



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

FACOLTÀ DI SCIENZE E TECNOLOGIE

*Corso di Laurea Magistrale in Biogeoscienze
Analisi, monitoraggio e gestione degli ecosistemi*

Monitoraggio delle comunità di piccoli mammiferi in ambienti d'alta quota del Parco Naturale Adamello Brenta

Relatore

Prof. Diego Rubolini

Correlatori

Dott.ssa Roberta Chirichella

Dott. Marco Armanini

Dott. Andrea Mustoni

Elaborato finale di

Elisa Ricci

Matricola 939724

A.A. 2019/2020

*C'è un piacere nei boschi senza sentieri,
C'è un'estasi sulla spiaggia desolata,
C'è vita, laddove nessuno s'intromette,
Accanto al mar profondo, e alla musica del suo sciabordare:
Non è ch'io ami di meno l'uomo, ma la Natura di più.*

(George Gordon Byron)

1. INTRODUZIONE	1
1.1 I cambiamenti climatici in ambiente alpino	1
1.2 Progetto BioMiti	2
1.3 Piccoli mammiferi	3
2. OBIETTIVI DELLO STUDIO	6
3. MATERIALI E METODI	7
3.1 Area di studio	7
3.1.1 Il Parco Naturale Adamello Brenta	7
3.1.2 Area BioMiti	9
3.1.3 Inquadramento vegetazionale	10
3.1.4 Inquadramento faunistico	14
3.1.5 Inquadramento climatico	18
3.2 Pianificazione del monitoraggio	19
3.2.1 Allestimento delle aree campione	19
3.2.2 Tempistiche e criteri di realizzazione	21
3.2.3 Specie target	23
3.3 Rilevamento dei dati faunistici	30
3.3.1 Cattura-Marcatura-Ricattura (CMR)	30
3.3.2 Protocollo di monitoraggio	31
3.3.3 Fototrappolaggio	35
3.4 Rilevamento dei parametri climatici	35
3.4.1 <i>Data Logger</i>	35
3.5 Archiviazione dei dati	36
4. ANALISI DEI DATI	37
5. RISULTATI E DISCUSSIONE	39
5.1 Comunità e gradiente altitudinale	39
5.2 Parametri microclimatici	46
5.3 Fototrappolaggio	52

5.3.1 Indicazioni operative	52
5.3.2 Confronto con Cattura-Marcatura-Ricattura	53
6. CONCLUSIONI	57
7. RIASSUNTO	60
8. RINGRAZIAMENTI	62
9. BIBLIOGRAFIA	63
10. ALLEGATI	75

1. INTRODUZIONE

1.1 I cambiamenti climatici in ambiente alpino

Negli ultimi cento anni, il clima globale e regionale ha subito mutamenti drammatici. Il cambiamento climatico si manifesta con l'aumento delle temperature, variazioni nel regime delle precipitazioni e una maggior frequenza degli eventi meteorologici estremi, con esiti spesso devastanti che si ripercuotono sul piano economico, sociale ed ecologico.

Si tratta di fenomeni in grado di alterare gli equilibri e le relazioni all'interno degli ecosistemi, con effetti diretti sulle specie animali e vegetali dal punto di vista della distribuzione, demografia, fenologia, fisiologia e comportamento, provocando un impatto fortemente negativo in termini di biodiversità (Bellard *et al.*, 2012).

L'innalzamento delle temperature è evidente soprattutto ad altitudini elevate (Pepin *et al.*, 2015), dove le specie artiche e alpine, adattate a climi freddi, risultano particolarmente vulnerabili al riscaldamento globale (Jackson *et al.*, 2015). Considerando che più del 50% degli *hotspot* di biodiversità sono localizzati in zone montuose, le quali coprono il 25% della superficie terrestre supportando $\frac{1}{4}$ della biodiversità (Körner & Ohsawa, 2005), appare evidente l'importanza di approfondire le dinamiche in atto proprio a partire da queste aree.

Dal 2000 al 2018 il 78% delle aree montuose globali hanno registrato una diminuzione fino al 13% della copertura nevosa, una riduzione di oltre 40 giorni della durata della neve al suolo, ritardi nelle nevicate autunnali e anticipi nello scioglimento a primavera, con effetti diretti sulla flora e la fauna presenti negli ecosistemi alpini (Notarnicola, 2020). Inoltre, le specie legate alle praterie d'alta quota e alla fascia nivale sono soggette a forti contrazioni degli areali a causa della trasgressione altitudinale dei biomi. Da un'indagine del 2009 dell'Agenzia Europea dell'Ambiente emerge che gli ecosistemi migrano alla velocità di 6,1 m in altitudine per decade: una variazione che potrebbe accelerare in futuro.

Negli ecosistemi alpini gli organismi animali e vegetali adottano diverse strategie per rispondere al mutare del clima, rivelandosi ottimi bioindicatori.

La migrazione permette di modificare l'areale di distribuzione spostandosi nello spazio dove le condizioni ambientali sono ancora adeguate o lo divengono. Per esempio le specie alpine che vivono in contesti limitati dalla temperatura, migreranno verso ambienti più freddi posti a latitudine e altitudine più elevate (Parmesan & Yohe, 2003). Le specie stenoece con limitata tolleranza alle variazioni ambientali e scarse capacità di dispersione, potendo avanzare solo verso le cime, si troveranno a frequentare aree sempre più ridotte a causa della forma conica intrinseca delle montagne (Elsen & Tingley, 2015), andando incontro a fenomeni competitivi e

di ibridazione sempre più accentuati (Bisi *et al.*, 2015; Corlatti *et al.*, 2019). L'aumento delle temperature non solo porterà alla perdita di habitat, ma allo stesso tempo ne aumenterà la frammentazione (Fahrig, 2003). Ciò comporta un ridotto flusso genico tra le popolazioni, una maggior consanguineità di quelle isolate (Van Strien *et al.*, 2014) e nel peggiore dei casi l'estinzione (Calkins *et al.*, 2012; Moritz *et al.*, 2008; Thomas *et al.*, 2004).

Altra possibilità è quella di sfruttare zone di rifugio a livello locale, dove l'eterogeneità e la tutela ambientale giocano un ruolo fondamentale. Si tratta di microambienti che conservano caratteristiche fisiche favorevoli alla sopravvivenza delle specie: zone di aria fredda, *rock glacier*, canali valanghivi, grotte e piccole nicchie che a loro volta dipendono dalla litologia e geomorfologia del territorio.

Una risposta alternativa o complementare è l'adattamento fenotipico, ovvero l'evoluzione di caratteri fisici e comportamentali che aumentano la *fitness* dell'animale, rivelandosi una fonte di variabilità rapida in risposta alle variazioni ambientali. Tuttavia tali adattamenti spesso vanno in direzioni sbagliate e generalmente non sono in grado di far fronte al rapido ritmo dei cambiamenti climatici (Radchuk *et al.*, 2019).

Gli organismi patogeni al contrario, vedono nell'innalzamento delle temperature medie un aumento del tasso di sopravvivenza. Inoltre gli ospiti vettori, grazie alla ridotta mortalità invernale, all'allungamento del ciclo stagionale e ad un'espansione delle aree con condizioni ambientali idonee, colonizzano nuovi territori trasmettendo zoonosi talvolta letali per gli ospiti (Deutz *et al.*, 2011).

Sulle montagne il tasso di surriscaldamento è il doppio rispetto alla media globale (Auer *et al.*, 2007) e si intensifica con l'aumento della quota (Pepin *et al.*, 2015; Qixiang *et al.*, 2018).

Di conseguenza gli ecosistemi alpini mostrano una risposta rapida e intensa in relazione al cambiamento climatico. Secondo la "legge del minimo" (Sprengel, 1828), la crescita di un individuo (o di una popolazione) in un ecosistema dipende principalmente dalle variazioni dei fattori ecologici limitanti: in presenza di basse temperature, sarà il loro innalzamento a determinare effetti visibili. Per questo motivo è importante concentrare gli studi in tali ambienti e sviluppare strategie di conservazione efficaci.

1.2 Progetto BioMiti

Il progetto BioMiti, promosso nel 2018 dal Parco Naturale Adamello Brenta, ha lo scopo di monitorare la biodiversità e le dinamiche in atto negli ecosistemi alpini in relazione ai cambiamenti climatici, comprendere gli effetti del riscaldamento globale e delle modificazioni ambientali, applicare strategie di conservazione volte a mitigarne gli effetti.

Il progetto vanta un approccio multidisciplinare e integrato grazie alla collaborazione con il Dipartimento di Medicina Veterinaria dell'Università degli Studi di Sassari, la Sezione di Zoologia degli Invertebrati e Idrobiologia del MUSE e il coinvolgimento di professionisti e ricercatori specializzati nel monitoraggio delle diverse componenti degli ecosistemi di altri istituti universitari. Lo studio degli effetti del cambiamento climatico viene realizzato considerando le molteplici connessioni che compongono le relazioni ecosistemiche, dove ogni componente biotica e abiotica è indispensabile per la crescita e la sopravvivenza delle specie.



Figura 1: logo del Progetto BioMiti promosso dal Parco Naturale Adamello Brenta.

BioMiti (Fig. 1) è un progetto a lungo termine che prevede un primo ciclo di studi condotti sulle Dolomiti di Brenta, riconosciute nel 2009 come Patrimonio Naturale dell'Umanità dall'UNESCO. Questa prima fase, svolta nell'arco di tre anni, ha lo scopo di approfondire le conoscenze sulle caratteristiche ambientali delle zone di media-alta quota in ambito faunistico, floristico, geomorfologico e microclimatico.

La caratterizzazione iniziale dell'ecosistema e la futura raccolta di serie storiche di dati permetteranno un'analisi delle dinamiche evolutive nel lungo periodo e un confronto con situazioni omologhe in ambiente alpino. Grazie a monitoraggi standardizzati è possibile evidenziare variazioni nella demografia, abbondanza e distribuzione spaziale delle popolazioni, preferenze nella selezione dell'habitat, disponibilità trofica, alterazioni nelle interazioni interspecifiche ed eventuali adattamenti specie-habitat (Armanini & Chirichella, 2018). L'analisi di questi parametri, applicata con un approccio a livello di ecosistema, consente di individuare gli habitat e le specie più vulnerabili ai cambiamenti ambientali, indicando le aree di rifugio da sottoporre a rigorosa tutela e le priorità di conservazione (Crossman *et al.*, 2012). Al contempo il progetto coinvolge e sensibilizza residenti e visitatori, proponendosi come strumento di educazione ambientale e divulgazione scientifica indispensabile per connettere il mondo della ricerca con la consapevolezza delle persone.

1.3 Piccoli mammiferi

Gli ordini Insectivora e Rodentia, appartenenti alla classe Mammalia, sono costituiti perlopiù da specie di piccola taglia che non superano il chilo di peso, conosciute con il termine di "piccoli mammiferi" (Locatelli & Paolucci, 1998). Grazie a rapidi fenomeni di radiazione adattativa, questo gruppo di animali ha colonizzato la maggior parte degli ambienti terrestri, occupando specifiche nicchie ecologiche. In questi habitat svolgono il ruolo di specie chiave nella

regolazione dei processi che sostengono gli ecosistemi naturali, promuovendo il mantenimento della biodiversità.

Tasselli essenziali delle reti trofiche, i piccoli mammiferi sono un'importante risorsa alimentare per numerosi carnivori. In particolare, le dinamiche di popolazione dei predatori specialisti, dipendono strettamente dalla densità di popolazione delle prede (Locatelli & Paolucci, 1998). I roditori, in quanto consumatori primari, si alimentano quasi esclusivamente di specie vegetali. Alcune specie immagazzinano semi e frutta nel terreno costituendo delle dispense alimentari disperse sul territorio, funzionali al sostentamento invernale. Questo comportamento, detto *caching behaviour*, gioca un ruolo importante nei processi di rinnovamento del bosco e favorisce l'espansione di determinate specie seguendo i cambiamenti del clima (Mortelliti *et al.*, 2019). In altri casi è la brucatura selettiva a favorire alcune specie erbacee piuttosto di altre, intervenendo sulla composizione floristica di una zona (Locatelli & Paolucci, 1998; Moorhead *et al.*, 2017). Il ruolo ecologico degli insettivori è invece quello di consumatori secondari di invertebrati terrestri e acquatici, condizionandone la struttura delle comunità.

Grazie all'attività di scavo, molti piccoli mammiferi favoriscono la circolazione verticale delle sostanze nel suolo, ne facilitano l'ossigenazione, la mineralizzazione della sostanza organica e modificano la struttura dei profili con conseguente aumento della capacità di ritenzione idrica (Golley *et al.*, 1975; Huntly & Reichman, 1994). Ruolo fondamentale è anche quello di stimolare il ciclo dei nutrienti e la produttività delle piante attraverso le sostanze azotate derivate dalla decomposizione delle loro deiezioni (Bakker *et al.*, 2004; Clark *et al.*, 2005), con impatti sulle proprietà dell'ecosistema a distanza di soli due o tre anni (Moorhead *et al.*, 2017).

Le caratteristiche biologiche ed ecologiche che caratterizzano i piccoli mammiferi permettono di applicare tecniche di monitoraggio efficaci e consentono loro di rispondere in breve tempo ai cambiamenti dell'ecosistema:

- ciclo di vita breve: generalmente non supera i due anni;
- elevata prolificità: precoce maturità sessuale, breve gestazione, cucciolate numerose;
- diversi livelli di selettività dell'habitat. Le specie con alta plasticità ecologica colonizzano rapidamente nuovi ambienti, mentre quelle più selettive dovranno sviluppare adattamenti per far fronte al calo delle popolazioni;
- densità di popolazione tendenzialmente abbondante e buona rilevabilità.

Gli effetti del riscaldamento globale sono da tempo riscontrati sulle comunità di piccoli mammiferi in diversi ecosistemi, con modifiche della distribuzione altitudinale e fenologia delle specie (Moritz *et al.*, 2008). Nei confronti di ciascun fattore ecologico ogni organismo ha

un *range* ottimale entro il quale le funzioni vitali sono espletate in modo da garantirne la sopravvivenza. Le specie stenoece, più esigenti, hanno un intervallo di tolleranza ristretto e sono quelle che offrono il contributo più utile in termini di bioindicazione.

Negli ultimi decenni alcuni studi hanno dimostrato che l'aumento delle temperature e dell'aridità, unitamente alla diminuzione delle precipitazioni, influiscono sulle comunità di piccoli mammiferi, incidendo sulle specie più sensibili (Hernández, 2001). Tali variazioni influiscono sulle comunità microterologiche favorendo la componente termofila e influenzando negativamente su quella mesofila (Szpunar *et al.*, 2008; Mazzotti & Tiozzo, 2013).

Inoltre, a causa del riscaldamento in atto e della conseguente riduzione della durata della neve al suolo, i piccoli mammiferi sono maggiormente esposti ai grandi predatori, alle basse temperature e alla malnutrizione (Stenseth *et al.*, 2003). L'indurimento dello strato di ghiaccio provocato dai cicli di gelo e disgelo sempre più frequenti, provoca inoltre una riduzione dello spazio utilizzabile dai roditori durante lo svernamento, causando una diminuzione dei tassi di sopravvivenza (Callaghan *et al.*, 2012).

Indagini condotte in Europa sulle popolazioni di arvicole, dimostrano infine come i cicli demografici, influenzati da componenti climatiche, seguano *trend* comuni caratterizzati da una possibile scomparsa delle ciclicità stagionali, inducendo effetti a cascata sulle reti trofiche degli ecosistemi (Cornulier *et al.*, 2013).

Le crescenti ricerche condotte in tutto il mondo utilizzando i piccoli mammiferi come specie indicatrici della salute e alterazione degli ecosistemi, ne confermano la rilevanza per ottenere dati confrontabili nel breve periodo, requisito essenziale per attuare strategie di mitigazione dei cambiamenti climatici e conservazione della biodiversità.

2. OBIETTIVI DELLO STUDIO

Il lavoro di tesi si inserisce nell'ambito del progetto "BioMiti" promosso nel 2018 dal Parco Naturale Adamello Brenta (PNAB). Le ricerche previste dal progetto hanno lo scopo di monitorare la biodiversità e le dinamiche in atto negli ecosistemi alpini in relazione ai cambiamenti climatici, comprendere gli effetti del riscaldamento globale e delle modificazioni ambientali, al fine di applicare strategie di conservazione volte a mitigarne gli effetti.

Grazie a un approccio multidisciplinare e integrato, vengono analizzate le molteplici connessioni che compongono le relazioni ecosistemiche, considerando le diverse componenti abiotiche e biotiche.

Oggetto del presente studio sono i piccoli mammiferi: specie chiave degli ambienti naturali, rispondono in breve tempo alle alterazioni dell'ecosistema grazie alle caratteristiche biologiche ed ecologiche che li caratterizzano, rendendoli ottimi bioindicatori del cambiamento climatico. Nonostante la rilevanza ecologica di questi animali, gli studi sull'ecologia dei piccoli mammiferi in ambiente alpino, particolarmente sensibile al surriscaldamento globale, risultano limitati.

Lo scopo principale della tesi è caratterizzare le comunità di piccoli mammiferi lungo un gradiente altitudinale compreso tra 1900 e 2900 m s.l.m. sulle Dolomiti di Brenta, nelle Alpi Centrali. L'indagine esamina la distribuzione spaziale delle specie, delinea le preferenze ecologiche e i ritmi di attività, individua la composizione e la biodiversità delle comunità d'alta quota, presentando un quadro di riferimento utile a evidenziare cambiamenti futuri e attuare comparazioni con contesti omologhi.

In secondo luogo, l'analisi dei parametri microclimatici permette di stabilire i *range* di temperatura ottimali per le specie e i possibili impatti sulle aree di rifugio utilizzate dai piccoli mammiferi per far fronte all'innalzamento delle temperature negli ecosistemi montuosi.

Infine, vengono confrontati i due metodi di monitoraggio utilizzati: la cattura diretta degli animali attraverso il protocollo di Cattura-Marcatura-Ricattura e il fototrappolaggio, suggerendo indicazioni operative da applicare durante i prossimi anni per le ricerche a lungo termine previste dal progetto BioMiti.

3. MATERIALI E METODI

3.1 Area di studio

3.1.1 Il Parco Naturale Adamello Brenta

Il Parco Naturale Adamello Brenta (Fig. 2), istituito nel 1967, con i suoi 62.052 ha è la più vasta area protetta del Trentino. Negli anni successivi, dopo un iniziale momento di diffidenza da parte della popolazione locale, una maggior consapevolezza di fronte ai problemi dell'inquinamento e del degrado ambientale favorì lo sviluppo di una sensibilità alla protezione della natura e dei suoi fragili ecosistemi, intesi come un insieme di complessi equilibri tra flora, fauna, acqua, aria, suolo e uomo.

Nel 1988 la Provincia autonoma di Trento emanò la nuova legge sull'Ordinamento dei Parchi naturali del Trentino. Venne così costituito l'Ente Parco Adamello-Brenta, nel cui Comitato di gestione sono riuniti i rappresentanti dei 35 Comuni che ricadono anche parzialmente nell'area protetta e le rappresentanze del mondo ambientalista, venatorio, alpinistico. Oltre alla conservazione delle bellezze naturali, si persegue la promozione, la ricerca scientifica e l'uso sociale dei beni ambientali in un'ottica di convivenza fra l'ecosistema naturale e l'uomo con le sue attività. La disciplina territoriale ed urbanistica del Parco, la tutela e la valorizzazione delle sue peculiarità naturalistico-ambientali sono affidate allo strumento del Piano del Parco, cui si affianca uno specifico Piano Faunistico. L'ente Parco effettua interventi di conservazione del territorio, delle sue infrastrutture, del patrimonio archeologico e storico, controlla i flussi di visitatori, organizza attività di educazione e recupero ambientale, promuove la ricerca scientifica e progetti per la conservazione e la valorizzazione della flora e della fauna.

Il Parco Naturale Adamello Brenta (Fig. 3), ubicato nel Trentino occidentale tra la Valle di Sole, Valle di Non e le Valli Giudicarie, è caratterizzato da una grande varietà di paesaggi ed ambienti naturali. Si estende su due grandi aree morfologicamente distinte: il gruppo calcareo delle Dolomiti di Brenta ad oriente ed il massiccio tonalitico dell'Adamello-Presanella verso occidente.

Le due catene montuose sono separate dal solco vallivo di origine glaciale della Val Rendena, percorsa dal fiume Sarca, principale affluente del lago di Garda. Tale solco non è compreso



*Figura 2: logo del Parco Naturale Adamello Brenta.
(Foto da archivio PNAB)*

nell'area protetta, con l'eccezione di una piccola porzione di territorio all'altezza del Passo Campo Carlo Magno che garantisce un collegamento ecologico tra i due gruppi montuosi.

