). Una tecnica che considera l'uso dello spazio da parte di un animale come una funzione di densità di probabilità bivariata, l'UD, che fornisce la densità di probabilità di riposizionare un animale in qualsiasi luogo secondo le coordinate geografiche (x, y) di tale luogo. Tramite la funzione “kernelUD” presente nel pacchetto *adehabitat* (Calenge, 2006) è stata stimata la *Utilization Distribution* (UD, van Winkle, 1975). Gli home range sono stati stimati con i contorni al 95% di probabilità di presenza della marmotta. Invece, le aree di foraggiamento sono state stimate con il parametro h (*smoothing*) = *Least Square Cross Validation* (LSCV), dove il valore stimato minimizza il Mean Integrated Square Error (MISE), ovvero la differenza di volume tra il vero UD e l'UD stimato. Per entrambi, home range e aree di foraggiamento, sono stati ricavati i valori in ettari. La scelta di questi metodi ci ha permesso di comparare i nostri risultati con altri riportati in precedenti studi. Una volta ricavati home range e aree di foraggiamento, questi sono stati esportati come *shape file* e visualizzati in QGIS (QGIS Development Team, 2021). Le analisi sono state fatte con R (R Core Team 2020) in RStudio (R Studio Team 2020).

5.2. ANALISI SULLA VEGETAZIONE

In collaborazione con il dipartimento di Medicina Animale, Produzioni e Salute (MAPS) dell'Università degli Studi di Padova sono state effettuate anche analisi sulla composizione nutrizionale delle aree di foraggiamento delle marmotte, sull'utilizzo del pascolo da parte dei bovini (qui non incluso in quanto poco presente nelle aree considerate) e analisi floristiche e fenologiche delle aree interessate.

Per prima cosa è stata scelta un'area avente un raggio di circa 100 m (Perrin et al., 1993) a partire dalla tana principale di ogni nucleo e, all'interno di quest'area, sono stati individuati dai 4 ai 5 punti dove posizionare dei transetti lineari di 10 metri inclinati di 45° rispetto alla pendenza del versante. Il punto in cui eseguire i transetti è stato individuato come rappresentativo di un'area a vegetazione omogenea attorno al transetto stesso.

In particolare, per tutti i nuclei sono stati scelti 5 transetti, eccetto per B3 e B2, aventi ciascuno 4 transetti e poi uno in comune, in quanto le aree si intersecavano. È inoltre importante tener presente che per il nucleo B1 non sono stati effettuati transetti in quanto l'area sembrava risultare omogenea con quella selezionata per il nucleo B7. Tutti i transetti sono stati utilizzati per la raccolta del foraggio, per l'indagine floristica e fenologica.

Le operazioni sono state svolte circa una volta al mese, per un totale di 4 sessioni: inizio giugno (prima della monticazione), fine giugno, metà luglio, metà agosto. Le analisi floristiche e fenologiche sono state fatte per indagare quali specie vegetali sono presenti nell'area oggetto di studio ed in particolare nelle zone di foraggiamento scelte dalle marmotte e osservarne i vari stadi di sviluppo.

Per questo tipo di analisi si è scelto di utilizzare il metodo del point-intercept: nei transetti di 10 metri delineati sono state inserite, ad intervalli regolari di 70 cm, delle asticelle sottili che vengono utilizzate per il conteggio delle specie. In particolare, ogni pianta che tocca l'asticella viene identificata e registrata. Per la nomenclatura delle specie vegetali è stata utilizzata Flora d'Italia (Pignatti et al., 2017).

Alla fine, la percentuale di copertura è la sommatoria del numero di tocchi che una specie ha sul numero totale (di tocchi), rapportato al numero di punti di controllo (asticelle).

Per ogni transetto è stata quindi calcolata l'abbondanza relativa di ogni specie, utilizzata per determinare le proporzioni delle diverse specie nel pascolo come indicato dall'equazione di Daget e Poissonet (Daget & Poissonet, 1971). Dalle diverse proporzioni di specie presenti, a ciascun transetto è stato attribuito un tipo di vegetazione facendo riferimento a "Tratti essenziali della tipologia veneta dei pascoli di monte e dintorni" (Zilotto et al., 2004). Il tipo di vegetazione assegnato ad ogni transetto è stato quindi esteso all'intera area di riferimento attorno al transetto stesso che presentava composizione floristica simile. Tale valutazione è stata effettuata da botanici esperti, sia tramite escursioni in campo, sia attraverso l'uso delle ortofoto ad alta risoluzione acquisite dal drone.

In fig. 20 è possibile osservare la mappa della vegetazione per i nuclei di Busabella e Fosse, con indicati i relativi transetti.

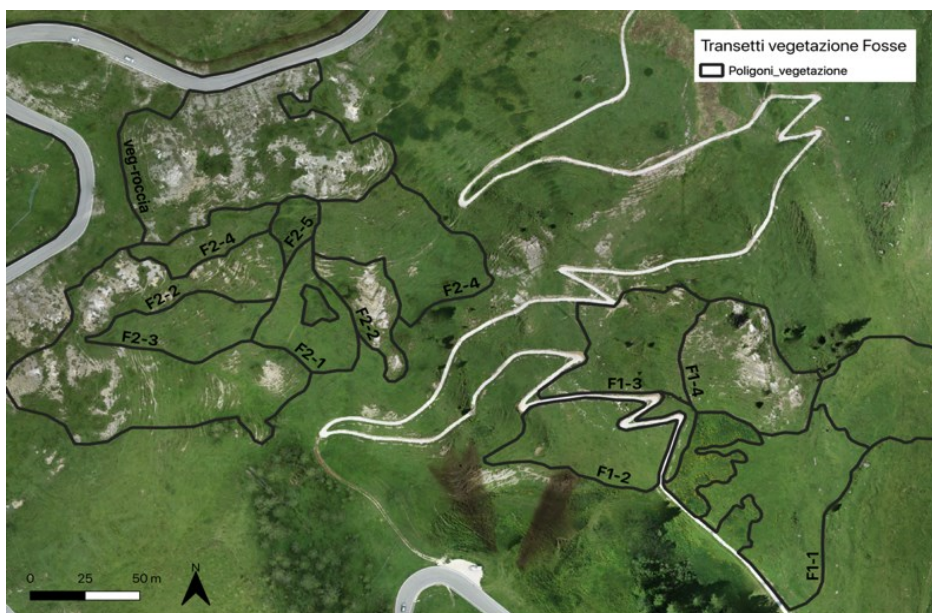
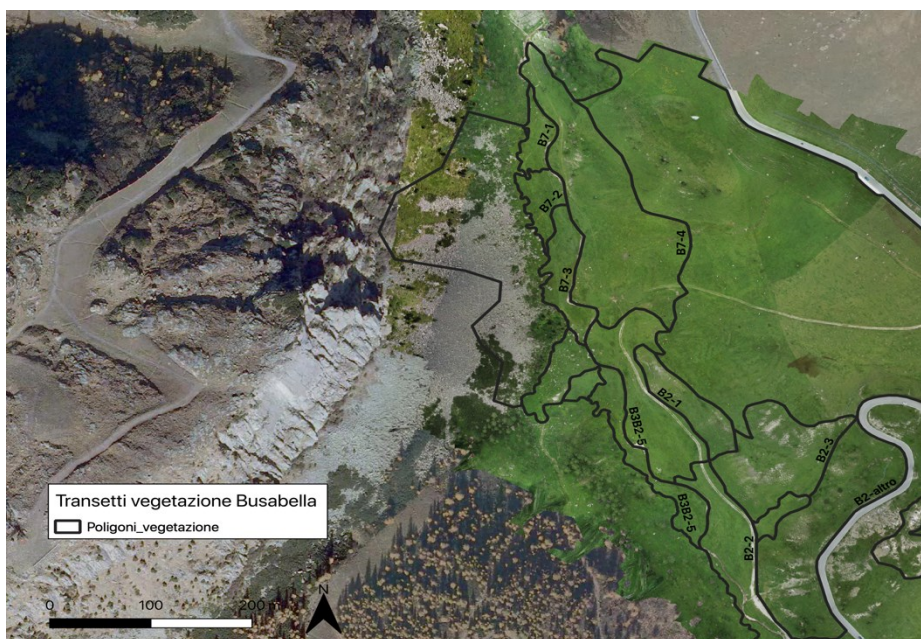


Figura 20. Mappe di vegetazione con i transetti utilizzati per i rilievi floristici per Busabella (immagine sopra) e Fosse (immagine sotto).

Per l'analisi qualitativa del foraggio sono stati raccolti 3 campioni di erba lungo ogni transetto tagliandole a circa 1 cm da terra. I campioni raccolti sono stati conservati in sacchetti di plastica sottovuoto e tenuti in congelatore, in modo da preservare il meglio possibile le caratteristiche originarie delle piante, in attesa delle analisi di laboratorio. I campioni sono stati poi portati al LabCNX del dipartimento MAPS, dove sono stati essiccati a 60° per 24 ore, pronti per essere macinati e analizzati tramite analisi spettroscopica nel vicino infrarosso (NIRS) e analisi chimica (AOAC, 2005).

Nello specifico i campioni sono stati analizzati utilizzando uno scanner monocromatico FOSS NIRSystems 5000 (FOSS NIRSystems, Silver Spring, MD). Per le analisi di tipo NIRS il campione viene esposto a un fascio di luce con lunghezze d'onda comprese tra 1100 e 2500 nm (infrarosso vicino). L'energia, diretta verso il campione, viene riflessa e misurata dallo strumento che è così in grado di identificare i legami chimici presenti all'interno del campione e predirne la composizione nutrizionale grazie all'utilizzo di una curva di calibrazione (tab. 2).

CALIBRAZIONE FIENO PASCOLO									
Constituent	N	Mean	SD	Est. Min	Est. Max	SEC	RSQ	SECV	1-VR
SS	536	90,92	2,20	84,33	97,51	0,65	0,91	0,76	0,88
CEN_SS	446	8,15	2,08	1,92	14,38	0,62	0,91	0,75	0,87
PG_SS	406	7,09	1,88	1,47	12,72	0,56	0,91	0,67	0,87
EE_SS	357	1,54	0,50	0,03	3,05	0,22	0,81	0,27	0,71
NDF_SS	505	64,75	8,04	40,63	88,87	1,91	0,94	2,26	0,92
ADF_SS	353	40,33	6,34	21,31	59,35	1,95	0,91	2,37	0,86
ADL_SS	41	5,61	2,02	0,00	11,66	1,18	0,66	1,47	0,48
AIA_SS	42	1,53	1,22	0,00	5,20	0,37	0,91	0,57	0,79

Tabella 2. Valori della curva di calibrazione per la composizione nutrizionale del pascolo.

I valori di assorbanza, associati con i legami chimici, permettono di identificare le percentuali delle varie componenti organiche del campione. Questa tecnologia viene quindi utilizzata per ricavare le percentuali di fibra, carboidrati, proteine e lipidi contenute nei campioni tramite i valori di assorbanza (Marchesini et al. 2017; Corson et al. 1999).

In questo caso sono state analizzate la sostanza secca (SS), le ceneri (CEN), la proteina grezza (PG), l'estratto etereo (EE), la fibra neutro-detersa (NDF), la fibra acido-detersa (ADF), la lignina acido-detersa (ADL) e per differenza: le emicellulose (= NDF - ADF), la cellulosa (= ADF - ADL) e i carboidrati non strutturali (NSC), ovvero gli zuccheri (= 100 - CEN - PG - EE - NDF). La sostanza secca è espressa in termini percentuali sul totale (peso totale che include anche l'acqua), mentre le altre componenti sono state espresse come percentuale della SS. L'analisi chimica per le stesse componenti è stata effettuata per aggiornare la curva di calibrazione.

5.3. ANALISI STATISTICA

Le analisi statistiche sono state eseguite utilizzando SAS versione 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, 2012). La distribuzione normale dei dati è stata testata utilizzando il test di Shapiro-Wilk ($> 0,90$ = distribuzione normale). Per verificare la significatività delle differenze nella composizione chimica del pascolo tra diversi transetti all'interno di ogni nucleo nel tempo è stato eseguito un modello di analisi della varianza (ANOVA) utilizzando il mese (4 livelli: inizio giugno, fine giugno, luglio e agosto) e il transetto (24 livelli: tutti i transetti dei 5 nuclei di marmotta considerati) come effetti fissi. Per quanto riguarda invece l'analisi delle preferenze relative alle zone di foraggiamento, per prima cosa si è calcolata la preferenza relativa (RP) per ogni marmotta o, nel caso dei piccoli, non riconoscibili tra loro, l'RP della categoria piccoli. L'RP è stato calcolato come rapporto tra la percentuale di fix relativi all'attività foraggiamento di un individuo in una tipologia di vegetazione (corrispondente a un determinato transetto), e la percentuale della superficie di quella tipologia di vegetazione (corrispondente a un determinato transetto) sulla superficie totale dell'home-range frequentato da quel nucleo familiare di marmotte. Se l'RP = 1 significa che le marmotte scelgono quella tipologia di vegetazione in linea con la disponibilità di quella tipologia sul territorio, se < 1 tendono a evitare quella tipologia, mentre se > 1 la selezionano favorevolmente (Ganskopp e Bohnert, 2009).

Per confutare l'ipotesi nulla secondo la quale le marmotte utilizzano in egual modo tutte le tipologie di vegetazione disponibili per l'attività di alimentazione è stato utilizzato un modello ANOVA utilizzando come variabile dipendente l'RP e come effetti fissi il transetto entro nucleo e la combinazione di genere e classe di età. Giovani e subadulti sono stati raggruppati in un'unica classe. Poiché per tutti i nuclei considerati le tipologie di vegetazione sono state riassunte da 8 categorie, per capire in generale se ci fossero delle differenze significative tra esse per quanto riguarda l'RP, è stato utilizzato un modello ANOVA avente l'RP come variabile dipendente e la tipologia di vegetazione (8 livelli) e la combinazione di genere e classe di età come effetti fissi. Le interazioni tra effetti fissi non sono state valutate in quanto non tutte le categorie di età avevano accesso a tutte le tipologie di vegetazione.

Per capire quanto il valore nutrizionale dell'erba influenza l'RP è stata effettuata una stepwise regression. Inoltre, è stato utilizzato un modello ANOVA utilizzando 3 classi di RP come effetto fisso (0: $RP < 1$; 1: $1 \leq RP < 1.72$; 2: $RP \geq 1.72$) e i vari nutrienti (SS, CP, EE, emicellulose, cellulosa e NFC) come variabili dipendenti.

Le attività di lavoro sul campo sono state svolte personalmente, coadiuvando il lavoro svolto dal personale del Parco e dell'Università di Padova. Questi ultimi si sono anche occupati di svolgere le analisi statistiche e di laboratorio.

6. RISULTATI

6.1. DATI SULLE MARMOTTE

Le attività di cattura e di studio dell'home-range hanno permesso di seguire 36 individui all'interno dell'area di studio.

I dati riguardanti la composizione di ogni nucleo vengono riportati in tabella 3.

Sono stati raccolti un numero totale di fix pari a 3849, di cui 1246 sono i fix totali di foraggiamento. La superficie degli home-range famigliari è stata calcolata estrapolando il perimetro al 95%, lo stesso è stato fatto per calcolare le aree di foraggiamento di ogni nucleo. In tabella 4 si possono osservare i dati riguardanti il numero di fix raccolti e gli home-range per ogni nucleo rispettivamente per i dati complessivi e per quelli di foraggiamento.

Tabella 3. Viene riportato il numero di individui che compongono ogni nucleo diviso per classi d'età

Nuclei	n° individui	n° adulti	n° subadulti	n° giovani	n° piccoli
B1	7	2	0	0	5
B2	11	2	0	4	5
B3	2	2	0	0	0
B7	6	1	5	0	0
F1	5	1	0	4	0
F2	5	2	0	0	3

Tabella 4. Viene riportato il numero di fix totali e di foraggiamento e, rispettivamente, le aree dei contorni al 95% dei kernel espresse in ettari (ha).

Nuclei	n° fix tot.	n° fix foraging	fix foraging%fix tot.	Kernel tot. 95% (ha)	Kernel foraging 95% (ha)	area for.%area tot.
B1	736	311	42,26	1,113	0,334	30,03
B2	782	199	25,40	1,625	0,458	28,17
B3	304	55	18,10	0,936	0,171	18,32
B7	544	78	14,30	1,859	0,232	12,46
F1	783	341	43,60	0,561	0,224	39,93
F2	700	262	37,30	0,930	0,167	17,93

Di seguito vengono presentati i dati relativi alle diverse famiglie.

6.1.1. Busabella

Il nucleo B2 è composto da 11 individui, nello specifico ci sono 2 adulti, di cui un maschio (“Primo”) e una femmina (“Rosa”), che costituiscono la coppia dominante; 4 individui giovani, di cui 2 maschi (“Checco” e “Pigi”) e 2 femmine (“Valentina” e “Moana”); 5 piccoli (tab. 3). Si tratta del nucleo più numeroso dell’area, occupa infatti un home-range ampio che comprende zone caratterizzate da diversa esposizione e da una pendenza mediamente variabile. In particolare, nella zona centrale dell’home-range, il versante rientra a formare una “valletta”, come si nota anche dalle isoipse (fig.21).

Anche in questo caso, l’area utilizzata per il foraggiamento occupa poco meno del 30% dell’area totale utilizzata (tab. 4).

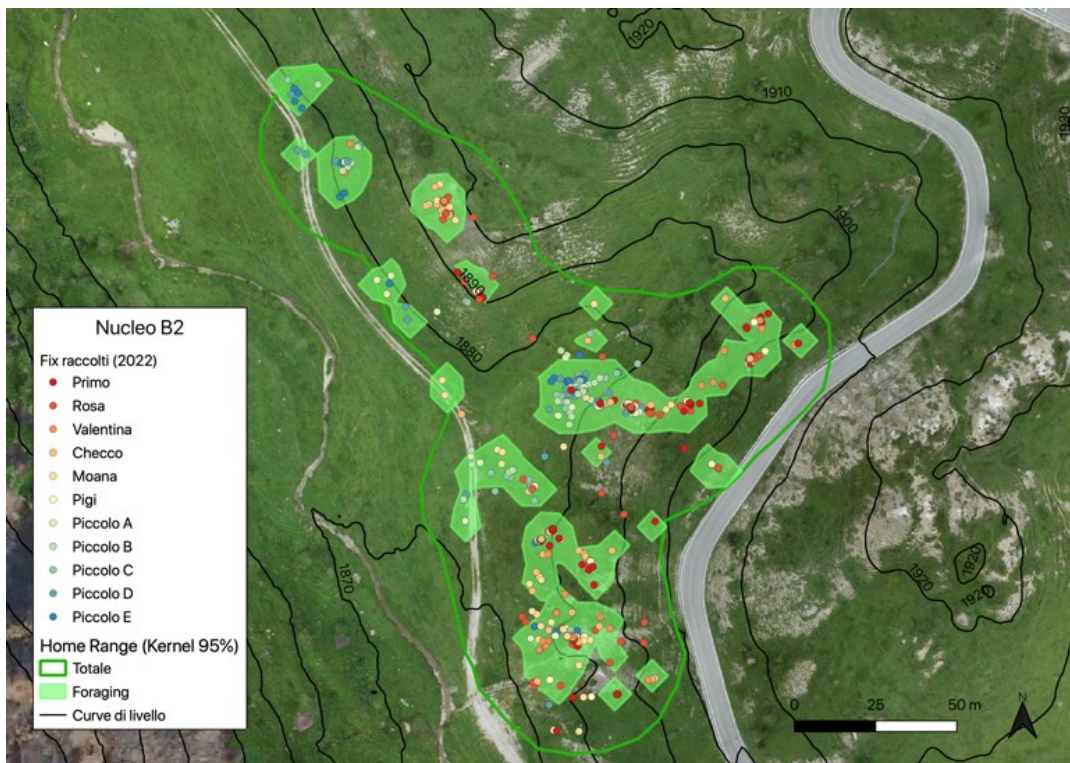


Figura 21. Rappresentazione QGIS del nucleo B2. Sono rappresentati i fix raccolti sul campo, l’home range totale al 95% del kernel e l’area di foraggiamento al 95% del kernel.

Il nucleo B3 è una famiglia composta da 2 soli individui adulti (“Staion” e “Consuelo”) (tab. 3). L’home-range è ristretto rispetto al nucleo precedente ma, se si considera che l’area viene utilizzata soltanto da due marmotte, è un home-range relativamente ampio. In questo caso l’area di foraggiamento occupa soltanto il 18% dell’home-range totale (tab. 4), il quale si estende per la maggior parte in una zona di ghiaione, in cui le marmotte foraggiano molto poco. Per alimentarsi, quindi, scendono nell’area a prato sottostante (fig. 22). È interessante notare il diverso comportamento del nucleo tra la primavera e l’estate: durante il periodo di catture, infatti, gli individui non erano mai stati osservati nella zona caratterizzata da rocce, frequentavano invece il versante a SE del ghiaione, dov’è presente un sistema di tane. Nel periodo estivo i due individui sono stati osservati raramente in quest’area.

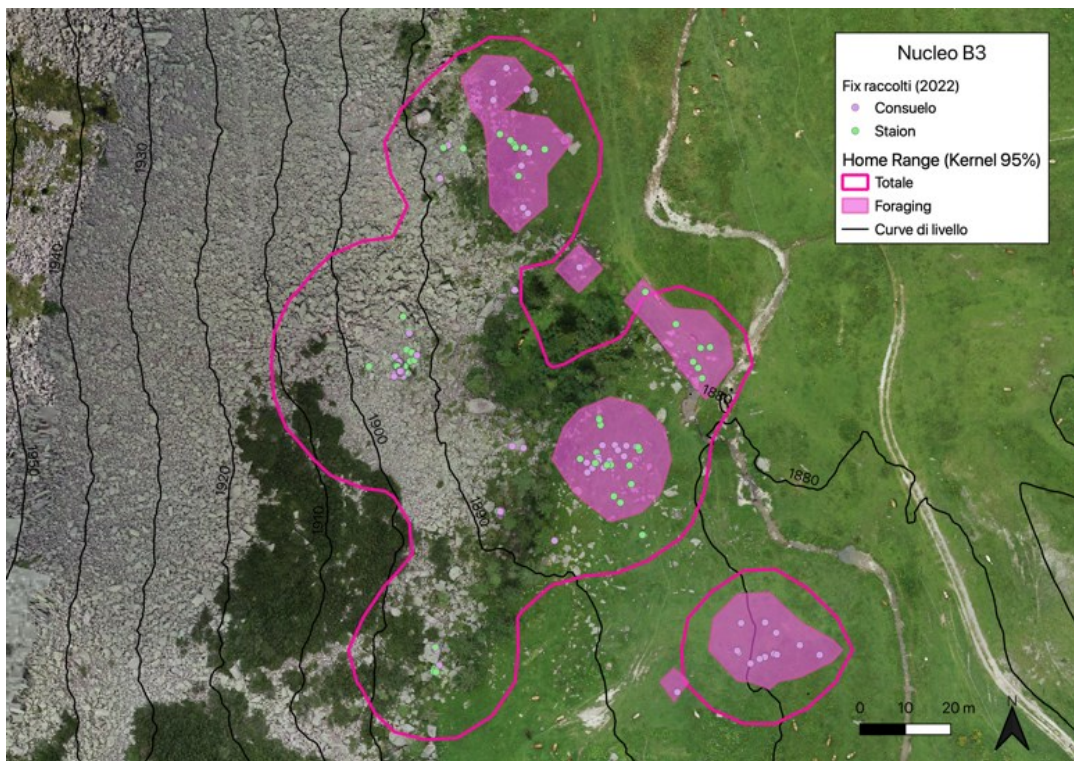


Figura 22. Rappresentazione QGIS del nucleo B3. Sono rappresentati i fix raccolti sul campo, l’home range totale al 95% del kernel e l’area di foraggiamento al 95% del kernel.

Infine, per quanto riguarda B7, si tratta di una famiglia formata da 6 individui di cui 1 maschio adulto (“Difasio”) e 5 subadulti, di cui 3 femmine (“Olivia”, “Silvia” e “Zorba”) e 2 maschi (“Ben” e “Franco”) (tab. 3). L’home-range è particolarmente ampio, caratterizzato da un’elevata pendenza ed esteso principalmente nella zona di ghiaione (fig. 23). Anche in questo caso, infatti, come nel caso di B3, la percentuale di area utilizzata per il foraggiamento è molto bassa, del 12% (tab. 4). Un’ulteriore analogia con B3 è il cambiamento di areale durante la stagione. Nel periodo primaverile gli individui venivano osservati nella piana ai piedi del ghiaione, raggiungendo zone al di là del torrente. In estate gli individui frequentano per la maggior parte del tempo una vasta area di ghiaione, recandosi nella piana soltanto per foraggiare, rimanendo comunque nelle vicinanze delle zone rocciose. Si è potuto inoltre osservare un interessante dato riguardante l’alimentazione: alcuni individui sono infatti stati visti alimentarsi anche tra la vegetazione arbustiva di ghiaione.

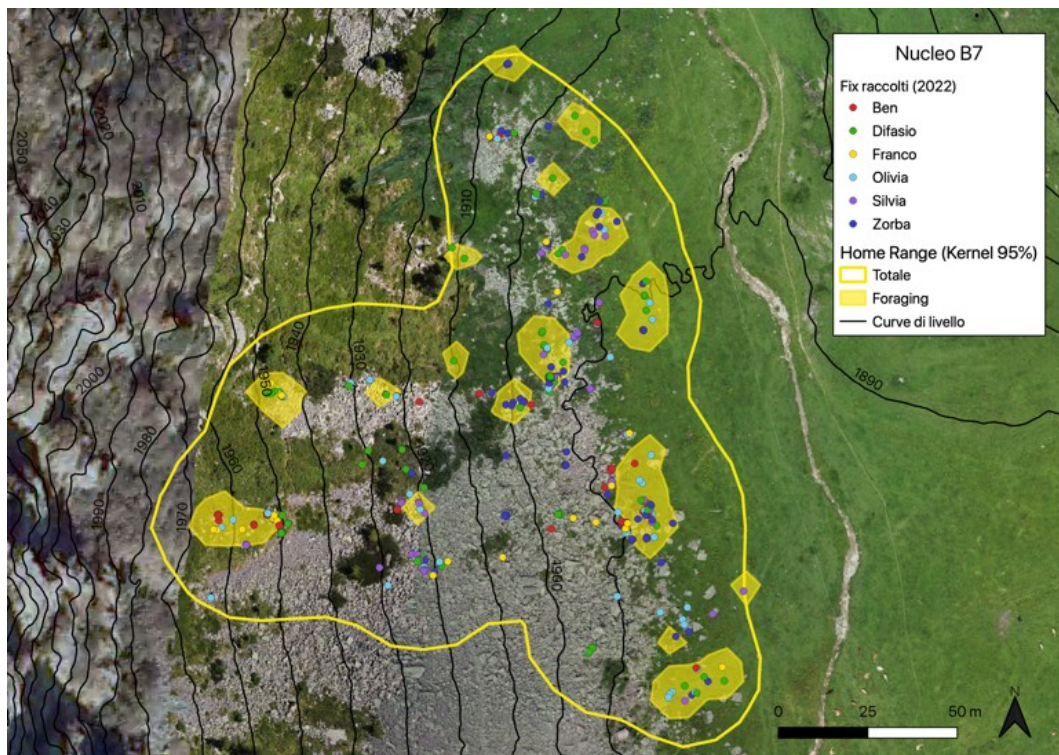


Figura 23. Rappresentazione QGIS del nucleo B7. Sono rappresentati i fix raccolti sul campo, l’home range totale al 95% del kernel e l’area di foraggiamento al 95% del kernel.