Il Gruppo Adamello-Presanella è costituito principalmente da graniti e rocce vulcaniche intrusive, prodotto della cristallizzazione di magmi all'interno della crosta terrestre, come la tonalite o granito dell'Adamello. Caratteristica di

questa roccia è l'impermeabilità: il paesaggio è infatti dominato da numerosi laghetti alpini, fluenti corsi d'acqua e cascate. Dal punto di vista idrografico, dalla sommità dell'Adamello si dirama l'apparato glaciale più esteso, quello del Mandrone, il quale sta arretrando ad una velocità compresa tra i 5 e i 20 metri all'anno. Si prevede, sulle basi di simulazioni attualizzate al 2050 e al 2090, una perdita di massa di ghiacci "non compatibile con la sopravvivenza del ghiacciaio nel lungo periodo" (Goi G., 2015).

Qui troviamo imponenti cime, tra cui il monte Adamello (3539 m s.l.m.), il Carè Alto (3463 m s.l.m.) e la Cima Presanella (3558 m s.l.m.), che fanno da cornice alla Val Genova.

Il Gruppo di Brenta (Fig. 4) si presenta profondamente differenziato: è composto infatti da dolomie e calcari, rocce originarie in seguito alla sedimentazione di alghe e coralli sui fondali di antichi mari, portate in superficie tramite l'orogenesi.



Figura 4: Dolomiti di Brenta. (Foto di Nicolò Santoni)



Figura 3: localizzazione del Parco Naturale Adamello Brenta. (Foto da archivio PNAB)

La vetta principale è la Cima Tosa (3173 m s.l.m.), seguita dalla Cima Brenta (3150 m s.l.m.) e dal Crozzon di Brenta (3118 m s.l.m.). A causa dell'elevata permeabilità delle rocce, il reticolo idrografico ha uno sviluppo prevalentemente

sotterraneo e riemerge intorno al massiccio con sorgenti, formando fenomeni carsici come, ad esempio, le cascate di Vallesinella.

Nel Gruppo delle Dolomiti di Brenta, sulla base dei dati rilevati nel 2011, si contano 20 piccoli ghiacciai che si estendono su una superficie totale di 0,86 km² e alimentano i laghi di Tovel, Valagola e Molveno. Queste masse glaciali sono state fortemente influenzate dagli effetti dei cambiamenti climatici, registrando una contrazione del 73% (Smiraglia & Diolaiuti, 2015). Oggi, dopo un decennio dagli ultimi rilevamenti ufficiali, alcuni dei ghiacciai sono scomparsi o si stanno esaurendo testimoniando il rapido cambiamento del clima (e.g. Ghiacciaio d'Agola, Vedretta di Tuckett).

3.1.2 Area BioMiti

Localizzato nella parte centro settentrionale delle Dolomiti di Brenta, l'altopiano carsico del Grostè costituisce l'area cardine del Progetto BioMiti. Si tratta di un ambiente calcareo, tipicamente dolomitico, che alterna ripide pareti ad ambienti di prateria alto-alpina, vallette nivali e ghiaioni detritici.

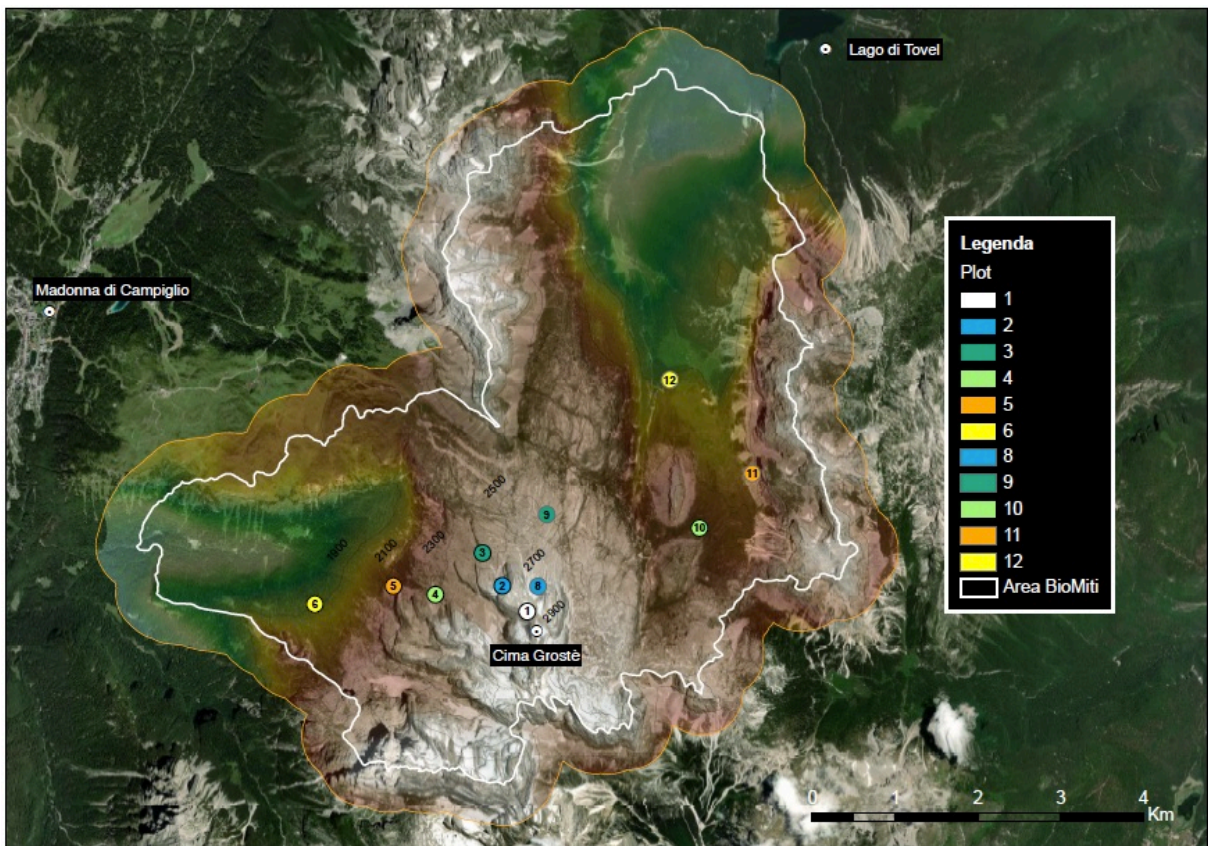


Figura 5: localizzazione dei plot nell'area di studio BioMiti.

I lavori di campo sono stati effettuati lungo un *range* altitudinale compreso tra 1900 m e 2901 m s.l.m. della Cima Grostè, gradiente particolarmente influenzato dai cambiamenti climatici in ambito alpino (Rehnus *et al.*, 2018).

Le aree campione circolari di raggio 100 m, chiamate *plot*, sono state allestite nel 2018 in Vallesinella, localizzata sul versante occidentale di Cima Grostè (Fig. 5: *plot* 1-6) e nel 2019 in corrispondenza del versante nord-orientale, in Val di Tovel (Fig. 5: *plot* 8-12).

In particolare i monitoraggi dei piccoli mammiferi, oggetto del presente lavoro, sono stati effettuati nei *plot* numerati da 1 a 6 del settore Vallesinella.

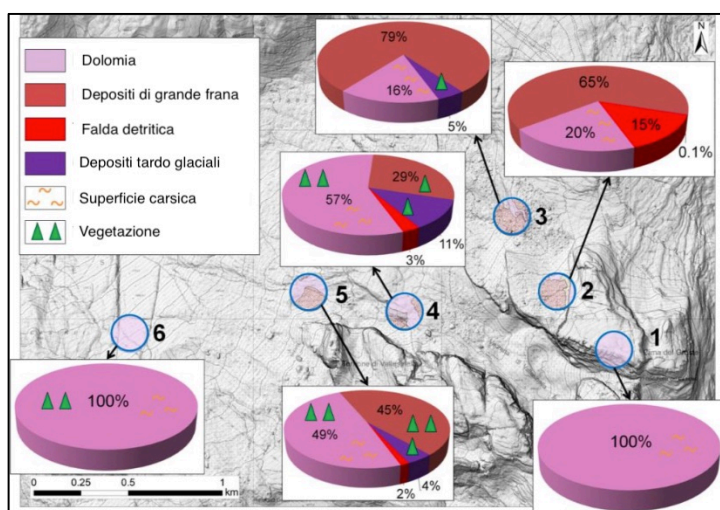


Figura 6: caratterizzazione geomorfologica relativa ai plot Vallesinella.

Dal punto di vista geomorfologico le superfici dei *plot* sono strutturate come illustrato nella *figura 6* (Zanoner *et al.*, 2019). Prevale in tutte le aree campione un substrato affiorante costituito da dolomia, caratterizzato da abbondanti processi carsici e ricoperto da vegetazione alle quote più basse.

I *plot* 2 e 3 sono occupati per la maggior parte da depositi di grande frana con buona presenza di falda detritica alle pendici di Cima Grostè. In corrispondenza delle quote intermedie dell'area di studio, una piccola percentuale delle superfici è coperta da depositi tardo glaciali (precedenti alla Piccola Età Glaciale) in parte colonizzati dalla vegetazione, la quale ricopre anche i depositi di grosse frane.

3.1.3 Inquadramento vegetazionale

Il territorio del Parco è compreso fra i 500 m s.l.m. circa di altitudine di Spormaggiore e i 3558 m s.l.m. della Cima Presanella. Tale intervallo altitudinale, unitamente alle differenti caratteristiche litologiche e geomorfologiche delle catene montuose dell'Adamello-Presanella e del Brenta, del clima, del regime idrico e dell'esposizione, ha favorito lo sviluppo naturale di endemismi ed una considerevole diversificazione del manto vegetale. A dimostrazione della notevole biodiversità del Parco, è stata confermata la presenza di 1401 taxa, concentrati per la maggior parte nel settore dolomitico (Festi & Prosser, 2008).

La ricchezza e la varietà della flora è arricchita da rari esemplari come *Gentiana brentae*, stenoendemismo delle Dolomiti di Brenta con una sola piccola stazione disgiunta nel vicino gruppo dell'Adamello (Prosser e Bertolli, 2009), e la piccola orchidea *Nigritella buschmanniae*.

Nell'ambito del Progetto BioMiti l'assetto vegetazionale dei *plot* nel settore Vallesinella è descritto in base alla classificazione degli Habitat Natura 2000 (Fig. 7).

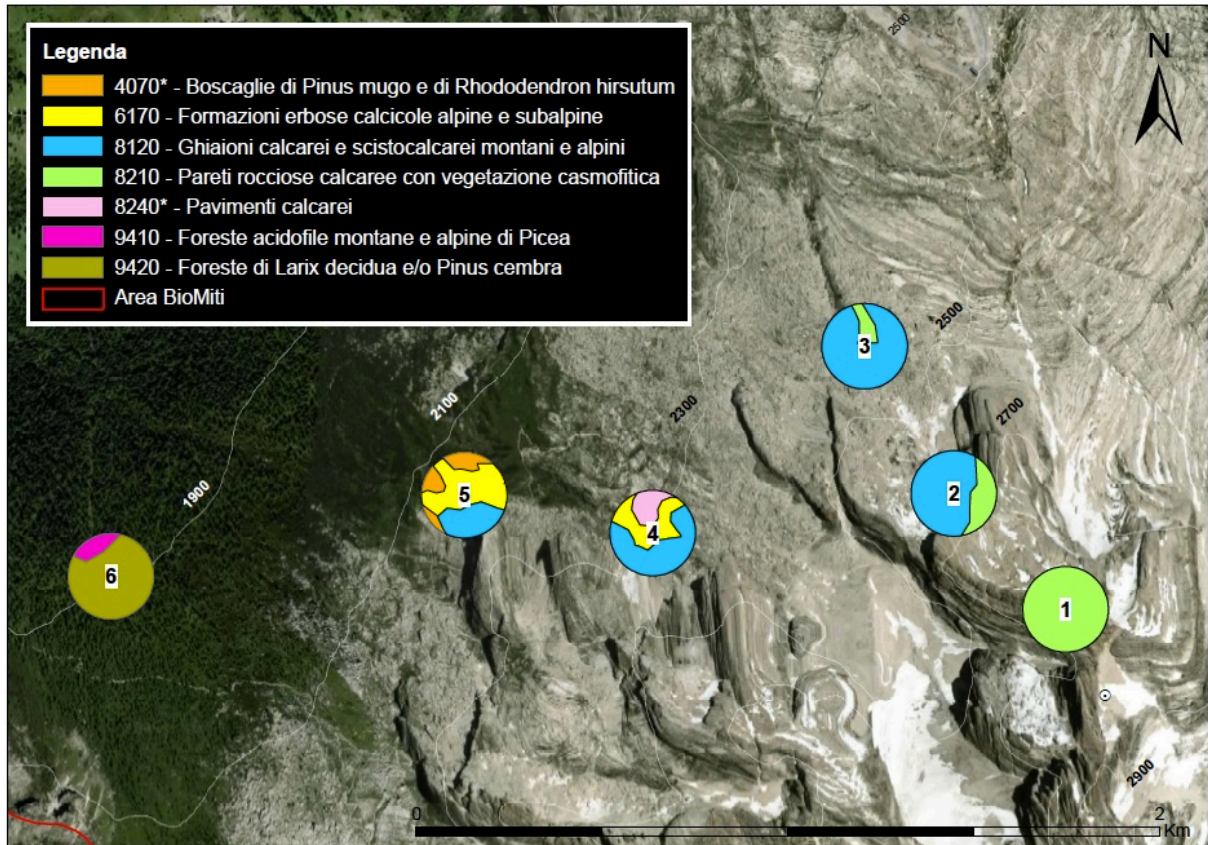


Figura 7: habitat Natura 2000 presenti nei plot di Vallesinella.

In particolare, i rilievi fitosociologici effettuati nelle aree campione utilizzando il metodo del grado di abbondanza delle specie secondo Braun-Blanquet, evidenziano una Ricchezza Specifica (RS) decrescente all'aumentare della quota (Armani, 2019) (Fig. 8 e 9).

Le quote più basse dell'area di studio ricadono nel piano subalpino, caratterizzato da boschi di *Picea excelsa* accompagnati da altre specie arboree come *Larix decidua*. La formazione rada dei boschi d'alta quota consente un'irradiazione luminosa tale da permettere lo sviluppo di un fitto sottobosco dominato da rododendro-vaccinieti.

In particolare il *plot* 6 (Fig. 8), posto al limite inferiore dell'area in esame, è contraddistinto da un lariceto rado in cui l'altezza media degli alberi è di circa 7 m. Il sottobosco è ricco sia di specie erbacee sia arbustive, tra cui *Rhododendron spp.*, *Vaccinium myrtillus* e *Adenostyles alliariae*. Ben rappresentata è la famiglia delle Poaceae tra cui spiccano *Anthoxanthum alpinum*, *Calamagrostis varia* e *Avenella flexuosa*.

Nel piano alpino inferiore, dove la foresta inizia a diradarsi e il clima a raffreddarsi, s'insedia la fascia di arbusti nani, con *Pinus mugo* e *Alnus viridis*, assieme a *Rhododendron hirsutum* tipico dei substrati calcarei. Numerose sono le praterie d'alta quota a *Sesleria caerulea* e *Carex sempervirens*.

In corrispondenza del limite della vegetazione arborea, alla quota di 2100 m s.l.m., è localizzato il *plot* 5 (Fig. 8), contraddistinto da una tipica prateria alpina interrotta da occasionali affioramenti rocciosi, dense mughete e qualche sporadico larice. Ben distribuite sono le formazioni erbose calcicole alpine e subalpine in cui dominano *Sesleria caerulea*, *Sesleria varia*, *Dryas octopetala*, *Festuca norica*, *Carex sempervirens* e *Carex firma*, intervallate da boscaglie di pino mugo e rododendro irsuto, associazione vegetale considerata prioritaria tra gli habitat di Rete Natura 2000.

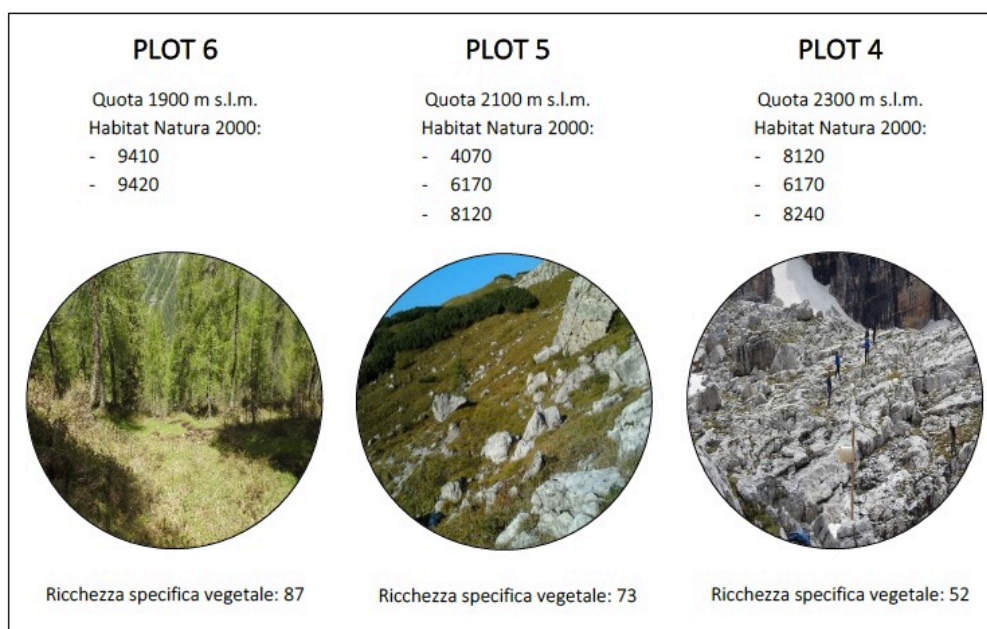


Figura 8: quota, codice habitat Natura 2000 e Ricchezza Specifica relativi ai plot 6, 5 e 4.

Dove le avversità condizionano l'accrescimento della vegetazione, s'impongono le specie della steppa alpina, le quali sopravvivono mettendo in atto particolari accorgimenti morfologici e fisiologici per adattarsi alle alte quote.

L'ambiente del *plot* 4 (Fig. 8), situato a 2300 m s.l.m., è rappresentato a monte dall'habitat prioritario denominato "pavimenti calcarei" nell'elenco di Rete Natura 2000. Intervallata da affioramenti rocciosi, a valle è invece presente una prateria alpina con specie erbacee, tra queste dominano piante a cespo adattate alle alte quote grazie all'addensarsi di gemme basali laterali (*Carex sempervirens*) e altre che per diffondersi sviluppano stoloni dal cespo centrale (*Sesleria caerulea*). Nelle fessure della roccia e sui ghiaioni calcarei crescono *Salix reticulata* e *Salix retusa*. Il portamento prostrato e la forma nana, garantiscono a questi salici la protezione sotto il manto nevoso limitando inoltre gli effetti del vento.

Classificando le forme di humus di ogni profilo, si è constatato che alle quote più alte, sopra i 2400 m s.l.m., anche nelle aree prive di vegetazione si forma un orizzonte organo-minerale bioticamente dovuto alla presenza di microrganismi. Dove possibile la copertura vegetale è dominata da Cyperaceae e Poaceae, le cui radici modificano in superficie la struttura del suolo (Squartini *et al.*, 2019).

In corrispondenza del piano alpino medio, ad una quota di 2500 m s.l.m. è localizzato il *plot 3* (Fig. 9). Contraddistinto da pareti calcaree con vegetazione casmofitica, quest'area campione si presenta per la maggior parte come un macereto con piante erbacee disposte a mosaico. Le specie più rappresentate sono *Veronica alpina*, *Aster bellidiastrum*, *Achillea atrata* e *Silene acaulis*, dotate di una forma a cuscinetto sviluppata per resistere al vento ed evitare di disperdere il calore, possono infatti sussistere differenze termiche notevoli tra foglie interne e temperatura dell'aria.

Alla base delle pareti di Cima Grostè, in corrispondenza del piano alpino superiore, si colloca il *plot 2* (Fig. 9). Gli habitat molto simili al *plot 3* si differenziano per il tipo di vegetazione. I grossi massi detritici del macereto creano dei microhabitat con le condizioni necessarie per lo sviluppo di specie erbacee tra cui *Saxifraga sedoides*, *Hornungia alpina*, *Draba siliquosa*, o appartenenti al genere *Arabis*.