6.1.2. Fosse

Il nucleo F1 è costituito da 5 individui di cui 1 solo maschio adulto (“Pino”) e 4 giovani, di cui 3 femmine (“Laura”, “Mafalda” e “Caterina”) e un maschio (“Ugo”) (tab. 3).

L’home range di F1 (fig. 24) è particolarmente ridotto ma l’area di foraggiamento occupa ben il 40% circa del totale (tab. 4).

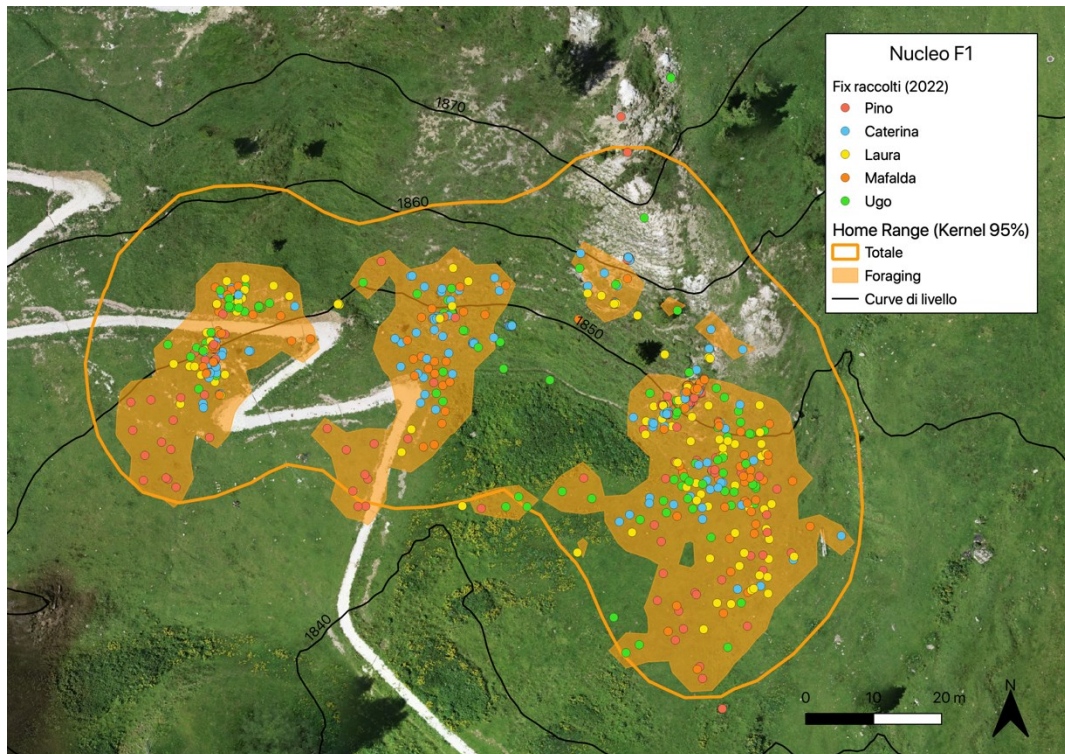


Figura 14. Rappresentazione QGIS del nucleo F1. Sono rappresentati i fix raccolti sul campo, l’home range totale al 95% del kernel e l’area di foraggiamento al 95% del kernel.

Il nucleo F2 è composto da 5 individui di cui i 2 adulti che costituiscono la coppia dominante, quindi un maschio (“Tripel”) e una femmina (“Arenaria”), e 3 piccoli (tab. 3). Anche in questo caso l’home range è abbastanza ridotto. Il territorio occupato è caratterizzato da una pendenza elevata (fig. 25).

È interessante osservare come gli individui non occupino omogeneamente l'intera area ma si concentrino principalmente in due zone, che corrispondono alla collocazione delle tane. Anche l'area utilizzata per il foraggiamento è distribuita per lo più in questo modo e la percentuale di area occupata per questa attività è infatti relativamente bassa (circa 18%) (tab.4).

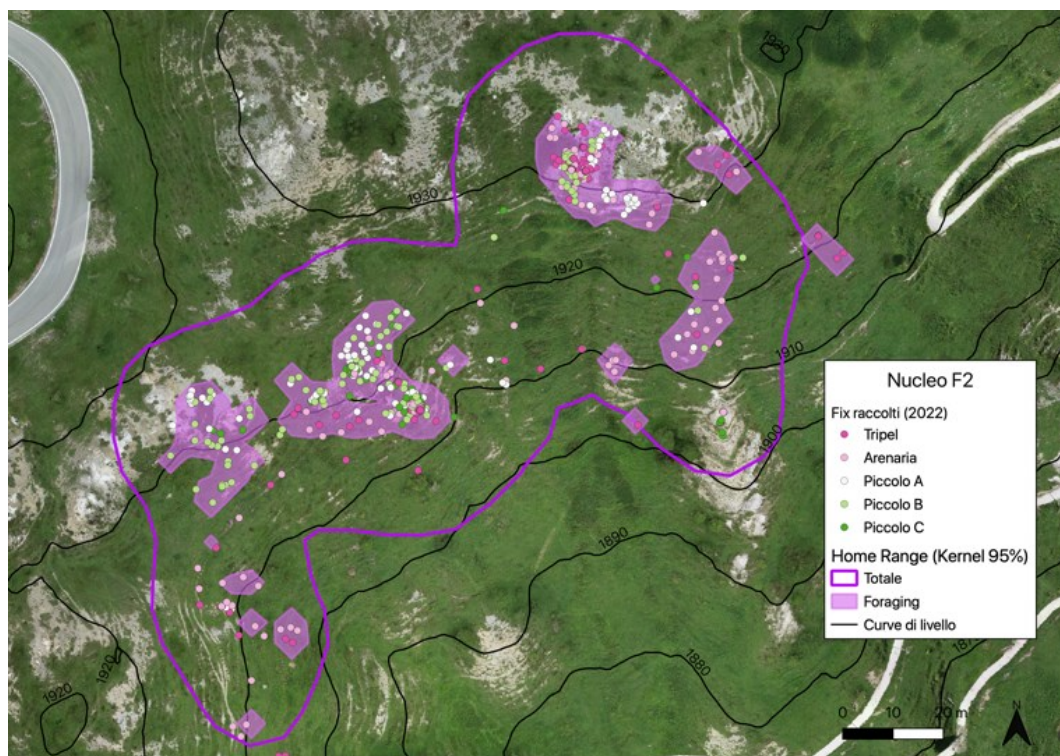


Figura 25. Rappresentazione QGIS del nucleo F2. Sono rappresentati i fix raccolti sul campo, l'home range totale al 95% del kernel e l'area di foraggiamento al 95% del kernel.

6.2. DATI SULLA VEGETAZIONE

In tutti i nuclei, ad ogni transetto è stato associato un tipo di vegetazione a seconda delle specie presenti e della loro copertura percentuale all'interno dell'area. Poiché alcune tipologie di vegetazione erano presenti in più transetti appartenenti a nuclei diversi si sono identificate 8 tipologie di vegetazione in generale.

Ad ogni tipologia vegetazionale è stato inoltre associato un cluster, con valori che vanno da 0 a 5 (tabella 6). Il cluster 0 comprende le zone senza transetti cioè ghiaione, vegetazione di roccia e simil-seslerieto.

Di seguito si riportano i dati di vegetazione indicativi per ogni nucleo (tabelle 7 e 8).

Tabella 6. Classificazione della vegetazione e dei cluster corrispondenti: 0 = vegetazione esterna ai transetti; 1 = seslerieto pendente; 2 = seslerieto con elementi di poeto; 3 = poeto; 4 = pingue; 5 = nitrofile.

Vegetazione	Cluster
Ghiaione	0
Vegetazione di roccia	0
Seslerieto con arbusti	0
Seslerieto pendente	1
Seslerieto con elementi di poeto	2
Poeto	3
Pingue	4
Nitrofile	5

Tabella 7. Dati di vegetazione relativi ai transetti dei nuclei di Busabella

Nucleo	Transetti	Vegetazione	Cluster
B2	B2-1	Seslerieto pendente	1
	B2-2	Poeto	3
	B2-3	Seslerieto pendente	1
	B2-4	Seslerieto con elementi poeto	2
	B3B2-5	Poeto	3

Nucleo	Transetti	Vegetazione	Cluster
B3	B3-1	Fuori dall'home-range	-
	B3-2	Poeto	3
	B3-3	Fuori dall'home-range	-
	B3-4	Poeto	3
	B3B2-5	Poeto	3

Nucleo	Transetti	Vegetazione	Cluster
B7	B7-1	Poeto	3
	B7-2	Poeto	3
	B7-3	Poeto	3
	B7-4	Poeto	3
	B7-5	Fuori dall'home-range	-

Tabella 8. Dati di vegetazione relativi ai transetti

Nucleo	Transetti	Vegetazione	Cluster
F1	F1-1	Pingue	4
	F1-2	Poeto	3
	F1-3	Seslerieto pendente	1
	F1-4	Seslerieto pendente	1
	F1-5	Poeto	3

Nucleo	Transetti	Vegetazione	Cluster
F2	F2-1	Seslerieto con elementi poeto	2
	F2-2	Seslerieto pendente	1
	F2-3	Seslerieto con elementi poeto	2
	F2-4	Seslerieto con elementi poeto	2
	F2-5	Nitrofile	5

Per identificare la tipologia di vegetazione che ricopre le aree attorno ad ogni rilievo è stata costruita su QGIS una mappa della vegetazione. Di seguito vengono riportati gli home range di ogni nucleo sovrapposti ai transetti corrispondenti rappresentati in tale mappa.

Per il nucleo B2 si può osservare come l'area occupata dall'home-range si componga principalmente dalla vegetazione che caratterizza i transetti B2-3 e B2-4, quindi seslerieto pendente e seslerieto con elementi di poeto. I transetti B2-1, B2-2 e B3B2-5 sono invece molto poco rappresentati (fig. 26).

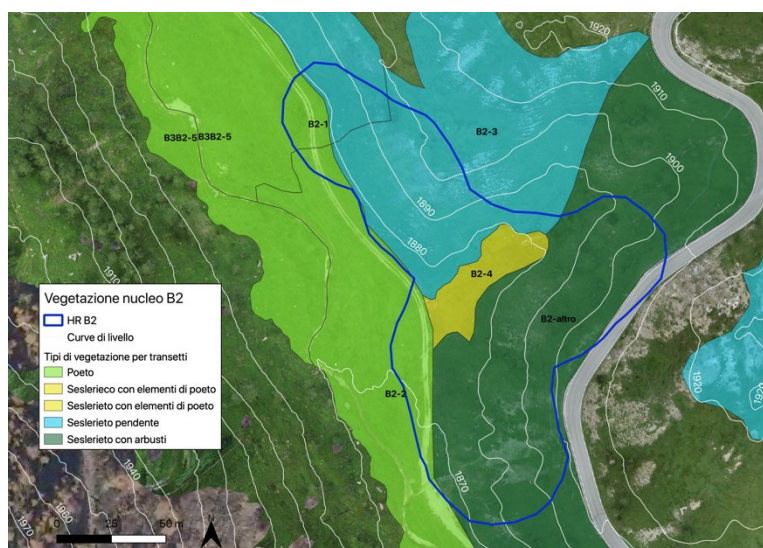


Figura 26. Mappa della vegetazione del nucleo B2. Per ogni poligono di vegetazione viene indicato il transetto corrispondente.

Per i nuclei B3 e B7 la situazione è particolare in quanto, come detto prima, le aree utilizzate in entrambi i nuclei sono cambiate dalla primavera all'estate. I transetti sono stati posizionati secondo le osservazioni effettuate durante la primavera; dunque, la maggior parte degli home range di B3 e B7 si trova esclusa dai rilievi floristici perché si estende nella zona di ghiaione. Questo tipo di vegetazione, anche se non è stato analizzato, verrà indicato nelle successive analisi sotto il nome "vegetazione di ghiaione". Entrambi i nuclei intersecano, anche se poco, delle aree corrispondenti ad alcuni rilievi.

In particolare, in B3 troviamo delle corrispondenze nella vegetazione che caratterizza i transetti B3-2, B3-4 e B3B2-5 e B7-1, anche se appartenente ad un altro nucleo (fig. 27). La vegetazione tipica di tutti i transetti citati è il poeto.

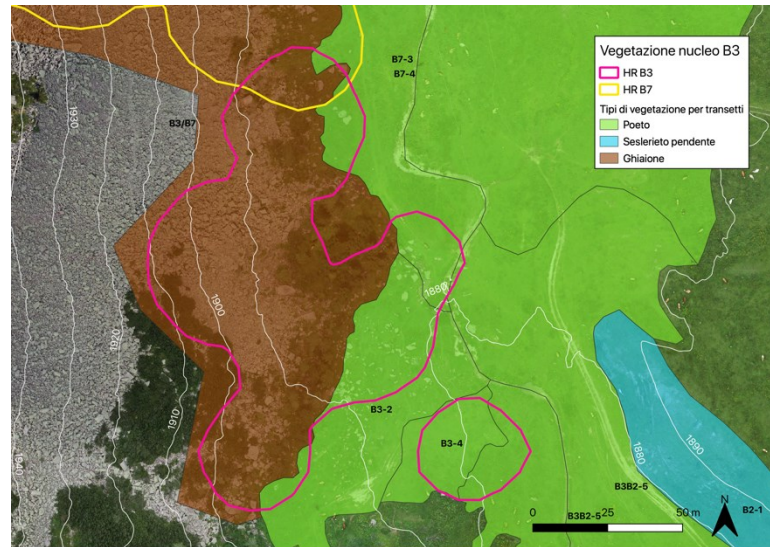


Figura 27. Mappa della vegetazione del nucleo B3. Per ogni poligono di vegetazione viene indicato il transetto corrispondente.