Al limite inferiore del piano subnivale, posto alle quote più elevate dell'area di studio (2900 m s.l.m.), si trova il *plot 1* (Fig. 9). La vegetazione, rappresentata dal firmeto rupestre, forma una copertura discontinua, localizzandosi sugli sbalzi delle pareti rocciose più assolate.

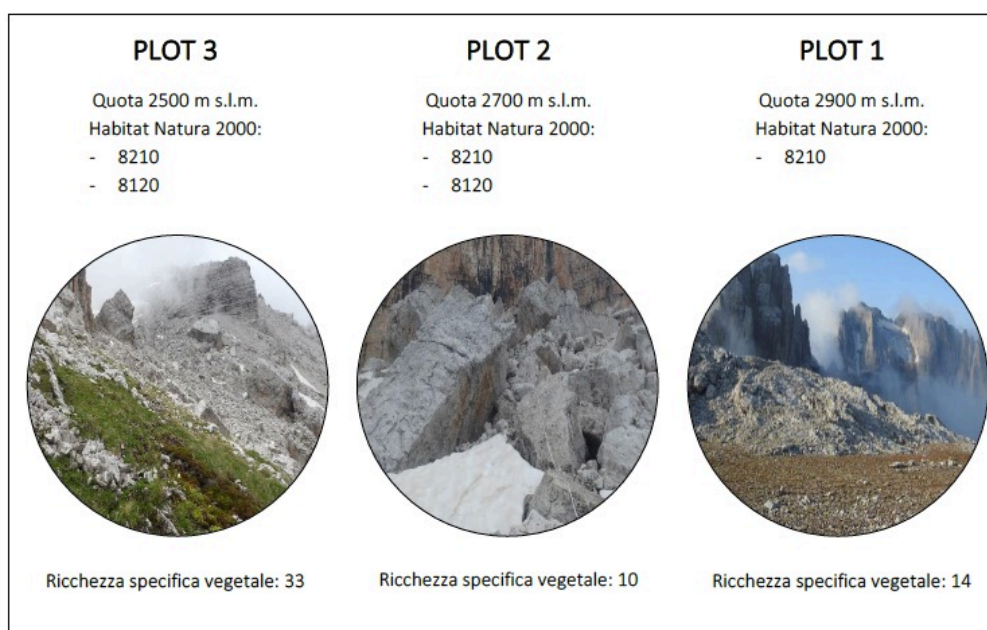


Figura 9: quota, codice habitat Natura 2000 e Ricchezza Specifica relativi ai plot 3, 2 e 1.

3.1.4 Inquadramento faunistico

Il territorio del Parco Naturale Adamello Brenta, grazie all'integrità e variabilità ambientale, ospita una ricca fauna che annovera quasi tutte le specie tipiche dell'ecosistema alpino. Per merito della molteplicità di progetti promossi dall'ente, molti dei quali tuttora in atto, è stato possibile mantenere intatto l'ambiente naturale ed i relativi ecosistemi, al fine di preservare le specie e i loro habitat. Un esempio è l'orso bruno (*Ursus arctos*), specie ombrello di primaria importanza e animale simbolo del Parco. Grazie al progetto di reintroduzione *Life Ursus*, è tornato a ripopolare le Alpi Centrali andando a costituire una popolazione stimata per il 2019 in un *range* che va da 82 a 93 esemplari, prendendo in considerazione anche la quota dei cuccioli (Groff *et al.*, 2020).

Fauna vertebrata

Tra i mammiferi appartenenti all'ordine Carnivora, la volpe (*Vulpes vulpes*) è una specie ubiquitaria adattata a una molteplicità di ambienti: non è difficile trovare indizi del suo passaggio, come orme e fatte, lungo i sentieri fino ai 2500 m s.l.m. delle praterie d'alta quota. Le densità più basse si riscontrano negli orizzonti alpini, dove le risorse trofiche disperse in modo relativamente uniforme determinano un'estensione delle aree vitali dei singoli individui per centinaia di ettari (Riga, 2002).

I mustelidi che frequentano la fascia altitudinale in cui si svolgono i monitoraggi del Progetto BioMiti sono la faina (*Martes foina*), la martora (*Martes martes*) e la donnola (*Mustela nivalis*) fino a circa 2000 m s.l.m., mentre l'ermellino (*Mustela erminea*) è diffuso fin oltre i 3000 m d'altitudine. Le prime due specie prediligono zone boscate, presenti nel piano subalpino in cui ricade il *plot* 6, le seconde frequentano anche aree aperte come praterie d'altitudine e pietraie, habitat ben rappresentati dal *plot* 1 al 5 (Fig. 10).



Figura 10: rilascio di un ermellino trappolato al *plot* 4.
(Foto di Elisa Ricci)

Tra i rappresentanti dell'ordine Artiodactyla, il capriolo (*Capreolus capreolus*) e il cervo (*Cervus elaphus*) sono presenti su tutto il territorio del Parco. L'optimum del capriolo si trova in ambienti ecotonali e boschi caratterizzati da una fitta vegetazione arbustiva che offrono, oltre

a risorse alimentari, una protezione dai predatori. Il cervo è in grado di sfruttare ambienti diversi, ma predilige habitat in cui la componente boschiva è ben strutturata, frequentando anche radure e pascoli d'altitudine. Le preferenze ecologiche di queste specie sono confermate dalla presenza del capriolo nelle aree boschive del *plot 6* a 1900 m s.l.m. unitamente al cervo, con la differenza che quest'ultimo si spinge fino a 2300 m s.l.m. dove è situato il *plot 4* (All. 1). Il camoscio (*Rupicapra rupicapra*) rappresenta l'ungulato più numeroso all'interno del Parco. Le aree frequentate risultano in genere comprese tra i 1000 e i 2500 m d'altitudine, comprendendo praterie, canaloni, pietraie ma anche aree boscate con pareti rocciose: è infatti stato osservato nell'area BioMiti fino alla quota di 2700 m s.l.m. del *plot 2* (All. 1).

Appartenenti all'ordine Lagomorpha, la lepre comune (*Lepus europaeus*) e la lepre variabile (*Lepus timidus*) sono tipiche abitatrici delle foreste rade, dei cespuglieti e delle praterie. La prima si spinge fino a 2000 m s.l.m., mentre la seconda frequenta anche il piano nivale. Nell'area del progetto BioMiti le tracce sono state rilevate nelle aree aperte con vegetazione erbacea fino a 2500 m s.l.m. nel *plot 3* (All. 1).

Tra i roditori più caratteristici e diffusi nel territorio del Parco vi è lo scoiattolo comune (*Sciurus vulgaris*). La sua presenza si rileva grazie alle tracce dei resti di alimentazione sul terreno, come noci e nocciole aperte a metà dagli incisivi e coni di abete rosso: per estrarre i semi, lo scoiattolo rosicchia ogni scaglia e la strappa quando questa sta per staccarsi, conferendo allo strobo un aspetto disordinato, a differenza di topi selvatici e arvicole che rodono le pigne conferendo loro



Figura 11: marmotte fotografate sulle Dolomiti di Brenta.
(Foto di Elisa Ricci)

una superficie regolare (Thomassin, 1991).

Nelle praterie alpine ad un'altezza compresa fra i 1400 e i 2700 m s.l.m. si trova la marmotta (*Marmota marmota*) (Fig. 11): molte tane ne confermano la presenza al *plot 5* (All. 1).

Nel Parco Naturale Adamello Brenta, oltre alle specie target del presente studio (Cap. 3.2.3) sono presenti il quercino (*Eliomys quercinus*), il driomio (*Dryomys nitedula*),

il ghiro (*Glis glis*), il moscardino (*Moscardinus avellanarius*) e il topolino comune (*Mus domesticus*) (Locatelli *et al.*, 1996). Tra gli Insettivori che popolano l'area protetta si annoverano il riccio europeo (*Erinaceus europaeus*), la talpa europea (*Talpa europaea*) e il

toporagno acquatico (*Neomys fodiens*), quest'ultimo è legato a corsi d'acqua con abbondante vegetazione ripariale e alberi fino a circa 2500 m s.l.m. (Amori *et al.*, 2008).

Tra i rettili, il marasso (*Vipera berus*) (Fig. 12) e l'aspide (*Vipera aspis*) sono diretti predatori dei piccoli mammiferi. Prediligono ambienti aperti fino al piano alpino superiore, ma frequentano anche boschi radi quali laricete e cembrete (Sindaco *et al.*, 2006), ambienti compresi nell'area di studio tra i *plot* 2 e 6.



Figura 12: marasso fotografato in località Orti della Regina, nei pressi del Passo del Grostè. (Foto di Elisa Ricci)

L'avifauna delle Dolomiti di Brenta

include numerose specie di particolare interesse naturalistico tipiche dell'ambiente alpino, primi tra tutti i galliformi: francolino di monte (*Bonasa bonasia*), coturnice (*Alectoris graeca*), pernice bianca (*Lagopus muta*), gallo forcello (*Tetrao tetrix*) e gallo cedrone (*Tetrao urogallus*). Il francolino frequenta i boschi intervallati da radure nel piano montano, mentre la coturnice occupa le praterie esposte a sud e ambienti xerofili con arbusti nani tra 800 e 2200 m d'altitudine. La pernice bianca trova rifugio nelle vallette nivali e nei macereti alle quote più elevate (Fig. 13): è stata infatti osservata dai 2300 m s.l.m. nell'area di studio BioMiti (All. 1). Il gallo forcello nidifica tra il limite superiore del bosco e la fascia degli arbusti nani sui versanti umidi esposti a nord. Il gallo cedrone predilige i boschi del piano subalpino a prevalenza di conifere con abbondante vegetazione arbustiva. Ambedue sono stati rilevati nelle aree boschive del *plot* 6 (All. 1).

Il Parco Naturale Adamello Brenta ospita una percentuale significativa della popolazione trentina di aquile reali (*Aquila Cherysaetos*) (Fig. 13), pari al 25–30%, con 18 coppie gravitanti nel Parco e nelle aree limitrofe (dati del Settore Ricerca Scientifica ed Educazione Ambientale del PNAB, 2017). Tra i falconiformi è comune osservare il gheppio (*Falco tinnunculus*): questo piccolo rapace frequenta gli ambienti aperti caratterizzati da bassa vegetazione come il *plot* 5 (Fig. 13).

I rapaci notturni presenti nel Parco sono l'assiolo (*Otus scops*), il gufo reale (*Bubo bubo*), la civetta nana (*Glaucidium passerinum*), l'allocco (*Strix aluco*), il gufo comune (*Asio otus*) e la civetta capogrosso (*Aegolius funereus*).

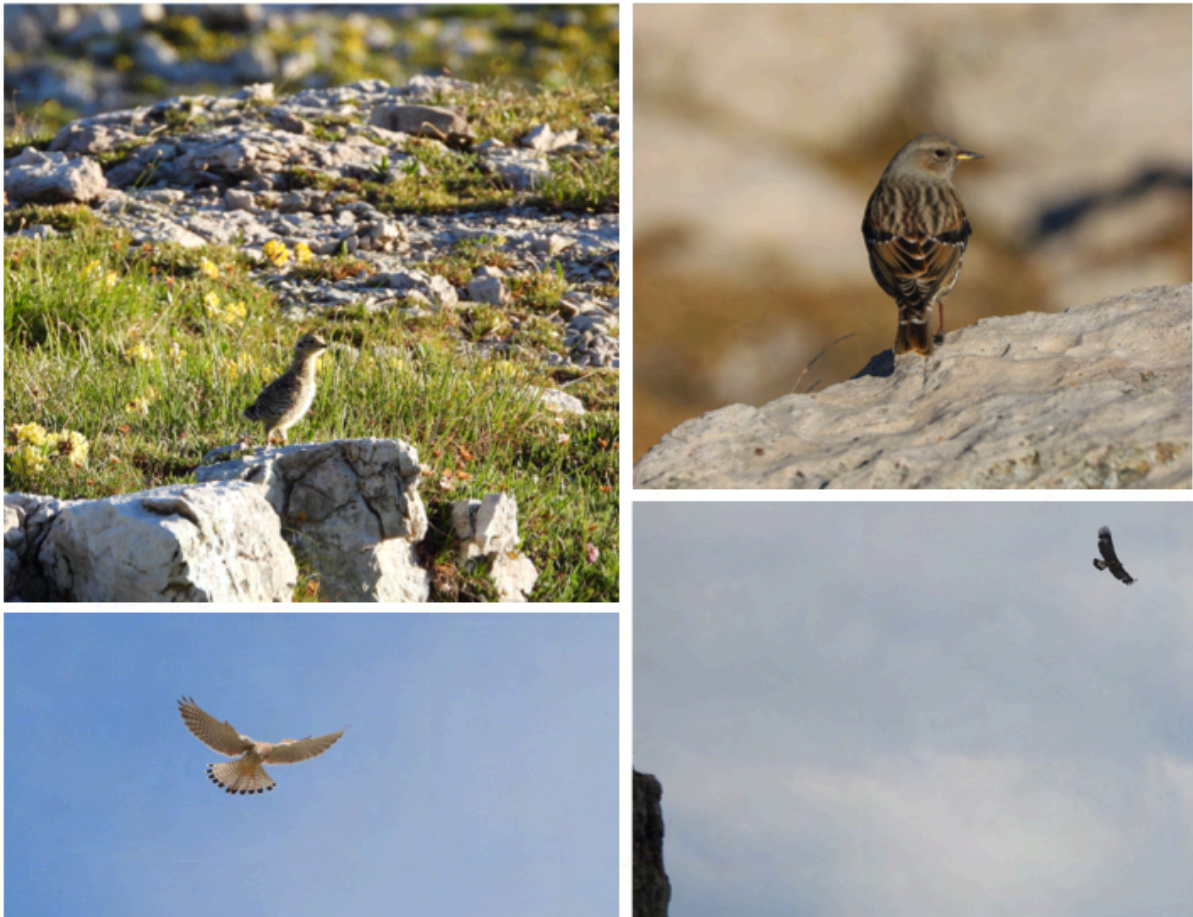


Figura 13: piccolo di pernice bianca al Passo del Grostè; sordone nei pressi del plot 3; gheppio osservato al plot 5; aquila reale al Passo del Grostè. (Foto di Elisa Ricci)

Negli ambienti boschivi si riscontra una buona presenza di picidi, tra cui il picchio cenerino (*Picus canus*), il picchio nero (*Dryocopus martius*), il picchio verde (*Picus viridis*) e il picchio rosso maggiore (*Picoides major*), individuati nei dintorni del *plot* 6 grazie alle emissioni sonore ed osservazioni dirette (All. 1). Il picchio muraiolo (*Tichodroma muraria*), appartenente in realtà all'ordine Passeriformes, frequenta invece le pareti rocciose a quote più elevate, ambiente rappresentato dal *plot* 2.

Monitoraggi effettuati nel 2018 nell'ambito del Progetto BioMiti hanno permesso di rilevare numerosi Passeriformi tipici degli ambienti alpini (All. 1 e 2) tra cui: nocciolaia (*Nucifraga caryocatactes*), ghiandaia (*Garrulus glandarius*), gracchio alpino (*Pyrrhocorax graculus*), merlo dal collare (*Turdus torquatus*), fringuello alpino (*Montifringilla nivalis*), sordone (*Prunella collaris*) (Fig. 13), spioncello (*Anthus spinoletta*) e crociere (*Loxia curvirostra*).

Fauna invertebrata

I monitoraggi svolti nell'area di studio BioMiti nel 2018, utilizzando cinque *pitfall trap* posizionate in ciascun *plot*, hanno permesso di campionare 13 specie di Carabidi e definirne la

densità di attività (All. 4).

Nei *plot* 1 e 2, caratterizzati da ambienti di macereto con presenza di vegetazione casmofitica, è presente con alti valori di abbondanza *Nebria germari*, rilevata solo a quote superiori a 2500 m s.l.m. Questa specie stenoendemica delle Alpi centro-orientali è un ottimo bioindicatore di *Global Warming*, è infatti soggetta a *shift* altitudinale che lega la sua sopravvivenza all'eventuale presenza di aree di rifugio (Gobbi, 2019). In alcune aree delle Dolomiti la densità di popolazione di questa specie si è ridotta drasticamente negli ultimi trent'anni, con estinzioni documentate a scala locale (Pizzolotto, 2014). L'elevato livello di umidità dovuto alla presenza di una sorgente unitamente all'aumento di maturità del terreno determina la presenza, nel *plot* 3, di un'altra specie criofila ed igrofila, *Oreonebria castanea*. In entrambi i *plot* 3 e 4 le due specie dominanti sono *Carabus adamellicola* e *C. creutzeri*, specie tipiche delle praterie alpine a dominanza di *Carex firma* e *Sesleria coreulea* (Brandmayr & Zetto Brandmayr, 1988). Alle quote più basse compaiono le specie tipicamente forestali tra cui *Pterostichu multipunctatus*, con una densità di attività elevata rispetto alle altre specie rilevate.

La complessità della catena trofica è ulteriormente confermata dalla presenza dei Chironomidi nel *plot* 3. Fonte di alimentazione per i Carabidi, ma anche uccelli e chiroterri, questi invertebrati sono presenti nell'unico ambiente sorgentizio dell'area di studio. Caratterizzata da acqua permanente in superficie durante il periodo estivo, questa sorgente è un'importante sito di rifugio sia per la fauna acquatica sia per quella terrestre (Lencioni, 2019).

Gli Aracnidi, anch'essi campionati tramite l'utilizzo di *pitfall trap*, mostrano la maggiore abbondanza nel *plot* 5 (All. 5), mentre il *plot* 2 è il meno popolato essendo tra l'altro presente una sola specie (Petri, 2019): *Troglohyphantes lessinsis* è un aracnide tipico delle grotte con temperature medie annuali tra i 10 e gli 11 °C (Mammola *et al.*, 2017), l'ambiente in cui è stato campionato è infatti ricco di anfratti che lo rendono una possibile zona di rifugio (Zaminato, 2019). In corrispondenza degli ambienti subalpini, la dieta del toporagno nano dipende dall'abbondanza dei ragni, prede che a quest'altitudine sono preferite rispetto ad altre fonti trofiche come lombrichi e gasteropodi (Schade *et al.*, 2010).

3.1.5 Inquadramento climatico

Il clima del Parco è di transizione tra quello prealpino e quello endoalpino (Arrighetti, 1973), determinato da un insieme di fattori ampiamente e profondamente collegati che interagiscono non solo con le componenti proprie (temperatura, precipitazioni, vento, pressione barometrica), ma anche con la topografia e l'ubicazione del territorio.

Nello specifico, considerata la collocazione e il gradiente altitudinale, il territorio è interessato da un bioclimate temperato che varia da continentale nel fondovalle, con una transizione a oceanico-semicontinentale nelle valli laterali e con l'aumento della quota, per poi prevalere sulla maggior parte dell'area un clima temperato-oceanico con inverni miti ed estati fresche tipico dell'arco alpino (Tomaselli, 1973).

Oltre alla spiccata orografia, un altro elemento da tenere in considerazione è la topografia, che gioca un ruolo chiave nel determinare i microclimi locali. Fattori quali la pendenza e l'orientamento dei versanti montuosi influenzano la quantità di radiazione solare assorbita localmente. I pendii orientati a sud ricevono una maggior energia per unità di superficie e di conseguenza hanno una capacità termica maggiore rispetto a versanti con un orientamento diverso (Beniston, 2006), determinando la predisposizione di alcune aree alla funzione di rifugio per le specie alpine che risentono del cambiamento climatico.

A causa del riscaldamento globale, si registrano infatti modifiche nel regime delle precipitazioni nevose ed il mutare delle temperature, in particolare quelle estive sono sempre più calde e gli inverni mediamente sempre meno nevosi (Bombarda, 2020).

Il cambiamento climatico induce forti ripercussioni sul mantenimento della biodiversità terrestre (Calkins *et al.*, 2012) influenzando tutti i livelli dell'organizzazione ecologica, dal comportamento individuale fino alla distribuzione delle specie, anche in relazione a modificazioni ambientali come la fenologia (Berteaux *et al.*, 2006). Tali effetti sono particolarmente rilevanti in ambienti alpini d'alta quota (Beniston, 2003), ponendo a rischio endemismi e specie artico-alpine rare a distribuzione ristretta, che si rifugiano a quote più alte.

3.2 Pianificazione del monitoraggio

Le catture dei piccoli mammiferi sono state effettuate nel corso del 2020 nel settore Vallesinella del Progetto BioMiti, localizzato sul versante occidentale di Cima Grostè, mentre durante il 2021 verranno realizzate in corrispondenza del versante orientale, nella Val di Tovel.

3.2.1 Allestimento delle aree campione

Le aree campione indagate, chiamate *plot*, sono numerate progressivamente da 1 a 6 seguendo un gradiente altitudinale compreso tra 2900 m della Cima Grostè e 1900 m s.l.m. I *plot*, di forma circolare, hanno un raggio di 100 m e sono collocati ogni 200 m di quota in modo da garantire

l'indipendenza e rappresentatività dei dati rilevati per ogni tipologia ambientale presente all'interno dell'area di studio.

Al centro di ogni *plot* è installato un *Tinytag data logger* che permette di registrare parametri ambientali come temperatura, umidità relativa e punto di rugiada del suolo e dell'aria.

La griglia di cattura allestita per il trappolaggio dei piccoli mammiferi è costituita da 16 trappole disposte con l'ausilio di una cordella metrica ad intervalli regolari di 5 m lineari indipendentemente dalla morfologia del terreno. Questa tipologia di disposizione permette di effettuare valutazioni sulla densità delle popolazioni secondo i protocolli adottati e le tecniche di elaborazione dei dati impiegate.

Il quadrato di 15x15 m è quindi occupato da 16 trappole etichettate con il numero dell'area campione e una lettera dell'alfabeto dalla "A" alla "R", disposte in modo che la trappola "D" coincida con il centro del *plot* (Fig. 14). Individuato tale vertice si procede al posizionamento delle trappole seguendo le isoipse, collocandole nell'intorno di circa 1 m rispetto al nodo esatto della griglia per far fronte ad eventuale instabilità dovuta alla morfologia del terreno.

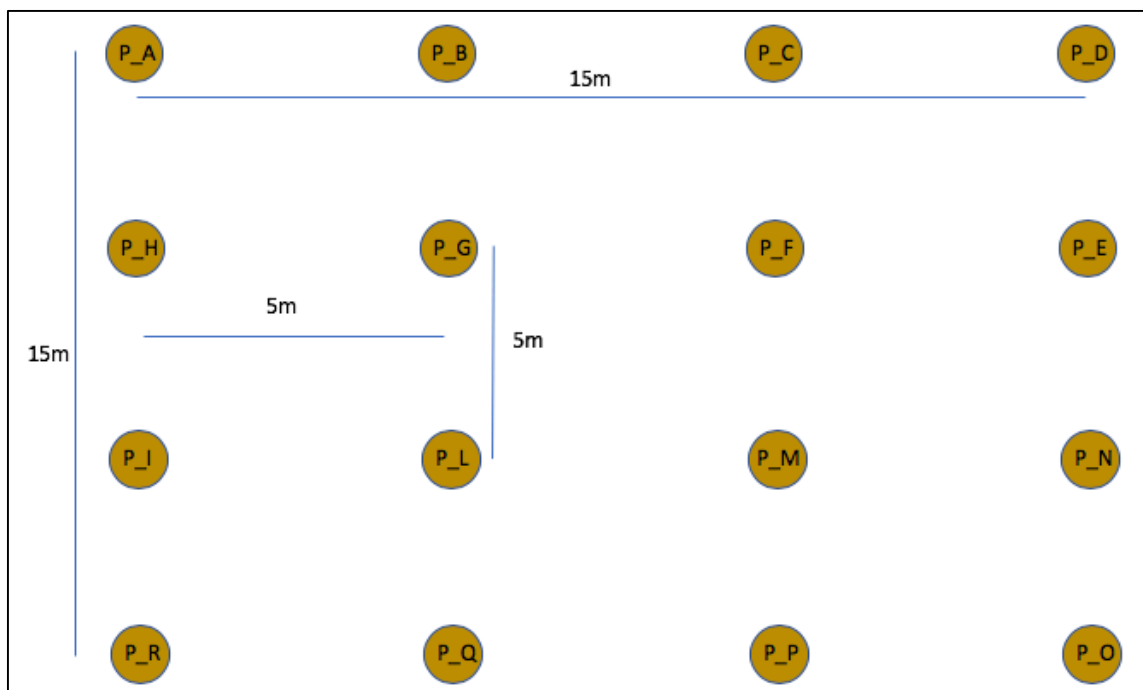


Figura 2: disposizione delle trappole nella griglia di cattura.

Per facilitare il ritrovamento delle trappole dagli operatori, dove necessario sono stati installati dei bastoni segnaletici verticali o costruiti piccoli ometti di sassi.

Le catture sono state effettuate mediante l'utilizzo di *live trap* che permettono di rilasciare gli individui campionati consentendo catture multiple ed un monitoraggio continuo nel tempo, con un impatto sulla popolazione quasi nullo.

Le trappole *Sherman LFA* in alluminio (Fig. 15) sono costituite da sportelli a scatto, adeguatamente sensibili a minime variazioni di peso, che si chiudono una volta entrati gli individui, impedendone l'uscita. I modelli dotati di fori che garantiscono una maggior ventilazione all'interno della trappola, sono stati collocati alle quote più basse o in zone particolarmente esposte all'irraggiamento solare, mentre quelli senza fori sono stati utilizzati dove il clima è più rigido. L'aggiunta di erba secca e paglia sul fondo della trappola consente agli animali di costruirsi un rifugio temporaneo. In questo modo si permette agli esemplari catturati di ridurre lo stress e di ottimizzare la termoregolazione, riducendo così la mortalità dovuta ad eccessiva perdita di calore come conseguenza dell'elevato rapporto superficie corporea/volume (Bocchini & Nieder, 1994). Dopo il posizionamento nei punti più idonei, si procede coprendo la superficie riflettente con materiale vegetale reperito in loco: in questo



Figura 3: trappola *Sherman LFA*, in primo piano *Chionomys nivalis*. (Fototrappola plot 4)

modo viene garantita una miglior mimetizzazione e integrazione nell'ambiente naturale. Dove la tipologia ambientale è rappresentata da macereto e pavimenti calcarei, le trappole vengono nascoste con massi detritici reperiti ad opportuna distanza dalla griglia di cattura. I piccoli mammiferi per orientarsi utilizzano un apprendimento di tipo spaziale reso possibile grazie a stimoli visivi, molto sviluppato soprattutto nei maschi poligami (Jacobs *et al.*, 1990). Per questo motivo è opportuno non modificare l'ambiente naturale durante le operazioni di monitoraggio e riposizionare le trappole nel punto esatto prestabilito.

3.2.2 Tempistiche e criteri di realizzazione

L'esca alimentare, con la funzione di attrarre gli individui nella trappola, deve mantenersi appetibile nel tempo, soddisfare il fabbisogno idrico dell'animale catturato e corrispondere alle preferenze alimentari dei diversi possibili ospiti. I Roditori, infatti, si cibano solitamente di vegetali, mentre i Soricomorfi sono prevalentemente carnivori.

Per la preparazione vengono comunemente utilizzati ingredienti con proporzioni definite: granaglie (semi di girasole e *corn flakes*), frutta secca (*muesli*) e fresca (mele) impastati con acqua, rifornendo le trappole di una quantità standard di esche fresche ad ogni sessione di

controllo. Il vantaggio dei cibi freschi è quello di diffondere maggiormente il loro odore nell'ambiente circostante e di portare ad un miglioramento nell'efficacia di cattura.

La prima sessione di cattura è preceduta da un periodo di *prebaiting* per abituare gli animali, spesso neofobici, alla presenza delle trappole e far prender loro confidenza con l'esca. In questa fase vengono posti circa 10 g di esca sul fondo della trappola, il meccanismo di scatto innescato dal peso dell'animale sulla pedana viene disattivato e la porta della trappola rimane aperta (Fig. 16).



Figura 4: trappola con erba secca ed esca alimentare.
(Foto Nicolò Santoni)

Le operazioni di attivazione e controllo delle trappole, oltre alla manipolazione degli individui, devono essere effettuate indossando per motivi sanitari dei guanti da giardinaggio. Questi vengono conservati insieme a materiale vegetale durante tutto il periodo di monitoraggio per evitare che acquisiscano l'odore umano.

A seconda del tempo di permanenza della neve in quota e dell'accessibilità in sicurezza ai *plot*, sono state svolte da 1 a 3 repliche di cattura distribuite nei mesi di giugno, luglio e agosto (All. 5). La sera del primo giorno di ciascuna replica sono state attivate le trappole, per un totale di tre notti di cattura. Alle 8.00 e alle 20.00 dei giorni seguenti sono state controllate e ripristinate, per poi essere disattivate la mattina del quarto giorno.

Nei periodi esterni alle sessioni di cattura, le trappole rimangono posizionate disattivate nei *plot* per tutta la durata del campionamento.

A causa della difficoltà nella gestione di tutte le 96 trappole in una sola giornata, si è deciso di differenziare i periodi di attivazione nei *plot*, cercando di mantenerli comunque il più possibile sequenziali. A tal fine alcune delle repliche sono state organizzate per operare in contemporanea sui *plot* 2-3 e 4-5 grazie alla loro vicinanza, garantendo in questo modo la massima efficienza in relazione allo sforzo di monitoraggio. Al *plot* 1 è stata effettuata una sola giornata di catture a causa del maltempo e la difficoltà di accesso in quota.

I controlli hanno avuto durata di circa un'ora in ogni *plot*, a seconda del numero di catture giornaliere.

3.2.3 Specie target

La nomenclatura delle specie campionate nel presente studio, in accordo con la letteratura più recente, si riferisce alla *checklist* aggiornata al 2019¹ basata sugli approcci tassonomici più aggiornati. Nell'*allegato 7* sono illustrati, grazie a studi pregressi, i punti di osservazione delle specie e gli areali di distribuzione potenziale dedotti in base alla tipologia ambientale e alla quota (Locatelli *et al.*, 1996).

SORICOMORPHA

Soricidae

In Trentino sono presenti 8 specie appartenenti a 4 generi diversi: i toporagni (*Sorex*), i toporagni acquaioli (*Neomys*), le crocidure (*Crocidura*) e il mustiolo etrusco (*Suncus*).

I toporagni sono facilmente riconoscibili per il colore scuro della pelliccia e in particolare per le cuspidi dei denti di colore rosso scuro. Le crocidure e il mustiolo invece sono generalmente di colore chiaro, con padiglioni auricolari ben visibili, peli più lunghi e radi lungo la coda e denti completamente bianchi. Questi ultimi essendo animali tipicamente termofili o addirittura xerothermofili occupano il fondovalle, al contrario dei toporagni che prediligono climi di montagna più freschi.

I toporagni sono dotati di un caratteristico muso lungo e appuntito con olfatto ben sviluppato che permette di individuare nel terreno gli invertebrati di cui si cibano. Hanno un elevato rapporto superficie/volume che causa una forte dispersione del calore corporeo: per compensare tali perdite sono quindi costretti ad alimentarsi ogni 2-3 ore (Locatelli & Paolucci, 1998). L'inverno viene superato solo dagli individui nati nell'estate precedente adottando una strategia definita "fenomeno di Dehnel" che permette di ridurre il fabbisogno alimentare: la crescita si arresta e le dimensioni corporee diminuiscono, riducendo il volume di alcuni organi e della scatola craniale.

Sorex antinorii Bonaparte, 1840

Il toporagno del Vallese (Fig. 17), considerato in passato una sottospecie di *Sorex araneus* (la cui presenza in Italia non è accertata) (Loy *et al.*, 2019) e recentemente elevato a specie, occupa prevalentemente l'Italia ma si trova anche in Francia e in Svizzera (Brünner *et al.*, 2002).

Specie euriecia e dominante nelle zone di montagna, è presente in una grande varietà di habitat dal fondovalle fino a oltre il limite della vegetazione. Indagini effettuate in Francia mostrano

¹ <http://www.italian-journal-of-mammalogy.it/Mammals-of-Italy-an-annotated-checklist,111473,0,2.html>

come *S. antinorii* sia abbondante e ubiquista tra i 1400 e 2500 m s.l.m., tranne negli ambienti omogenei e meno ricchi quali pascoli e peccete pure (Bouche & Lemmet, 2004).

Nel Parco è presente soprattutto in ambienti forestali con esclusione delle macchie termofile a *Fraxinus ornus* e *Ostrya carpinifolia* dei versanti aridi orientali, ma è stato osservato sino a 2370 m s.l.m. nel gruppo della Presanella



Figura 57: *Sorex antinorii* campionato il 23/6/20 al plot 6.
(Foto da archivio BioMiti)

(Paolucci, 1994) e in ambiente di brughiera alpina (Locatelli *et al.*, 1996).

La fascia laterale giallastra o rossastra tipica di *S. araneus* è assente in *S. antinorii* (Brünner *et al.*, 2002). Se si esclude *S. alpinus*, dalla colorazione generalmente scura e dalla coda lunga all'incirca quanto il corpo, il riconoscimento visivo del toporagno del Vallese non è sempre possibile, per esempio i giovani sono facilmente confondibili con *S. minutus*, toporagno di dimensioni nettamente più piccole (Amori *et al.*, 2008).

***Sorex alpinus* Schinz, 1827**

Il toporagno alpino è presente lungo tutto l'arco alpino. Sulle Alpi centro-orientali il *range* altitudinale va da circa 150 m s.l.m. (Lapini, 1988) a 2550 m s.l.m. (Felten, 1984). Nel Parco è segnalato dal fondovalle fino a 1600 m s.l.m. in Val Breguzzo. Presente in alcune località tra cui la Val di Tovel, è probabilmente ben diffuso nonostante la carenza di dati sulla consistenza delle popolazioni (Locatelli *et al.*, 1996). Specie stenoecia, frequenta habitat sia forestali sia aperti ma con distribuzione limitata ad ambienti rocciosi ad elevata umidità. Oltre il limite della vegetazione arborea colonizza fitocenosi arbustive convivendo con il toporagno del Vallese e l'arvicola delle nevi (Amori *et al.*, 2008).

La dieta comprende in prevalenza invertebrati sotterranei con limitate capacità di movimento che rinviene sotto i sassi e tra le radici degli alberi. I giovani di questa specie, al contrario dei congeneri, si possono riprodurre già nell'anno di nascita (AA.VV., 2015), con femmine allattanti contemporaneamente gravide che confermano un'attività riproduttiva intensa.

Le caratteristiche cromatiche del mantello, dorsalmente grigio ardesia e ventralmente leggermente più chiaro, unitamente alla spiccata lunghezza della coda nera superiormente e bianca inferiormente, consente una sicura distinzione dagli altri Soricidi.

Sorex minutus Linnaeus, 1766

Specie ad ampia distribuzione, il toporagno nano è presente dal livello del mare a 2260 m s.l.m. sulle Alpi (Spitzenberger, 2002). Sembra essere la specie più sciafila e microterma del genere *Sorex*, infatti nell'Italia peninsulare vi è un'associazione positiva con le precipitazioni, negativa con le temperature e il bioclimate mediterraneo (Contoli, 1981). Nelle regioni settentrionali è estremamente comune sia all'interno sia ai margini di boschi montano-alpini, comprese le pinete montane tipicamente calde e aride dove frequenta fitti cespuglieti che garantiscono un ambiente costantemente fresco e umido (Lapini *et al.*, 1996; Paolucci, 1995). Frequente nel piano montano, divide spesso l'habitat con *S. antinorii* ma con densità delle popolazioni sensibilmente più bassa: avendo un'attività fossoria ridotta ricerca le prede, che si presentano con una minore abbondanza, direttamente sulla superficie del terreno, esigendo quindi territori di caccia più ampi (Paolucci, 1987).

La morfologia è simile a quella di *S. antinorii* dai quali è distinguibile per le piccole dimensioni e la lunghezza relativa della coda, sensibilmente maggiore. Questa inoltre presenta sezione circolare alla base e appare meno esile che nelle specie congeneriche (Amori *et al.*, 2008). La colorazione della pelliccia è bruna più o meno chiara sul dorso e grigio biancastra sul ventre.

RODENTIA

Mammiferi plantigradi a regime alimentare prevalentemente vegetariano, i roditori sono caratterizzati da una dentatura particolare, contraddistinta da incisivi privi di radice e a crescita continua, per cui è necessaria un'azione di "limatura" per impedire un eccessivo allungamento.

Muridae

Ratti e topi sono caratterizzati da un corpo slanciato, padiglioni auricolari ben evidenti e sporgenti dalla pelliccia, occhi grandi, zampe posteriori nettamente più lunghe di quelle anteriori e lunga coda glabra. In Trentino è accertata la presenza del ratto norvegico (*Rattus norvegicus*), ratto nero (*Rattus rattus*), topo domestico (*Mus domesticus*), topo selvatico (*Apodemus sylvaticus*) e topo selvatico dal collo giallo (*Apodemus flavicollis*).

Nelle regioni dell'arco alpino, una corretta identificazione degli individui è resa ancor più difficoltosa dalla presenza simpatica di una terza specie di topo selvatico, *Apodemus alpicola*, che presenta caratteri spesso intermedi tra quelli di *A. sylvaticus* e di *A. flavicollis*. In seguito alla revisione sistematica di alcuni esemplari di topo selvatico delle raccolte del Museo Tridentino di Scienze Naturali, anche un individuo proveniente dal Parco Naturale Adamello Brenta è stato riclassificato come *A. alpicola* (Colli & Nieder, 2006). Tuttavia gli autori

concordano con la necessità di confermare tale *status* tassonomico tramite ulteriori approfondimenti genetici per accertare l'effettiva presenza del topo selvatico alpino in provincia di Trento.

***Apodemus sylvaticus* (Linnaeus, 1758)**

***Apodemus flavicollis* (Melchior, 1834)**

***Apodemus alpicola* Heinrich, 1952**

Queste specie di *Apodemus* presentano una convergenza morfologica tale da rendere necessarie analisi molecolari per stabilirne con certezza la classificazione (Amori *et al.*, 2008).

Presentano una colorazione dorsale con toni rossastri e ventrale bianco-grigio o bianco-giallastro, con una demarcazione dorso-ventrale più netta nel topo selvatico dal collo giallo (*A. flavicollis*). La macchia golare gialla è tendenzialmente più ampia in quest'ultima specie, ma non sempre forma un collare completo, mentre nel topo selvatico (*A. sylvaticus*) può non essere presente (Fig. 18). Nel topo selvatico alpino (*A. alpicola*), la maggior dimensione del piede posteriore e il rapporto nettamente superiore tra la lunghezza della coda e quella della testa-corpo, sono la discriminante più evidente rispetto alle altre due specie (Debernardi *et al.*, 2003).

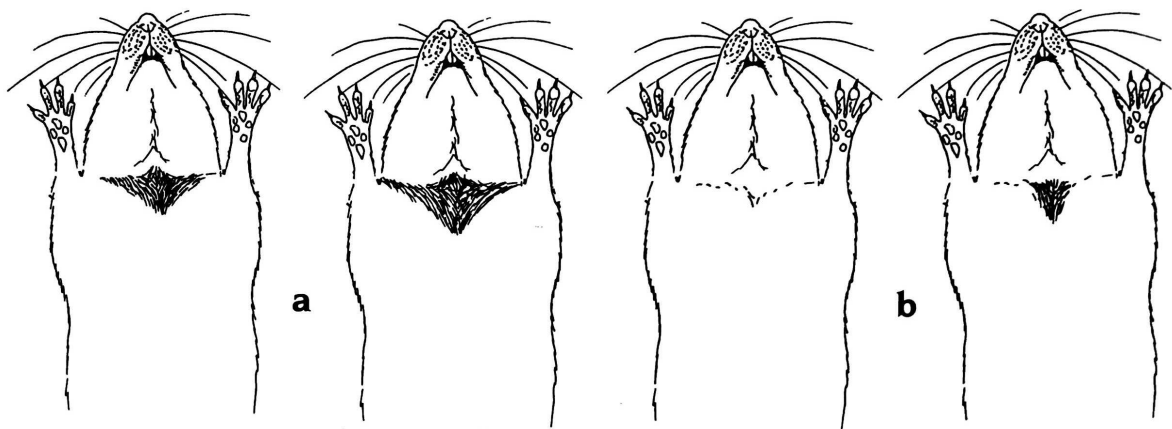


Figura 68: variazione dell'ampiezza della macchia golare in *Apodemus flavicollis* (a) e *Apodemus sylvaticus* (b).