Per quanto riguarda l'home range di B7, questo si interseca con i transetti B7-1, B7-2 e B7-3 (fig. 28). Anche in questo caso la vegetazione caratterizzante i transetti è sempre il poeto.

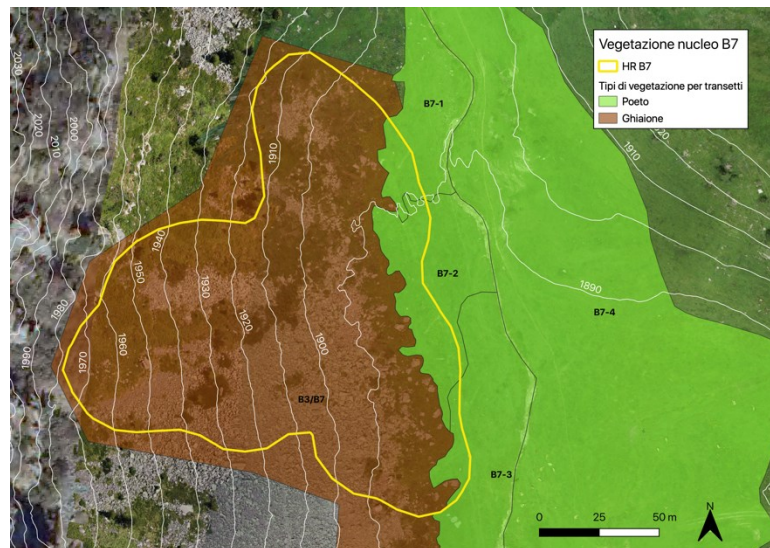


Figura 28. Mappa della vegetazione del nucleo B7. Per ogni poligono di vegetazione viene indicato il transetto corrispondente.

In F1 l'home-range comprende la vegetazione che caratterizza ogni transetto, quindi pingue (F1-1), poeto (F1-2 e F1-5) e seslerieto pendente (F1-3 e F1-4). All'interno dell'home-range è stata inoltre individuata una zona caratterizzata dalla presenza di vegetazione nitrofila (zona semi-centrale dell'home-range) (fig. 29).

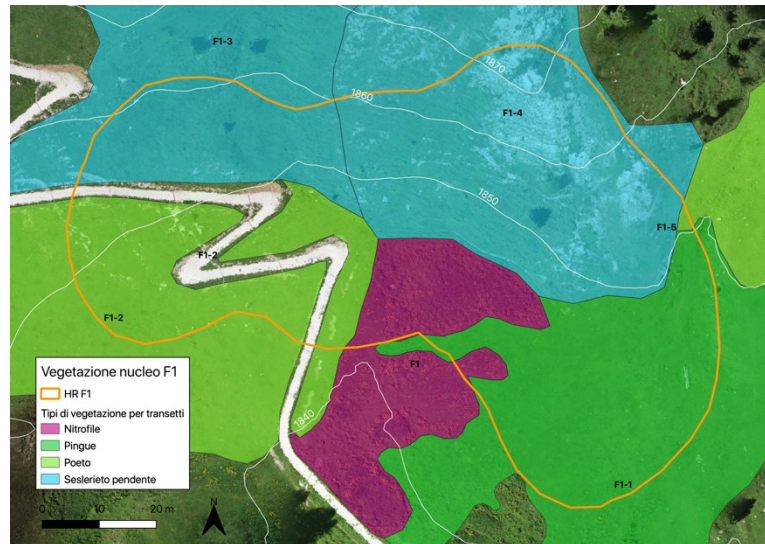


Figura 2. Mappa della vegetazione del nucleo F1. Per ogni poligono di vegetazione viene indicato il transetto corrispondente.

Infine, l'home range di F2 comprende aree di tutti i transetti, incluso F2-5 caratterizzato da vegetazione nitrofila che, per gli stessi motivi di F1, le marmotte evitano. La vegetazione più tipica di quest'area è il seslerieto, abbiamo infatti seslerieto con elementi di poeto (transetti F2-1, F2-3 e F2-4) e seslerieto pendente (F2-2) (fig. 30).

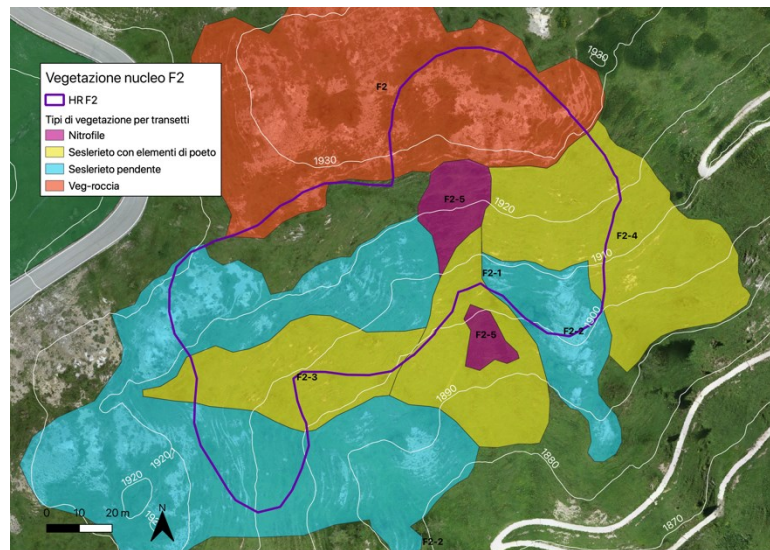


Figura 30. Mappa della vegetazione del nucleo F2. Per ogni poligono di vegetazione viene indicato il transetto corrispondente.

6.3. DATI SULLA QUALITÀ FORAGGIO

Per quanto riguarda la composizione nutrizionale dei pascoli si è andati a valutare i cambiamenti nei diversi periodi considerati e le differenze tra diversi transetti entro ogni nucleo familiare.

Osservando i dati di Busabella (fig. 31) si può notare un comportamento simile per quanto riguarda la proteina (PG), i grassi (EE) e gli zuccheri (NFC): questi sono più elevati a giugno e decrescono con l'avanzare dell'estate. Al contrario, la percentuale di fibra (NDF), emicellulose e cellulosa è più alta a luglio e agosto rispetto che a giugno. La lignina (ADL) rimane invece più o meno stabile.

In Fosse i dati (fig. 31) mostrano un andamento delle componenti organiche molto simile a quello descritto per Busabella.

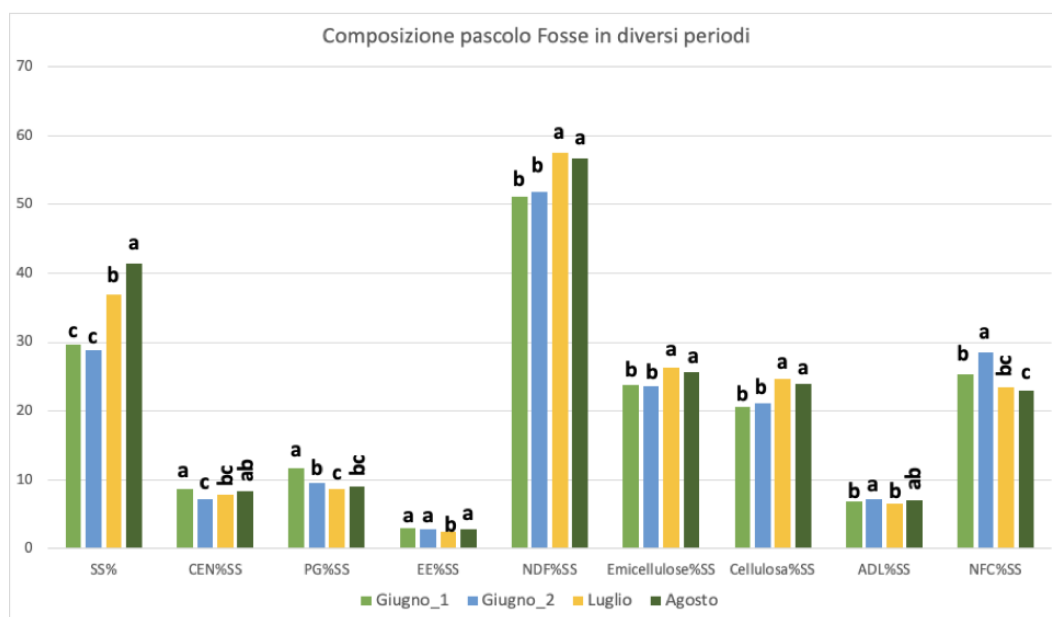
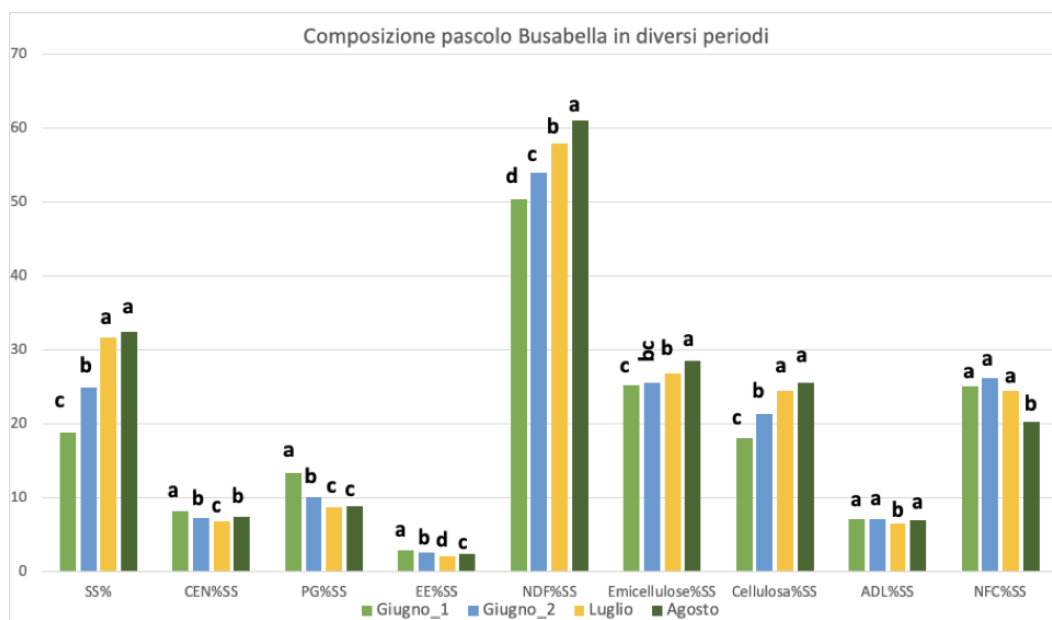


Figura 31. Grafico di composizione del pascolo in Busabella (immagine sopra) e Fosse (immagine sotto) per i diversi periodi di rilevamento.

Per quanto riguarda le differenze nella composizione nutrizionale del pascolo tra transetti, a Busabella (fig. 32) si può osservare che le proteine gli zuccheri sono particolarmente elevate in B2-2, B2-5 e B3-3 mentre sono basse in B2-3. Mediamente si nota che quando i nutrienti più importanti sono alti, si trovano percentuali basse di cellulosa e grassi e viceversa.

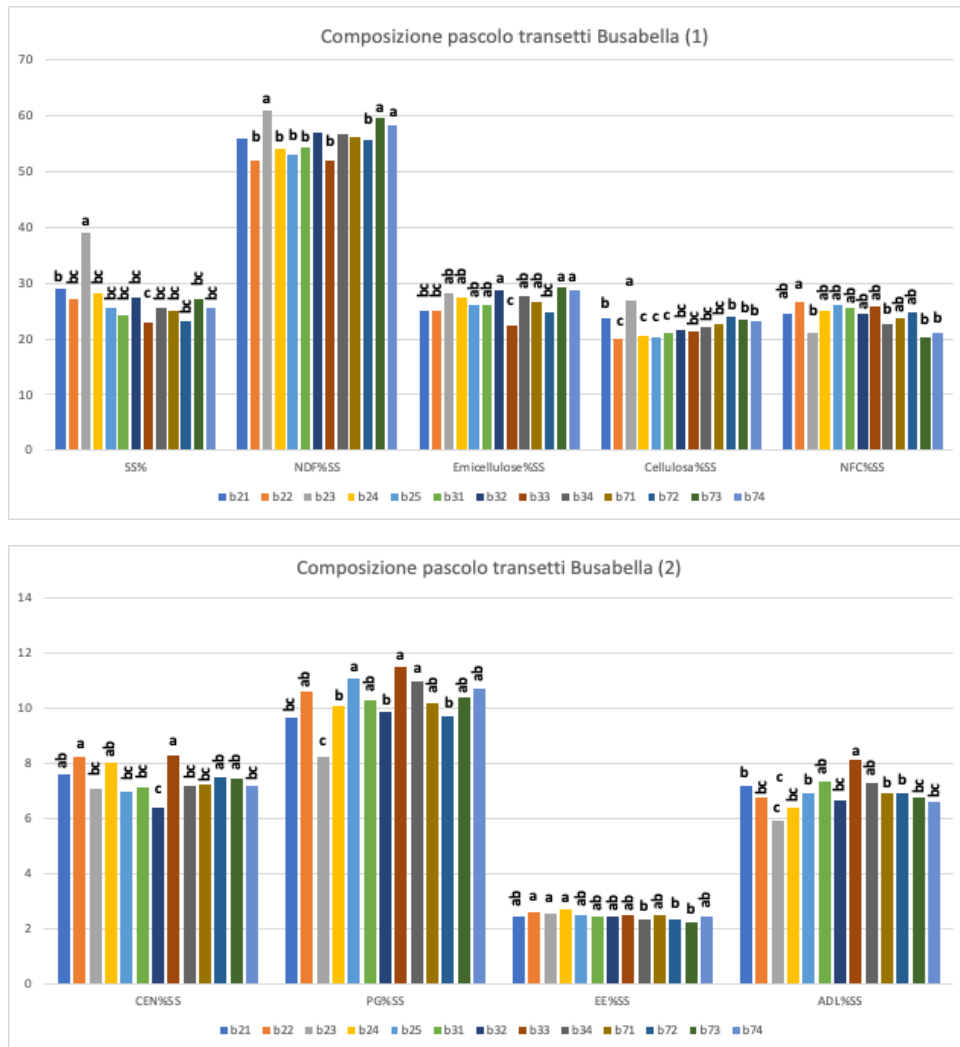


Figura 32. Grafico di composizione del pascolo a Busabella per i diversi transetti. Nel grafico in alto sono rappresentate le percentuali di SS e, in rapporto a questa, le percentuali di NDF, emicellulose, cellulosa e NFC. Nel grafico in basso sono riportate invece, in rapporto con la SS, le percentuali di CEN, PG, EE e ADL.