Il topo selvatico dal collo giallo è strettamente legato ad ambienti forestali con abbondante copertura erbacea e arbustiva (Gurnell, 1985), solo raramente lo si rinviene nelle zone aperte colonizzate dal topo selvatico, il quale frequenta molteplici tipologie ambientali. Mentre il primo è presente dal livello del mare a 1850 m s.l.m. (Spitzenberger, 2002), il secondo sulle Alpi Occidentali arriva fino a quasi 2000 m s.l.m. mostrando però, alle quote più elevate, una spiccata tendenza a vivere in stretta vicinanza delle abitazioni umane (Debernardi *et al.*, 2003). Infine il topo selvatico alpino frequenta un *range* altitudinale compreso tra 550 e 2423 m s.l.m. accertati nel Parco Nazionale del Gran Paradiso (Debernardi *et al.*, 2003).

Appartenenti alla sottofamiglia dei Microtini, le arvicole differiscono da topi e ratti per la coda più corta, la struttura del corpo tondeggiante con la testa poco distinta dal corpo, caratterizzata da un muso più arrotondato con occhi e padiglioni auricolari piccoli e meno evidenti.

In Trentino sono presenti le specie di arvicole appartenenti ai generi *Myodes*, *Microtus* e *Chionomys*.

***Myodes glareolus* (Schreber, 1780)**

L'arvicola dei boschi è legata prevalentemente ad ecosistemi forestali: frequenta soprattutto le zone ricche di sottobosco provviste di abbondante lettiera, ma occupa anche aree oltre il limite della vegetazione abitando le brughiere alpine o sfruttando gli interstizi tra le rocce dei macereti. Nel Parco il rinvenimento più elevato di questa specie si localizza sul massiccio dell'Adamello



Figura 19: *Myodes glareolus* trappolata il 22/7/20 al P6.
(Foto da archivio BioMiti)

a 2.545 m d'altitudine (Dal Piaz, 1924).

Rappresenta un elemento caratteristico del bioclimate temperato (Amori *et al.*, 1986): sulle Alpi il numero degli individui aumenta progressivamente nell'arco di 3-4 anni raggiungendo densità molto elevate che improvvisamente subiscono un crollo prima di ricominciare il ciclo di crescita. Questo andamento, sincrono con altre specie di piccoli mammiferi (*Microtus spp.* e *Apodemus spp.*), ha un ruolo importante nel regolare il numero di individui di una popolazione ed è influenzato da aspetti eco-etologici come la lunghezza del periodo riproduttivo, la qualità e quantità di cibo, le interazioni sociali, la dispersione degli

individui non riproduttivi e l'impatto esercitato dai predatori (Amori *et al.*, 2008), a loro volta condizionati dai cambiamenti climatici.

L'arvicola rossastra ha occhi grandi, padiglioni auricolari ben visibili e coda decisamente più lunga rispetto a *Microtus spp.* Il caratteristico colore rossiccio del dorso, variabile a livello individuale e in base alla stagione, assume tonalità grigiastre sui fianchi per poi diventare biancastro sul ventre, mentre la coda è leggermente più chiara inferiormente (Fig. 19). Tra gli

ectoparassiti più comuni si citano gli acari *Trombicula zachvatkini*, *T. autumnalis*, *Ixodides* e le zecche (Amori *et al.*, 2000).

***Microtus arvalis* (Pallas, 1778)**

L'arvicola campestre colonizza prati e pascoli preferendo le aree collinari e montane in ambienti aperti. Presente sia nel fondovalle sia in quota, nelle Alpi Centrali diviene una specie tipicamente alpina legata alle praterie, segnalata fino ai 2.600 m s.l.m. del Rifugio Gavia (SO) (De Beaux, 1932). Predilige pascoli d'alta quota con fitta copertura erbacea, terreni freschi, profondi e ben drenati, ma abita anche in pascoli intrisi d'acqua (Val di Fumo in Adamello) e nei pressi delle pozze d'alpeggio (Malga Flavona nelle Dolomiti di Brenta) (Locatelli *et al.*, 1996). La segnalazione ufficiale più alta per la Provincia di Trento è localizzata sulla Presanella a 2100 m s.l.m. (Locatelli & Paolucci, 1998).

In ambiente alpino conduce una frenetica attività sotto la coltre nevosa alimentandosi delle piante coperte dalla neve o delle riserve immagazzinate nelle tane sotterranee, soprattutto leguminose, composite e graminacee (Amori *et al.*, 2008).

Il periodo riproduttivo, fortemente influenzato dalla disponibilità trofica, va da febbraio a novembre, con femmine che subito dopo il parto possono accoppiarsi nuovamente dando vita nell'arco di una stagione a 3-4 generazioni con cucciolate fino a 5 individui, sessualmente attivi già all'età di due settimane (Le Louarn & Saint Girons, 1977).

È identificabile oltre che per la sagoma tozza e la coda nettamente più corta delle altre arvicole, anche per il colore grigio-giallastro più chiaro (Fig. 20). Rispetto all'arvicola agreste (*Microtus lavernedii*) ha dimensioni ridotte, forma slanciata, piede posteriore che generalmente non supera i 16,5 mm e orecchie con padiglione auricolare sprovvisto di



Figura 20: *Microtus arvalis* trappolata il 28/7/20 al P5.
(Foto da archivio BioMiti)

lobo interno che sporgono nettamente dalla pelliccia (Amori *et al.*, 2008).

Le tracce della sua attività sono riconoscibili grazie alle piste superficiali che collegano gli imbocchi delle tane con le latrine e le zone di alimentazione, ben visibili con lo scioglimento della neve.

***Microtus multiplex* (Fatio, 1905) - *M. subterraneus* (de Selys Longchamps, 1836)**

Nel Parco tra le arvicole del sottogenere *terricola*, roditori tipicamente fossori, sono presenti l'arvicola di Fatio (*M. multiplex*) e l'arvicola sotterranea (*M. subterraneus*), distinguibili su basi genetiche o tramite analisi della morfologia dentale e craniale.

Entrambe hanno una coda corta tipica del genere *Microtus*, occhi molto piccoli, orecchie corte, arrotondate e in parte nascoste dal pelo (Fig. 21). La prima, rilevata nel territorio del Parco fino a 2370 m s.l.m. sulla Presanella (Paolucci, 1994), presenta una pelliccia con toni fulvo-ocra, predilige ambienti aperti umidi tra cui praterie e brughiere alpine con terreno fresco e profondo, ma anche lariceti. In novembre sembra particolarmente negativo il clima freddo, secco e la mancanza di neve al suolo, che provocano l'avvizzimento della vegetazione e aumentano l'effetto predatorio (Le Louran, 1974).

La seconda invece ha una colorazione generalmente grigiastro. Piuttosto tollerante nei riguardi dell'habitat frequenta vari ambienti tra cui radure, boschi di conifere, torbiere e praterie alpine anche oltre i 2000 m s.l.m. (De Franceschi *et al.*, 1994).



Figura 21: *Microtus (terricola) sp.* trappolata il 22/7/20 al P6.
(Foto da archivio BioMiti)

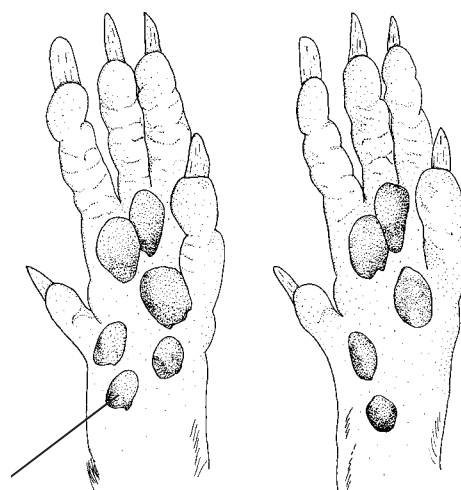


Figura 22: piede posteriore di (da sinistra):
Microtus arvalis e *M. (terricola) spp.*
(Da Sirugue, 1995 ridisegnato)

La distinzione tra *M. arvalis* e *M. (terricola) spp.* si basa sui caratteri esterni di quest'ultima: padiglioni auricolari appena sporgenti dalla pelliccia, occhi notevolmente piccoli, due paia di mammelle inguinali (*M. arvalis* ne ha anche un paio pettorali) e soprattutto cinque callosità del piede posteriore (*M. arvalis* ne presenta 6) (Fig. 22).

***Chionomys nivalis* (Martins, 1842)**

L'arvicola delle nevi, tipica specie orofila e rupicola, vive in ambienti rocciosi dove la presenza di blocchi litici forma interstizi nei quali colloca il nido. Alle quote più elevate è comune nei

macereti dei circhi glaciali, morene e frane oltre il limite del bosco, ma frequenta anche rododendro-vaccinieti e mughete. Sulle Alpi il limite altitudinale superiore è determinato dall'altezza delle cime: nelle Dolomiti, come risulta dal presente studio, questa specie è stata osservata fino a 2900 m s.l.m. della Cima Grostè, mentre sul Monte Bianco arriva a 4700 m s.l.m. (Saint Girons, 1973).

Specie stenoterma, la sua presenza alle alte quote è agevolata dalla temperatura abbastanza costante del suolo pietroso e dalla copertura nevosa durante l'inverno, al di sotto del quale si ripara da freddo e intemperie. Le popolazioni sono piuttosto stabili negli anni, non soggette alle fluttuazioni demografiche che caratterizzano le altre specie di arvicole. Studi condotti sulle Dolomiti trentine hanno evidenziato che la densità varia tra 4-8 esemplari per ettaro.

Raramente l'*home range* di esemplari adulti dello stesso sesso si sovrappongono, dimostrando una spiccata territorialità (Locatelli & Paolucci, 1998).

Le sue dimensioni sono maggiori di quelle delle altre arvicole ed è facilmente riconoscibile grazie a caratteri esterni come il muso appuntito con vibrisse lunghe fino a 5 mm e la folta pelliccia di colore grigio-brunastro dorsalmente, più chiara nella parte ventrale (Fig. 23).



Figura 23: giovane *Chionomys nivalis* trappolato il 5/8/20 al P2.
(Foto da archivio BioMiti)

3.3 Rilevamento dei dati faunistici

3.3.1 Cattura-Marcatura-Ricattura (CMR)

Il metodo che permette di ottenere maggiori informazioni sulle popolazioni di piccoli mammiferi consiste nella cattura diretta degli animali. Tale tecnica permette di rilevare la presenza degli animali e determinare con certezza la specie, calcolare indici di abbondanza e applicare protocolli di Cattura-Marcatura-Ricattura per stimare la densità di popolazione. Riconducendo ad una superficie di campionamento la griglia di trappole, il numero di individui trappolati può essere quindi rapportato all'area di cattura.

Il procedimento prevede che gli individui vengano catturati, marcati e rilasciati supponendo che una parte di questi venga successivamente ricatturata con uguale probabilità. Si basa sul presupposto che, se una frazione della popolazione della specie oggetto di studio viene catturata e marcata (C_1), una volta rilasciata si ricongiungerà al resto della popolazione mescolandosi in maniera uniforme con gli individui non marcati. In seguito, effettuando una nuova sessione di cattura, alcuni animali marcati verranno ricatturati (M_2) e rappresenteranno una frazione di individui catturati nella seconda sessione (C_2), che è uguale alla frazione di individui catturati e marcati nella prima sessione di catture (C_1) rispetto alla popolazione complessiva (T) (Gagliardi & Tosi, 2012). Il concetto è espresso, in termini matematici, dalla seguente equazione:

$$M_2 : C_2 = C_1 : T$$

da cui è possibile ricavare la dimensione della popolazione complessiva

$$T = \frac{C_2 \times C_1}{M_2}$$

Tale presupposto ha valore solo se la cattura e la marcatura degli individui non influenzano in alcun modo la sopravvivenza degli stessi. Per questo motivo è necessario che la metodologia impiegata non provochi *stress* eccessivo che si può manifestare con squilibri dal punto di vista ormonale e immunitario a volte anche a distanza di settimane (Simonetta & Martini, 1998), e non determini alterazioni del comportamento degli animali. Inoltre è indispensabile che la marcatura applicata sia quanto più possibile neutra, ovvero non aumenti la visibilità dell'animale esponendolo ai predatori.

3.3.2 Protocollo di monitoraggio

Ogni uscita sul campo prevede un iniziale sopralluogo nel *plot* in modo da individuare le trappole chiuse, controllando preventivamente se all'interno è presente l'animale. Sulla scheda di monitoraggio, denominata “griglia di cattura”, vengono segnate quali e quante trappole contengono i piccoli mammiferi (Fig. 24).

Il foglio è compilato inserendo: il numero del *plot*, la data, la sessione (o replica) e il numero progressivo del giorno di cattura, se si tratta della prima giornata di attivazione delle trappole o di un'uscita di controllo, precisando se è stata effettuata la mattina o la sera. Infine sono indicati il nome e cognome dei rilevatori e segnate le condizioni meteo, fattore che può influire sul comportamento e i ritmi di attività delle specie.

SCHEDA GRIGLIA DI CATTURA

PLOT: _____ REPLICA: _____ Tot. Catture _____

Data: _____ Attivazione _____ Controllo _____ Rilevatori: _____

Giorno 1 2 3 4 Mattino Sera Pioviggine piovigginne coperto nebbia sereno vento

A	B	C	D
H	G	F	E
I	L	M	N
R	Q	P	O

NOTE: _____

SCHEDA BIOMETRIE PICCOLI MAMMIFERI

ID animale _____ Marca _____ Specie _____

Data _____

Giorno 1 2 3 4 Mattino Sera Rilevatori _____

Replica n. _____ Stazione (plot) _____ Nodo griglia _____

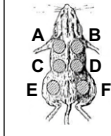
Peso _____ Classe d'età
 Giovane Sub-adulto Adulto Indeterminato

SESSO
 ♂ ♀ ?
 Non riproduttivo Non riproduttiva Tappo vaginale
 Testicoli addominali Vagina chiusa Capestzoli evidenti
 Testicoli scrotali Vagina aperta Gravida

BIOMETRIE

Testa-corpo (TC)	mm
Coda (C)	mm
Piede posteriore (PP)	mm
Padiglione auricolare (PA)	mm
Distanza uro-genitale (UG)	mm

CODICI MARCATURA



A	AB	BC	CD	DE	EF
B	AC	BD	CE	DF	
C	AD	BE	CF		
D	AE	BF			
E	AF				
F					
ABC	ACE	BCD	BEF		
ABD	ACF	BCE	CDE		
ABE	ADE	BCF	CDF		
ABF	ADF	BDE	CEF		
ACD	AEF	BDF	DEF		

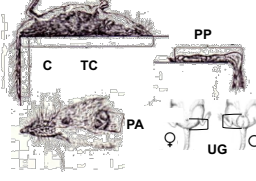


Foto da: _____
a: _____

Parassiti

Dove	Zecche	Altro
	- + ++	- + ++
Coda		
Genitali		
Piede p.		
Piede a.		
Orecchie		
Altro		

Figura 24: schede di monitoraggio relative alla griglia di cattura (a sinistra) e alle biometrie dei piccoli mammiferi (a destra).

Il campionamento inizia dando la precedenza ai toporagni, specie particolarmente sensibili le cui biometrie vengono rilevate solo se lo stato di salute e il grado di *stress* dell'individuo lo consentono, altrimenti sono rilasciati. La marcatura dei toporagni non viene mai effettuata in quanto la ricattura non sarebbe rappresentativa della popolazione.

Ogni individuo viene inizialmente trasferito in un sacchetto trasparente che permette di pesarlo agevolmente con l'ausilio di una bilancia di precisione, visualizzando al contempo l'animale. La massa corporea è stata calcolata sottraendo al totale il peso del sacchetto insieme al materiale vegetale al suo interno. Questo parametro è utile per definire a posteriori la classe d'età degli animali "indeterminati", adottando un criterio basato su tabelle riferite alla massa corporea degli individui adulti (All. 7): sotto ad un certo peso vengono classificati giovani e subadulti. Questo metodo limita il grado di errore agli individui subadulti con peso maggiore della soglia prestabilita, che risulteranno catalogati come adulti.

In alcuni casi è invece possibile stimare l'età in base al periodo di cattura, per esempio in primavera ci saranno solo adulti; l'aspetto e il colore della pelliccia, tendenzialmente più uniforme e grigiastro negli individui giovani; lo stato riproduttivo e il grado di usura dei denti.

In seguito l'individuo viene estratto dal sacchetto indossando dei guanti da giardinaggio e tramite osservazione diretta viene dedotta la specie, il sesso e lo stato riproduttivo.

Il dimorfismo sessuale è evidente osservando gli organi genitali (Fig. 25): i maschi sono contraddistinti dalla presenza del pene e dei testicoli, ben visibili negli adulti se si trovano in posizione scrotale (Fig. 26). A seconda dello stato riproduttivo le femmine mostrano la vagina aperta o chiusa (Fig. 26) e capezzoli più evidenti durante l'allattamento.

La distanza uro-genitale è un parametro utile a definire il sesso degli individui, essendo più breve nelle femmine rispetto ai maschi (Hoffman *et al.*, 2010).

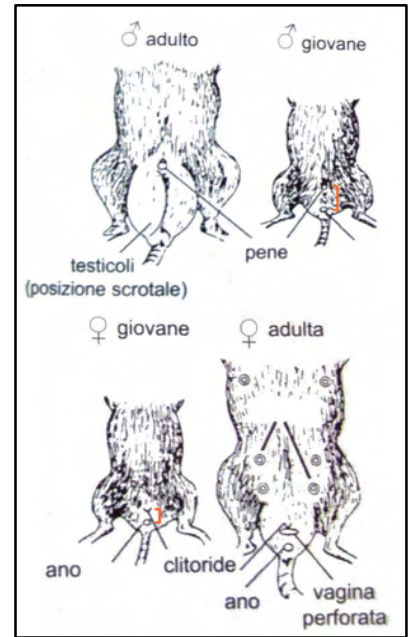


Figura 75: riconoscimento del sesso di individui adulti e giovani.

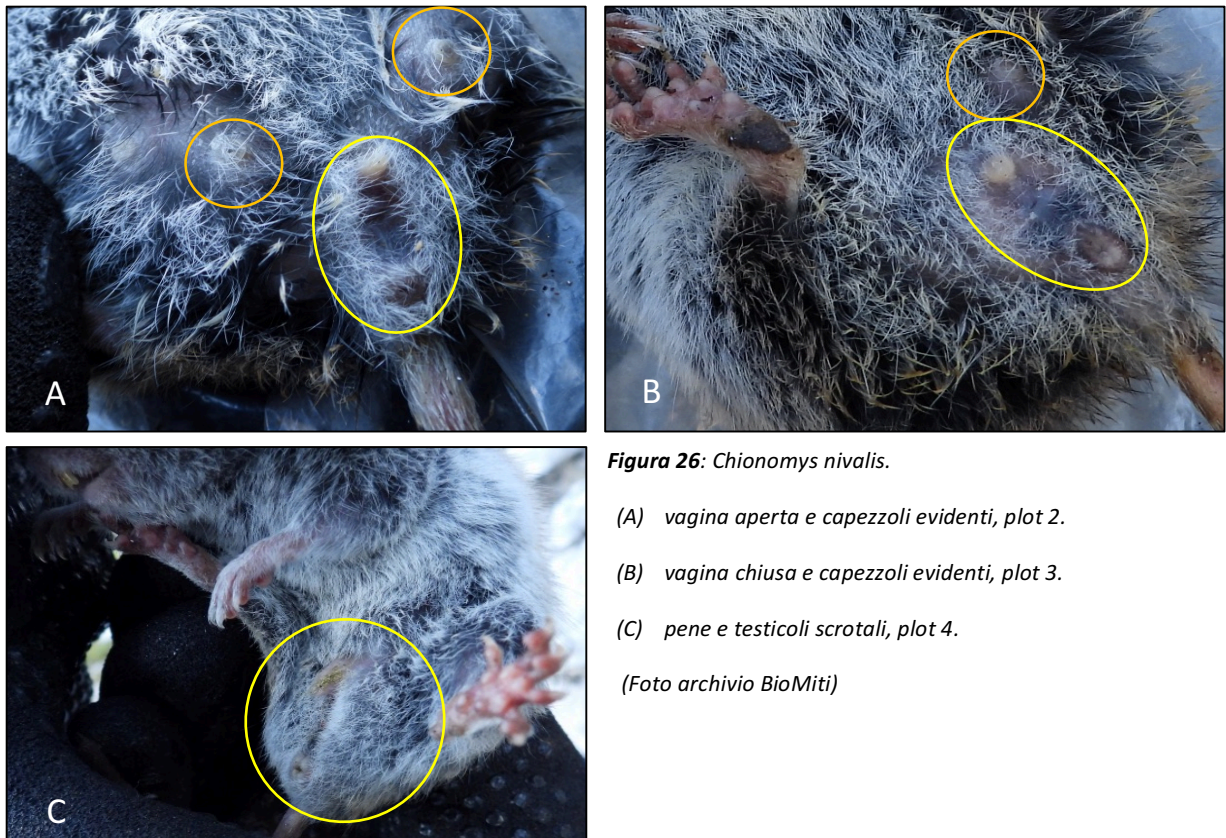


Figura 26: *Chionomys nivalis*.