A Fosse (fig. 33) le differenze di percentuale in fibra ed emicellulose nei vari transetti non è significativa. Per quanto riguarda invece le altre componenti i transetti presenti in quest'area presentano un comportamento insolito in quanto non hanno un andamento omogeneo tra di loro o simile a quelli di Busabella. Secondo quanto visto finora, ci si aspetteremmo che transetti con un'alta percentuale di proteina presentino valori alti anche di altre componenti, tra cui gli zuccheri e valori invece bassi, ad esempio, di cellulosa. Nei transetti di F1 dove la proteina è alta, come ad esempio in F1-1, F1-5 e F2-5, gli NFC sono invece mediamente bassi mentre la cellulosa mediamente alta.

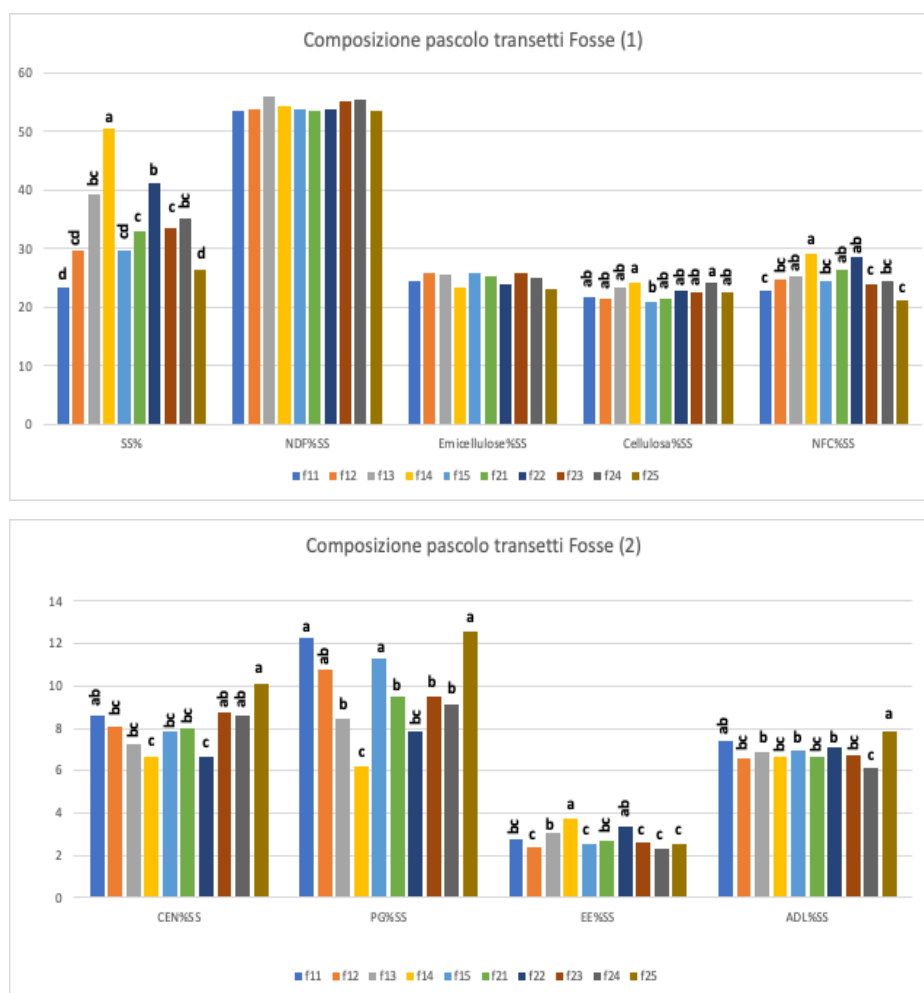


Figura 33. Grafico di composizione del pascolo a Fosse per i diversi transetti. Nel grafico in alto sono rappresentate le percentuali di SS e, in rapporto a questa, le percentuali di NDF, emicellulose, cellulosa e NFC. Nel grafico in basso sono riportate, in rapporto con la SS, le percentuali di CEN, PG, EE e ADL.

Sono stati analizzati i dati di foraggiamento per ogni nucleo, lo scopo è quello di valutare l'indice di preferenza generale dei transetti (RP). Di seguito si riporta la tabella relativa a tali osservazioni (tab. 9).

Per il nucleo B2 si nota che la vegetazione che caratterizza il transetto B2-3 (seslerieto pendente) e il seslerieto con arbusti sono quelle con la percentuale più alta di superficie occupata all'interno dell'home-range. Nonostante ciò, l'indice di preferenza

mostra che i transetti maggiormente favoriti per il foraggiamento sono B2-4 (seslerieto con elementi di poeto) con un RP quasi pari a 2, e B2-1 (seslerieto pendente) con un RP > 1.5. La zona di seslerieto con arbusti presenta un RP di poco superiore a 1, ciò significa che viene selezionata per l'alimentazione, ma non è la favorita. I transetti B2-3 e B3B2-5 (poeto) hanno un RP < 1 e B2-2 (poeto) ha RP < 0.5, tendono quindi ad essere molto poco selezionati dalle marmotte per foraggiare. Sembra quindi che ci sia una tendenza nelle marmotte di questo nucleo a selezionare il seslerieto rispetto al poeto.

Il comportamento del nucleo B3 è interessante perché i dati (tab. 9) indicano che ci sono due transetti, B3-1 e B3-3, che le marmotte non utilizzano mai per mangiare. Preferiscono invece alimentarsi nelle aree occupate dalla vegetazione tipica dei transetti B3-2 e B3-4 (poeto), entrambi mostrano infatti un RP > 3. La zona di ghiaione ha un RP < 0.5, non viene quindi in genere selezionata per il foraggiamento, nonostante occupi quasi l'80% della superficie dell'home-range.

Anche in B7 la zona che occupa una maggior superficie all'interno dell'home-range del nucleo è quella del ghiaione, nonostante non risulti significativa per il foraggiamento (RP < 1) (tab. 9).

Tabella 9. Dati sulla % di superficie occupata nei vari nuclei ed RP per l'attività di foraggiamento per ogni transetto.

Nucleo	Transetto	% foraggiamento	RP	Note
B2	B2-1	7,4	1.54	
	B2-2	3,5	0.43	
	B2-3	14,4	0.60	
	B2-4	14,4	1.97	
	B3B2-5	3,5	0.62	
	B2 -seslerieto con arbusti	56,9	1.13	
B3	B3-1	0,0	0	non incluso HR
	B3-2	46,7	3.22	
	B3-3	0,0	0	non incluso HR
	B3-4	22,2	3.08	
	veg-ghiaione	31,1	0.40	
B7	B7-1	0,0	0	non incluso HR
	B7-2	9,4	1.37	
	B7-3	14,1	2.38	
	B7-4	0,0	0	non incluso HR
	veg-ghiaione	76,5	8.90	
	F1	F1-1	41,6	1.68
F1-2		25,2	1.38	
F1-3		10,9	0.81	
F1-4		19,4	0.56	
F1-5		0,0	0	non incluso HR
nitrofile		2,9	0.33	
F2	F2-1	0,4	0.13	
	F2-2	45,4	1.30	
	F2-3	1,5	0.12	
	F2-4	9,1	0.37	
	F2-5	0,0	0	non incluso HR
	veg-roccia	45,5	2.25	

Si osserva che anche in questo caso ci sono delle aree dove le marmotte non mangiano come quelle dei transetti B7-1e B7-4. Il transetto B7-1 ha invece un $RP > 1$ e B7-3 risulta il più selezionato per il foraggiamento, con $RP > 2$.

L'intera area presenta una vegetazione omogenea di poeto, le varie zone non sono quindi selezionate o evitate a seconda delle specie presenti. Ci saranno dunque altri fattori che condizionano questa scelta. Si può ad esempio ipotizzare che, dal momento che le marmotte del nucleo B7 spendono la maggior parte del tempo sul ghiaione, abbiano selezionato le zone più vicine a quest'ultimo che risultano quindi essere più comode rispetto a zone più distanti come quelle dei transetti B7-1 e B7-4. Per il nucleo F1 soltanto i transetti F1-1 (pascolo pingue) e F1-2 mostrano (poeto) un $RP > 1$, con una preferenza maggiore per il primo ($RP > 1.5$ in questo caso) piuttosto che per il secondo. Il seslerieto, vegetazione tipica degli altri transetti, e la zona caratterizzata dalla presenza di specie nitrofile, hanno rispettivamente $RP < 1$ e $RP < 0.5$ e vengono per lo più evitate. Le marmotte non foraggiano nell'area del transetto F1-5, questo pur essendo un poeto non viene utilizzato perché si trova al margine dell'areale e, come si può vedere anche dalla tabella 9, occupa una percentuale irrilevante dell'home-range del nucleo.

Infine, le marmotte del nucleo F2 sembrano selezionare favorevolmente per il foraggiamento un'area non compresa in nessun transetto e caratterizzata da vegetazione di roccia ($RP < 2$). È interessante inoltre osservare come, al contrario del nucleo F1, gli individui di F2 preferiscano la vegetazione tipica del seslerieto rispetto al poeto. Il transetto F2-2 (seslerieto pendente) ha infatti $RP > 1$ mentre F-2, F2-3 e F2-4 (seslerieto con elementi di poeto) hanno un $RP < 0.5$. Evitano del tutto invece la zona di F2-5, caratterizzata da specie nitrofile (tab. 9).

Dopo un'analisi generale sulle preferenze dei nuclei riguardo ai transetti, e quindi sulla vegetazione ad essi associata, si è deciso di approfondire l'analisi indagando quali sono le preferenze sulle aree di foraggiamento, riassunte dall'RP in base al genere e alla classe d'età, per ogni nucleo. Le classi di età giovane e subadulto sono state considerate insieme

Per B2 si osserva una differenza significativa soltanto tra femmine adulte e piccoli, con le femmine adulte che mostrano una maggior selezione delle aree di foraggiamento (tab. 10). In particolare, se si osserva il grafico (fig. 34), si nota che le femmine adulte foraggiano solo nel transetto B2-3 (seslerieto pendente) mentre la presenza dei piccoli si osserva in tutti i transetti, con un'evidente preferenza nell'area corrispondente del transetto B2-4 (seslerieto con elementi di poeto), tendono invece ad evitare B2-3.

Tabella 10. Dati sull'indice di preferenza alimentare delle marmotte del nucleo B2 in base alla classe d'età e al genere. Sono riportate le significatività (lettere).

Classe d'età	Genere	RP
adulto	F	1,96a
	M	1,92ab
g/s	F	1,75ab
	M	1,88ab
piccolo	unknown	1,57b

Il nucleo B3, essendo formato da solo due individui adulti non mostra una significatività e quindi una differenza evidente tra i sessi nella selezione delle aree di foraggiamento (tab. 11). Dall'istogramma (fig. 34) si osserva però che il maschio non foraggia mai nel transetto B3-4, a differenza della femmina.

Tabella 11. Dati sull'indice di preferenza alimentare delle marmotte del nucleo B3 in base alla classe d'età e al genere. L'assenza di lettere indica che non ci sono differenze significative.

Classe d'età	Genere	RP
adulto	F	2,18
	M	2,64

Anche in B7 non sembrano esserci differenze significative tra classe d'età o genere tra gli individui (tab. 12), si osserva però che i maschi giovani e sub-adulti non foraggiano mai nell'area caratterizzata dal transetto B2-7 (fig. 34).

Tabella 12. Dati sull'indice di preferenza alimentare delle marmotte del nucleo B7 in base alla classe d'età e al genere.

L'assenza di lettere indica che non ci sono differenze significative.

Classe d'età	Genere	RP
adulto	M	2,45
g/s	F	2,27
	M	2,38

Nel nucleo F1 il maschio adulto è più selettivo rispetto agli altri componenti della famiglia (tab. 13).

Tabella 13. Dati sull'indice di preferenza alimentare delle marmotte del nucleo F1 in base alla classe d'età e al genere. Sono riportate le significatività (lettere).

Classe d'età	Genere	RP
adulto	M	1,68a
g/s	F	1,09b
	M	1,17b

Infine, in F2 non si evidenziano differenze significative tra gli individui (tab. 14), nonostante sia stato osservato che i piccoli non utilizzano F2-1 per foraggiare (fig. 34).

Tabella 14. Dati sull'indice di preferenza alimentare delle marmotte del nucleo F2 in base alla classe d'età e al genere. L'assenza di lettere indica che non ci sono differenze significative.

Classe d'età	Genere	RP
adulto	F	1,02
piccolo	unknown	1,02

Il seguente istogramma (fig. 34) riassume i dati discussi finora riguardo le preferenze di pascolo per transetti, classi d'età e genere per ogni nucleo.

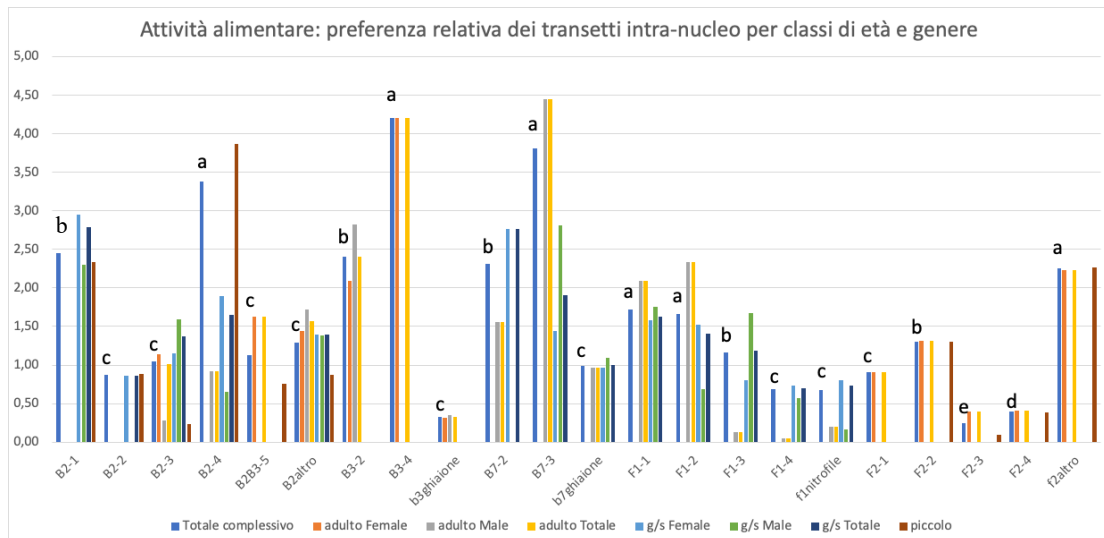


Figura 34. Grafico riassuntivo riguardo le preferenze alimentari delle marmotte per transetti, classi d'età e genere. Le significatività sono riportate solamente per le differenze tra transetti entro nucleo familiare. La mancanza di lettere in comune indica una differenza significativa $p < 0.05$

Se si analizzano le preferenze alimentari delle marmotte di tutti i nuclei complessivamente, si osserva che i tipi di vegetazione con i valori maggiori di RP sono la vegetazione di roccia, anche se presente soltanto in F2, e il poeto, che hanno $RP > 2$. Vengono invece tendenzialmente evitati, la vegetazione di ghiaione e le nitrofile, con $RP < 1$ (fig. 35).

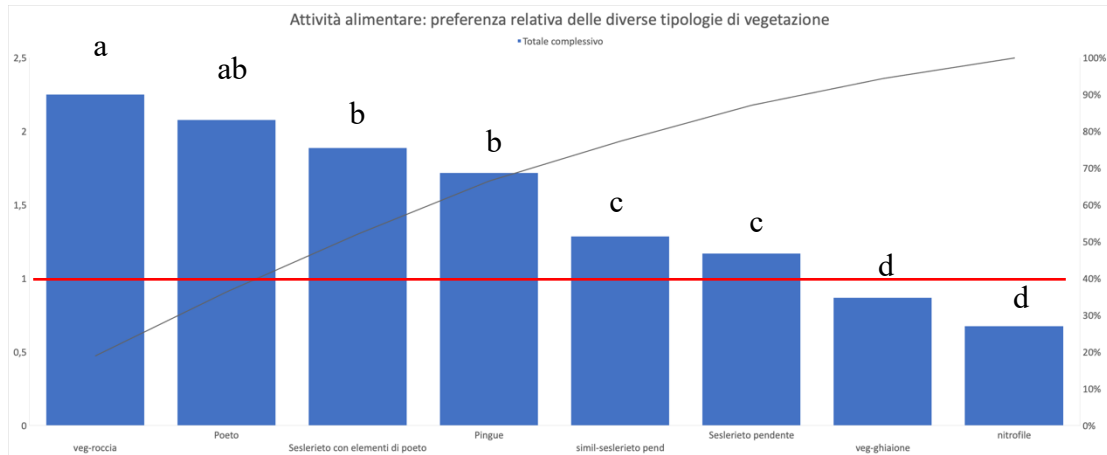


Figura 35. Preferenze alimentari complessive per tutti i nuclei nelle diverse tipologie di vegetazione. La linea rossa indica $RP = 1$. Si riportano le significatività per i diversi tipi di vegetazione.

Considerando assieme tutti i nuclei si è osservato inoltre che gli individui che mostrano una maggior selettività della vegetazione per il foraggiamento sono i maschi adulti mentre le femmine giovani e subadulte sono quelle meno selettive. Non c'è differenza, invece, nel comportamento di femmine adulte, maschi giovani e subadulti e piccoli (tab. 15).

Tabella 15. Indici di preferenza riguardanti il grado di selettività complessivo delle marmotte per classi d'età e genere. Sono riportate le significatività (lettere).

Classe d'età	Genere	RP
adulto	F	1,56b
	M	1,87a
g/s	F	1,29c
	M	1,45b
piccolo	unknown	1,45b

Infine, analizzando le preferenze delle zone di foraggiamento delle marmotte in base ai valori nutrizionali del pascolo (fig. 36), si osserva come le aree con maggior preferenza da parte delle marmotte siano caratterizzate da un elevato contenuto in proteine ed emicellulose. Mentre le aree tendenzialmente evitate, con $RP < 1$, sono caratterizzate in particolare da un maggiore contenuto in cellulosa e grassi e, contro le aspettative, da una minore concentrazione di ADL.

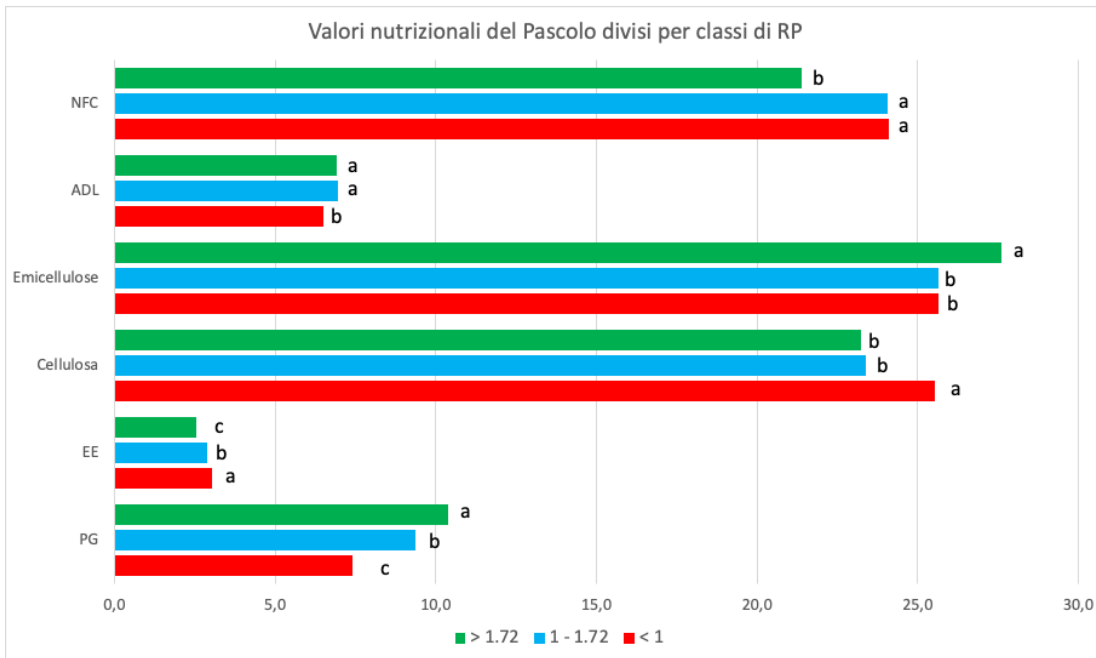


Figura 36. In questo grafico sono rappresentati i valori nutrizionali del pascolo in base alla preferenza alimentare delle marmotte. L'RP viene diviso in tre classi: $RP < 1$ (in rosso); $1 < RP < 1.72$ (in blu); $RP > 1.72$ (in verde). Sono riportate le significatività per ogni valore nutrizionale considerato.

La regressione stepwise (tab. 16) conferma la preferenza per le aree ricche di emicellulosa e la tendenza ad evitare quelle più ricche di cellulosa e grassi, ma non inserisce le proteine come variabile significativa per l'RP.

Tabella 16. Risultati della regressione. R-quadro parziale e modello spiegano rispettivamente la variabilità dei singoli fattori e quella cumulativa. La stima dei parametri indica di quanto aumenta l'RP per ogni aumento del fattore.

Variabile	Stima parametro	R-quadro parziale	R-quadro modello	p
Emicellulose	0,253	0,205	0,2046	<0.001
ADL_SS	0,632	0,122	0,3269	<0.001
Cellulosa	-0,081	0,034	0,3606	<0.001
NFC	0,093	0,019	0,3795	<0.001
EE_SS	-0,501	0,024	0,403	<0.001

La seguente mappa QGIS (fig. 37) riassume i risultati ottenuti sulle preferenze delle aree di foraggiamento complessive delle marmotte in base all'RP medio.

Le aree sono state individuate ponendo una classe di RP con intervalli $RP < 0.5$ (in rosso), RP compreso tra 0.5 e 1 (in arancione), RP compreso tra 1 e 1.5 (in giallo), RP compreso tra 1.5 e 2.5 (in verde) ed $RP > 2.5$ (in azzurro). Le aree azzurre e verdi sono quelle più favorite dagli animali per il foraggiamento.

Si osservano i fix di foraggiamento per ogni nucleo. Sono inoltre indicati gli ingressi di tana principale: è importante specificare che questi fanno riferimento alle osservazioni primaverili e che alcuni nuclei non li hanno utilizzati durante l'estate, come nel caso di B3.

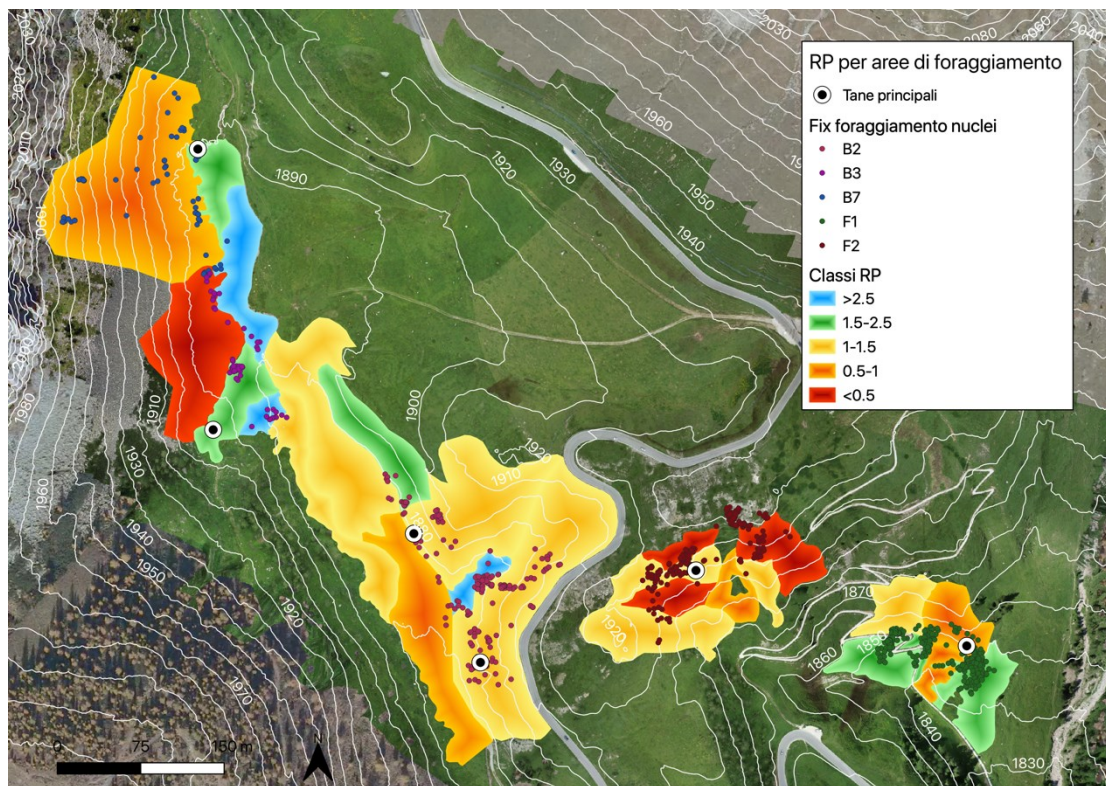


Figura 37. RP medio di foraggiamento per transetti. I punti bianchi e neri corrispondono agli ingressi di tana principale dei nuclei. Con elementi puntiformi vengono indicati i fix totali raccolti per ogni nucleo. Ad ogni colore è associata una classe di RP (azzurro: $RP > 2.5$; verde: $2.5 < RP < 1.5$; giallo: $1.5 < RP < 1$; arancione: $1 < RP < 0.5$; rosso: $RP < 0.5$).

7. DISCUSSIONE

I risultati ottenuti hanno permesso di comprendere meglio alcune dinamiche all'interno dei nuclei studiati. L'indagine preliminare sugli home-range è stata utile per comprendere quali aree di fatto venissero utilizzate maggiormente entro l'area di studio; un dato utile per capire meglio in futuro come mai vengano preferite alcune aree rispetto ad altre, ma ulteriori studi più approfonditi e multidisciplinari sono necessari.