(A) vagina aperta e capezzoli evidenti, plot 2.

(B) vagina chiusa e capezzoli evidenti, plot 3.

(C) pene e testicoli scrotali, plot 4.

(Foto archivio BioMiti)

Durante le prime fasi del ciclo estrale (All. 8) la vagina è considerata aperta, anche se spesso durante il proestro può apparire chiusa a causa del gonfiore, mentre nel diestro si sta effettivamente chiudendo e la femmina non è più ricettiva. Dopo l'accoppiamento si forma il tappo vaginale, sostanza di colore bianco-giallastro originata dalla coagulazione delle proteine eiaculate che permane all'interno del tratto riproduttivo femminile per circa 24 ore (Schneider

et al., 2016). Il tappo ha la funzione di barriera meccanica volta a favorire la fecondazione maschile durante gli accoppiamenti promiscui, limitando significativamente il numero degli spermatozoi rivali (Stockley *et al.*, 2020).

I dati biometrici (Fig. 27) sono rilevati con l'ausilio di un calibro di precisione e confrontati con riferimenti bibliografici in modo da verificare i parametri delle specie dubbie.

- Testa-corpo (TC): distanza dalla punta del naso alla base della coda.
- Piede posteriore (PP): misurato escludendo le falangi.
- Padiglione auricolare (PA)
- Distanza uro-genitale (UG)
- Coda (C): parte carnosa dalla base fino alla punta con esclusione del ciuffo di peli terminale.

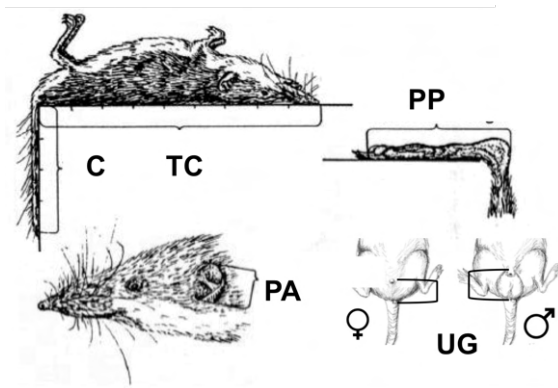


Figura 87: a sinistra, misure morfometriche rilevate. (Hoffman *et al.*, 2010)
A destra, misurazione del piede posteriore di *Microtus arvalis* al plot 5. (Foto archivio BioMiti)

Le informazioni ricavate sono riportate sulla scheda “biometrie dei piccoli mammiferi” (Fig. 24), aggiungendo l'eventuale presenza ed abbondanza di parassiti in parti specifiche del corpo. Infine, si scattano alcune fotografie di riferimento in modo da catalogare ogni individuo con i dettagli anatomici o segni particolari.

Prima del rilascio, i piccoli mammiferi vengono marcati mediante rasatura del pelo in specifiche aree cutanee, metodo che rende temporaneamente riconoscibili gli animali in accordo con le tempistiche delle sessioni di monitoraggio. Sono state quindi adottate varie combinazioni (codici di marcatura in *figura 24*) segnate nell'apposita sezione della scheda di monitoraggio. La scelta di questa tecnica è dovuta all'esigenza di non provocare situazioni di *stress* eccessivo durante la manipolazione degli individui, inoltre la marca non deve influenzare la sopravvivenza degli animali esponendoli ai predatori e influire sul loro comportamento o quello dei conspecifici nei loro confronti.

3.3.3 Fototrappolaggio

Il fototrappolaggio è un metodo di monitoraggio della fauna basato sull'utilizzo di fotocamere per testimoniare la presenza di una specie, studiarne l'ecologia, l'abbondanza e la distribuzione sul territorio. Tali strumenti di ripresa permettono di scattare fotografie e registrare video attivandosi al passaggio di un animale, affiancando alla cattura delle immagini una serie di metadati: ora, data, fase lunare e temperatura al momento dello scatto (Fig. 28). Grazie alle informazioni memorizzate è possibile analizzare i ritmi di attività giornalieri dei piccoli mammiferi.



Figura 28: arvicola fototrappolata nel plot 4 in corrispondenza della trappola P.

Sono state utilizzate fototrappole ad infrarossi modello SG2060-X, protette da una custodia in metallo e dotate di una batteria supplementare esterna. Posizionandole sul terreno ad un metro di distanza dalle trappole Sherman LFA, viene registrato il comportamento dei piccoli mammiferi in relazione alle trappole permettendo inoltre di verificarne il corretto

funzionamento. Nell'ambito del lavoro di monitoraggio già programmato sono state posizionate in alcuni *plot*, durante il *prebaiting* e le catture, un numero variabile di fototrappole: 8 nei *plot* 2, 3, 4 collocandole in modo alternato rispetto alla griglia di cattura e 2 nel *plot* 6. La strumentazione fotografica è stata impostata in modo da realizzare ad ogni attivazione uno scatto e un video di 10 secondi, con un intervallo di 0 secondi tra un evento di fototrappolaggio e il successivo.

3.4 Rilevamento dei parametri climatici

3.4.1 Data Logger

I parametri microclimatici vengono rilevati collocando al centro dei *plot* un *Data Logger* modello *Tinytag Plus 2 TGP-4500*, strumento ideato per registrare tramite sensori integrati la percentuale di umidità relativa (HR), la temperatura oraria e il punto di rugiada in °C.

I rilevatori, attivati nel 2018, sono stati installati a 5-10 cm di profondità nel suolo di ogni *plot*. Dove possibile (*plot* 1, 2, 4, 6) un secondo sensore è stato montato su un supporto in legno

all'altezza di 150 cm dal terreno, coperto da un rivestimento bianco per evitare che l'irraggiamento diretto del sole surriscaldi lo strumento (Fig. 29). Ogni anno, al termine della stagione di monitoraggio, i dati registrati vengono scaricati e visualizzati nel software "Tinytag Explorer" per poi essere esportati, analizzati e confrontati in Microsoft Excel.



Figura 29: Data Logger posizionato per registrare i parametri relativi all'aria.
(Foto archivio PNAB)

3.5 Archiviazione dei dati

I dati raccolti durante i monitoraggi vengono archiviati al termine di ogni uscita sul campo. Grazie all'elaborazione di tre *database* di tipo alfanumerico organizzati in tabelle *Excel*, è possibile consultare tutte le informazioni rilevate.

1. *File* "catture": riunisce i dati segnati sulle schede di monitoraggio durante le sessioni di trappolaggio in modo da agevolare la lettura, il confronto e l'analisi.
2. *File* "fototrappole": è stata creata una tabella annotando, per ogni foto o video, le informazioni ricavate dai metadati; la trappola, il *plot* e la sessione di monitoraggio a cui sono riferiti; l'attività svolta dai piccoli mammiferi ed eventuali interazioni tra individui. Quando possibile è stata identificata la specie e, se visibile la marca derivante dalla rasatura del pelo, l'individuo. Infine è stato evidenziato se la registrazione è avvenuta di giorno o di notte.
3. *File* "microclima": sono stati estrapolati i dati corrispondenti al periodo di monitoraggio dei piccoli mammiferi, suddividendoli a seconda della replica corrispondente ed evidenziando per ciascuna sessione i valori minimi, medi e massimi registrati riferiti a temperatura e umidità relativa.

4. ANALISI DEI DATI

L'analisi dei dati relativi alle catture di piccoli mammiferi è stata effettuata tenendo conto dello sforzo di campionamento, definito come il totale delle ore in cui le trappole sono rimaste attive, parametro necessario per comparare correttamente le diverse zone campionate.

Il calcolo dell'Indice di Cattura (IC) consente di rapportare la resa delle catture allo sforzo di campionamento esercitato sulle diverse aree indagate.

$$IC = \frac{n^{\circ} \text{ individui o specie catturati o catture totali}}{\text{ore trappola} \times n^{\circ} \text{ trappole}}$$

Per caratterizzare le comunità di piccoli mammiferi in un'area, oltre alla conoscenza della distribuzione delle singole specie e del numero minimo certo degli individui, è opportuno utilizzare indici sintetici che permettano di avere una visione d'insieme, confrontabili a livello spaziale e temporale così da evidenziare cambiamenti in termini di biodiversità all'interno dei *plot*. Per analizzare i dati si è scelto di utilizzare degli indici quantitativi:

- indice di **Ricchezza Specifica** (RS): è definito come il numero di specie presenti in ciascun *plot*, le quali sono considerate con importanza paritaria, contribuendo in egual modo al calcolo del valore dell'indice;
- indice di **Dominanza** (Simpson, 1949): permette di individuare la specie preponderante attraverso la probabilità che due individui scelti a caso dal campione appartengano alla stessa specie. Tiene conto dell'abbondanza relativa di ciascuna specie, calcolata tramite il rapporto tra numero di individui della specie *i*-esima (N_i) e il totale degli individui che compongono la comunità (N).

$$D = \sum \left(\left(\frac{N_i}{N} \right)^2 \right) \quad \text{dove: } 0 < D < 1$$

Alti valori di dominanza caratterizzano ambienti degradati o contraddistinti da condizioni ecologiche che consentono la sopravvivenza solo di alcune specie;

- indice di **diversità** (Shannon, 1948; Wiener, 1949): dipende sia dalla Ricchezza Specifica sia dall'uniformità delle relative abbondanze. Questi parametri ne aumentano il valore fino ad un massimo teorico ($H'_{\text{Max}} = \text{Log}(\text{RS})$), mentre è uguale a zero se è presente una sola specie dominante;

$$H' = -\sum \left(\frac{N_i}{N} \times \text{Log} \left(\frac{N_i}{N} \right) \right)$$

- **Evenness** (Pielou, 1975): l'indice di equiripartizione considera l'abbondanza con la quale gli individui sono distribuiti tra le varie specie che compongono una comunità.

$$J = \frac{H'}{H'_{max}} \quad \text{dove: } 0 < J < 1$$

Il valore ottenuto tende a zero se sono presenti numerose specie con pochi individui e una sola specie dominante con molti individui, mentre il valore massimo viene raggiunto nel caso in cui tutte le specie siano presenti con la stessa abbondanza.

I dati ottenuti grazie al fototrappolaggio sono stati analizzati, in base alla data e ora di ripresa, distinguendo le registrazioni effettuate durante il giorno (8:00 - 20:00) e la notte (20:00 - 8:00). Tale suddivisione è stata operata utilizzando come riferimento l'intervallo temporale tra le sessioni di controllo delle catture. Per completezza, sono stati considerati anche i differenti orari di alba e tramonto per ogni giorno di monitoraggio², così da avere un'idea dell'attività dei piccoli mammiferi in relazione ai ritmi circadiani. In seguito sono stati esaminati i picchi di attività dei piccoli mammiferi a seconda dell'orario. Tali ripartizioni forniscono indicazioni operative al fine di stabilire la frequenza con la quale è opportuno effettuare i controlli delle trappole.

Attraverso il fototrappolaggio non è sempre possibile distinguere gli individui ritratti, anche nel caso siano presenti le marche che ne consentono il riconoscimento. I due metodi di monitoraggio utilizzati, Cattura-Marcatura-Ricattura (CMR) e fototrappolaggio (FT), sono stati quindi confrontati sulla base delle catture complessive e del totale di eventi registrati. Se l'intervallo di tempo tra le foto o i video è inferiore ai 5 minuti, o è possibile determinare con certezza che si tratta dello stesso individuo gravitante nel raggio d'azione della fototrappola, si è deciso di contare tali registrazioni come un unico evento.

Per rendere i risultati confrontabili a quelli delle catture, è stato calcolato anche per il fototrappolaggio l'Indice di Cattura, definito come il rapporto tra il tasso di cattura fotografica, ovvero la somma del numero di registrazioni valide per ciascun *plot* e lo sforzo di campionamento dato dalle ore totali in cui le fototrappole sono rimaste operative.

$$IC = \frac{\text{tasso di cattura fotografica}}{\text{ore di registrazione} \times \text{n}^\circ \text{ fototrappole}}$$

² <https://www.simonepomata.com/apps/orari-alba-tramonto#2021/3/TN/90-50>

5. RISULTATI E DISCUSSIONE

5.1 Comunità e gradiente altitudinale

I dati raccolti hanno permesso di evidenziare la distribuzione altitudinale delle specie, delineare le preferenze ecologiche e individuare la composizione delle diverse comunità.

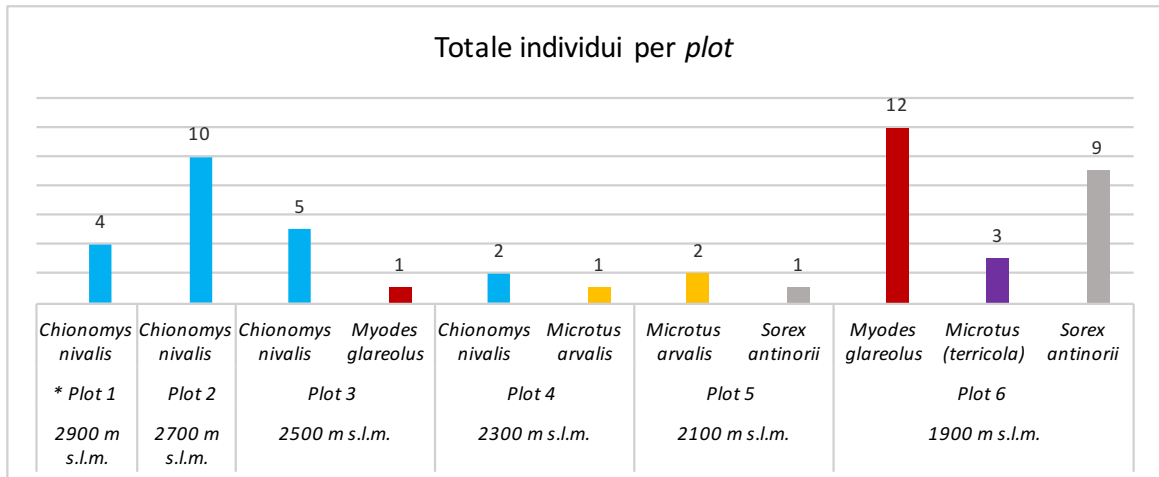


Figura 30: totale degli individui di ogni specie trappolati in ciascun plot.
(*sono state eseguite meno di tre sessioni di cattura)

Il grafico in *figura 30* fornisce una rappresentazione della distribuzione in ciascun *plot* delle specie di piccoli mammiferi censite. Agli estremi del gradiente altitudinale, si ottengono composizioni delle comunità completamente differenti (Fig. 1): a 2900 m s.l.m. è presente solo l'arvicola delle nevi (n=4), mentre a 1900 m s.l.m. sono state trappolate l'arvicola rossastra (n=12), l'arvicola sottogenere *terricola* (n=3) e il toporagno del Vallese (n=9). Tuttavia bisogna considerare che al *plot 1* nell'estate 2020 è stato eseguito solo un controllo, invece di tre sessioni di campionamento, a causa della permanenza del manto nevoso al suolo, fattore che non consente lo svolgimento in sicurezza delle operazioni di monitoraggio (All. 5).

Per quanto riguarda il toporagno del Vallese, unica specie che non è stata marcata, il totale degli individui del *plot 6* è stato dedotto a causa del decesso di 9 toporagni su 10 all'interno delle trappole.

Tabella 1: Indice di Cattura (IC) calcolato per ogni plot monitorato.

Plot	P1	P2	P3	P4	P5	P6
N° ore trappola	12	60	60	60	60	60
N° trappole	16	16	16	16	16	16
N° individui	4	10	6	3	3	24
N° specie	1	1	2	2	2	3
IC individui (%)	2,1	1,0	0,6	0,3	0,3	2,5
IC specie (%)	0,5	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3

La resa dei campionamenti, rapportata allo sforzo di cattura esercitato in ogni *plot*, risulta maggiore al *plot* 6 in termini di individui trappolati, mentre per quanto riguarda le specie è più elevata al *plot* 1 (Tab. 1). In quest'ultimo caso è plausibile presupporre, data la pressione selettiva che impongono gli ambienti d'alta quota, che non siano presenti altre specie oltre all'arvicola delle nevi.

I risultati di questo primo anno di monitoraggio permettono di fare alcune considerazioni in merito alla distribuzione altitudinale aggiornata delle specie target del presente monitoraggio e dare un'idea della biodiversità dei *plot*, parametro utile per confrontare serie temporali (Fig. 31 e 32).



Figura 31: numero di individui delle specie presenti nei *plot* 1,2,3 e relativi Indici di biodiversità.

L'arvicola delle nevi raggiunge sul versante francese del Monte Bianco i 4700 m s.l.m. (Saint Girons, 1973), mentre sulle Dolomiti era stata precedentemente segnalata a 2700 m s.l.m. (Locatelli & Paolucci, 1996). Il presente studio aggiorna la presenza di questa specie sulle Dolomiti fino ai 2900 m s.l.m. della Cima Grostè (*plot* 1).

Sulle Alpi il limite altitudinale superiore è determinato dall'altezza delle cime, tuttavia in Italia l'arvicola delle nevi è predominante tra i 1500 e i 2000 m di quota, in quanto influenzata principalmente dalla nicchia ecologica piuttosto che dalle temperature (Nappi, 2002). L'habitat ottimale è rappresentato da aree aperte con substrato roccioso composto da grossi massi che occupano il 90% della superficie, con un massimo del 10% di copertura vegetale (Janeau, 1980). Queste caratteristiche corrispondono al

plot 2, dove è stata rilevata la maggior abbondanza di individui nonostante l'assenza di catture durante la prima sessione (Fig. 30; All. 5). Anche nei *plot* 3 e 4 sono presenti depositi di grande frana (Zanoner *et al.*, 2019), ma il numero di individui trappolati decresce. Questa specie colonizza non solo i macereti di alta quota ma, come dimostrano le catture al *plot* 1, si spinge fino alle cime montuose. L'area campione più elevata è caratterizzata per la maggior parte da

pavimenti calcarei, ma la conformazione dell'area, anche in assenza di grossi massi, consente all'arvicola delle nevi di ricavare rifugi idonei grazie all'alterazione e frammentazione della roccia.

L'arvicola rossastra, specie prevalentemente legata ad ecosistemi forestali, come dimostra l'elevato numero di individui trappolati al *plot* 6 (Fig. 30 e 32), è stata rinvenuta nel Parco fino a 2.545 m d'altitudine sul massiccio dell'Adamello (Dal Piaz, 1924). Anche nell'ambito del progetto BioMiti è stata osservata fino ai 2500 m s.l.m. del *plot* 3, dove condivide l'habitat con l'arvicola delle nevi, simpatria registrata anche nell'area dei laghi di Cornisello a 2100 m s.l.m. (Ferrari, 2016). Poiché l'arvicola rossastra è una specie generalista con alta plasticità ecologica in risposta alle modifiche ambientali e microclimatiche (Parmesan, 2006), può colonizzare rapidamente territori posti a quote più elevate (Imholt *et al.*, 2015), come il macereto con macchie vegetate del *plot* 3. La coesistenza delle due specie potrebbe essere favorita da una separazione della nicchia alimentare (Dueser & Shugart, 1978): l'arvicola rossastra seleziona cibi energetici come semi, funghi e invertebrati, mentre l'arvicola delle nevi è adattata ad una dieta ipocalorica basata su parti vegetali ricche di cellulosa (Butet & Delettre, 2011). È quindi improbabile che si instauri competizione interspecifica (Allainè & Yoccoz, 2003). Tali fenomeni potranno essere approfonditi nell'ambito del progetto BioMiti, studiando le variazioni future delle popolazioni, analizzando la dieta e valutando le risorse disponibili grazie ai dati dei rilievi fitosociologici e i campionamenti degli invertebrati.