È importante sottolineare che la scelta dei transetti per i campionamenti sulla vegetazione si basa sulle indicazioni derivanti dalle osservazioni effettuate durante le catture del 2022 e degli anni precedenti, quindi riferite alla sola primavera. L'attività di osservazione degli home-range è stata però svolta in tarda estate (fine luglio e agosto). Questo ha causato una parziale sovrapposizione tra le aree utilizzate dalle marmotte in estate e le aree campionate con i transetti. Questo ha posto dei limiti allo studio, in quanto ci sono zone anche molto frequentate (ad esempio la vegetazione di roccia del nucleo F2) di cui non si conoscono però nel dettaglio le caratteristiche vegetazionali e di composizione nutrizionale. Un aspetto da tenere in considerazione ed indagare in futuro.

Per quanto riguarda i risultati ottenuti dall'analisi nutrizionale della vegetazione, come atteso si sono evidenziate variazioni significative dei valori nutrizionali del pascolo nel periodo che va tra inizio giugno e metà agosto. Il mese di giugno è caratterizzato da una maggior ripresa vegetativa, per cui ciò che ci si aspettava è proprio un maggior contenuto in proteine e zuccheri, che tendono invece a diminuire con l'avanzare dell'estate. Secondo anche quanto riportato in letteratura (Garin et al., 2008; Rudatis et al., 2005), ci si aspetterebbe che le marmotte seguissero le fasi fenologiche della vegetazione, variando quindi le aree utilizzate per il foraggiamento durante la stagione a seconda della qualità e disponibilità di nutrienti che un'area può offrire rispetto ad un'altra, sappiamo infatti che la marmotta è un erbivoro selettivo.

Questo spiegherebbe anche, in parte, il cambiamento di utilizzo delle aree tra la primavera e l'estate. Non è stato però possibile valutare le eventuali differenze di utilizzo della vegetazione da parte delle marmotte durante l'intera stagione, essendo che le osservazioni dell'home-range sono state svolte soltanto in tarda estate. Ciò pone un ulteriore limite allo studio.

Per quanto riguarda il periodo di fine luglio e agosto, le analisi sulle preferenze, espresse come RP per le aree di foraggiamento, unite ai dati sulla vegetazione e la qualità del foraggio, hanno però permesso di confutare l'ipotesi nulla secondo la quale le marmotte si alimentano indifferentemente nelle diverse tipologie di vegetazione, e capire che ci sono invece delle differenze. Si è visto infatti che per ogni nucleo ci sono aree che le marmotte tendono ad evitare e aree invece che preferiscono. Complessivamente si può affermare che questi animali tendano a selezionare maggiormente le aree caratterizzate da cenosi vegetali come i prati pingui e il poeto. I pascoli pingui sono presenti in zone prevalentemente pianeggianti e sono caratterizzati da una ricca vegetazione costituita da specie molto appetibili dal bestiame. Questo tipo di vegetazione è formato per lo più da graminoidi ma anche da alcune leguminose e molte composite. Il poeto è un tipo di prateria pingue con una particolare predominanza di *Poa alpina*. I seslerieti sono invece pascoli magri, spesso aridi e tipici degli ambienti subalpini e dei versanti, con formazioni a cespi di erbe coriacee. I generi prevalenti in queste associazioni sono *Sesleria* e *Carex*. Le caratteristiche di queste cenosi portano le marmotte a preferire quindi vegetazioni come il poeto o il pascolo pingue, caratterizzati da un'elevata ricchezza in termini di biodiversità, rispetto a prati tendenzialmente aridi e cespitosi come i seslerieti. Infine, la vegetazione nitrofila è una cenosi vegetale che si forma nelle aree di sosta del bestiame, dove il terreno è ricco in azoto, e che viene in genere evitata dagli animali per l'alimentazione. Sono poche le specie che riescono a crescere in condizioni di elevate concentrazioni di azoto, tra queste troviamo ad esempio *Urtica dioica* e *Senecio alpinus* (forestfauna.provincia.tn.it). I risultati sulla vegetazione riguardo le

preferenze alimentari della marmotta sembrano dunque concordare con quanto confermato anche da altri autori (Garin et al., 2009).

È importante anche sottolineare che il quadro complessivo sulle preferenze alimentari non rispecchia la situazione tipica di ogni nucleo. Si è osservato, ad esempio, che alcuni nuclei tendono a selezionare favorevolmente un tipo di vegetazione che in altri nuclei, o nell'analisi complessiva, viene invece sfavorita. Si pensi al caso di F2, dove viene maggiormente preferito il seslerieto rispetto al poeto. Si può quindi dedurre che la scelta dell'area di foraggiamento non dipende soltanto dalla tipologia di vegetazione, può dipendere anche dalla disponibilità o da altri fattori come, ad esempio la pendenza.

Osservando il comportamento degli individui, si è visto che ci sono anche delle tendenze diverse di selezione delle aree di foraggiamento a seconda delle classi d'età: in genere i piccoli seguono il comportamento della madre ma ci sono alcuni nuclei, come B2, che riportano risultati interessanti. In questo caso, infatti, si nota come le aree tendenzialmente utilizzate dalla madre, vengono invece scartate dai piccoli per l'alimentazione. Inoltre, in genere si può osservare che gli individui adulti sono quelli che attuano una maggior selezione in termini di qualità delle aree di pascolo.

Infine, si è posta un'attenzione particolare nel cercare di comprendere quanto il livello nutrizionale potenziale del pascolo potesse influenzare la scelta alimentare delle marmotte. Ci si aspetterebbe una selezione della vegetazione in base al contenuto in proteine, e per quanto questo sia stato parzialmente confermato, i risultati della regressione stepwise mostrano piuttosto una selezione del contenuto in emicellulose, quindi di fibra digeribile. Osservando però le singole preferenze dei nutrienti, effettivamente la proteina è presente in quantità maggiore nelle tipologie di vegetazione con RP più alto

Si è visto che i valori nutrizionali spiegano per il 40% circa la scelta di un'area piuttosto che di un'altra per il foraggiamento, ci sono però anche altri fattori che possono influenzare tale scelta e che qui non sono stati approfonditi.

A parità di vegetazione, ad esempio, la maggior pendenza di un'area potrebbe essere un fattore limitante (Caldonazzi et al., 2018). Anche il disturbo antropico potrebbe favorire o sfavorire la scelta di un'area, come nel caso di B3: la tana principale utilizzata dagli individui di questo nucleo durante la primavera (probabile tana invernale) si trova nelle vicinanze di un percorso per il trekking. Potrebbe quindi non essere un caso che le marmotte non utilizzino l'area circostante durante l'estate, periodo di maggior afflusso turistico. Altri fattori che possono risultare limitanti sono l'altezza e la palatabilità della vegetazione. Ad esempio, le aree occupate da vegetazione nitrofila tendono ad essere evitate dalle marmotte, non soltanto per il foraggiamento ma anche per le altre attività. Si tratta infatti di aree con piante piuttosto alte e a crescita lussureggiante, che impedirebbero alla marmotta di individuare facilmente la presenza di eventuali predatori (Ranghetti, 2009). Queste specie sono inoltre tendenzialmente poco appetibili per gli animali, frequentare tali aree sembrerebbe quindi svantaggioso da più punti di vista. Infine, un fattore che non è stato considerato e che probabilmente ha una forte influenza sulla scelta delle aree di foraggiamento è la distanza dalle tane: è probabile che le marmotte scelgano di foraggiare il più possibile vicino agli ingressi di tana per una questione di comodità e di sicurezza.

Per concludere, possiamo affermare che i risultati ottenuti finora ci permettono di comprendere meglio quali sono le preferenze alimentari della marmotta alpina e in che modo questa specie si muove all'interno di un territorio. Le analisi svolte finora rappresentano un'analisi preliminare di queste preferenze, che sarà importante approfondire.

Non è stato infatti possibile comprendere nello specifico quali parti vegetali o quali specie di piante la marmotta consuma, ma solo i nutrienti potenzialmente disponibili. Ad esempio, la selezione positiva delle zone con alta concentrazione di ADL

sembrerebbe anomala ma questo potrebbe essere spiegato dal fatto che la marmotta mangia solo alcune infiorescenze ed evita i gambi più lignificati, oppure potrebbe anche consumare piante giovani sotto quelle più ricche di ADL. Le analisi in corso sulla genetica daranno maggiori informazioni sulla selezione effettiva delle piante consumate. Non è detto infatti che la marmotta si nutra in maniera omogenea di tutte le specie presenti in un tipo di vegetazione, senza alcuna distinzione. Le analisi sulla qualità delle feci, in particolare sul rapporto tra proteina e sostanza organica (Palumbo et al., 2021), dovrebbero dare informazioni sulla disponibilità effettiva di proteina per gli animali.

9. BIBLIOGRAFIA

Allainé D., Graziani L., Coulon J. (1998). *Postweaning mass gain in juvenile alpine marmots Marmota marmota*. *Oecologia*, 113, 370–376.

Allainé D., Rodrigue I., Berre M., Ramousse R. (2011). *Habitat preferences of alpine marmots, Marmota marmota*. *Canadian Journal of Zoology*.

Armitage K.B. (2014). *Marmot Biology, Sociality, Individual Fitness, Population Dynamics*. Cambridge University Press. Cambridge (UK).

Barash D.P. (1989). *Marmots, Social Behavior and Ecology*. Standford University Press. Standford, California.

Barbieri F., Caldonazzi M., Volcan G., Torboli C., Zanghellini S., Marsilli A. (1997) - *Distribuzione della marmotta Marmota marmota (Linnaeus, 1758) nel Parco Adamello-Brenta*. Parco Naturale Adamello-Brenta, documento interno.

Bassano B., Peracino V., Peracino V., Montacchini F. (1996). *Diet composition and feeding habits in a family group of alpine marmot (Marmota marmota)*. In: Le Berre M., Ramousse R., Le Guelte L. *Biodiversity in Marmots*, pp. 135-140. International Marmot Network. Mosca-Lione.

Bon M., Paolucci P., Mezzavilla F., De Battisti R., Verneir E. (1995). *Atlas of the Mammals of the Veneto Region (Italy)*. *Lavori della Società Veneziana di Scienze Naturali* 21: 1-132.

Borgo A. (2003). *Habitat requirements of the Alpine marmot Marmota marmota in re-introduction areas of the Eastern Italian Alps*. Formulation and validation of habitat suitability models. *Acta Theriologica*, 48(4): 557-569.

Borgo A., Vettorazzo E. (2008). *Rapporti 5 - La reintroduzione della marmotta nel Parco Nazionale Dolomiti Bellunesi*. Parco Nazionale Dolomiti Bellunesi.

Bressan F. (1988). *Catalogue of the bony finds on the Palaeontologic- Anthropologic Section*. *Bollettino del Museo Friulano di Storia Naturale* 32.

Caldonazzi M., Zanghellini S., Bragalanti N. (2018). – *Marmotta*. In: Deflorian M.C., Caldonazzi M., Zanghellini S., Pedrini P. (a cura di), *Atlante dei Mammiferi della provincia di Trento*. *Monografie del Museo delle Scienze*, 6: 236-239.

Calenge C. (2006). *“The package adehabitat for the R software: tool for the analysis of space and habitat use by animals.”* *Ecological Modelling*, 197, 1035.

Cappato N., De Stefani M., Gurioli F., Tagliacozzo A. (2006). *Considerazioni paleontologiche, paleoecologiche e archeozoologiche sui macromammiferi dei livelli del Paleolitico superiore del Riparo del Broion (Colli Berici, Vicenza)*. 5° Convegno Nazionale di Archeozoologia.

Cassola, F. 2016. *Marmota marmota (Linnaeus, 1758)*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-2.RLTS.T12835A510082.en>

Cohas A., Yoccoz N.G., Da Silva A., Goossens B., Allainé D. (2006). *Extra-pair paternity in the monogamous alpine marmot (Marmota marmota): the roles of social setting and female mate choice*. Behav Ecol Sociobiol 59, 597–605.

Corson D.C., Waghorn G.C., Ulyatt M.J., Lee J. (1999). *NIRS: Forage analysis and livestock feeding*. Proceedings of the New Zealand Grassland Association 61.

Daget P., Poissonet J. (1971). *Une méthode d'analyse phytologique des prairies. Critères d'application*. Annales des Agron.

Dal Piaz G.B. (1929) - *I Mammiferi fossili e viventi delle Tre Venezie. Parte sistematica N. 6. Rodentia*. Studi Trentini di Scienze Naturali, 10/2: 103-158

Del Moral R. (1984). *The Impact of the Olympic Marmot on Subalpine Vegetation Structure*. American Journal of Botany 9: 1228-1236.

Ferrari C., Bogliani G., von Hardenberg A. (2010). *Alpine marmots (Marmota marmota) adjust vigilance behaviour according to environmental characteristics of their surroundings*. Ethology Ecology & Evolution 21:355–364.

Ferrari C., Pasquaretta C., von Hardenberg A., Bassano B. (2012). *Intraspecific killing and cannibalism in adult Alpine marmots Marmota marmota*. Ethology Ecology & Evolution, 24:4, 388-394.

Ferrari C., Pasquaretta C., Caprio E., Ranghetti L., Bogliani G., Rolando A., Bertolino S., Bassano B., von Hardenberg A. (2022). *Extrinsic and intrinsic factors affecting the activity budget of alpine marmots (Marmota marmota)*. Mammal Research, DOI: 10.1007/s13364-022-00623-9.

Ferrari C., Zanet S., Rolando A., Bertolino S., Bassano B., von Hardenberg A. (2022). *Marginal habitats provide unexpected survival benefits to the alpine marmot*. Population Ecology, 64(1), 64–77.

Ferrari C., Cerri J., Rolando A., Bassano B., von Hardenberg A., Bertolino S. (2023). *See you in spring: overwinter survival is higher than post summer in the Alpine marmot*. *Ethology Ecology & Evolution*, DOI: 10.1080/03949370.2022.2157891.

Forti A., Partel P. (2021). *Studio dei fattori che influenzano la demografia delle popolazioni di marmotta alpina (Marmota marmota) nel Parco Naturale Paneveggio Pale di San Martino*. Relazione della attività condotta nel triennio 2019-2021. Relazione interna. 42 pp

Forti A., Partel P., Orsingher M., Volcan G., Dorigatti E., Pedrotti L., Corlatti L. (2022). *A comparison of capture-mark-recapture and camera-based mark-resight to estimate abundance of Alpine marmot (Marmota marmota)*. *Journal of Vertebrate Biology*.