L'arvicola campestre, specie tipicamente alpina legata alle praterie, nelle Alpi Centrali è segnalata fino ai 2.600 m s.l.m. del Rifugio Gavia (SO) (De Beaux, 1932). La segnalazione ufficiale più alta per la Provincia di Trento è localizzata sulla Presanella a 2100 m s.l.m. (Locatelli & Paolucci, 1998), ma il presente studio la porta a 2300 m s.l.m. sul gruppo di Brenta (Fig. 30 e 32). In quest'area campione,

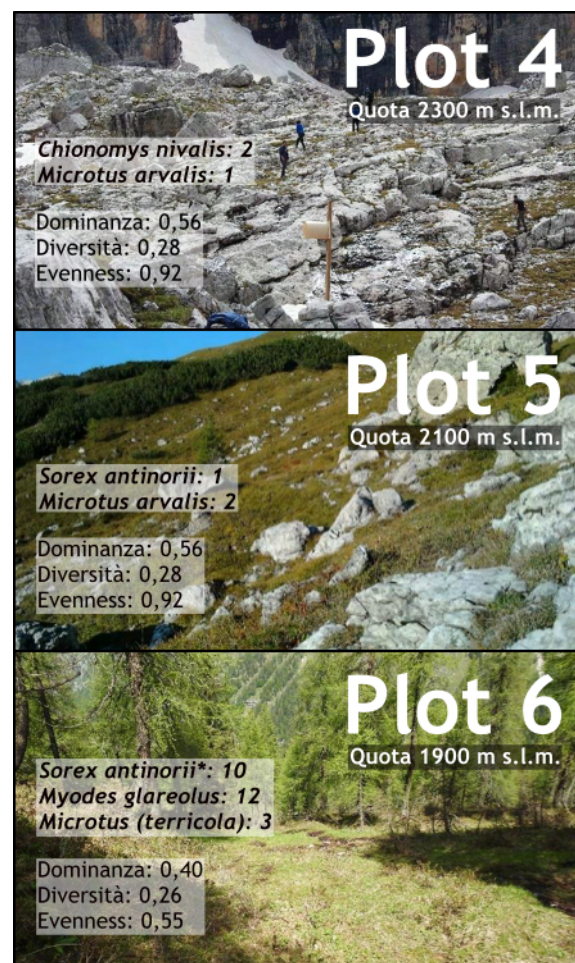


Figura 32: numero di individui delle specie presenti nei *plot* 4,5,6 e relativi Indici di biodiversità.

L'arvicola campestre è stata rilevata insieme all'arvicola delle nevi, probabilmente grazie alla presenza nel *plot* 4 di habitat ottimali per entrambe le specie: a valle è presente una prateria intervallata da roccia calcarea, a monte substrato roccioso. Al *plot* 5 condivide invece il territorio con il toporagno del Vallese, insettivoro che in condizioni di scarsa disponibilità di invertebrati tra l'estate e l'autunno può predare i piccoli dell'arvicola campestre (Liesenjohann *et al.*, 2013).

Cinque fra le specie target non sono state rilevate pur essendo biogeograficamente ed ecologicamente compatibili con l'area di studio.

Per quanto riguarda il genere *Sorex*, ogni specie ha un particolare regime alimentare e periodi di attività ben definiti. Tali fattori, unitamente ad un'elevata biodiversità vegetale che riflette quella degli invertebrati, consentono loro di vivere in sinantropia spartendosi le nicchie ecologiche. Nelle comunità di toporagni comunque si nota spesso la dominanza di una specie sulle altre, con il toporagno del Vallese che si impone a quote più elevate (Locatelli & Paolucci, 1998), come nel caso oggetto di studio.

La presenza del toporagno nano nel Parco è accertata in corrispondenza delle comunità a megaforie e nelle peccete, ma probabilmente frequenta tutti gli ambienti fino al limite della vegetazione arborea (Locatelli *et al.*, 1996). In virtù della scarsa attività fossoria che lo espone maggiormente a predazione rispetto ai congeneri, esige ambienti con buona copertura del suolo, presenti nell'ambito del presente studio solo nel *plot* 6. Secondo alcuni autori, le scarse osservazioni relative a questa specie potrebbero essere legate all'utilizzo di trappole a scatto che faticano ad azionarsi a causa del ridotto peso corporeo degli animali (3-6 g negli adulti), i quali vengono preferibilmente monitorati con l'ausilio di trappole a caduta (Patriarca & Debernardi, 1997; Locatelli *et al.*, 1996). Tale ipotesi può incidere sulla probabilità di cattura della specie, tuttavia durante le sessioni di campionamento, grazie al rilevamento di un giovane toporagno del Vallese, è stato confermato il corretto funzionamento delle trappole fino ad un peso dei piccoli mammiferi pari a 3 g.

Il toporagno alpino, con presenza limitata ad ambienti rocciosi con elevata umidità, viene osservato con maggiore frequenza in boschi di latifoglie e peccete (Patriarca & Debernardi, 1997; Locatelli *et al.*, 1996; Benedek, 2006; Kamenišťák *et al.*, 2019), habitat presenti a quote inferiori all'area di studio. Inoltre la densità di popolazione di questa specie varia da 1 a 2 animali per ettaro (Nosek *et al.*, 1972), quindi l'assenza di contatti potrebbe essere attribuita alla ridotta superficie di campionamento.

La mancanza di rilevamenti di specie appartenenti al genere *Apodemus* può essere ricondotta alle preferenze ecologiche: generalmente abitano infatti a quote più basse rispetto a quelle

monitorate. Il passaggio da boschi alpini di latifoglie a quelli di conifere corrisponde ad un aumento dell'abbondanza di arvicola rossastra rispetto ad *A. sylvaticus* e *A. flavicollis* (Praz & Meylan, 1973). Inoltre la presenza di *A. alpicola*, che frequenta zone boscate anche ad altitudini più elevate, rimane da confermare nel territorio del Parco.

La trasgressione altitudinale degli ecosistemi causata dal surriscaldamento globale, componente monitorata grazie ai rilievi fitosociologici, potrebbe manifestarsi in concomitanza con un aumento di queste specie nell'area di studio. Per questo motivo si ritiene di fondamentale importanza considerare questi piccoli mammiferi tra le specie target, inoltre eventuali rilevamenti implementerebbero le scarse conoscenze sulla loro ecologia e distribuzione.

La Ricchezza Specifica diminuisce all'aumentare della quota (Fig. 33): sono state rilevate una specie tra 2900-2700 m s.l.m.; due specie tra 2500-2100 m s.l.m.; tre specie a 1900 m d'altitudine. Tale andamento è in accordo con quanto riscontrato nel Parco Nazionale del Gran Paradiso, dove la ricchezza in specie raggiunge un picco tra i 1700-2000 m s.l.m. in relazione all'aumento della produzione primaria e la diversità ambientale (Bertolino & Mori, 2016).

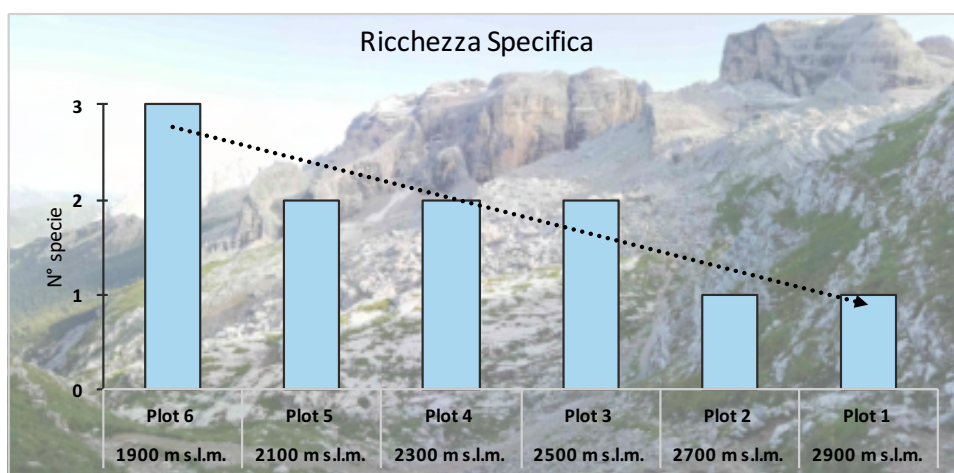


Figura 33: andamento dell'Indice di Ricchezza Specifica in relazione alla quota.

Trattandosi di un progetto di monitoraggio a lungo termine, la struttura delle comunità di piccoli mammiferi è stata rappresentata in termini di diversità biotica, parametro che permetterà di evidenziarne i cambiamenti nei prossimi anni (Fig. 34).

I *plot* 1 e 2 sono dominati da una sola specie in quanto le condizioni ecologiche favoriscono l'arvicola delle nevi, al contrario il *plot* 6 mostra la maggior diversità in specie: in accordo con le ricerche effettuate nel Parco, le comunità del lariceto sono rappresentate da arvicola rossastra, arvicola sottogenere terricola e toporagno del Vallese. Questa tipologia ambientale, grazie alla scarsa copertura delle chiome, sviluppa un fitto sottobosco che garantisce un habitat idoneo a sostenere elevate densità di insettivori e roditori (Locatelli & Paolucci, 1998). L'equiripartizione (o *evenness*) raggiunge i valori massimi ai *plot* 4 e 5, dove le specie sono

presenti quasi con la stessa abbondanza, mentre l'assenza di diversità specifica nei *plot* 1 e 2 non consente il calcolo dell'indice.

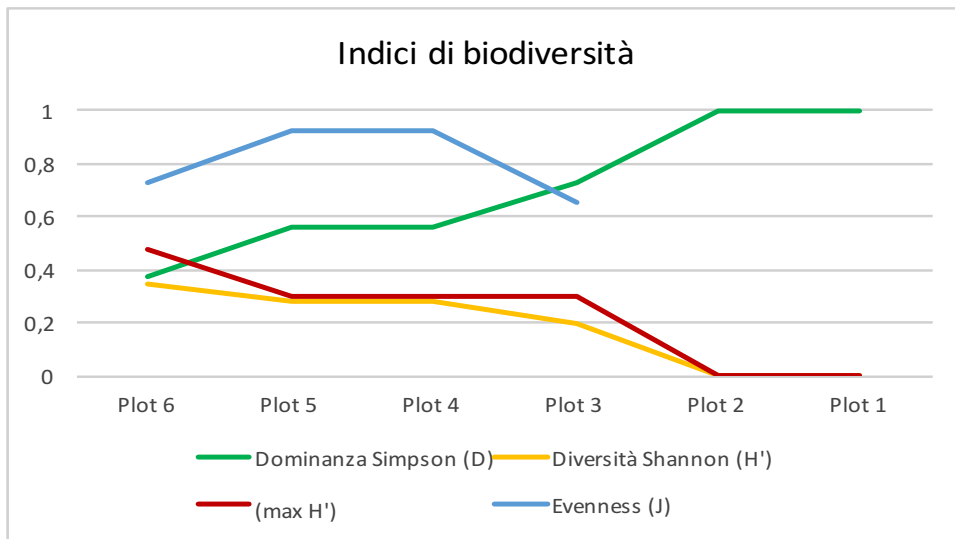


Figura 34: andamento degli Indici di biodiversità in relazione alla quota.

Confrontando la distribuzione delle catture tra le sessioni di campionamento (Fig. 35), si nota come la seconda, effettuata tra il 20 luglio e il 7 agosto, sia quella con il maggior numero di individui trappolati, ad eccezione del *plot* 5 dove l'insieme delle catture è di per sé molto basso. Tale andamento si può ricondurre alla stagione riproduttiva dei piccoli mammiferi, compresa generalmente tra aprile e ottobre con un picco delle nascite nei mesi estivi: in tutte le aree campione le femmine ricettive o gravide sono state rilevate durante la prima e la seconda sessione, mentre le catture di individui giovani e subadulti sono concentrate tra la seconda e la terza sessione.

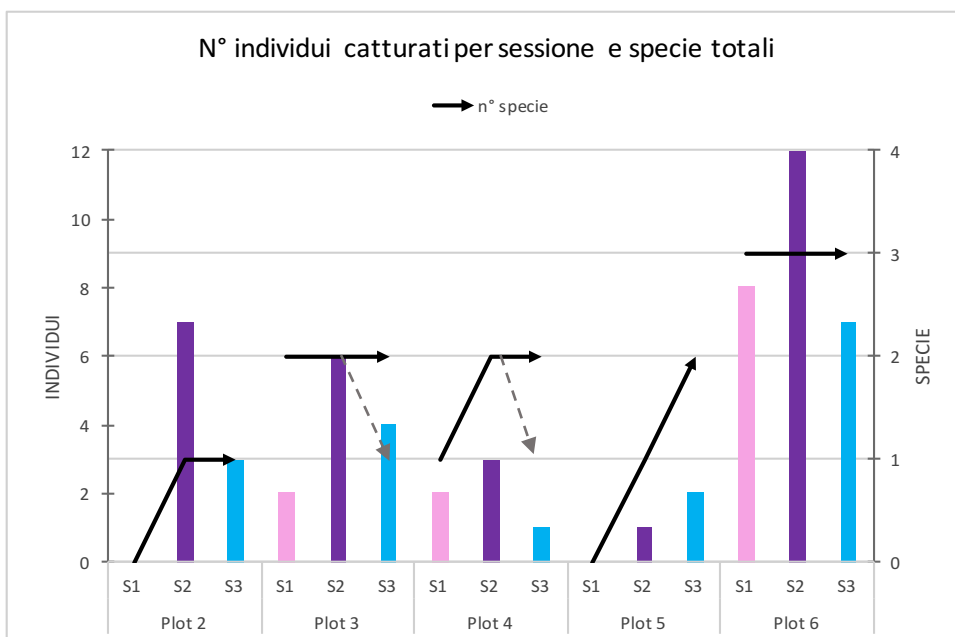


Figura 35: le barre rappresentano il numero di individui trappolati suddiviso per sessioni; la freccia evidenzia l'aumento delle specie rilevate in ciascun plot, mentre quella tratteggiata l'andamento del numero di specie contattate nelle sessioni.

In particolare, gli studi effettuati nel Parco di Paneveggio Pale di S. Martino su una popolazione di arvicola delle nevi, hanno riscontrato almeno due parti all'anno, a maggio e a luglio (Locatelli & Paolucci, 1998). Tale andamento trova riscontro soprattutto al *plot 2*: durante la sessione di fine luglio sono stati rilevati quattro giovani, ma anche due femmine adulte (una gravida e l'altra con vagina aperta) e un maschio adulto. La gestazione e lo svezzamento durano mediamente 20 giorni ciascuno, quindi i giovani concepiti durante la seconda sessione si sarebbero potuti presumibilmente osservare a settembre con un nuovo picco di individui catturati, ipotesi valida anche per il *plot 4*.

Al *plot 6* il picco di individui nella seconda sessione deriva principalmente dalla presenza di un numero crescente di maschi adulti, che attratti dall'odore della femmina in estro, compiono piccole migrazioni per accoppiarsi col maggior numero di femmine possibile. Durante la prima sessione sono decedute tre femmine di cui una gravida, si ipotizza quindi che il numero di individui presenti nella terza sessione, in condizioni ottimali sarebbe stato superiore a quello registrato, mostrando un andamento simile ai *plot 2* e *3*.

Il numero complessivo di specie campionate tende in genere ad aumentare progressivamente nel tempo per poi stabilizzarsi, come accade nei *plot 2* e *4*. Nelle aree campione *3* e *6* rimane stabile per tutta la durata del monitoraggio, ma non si esclude un aumento estendendo l'arco temporale delle catture, soprattutto alle quote più basse dove l'eterogeneità ambientale gioca un ruolo fondamentale nel consentire la coesistenza di più specie.

Il numero di specie rilevate nelle diverse sessioni varia però in modo differente a seconda delle aree, per esempio al *plot 4* la diversità maggiore è raggiunta nella seconda sessione per poi diminuire nuovamente con la terza, mentre al *plot 5* continua ad aumentare, confermando l'utilità di almeno tre sessioni per avere una sufficiente mole di dati.

Considerando che al *plot 1* è stata effettuata una sola notte di cattura, sono stati messi a confronto i risultati della prima notte di campionamento effettuata in ogni area (Fig. 36): agli estremi del gradiente altitudinale si riscontra un numero maggiore di individui rilevati.

È interessante notare come nel *plot 6* siano stati trappolati solo toporagni del Vallese, i quali, per far fronte all'elevato fabbisogno metabolico e mantenere un grado di omeotermia adeguato, prevedono più periodi di foraggiamento distribuiti nell'arco della giornata (Merritt & Vessey, 2000), con conseguenti maggiori probabilità di essere trappolati rispetto alle arvicole. I monitoraggi svolti nel 2020, a causa del decesso dei toporagni durante la prima notte di campionamento, non hanno consentito di evidenziare se la presenza simpatica di questi piccoli mammiferi influisce sul successo di cattura delle arvicole, aspetto da verificare nel corso delle attività di campo future.

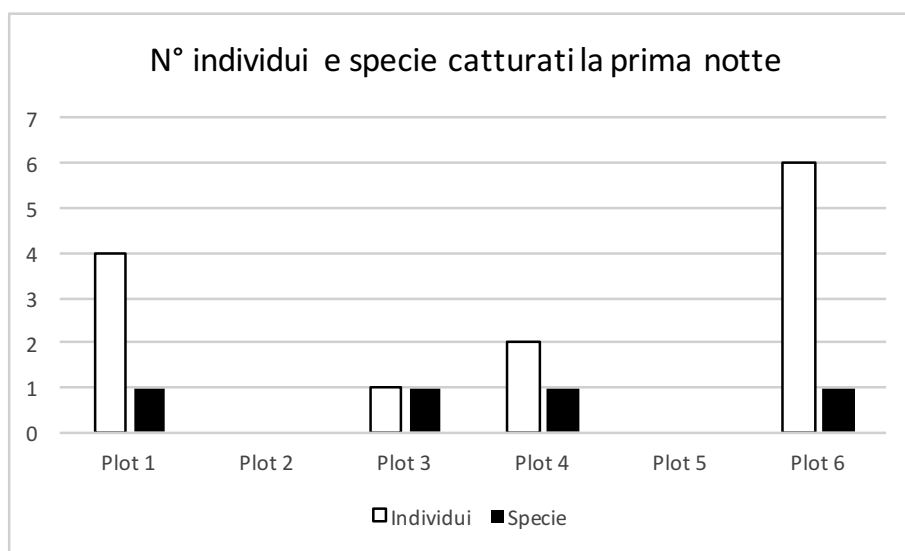


Figura 96: numero di individui e specie trappolati durante la prima notte di catture in ogni plot.

5.2 Parametri microclimatici

L'attività dei piccoli mammiferi, e di conseguenza la probabilità di cattura, è influenzata da molteplici fattori tra cui la consistenza delle popolazioni, le differenze comportamentali che intercorrono tra gli individui, l'*home-range* e le condizioni meteorologiche.

I dati inerenti alle catture sono stati confrontati con la temperatura dell'aria registrata grazie all'installazione dei *Data Logger* nei *plot* 6, 4, 2 e, dove possibile, con i parametri atmosferici annotati sulle schede di monitoraggio di ogni *plot*: in particolare sono stati messi in relazione ai giorni di pioggia, con cielo coperto, sereno o nebbia.

Le catture di piccoli mammiferi sono avvenute in corrispondenza di un *range* di temperature medie compreso tra 1°C e 13°C, con un minimo di -1°C al *plot* 1 e un massimo di 27,5°C al *plot* 4 (All. 9). A causa dell'esiguo numero di trappolaggi non emergono scostamenti significativi del numero di catture rispetto alle variazioni della temperatura registrata nel periodo corrispondente alle sessioni di monitoraggio. Inoltre, in tutti i *plot* le catture sono avvenute senza mostrare *trend* evidenti in relazione alle condizioni di pioggia o accentuata nuvolosità e nebbia, che non hanno inciso sul successo dei trappolaggi. Tuttavia va sottolineato che in base alle previsioni meteo, le sessioni di campionamento sono state rinviate o annullate in caso di marcato maltempo. Ulteriori considerazioni sull'influenza del microclima dovrebbero però essere svolte con un *set* di dati più consistente.

In particolare, al *plot* 6 il toporagno del Vallese è stato catturato in un arco di tempo con temperatura media uguale a 13°C, variabile tra 9 e 21°C; l'arvicola rossastra con una temperatura media di 13°C, variabile tra 8 e 23°C; l'arvicola sottogenere *terricola* con una

temperatura media di 11°C, variabile tra 8 e 19°C. Al *plot* 4 l'arvicola campestre è stata trappolata con una temperatura media di 21°C, variabile tra 11 e 27,5°C. Infine, il rilevamento dell'arvicola delle nevi nei *plot* 4, 2 e 1, è avvenuto con una temperatura media di 9°C, variabile tra -1 e 25°C.