Galluzzi M. (2014). *Modelli predittivi di idoneità ambientale per la marmotta alpina (Marmota marmota L. 1758) nel Parco Naturale Adamello Brenta*. Tesi Magistrale in Scienze e Tecnologie dei Sistemi Forestali, Università degli Studi di Firenze. A.A. 2013/14.

Garin I., Aldezabal A., Herrero J., Garcia-Serrano A., Remon J.L. (2008). *Diet selection of the alpine Marmot (Marmota m. marmota L.) in the Pyrénées*. *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 63 (4), pp.383-390.

Ganskopp D.C., Bohnert D.W. (2009). *Landscape nutritional patterns and cattle distribution in rangeland pastures*. *Applied Animal Behaviour Science*, 116, 110–119.

Goossens B., Graziani L., Waits L., Farand E., Magnolon S., Coulon J., Bel M. C., Taberlet P., Allainé D. (1998). *Extra-pair paternity in the monogamous alpine marmot revealed by nuclear DNA microsatellite analysis*. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 4/5: 281-288.

Gurioli F., Peresiani M., Romandini, Sala B. (2006). *Studio archeozoologico dei resti faunistici del sito epigravettiano della Grotta del Clusanin (altopiano di Pradis, Prealpi Carniche)*. 5° Convegno Nazionale di Archeozoologia.

Lenti Boero D. (1989). *La comunicazione d'allarme nella Marmotta alpina (Marmota marmota): esempi di comunicazione referenziale*.

Marchesini G., Serva L., Garbin E., Mirisola M., Andrighetto I. (2018). *Near-infrared calibration transfer for undried whole maize plant between laboratory and on-site spectrometers*. *Italian Journal of Animal Science*, DOI:10.1080/1828051X.2017.1345660

Hortmann S., Heldmaier G. (2000). *Regulation of body temperature and energy requirements of hibernating Alpine marmots (Marmota marmota)*. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 278: R698–R704.

Palumbo F., Squartini A., Barcaccia G., Macolino S., Pornaro C., Pindo M., Sturaro E., Ramanzin M. (2021). *A multi-kingdom metabarcoding study on cattle grazing Alpine pastures discloses intra-seasonal shifts in plant selection and faecal microbiota*. *Scientific Reports*, 11(1), 889.

Pedrin P., Sergio F. (2001). *Density, productivity, diet, and human persecution of golden eagles (Aquila chrysaetos) in the central eastern Italian Alps*. J. Raptor Res. 35: 40–48.

Perrin C., Allainé D., Le Berre M. (1993). *Socio-spatial organization and activity distribution of the alpine marmot Marmota marmota: preliminary results*. Ethology 93: 21-30.

Pignatti, S., Guarino, R., & La Rosa, M. (2017). *Flora d'Italia, Ed. 2*. Edagricole, Milano.

R Core Team (2020). *R: a language and environment for statistical computing*. R foundation for statistical computing. Vienna, Austria.

R Studio Team (2020). *RStudio: integrated development for R*. Rstudio Inc., Boston, USA. <http://www.rstudio.com/>

Ramousse R., Martinot J. P., Le Berre M. (1992). *Twenty years of re-introduction policy of Alpine marmots from the National Park of La Vanoise (French Alps)*. First International Symposium on Alpine Marmot (*Marmota marmota*) and on genus *Marmota*, pp. 171-177.

Ranghetti L. (2009). *Eco-etologia della marmotta alpina (Marmota marmota): distribuzione spaziale e temporale delle attività*. Tesi triennale in Scienze e Tecnologie per la Natura, Università degli Studi di Pavia. A.A. 2008/09.

Rudatis A., De Battisti R. (2005). *Alimentazione di Marmota marmota in praterie altimontane delle Dolomiti Bellunesi*. Hystrix It. J. Mamm 16 (2) (2005): 135-142.

Scherini G.C., Tosi G. (2003). *La pernice bianca in Lombardia, biologia e gestione faunistico venatoria*. Regione Lombardia, Servizio Faunistico.

Semenov Y., Ramousse R., Le Berre M. (2022). *Alpine marmot (Marmota marmota) impact on floristic diversity of alpine meadows*. Conference Paper, DOI: 10.13140/2.1.2932.3044.

Serge M. A. (2019). *Preferenze di habitat della marmotta alpina (Marmota marmota) nel Parco Naturale Adamello Brenta*. Tesi triennale in Scienze Naturali, Università degli Studi di Milano. A.A. 2013/14.

Silverman B. (1986). *Density estimation for statistics and data analysis*. Chap [1] man and Hall, London.

Stephens P.A., Frey-Roos F., Arnold W., Sutherland W.J. (2002). *Model complexity and population predictions. The Alpine marmot as a case study*. J. Anim. Ecol. 71: 343–361.

Steppan S.J., Akhverdyan M.R., Lyapunova E.A., Fraser D.G., Vorontsov, Hoffmann R.S., Braun M.J. (1999). *Molecular Phylogeny of the Marmots (Rodentia: Sciuridae): Tests of Evolutionary and Biogeographic Hypotheses*. *Systematic Biology*, Volume 48, Issue 4, 1 October 1999, Pages 715–734.

Thorington R. W., Hoffmann R. S. (2005). *Family Sciuridae*. In Wilson D. E., Reeder D. M. 2005. *Mammal Species of the World. A Taxonomic and Geographic Reference* (3rd ed), pp. 754-818. Johns Hopkins University Press. Baltimore.

Tonon M. (1989). *Reperti fossili delle Grotte Verdi di Clauzetto (PN)*. Museo Civico di Storia Naturale di Pordenone

van Winkle W. (1975). *Comparison of several probabilistic home-range models*. *Journal of Wildlife Management*, 39, 118–123.

Vevey A., Oreiller P., Borney W. (1992). *A case of albinism in Marmota marmota on Valle D'Aosta*, p. 245. In: Bassano B. et al., Edits. *First international symposium on alpine marmot (Marmota marmota) and on genus Marmota*. Torino.

Wand M., Jones M. (1995). *Kernel smoothing*. Chapman and Hall/CRC.

Ziliotto U, Andrich O, Lasen C, Ramanzin M., 2004. *Tratti essenziali della tipologia veneta dei pascoli di monte e dintorni*. Regione del Veneto, Accademia Italiana di Scienze Forestali, Venezia.

Zimina R. P., Gerasimov I. P. (1973). *The Periglacial Expansion of Marmots (Marmota) in Middle Europe during Late Pleistocene*. *Journal of Mammalogy* 2: 327-340.

9.1. SITOGRAFIA

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

https://forestafauna.provincia.tn.it/content/download/13505/237719/file/pascoli_trentini.pdf

<http://www.iucn.it/scheda.php?id=1956302166>

<https://www.parcopan.org>

10. ALLEGATI

		ID SCHEDA ___/___	
		PROGETTO MARMOTTA	
SCHEDA DI CATTURA			
		<input type="checkbox"/> CATTURA	<input type="checkbox"/> RICATTURA
DATA	OPERATORI		
SISTEMA DI TANA/TRAPPOLA		COORDINATE GPS	
AREA	ESCA		
METEO <input type="checkbox"/> SERENO <input type="checkbox"/> PARZ. NUVOLOSO <input type="checkbox"/> NUVOLOSO <input type="checkbox"/> PIOGGIA FORTE <input type="checkbox"/> PIOGGIA DEBOLE <input type="checkbox"/> VENTO			
PROSPETTI MARCATURA		NOME	
ID MICROCHIP			
TARGHE AURICOLARI	DX (colore & ID)	SX (colore & ID)	
ORARI			
SCATTO TRAPPOLA	INIZIO MANIPOLAZIONE		RILASCIO
DATI DELL'INDIVIDUO			
CLASSE DI ETA'		<input type="checkbox"/> PICCOLO (1 anno)	<input type="checkbox"/> SUBADULTO (2-3 anni)
		<input type="checkbox"/> ADULTO (>3 anni)	
SESSO <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> INDETERMINATO		ORGANO GENITALE RICONOSCIBILE <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	
		DISTANZA ANO-URETRA (mm)	
LUNGHEZZA CORPO (cm)		LUNGHEZZA CODA (cm)	
LUNGHEZZA PIEDE DX POST (mm)		PESO (g)	
TEMPERATURA (°C)		FR. CUORE	FR. RESP
CAMPIONI PRELEVATI		<input type="checkbox"/> SALIVA	<input type="checkbox"/> TAMPONE RETTALE
<input type="checkbox"/> BIOPSIA	<input type="checkbox"/> PELO	<input type="checkbox"/> FOTO ID:	<input type="checkbox"/> BIBULA <input type="checkbox"/> SANGUE
	<input type="checkbox"/> FECI		<input type="checkbox"/> STRISCIO <input type="checkbox"/> ALTRO
NOTE			
DOCILITY * <input type="checkbox"/> 0 (agitata) <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 (docile)			
* (0: elevato tono muscolare, movimenti rapidi, attività respiratoria intensa durante manipolazione - 4: molto docile, assenza movimenti, attività respiratoria tranquilla)			

Allegato 1. Scheda di campo relativa all'attività di cattura

NOME	MICROCHIP	MARCA SX	MARCA DX	NUCLEO	CLASSE D'ETÀ	GENERE	CATTURE 2022
Weizen	380260140160494	bianco	azzurro	B1	adulto	M	X
Maiolica	380260140160467	giallo	persa	B1	adulto	F	
Primo	380260140160499	azzurro	azzurro	B2	adulto	M	X
Rosa	380260140160469	rosa	rosa	B2	adulto	F	
Checco	380260004568269	arancione	arancione	B2	giovane	M	X
Valentina	380260004568264	arancione	verde	B2	giovane	F	X
Moana	380260044756068	arancione verde	arancione verde	B2	giovane	F	X
Pigi	380260044751719	azzurro giallo	azzurro verde	B2	giovane	M	X
Staion	380260140160495	verde	azzurro	B3	adulto	M	X
Consuelo	380260140160497	azzurro	persa	B3	adulto	F	X
Difasio	380260140160492	verde	verde	B7	adulto	M	X
Olivia	380260140251174	azzurro	giallo	B7	subadulto	F	X
Silvia	945000005120804	azzurro	persa	B7	subadulto	F	
Ben	945000005120809	azzurro	bianco	B7	subadulto	M	X
Zorba	380260044751500	azzurro	rosa	B7	subadulto	F	
Franco	945000005120802	rosso	azzurro	B7	subadulto	M	
Pino	380260140160496	arancione	persa	F1	adulto	F	
Laura	380260004568267	arancione	giallo	F1	giovane	F	X
Mafalda	380260004568265	giallo	arancione	F1	giovane	F	X
Caterina	380260044753087	arancione	azzurro	F1	giovane	M	X
Ugo	380260044755984	giallo	giallo	F1	giovane	M	x
Arenaria	380260004568266	rosso	azzurro	F2	adulto	F	X
Tripel	380260140160470	bianco	verde	F2	adulto	M	
Giacomino	380260140160518	persa	arancione	F1	adulto	M	X
Papillon	380260140160515	verde	azzurro	B3	adulto	M	X

Allegato 2. Tabella con i dati relativi agli individui catturati e osservati durante il periodo di studio.

Data: _____ Operatori: _____ ID scheda: _____ Nucleo: _____ Ora inizio: _____ Ora fine: _____

Point (punto in carta, prog.)	ID marmotta	Cella	Orario (Numerica)	Comportamento (vedere allegato)	Point (punto in carta, prog.)	ID marmotta	Cella	Orario (Numerica)	Comportamento (vedere allegato)
1					1				
2					2				
3					3				
4					4				
5					5				
6					6				
7					7				
8					8				
9					9				
0					0				
1					1				
2					2				
3					3				
4					4				
5					5				
6					6				
7					7				
8					8				
9					9				
0					0				

Note: _____

Allegato 3. Scheda di campo relativa all'attività di osservazione dell'home-range

11. RINGRAZIAMENTI

Essendo giunta al termine del mio percorso universitario, ci tengo a ringraziare le persone che mi hanno permesso di arrivare fin qui.

Innanzitutto, ringrazio tutto il personale del Parco Naturale Paneveggio Pale di San Martino per avermi dato l'opportunità di svolgere il tirocinio in un ambiente tanto bello quanto stimolante, e di partecipare a questo studio. Sarà un'esperienza che porterò sempre con me.

Un grazie va in particolare a Piergiovanni Partel, Alessandro Forti e al professor Giorgio Marchesini, per avermi accompagnata, aiutata e sostenuta in questo percorso.

Ringrazio inoltre il mio relatore, Andrea Augusto Pilastro, per i preziosi consigli.

Un ringraziamento particolare va anche alla professoressa Cristina Pornaro e alla Dr.ssa Elena Basso per le analisi sulla vegetazione e per essere state sempre disponibili.

Ringrazio tutte le persone che, anche se solo di passaggio per una sera, mi hanno tenuto compagnia durante la mia permanenza a Villa Welsperg, condividendo aneddoti e informazioni interessanti.

Un grazie va rivolto anche agli amici, ai coinquilini e ai compagni di corso con cui ho affrontato avventure e disavventure.

Infine, un grazie speciale va a coloro che mi hanno permesso di raggiungere i miei obiettivi e senza i quali non sarei arrivata fino a qui. Per questo ringrazio Pietro, per essermi sempre stato accanto, per supportarmi e anche sopportarmi (so che non è sempre semplice). Ringrazio la mia famiglia, in particolar modo i miei genitori, per aver sempre creduto in me e per avermi accompagnata in ogni mia decisione, sostenendomi nella scelta di perseguire ciò che più mi appassiona. Vi sarò sempre grata per questo.