Per quanto riguarda il protocollo utilizzato, si riscontra la necessità di integrare i dati relativi alle condizioni atmosferiche considerati nella scheda di campionamento, aggiungendo una scala numerica che permetta di quantificare le precipitazioni, copertura delle nubi, nebbia e vento riferite all'intervallo di monitoraggio che intercorre tra le sessioni di controllo piuttosto che al momento dei rilevamenti. In questo modo si avrebbero dati più precisi, utili per valutare l'influenza delle condizioni meteo sui ritmi di attività dei piccoli mammiferi e quindi sulle catture.

Tabella 2: numero di individui deceduti suddiviso a seconda del *plot*.
In azzurro sono evidenziate le aree campione per le quali sono disponibili le temperature dell'aria.

PLOT	SPECIE	TOTALE
Plot 1	<i>Chionomys nivalis</i>	1
Plot 2	<i>Chionomys nivalis</i>	2
Plot 3	<i>Myodes glareolus</i>	1
Plot 4	/	/
Plot 5	/	/
Plot 6	<i>Sorex antinorii</i>	9

Il monitoraggio dei piccoli mammiferi mediante trappole a scatto ha portato al decesso di 13 individui su 97 catture (Tab. 2).

Generalmente le cause possono essere ricondotte a molteplici fattori estrinseci, come le condizioni meteorologiche estreme, e intrinseci tra cui età, stato riproduttivo, stress da confinamento nella trappola e stato

fisiologico degli animali. L'influenza negativa di tali parametri sulla sopravvivenza degli individui può risultare accentuata dalla loro concomitanza.

L'alta mortalità del toporagno del Vallese riscontrata al *plot* 6 può essere attribuita a diverse cause: alto tasso metabolico, problemi di termoregolazione in relazione all'eventuale umidità all'interno della trappola, perdita di acqua per evaporazione, contenuto ipocalorico dell'esca alimentare, tipologia della trappola e tempo di permanenza al suo interno (Shonfield *et al.*, 2013). Per quanto concerne l'analisi microclimatica, a causa dell'assenza di dati non è stato possibile accertare l'influenza delle precipitazioni sui decessi, mentre le temperature nell'intervallo di tempo antecedente il controllo delle trappole oscillano in un *range* di 9 e 21°C (Fig. 37). L'unico individuo vivo nel *plot* 6 è stato catturato di giorno, con una media delle temperature di 17°C, mentre per i morti è di 11,5°C. Tuttavia, il rilevamento di un toporagno del Vallese durante un controllo mattutino al *plot* 5 e l'impossibilità di conoscere l'esatto tempo di permanenza nella trappola, non permette di attribuire direttamente alla riduzione di

temperatura la causa del decesso, anche perché le specie appartenenti al genere *Sorex* presentano un grado di mesofilia medio o elevato, presentando un'associazione negativa con

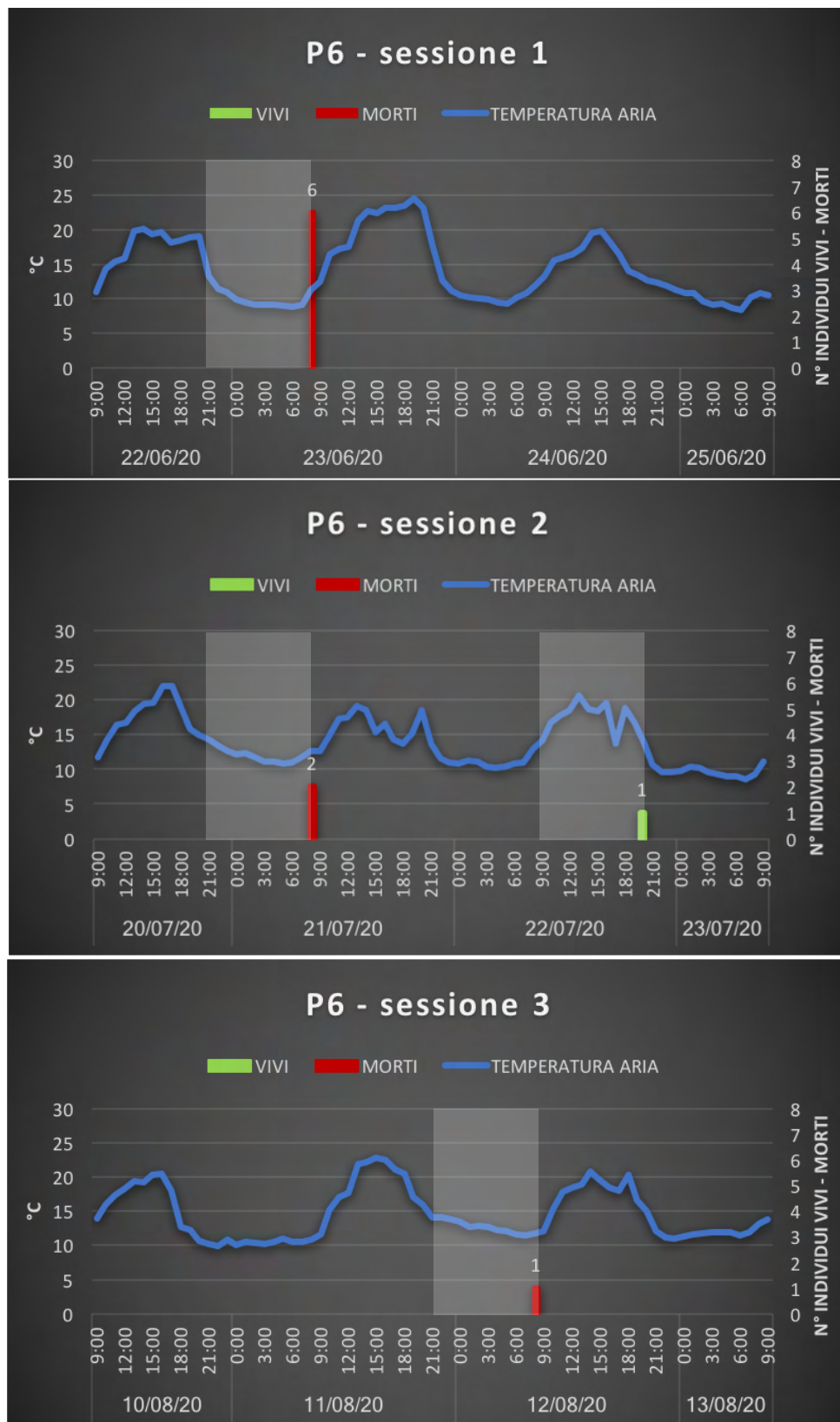


Figura 37: numero di individui appartenenti alla specie *Sorex antinorii* catturati vivi o morti durante i monitoraggi al plot 6.

l'incremento delle temperature (Contoli, 1984). L'affiancamento del fototrappolaggio alle catture consentirebbe di avere dati sufficienti per avanzare ulteriori valutazioni.

Il benessere dei toporagni nelle trappole e una riduzione significativa del tasso di mortalità potrebbero essere assicurati grazie a controlli rapidi e frequenti, preferibilmente ogni 1-2 ore (Sikes *et al.*, 2011), utilizzando esche ipercaloriche contenenti carni crude tra cui pesce, manzo e maiale in quantità adeguate o vermi della farina (Yunger *et al.*, 1992; Craig, 1995; Stromgren, 2008). La standardizzazione del protocollo di monitoraggio non sarebbe però compatibile con un cambio delle tempistiche o del metodo. Inoltre i controlli frequenti arrecherebbero disturbo e farebbero diminuire la probabilità di cattura delle diverse specie. Si potrebbero dunque adottare tecniche di esclusione dei toporagni dal campionamento grazie ad un'apertura di dimensioni prestabilite che permetta l'uscita dalla trappola degli insettivori più piccoli (Eccard & Klemme, 2013) abbinate a fototrappolaggio. Oppure aumentare il contenuto di calorie delle esche tenendo in considerazione tale fattore nell'analisi dei dati.

Le catture di arvicole delle nevi al *plot 2* si sono protratte per tutta la sessione di campionamento, con due decessi avvenuti il 6 agosto 2020 (Fig. 38). Si tratta di un giovane morto la mattina durante il rilevamento delle biometrie e una femmina gravida trovata senza vita la sera all'interno della trappola.

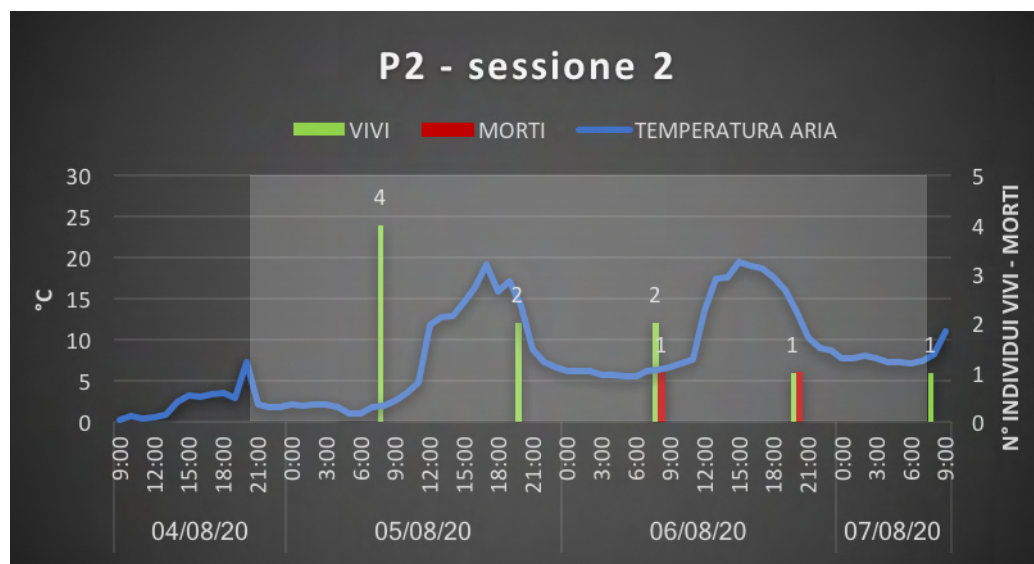


Figura 38: numero di individui catturati vivi o morti durante la seconda sessione di monitoraggio al plot 2.

Nel primo caso la temperatura di circa 6°C corrispondente al periodo di permanenza dell'animale nella trappola risulta costante tutta la notte senza presentare problematiche, ipotesi confermata dal ritrovamento di un secondo giovane individuo in salute la stessa mattina. Inoltre, nemmeno le temperature più rigide intercorse durante la prima notte di cattura hanno influito negativamente sulla sopravvivenza di tre giovani rilevati la mattina del 5 agosto 2020.

La causa del decesso è da ricercarsi, piuttosto che nei parametri microclimatici, nella classe d'età dell'individuo: i tassi di mortalità sono più alti nei giovani, i quali risentono rispetto agli adulti di uno stress maggiore durante la manipolazione post-cattura (Gurnell, 1982). Inoltre le arvicole possono rimanere attive per diverse ore all'interno della trappola senza nutrirsi a causa della tensione da confinamento, influenzando negativamente sulle capacità di sopravvivenza (Ferns, 1978; Montgomery, 1981).

Nel secondo caso, la morte dell'arvicola delle nevi gravida potrebbe attribuirsi all'escursione termica di 13°C, accentuata probabilmente all'interno della trappola metallica. Tuttavia non è possibile confermare tale ipotesi a causa dell'esiguo numero di individui gravidi da mettere a confronto. È comunque noto che la gestazione comprende un periodo particolarmente delicato in cui le femmine risentono maggiormente degli stress biotici e abiotici: il numero di morti all'interno della trappola è infatti più alto rispetto alle femmine non riproduttive (Gurnell, 1982).

Ulteriori considerazioni possono essere fatte confrontando le temperature del suolo e dell'aria disponibili per i *plot* 6, 2 e 1 registrate tra il 2018 e il 2020 (Fig. 39).

L'ambiente sotterraneo presenta temperature che seguono l'andamento di quelle superficiali, ma riduce in modo evidente le escursioni termiche. Il fenomeno è evidente soprattutto nei mesi invernali grazie all'isolamento operato dalla copertura nevosa.

Durante il resto dell'anno si registrano invece variazioni della temperatura del suolo più accentuate, soprattutto nei *plot* 2 e 1 a causa della tipologia del substrato: mentre la copertura vegetale, il ricco sottobosco e la pedogenesi avanzata forniscono al *plot* 6 un ambiente sotterraneo ben isolato in cui le variazioni di temperatura risultano di lieve entità, nel *plot* 2, occupato da depositi di frana e pavimenti calcarei, i rifugi per i piccoli mammiferi sono rappresentati dalle fessure nelle rocce dove l'escursione termica risulta maggiore a causa del minore isolamento.

I piccoli mammiferi possono far fronte all'innalzamento delle temperature trovando rifugio nei microhabitat sotterranei, rintanandosi durante le ore più calde della giornata (Riddel *et al.*, 2021).

Tuttavia, dato che vi è una relazione positiva tra altitudine e tasso di surriscaldamento (Urrutia & Vuille, 2009), nonostante nei *plot* d'alta quota siano presenti rifugi in grado di mitigare le alte temperature, l'impatto del cambiamento climatico sui piccoli mammiferi potrebbe rivelarsi più accentuato, richiedendo di porre maggiore attenzione al monitoraggio di questi ambienti.

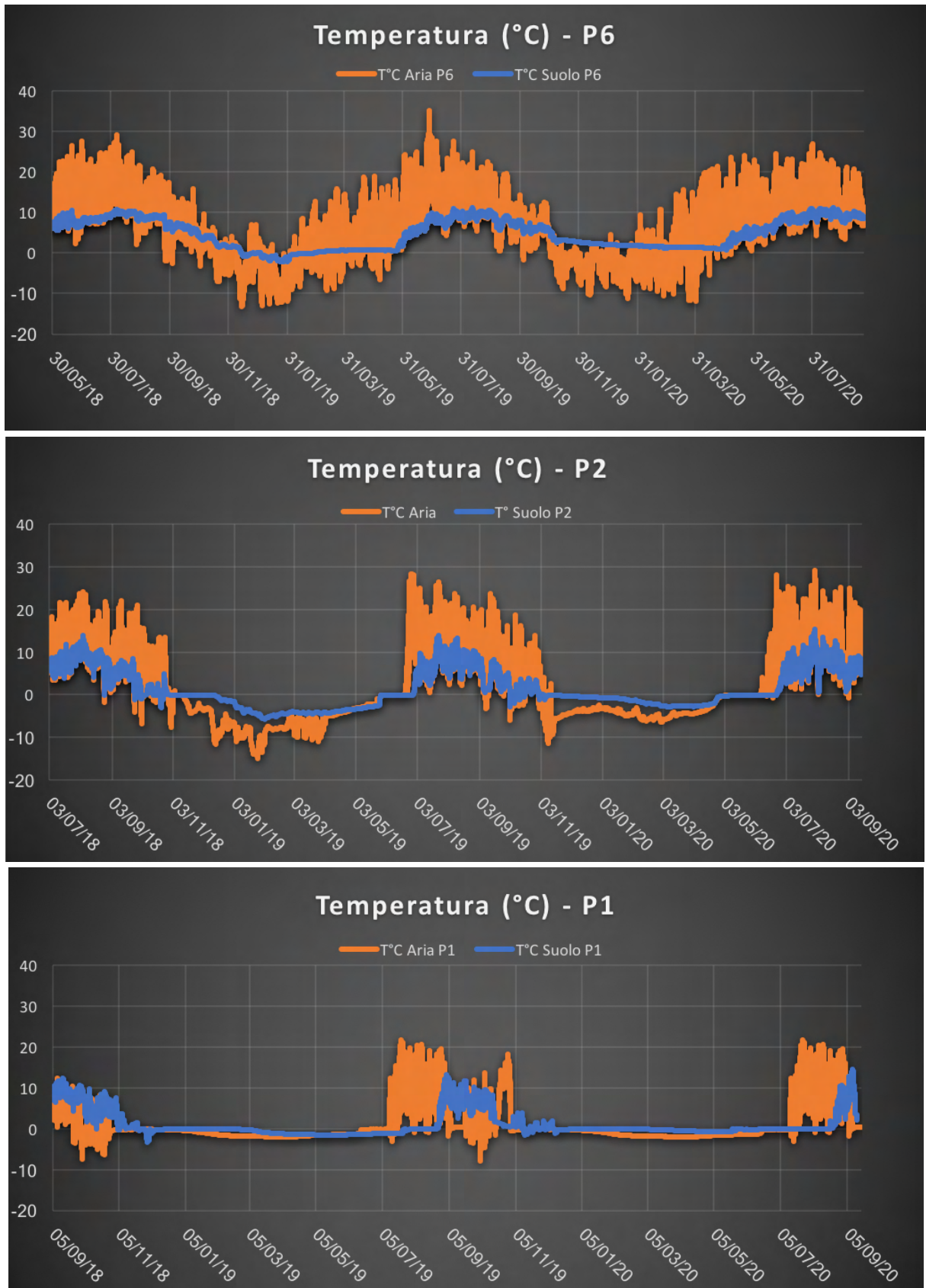


Figura 39: andamento della temperatura dell'aria e del suolo registrata nei plot 6, 2 e 1 dal 2018 al 2020.

Infine, le temperature invernali sempre più miti registrate negli ultimi decenni influenzano l'indurimento dello strato di ghiaccio a causa dei cicli di gelo e disgelo sempre più frequenti,

con conseguente riduzione dello spazio usufruibile dai roditori durante lo svernamento e una diminuzione dei tassi di sopravvivenza (Callaghan *et al.*, 2011).

5.3 Fototrappolaggio

5.3.1 Indicazioni operative

Grazie all'analisi degli eventi di fototrappolaggio registrati nei *plot* 6, 4, 3 e 2, è possibile trarre alcune indicazioni sulla frequenza con la quale possono essere effettuati i controlli delle trappole.

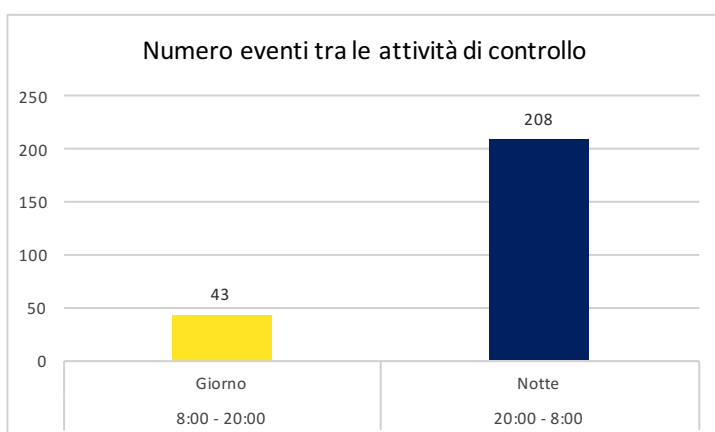


Figura 40: numero di eventi registrati dalla fototrappola nelle fasce orarie che intercorrono tra le attività di controllo.

L'attività dei piccoli mammiferi, comprovata da 251 eventi nel corso della giornata, raggiunge un picco nelle ore notturne, tra le 20:00 e le 8:00, con 208 registrazioni (Fig. 40). Tuttavia le specie studiate, come testimoniano 43 eventi, si spostano anche di giorno, confermando l'esigenza di almeno due controlli giornalieri.

Considerando i differenti orari di alba e tramonto per ogni giorno di monitoraggio, i ritmi di attività non evidenziano differenze rispetto ai dati mostrati in *figura 40*, registrando di giorno un solo contatto in più al *plot* 3 e due al *plot* 6.

Analizzando la fascia oraria in cui sono avvenuti i fototrappolaggi (Fig. 41), è possibile valutare momento gli orari più opportuni per effettuare le operazioni di controllo delle trappole e rilevamento dei dati senza interrompere le attività degli animali. Considerando il totale degli eventi, gli orari di minore attività sono compresi tra le 6:00 e le 20.00. La mattina i valori minimi si riscontrano tra le 6:00 e le 7.00, mentre la sera attorno alle 19.00, perciò i rilievi sul campo potrebbero essere eventualmente anticipati di un'ora.

Per quanto riguarda le opzioni d'impostazione della fototrappola, data la scarsa qualità e inadeguata messa a fuoco delle foto, è consigliabile predisporre solamente la registrazione di file video della durata di 10 secondi ciascuno, tempo compatibile con la permanenza degli individui nell'inquadratura. Inoltre, l'utilizzo del livello di sensibilità "basso" permette di ridurre le possibilità di attivazione della fototrappola causate dal passaggio di artropodi e dall'effetto del vento sulla vegetazione.

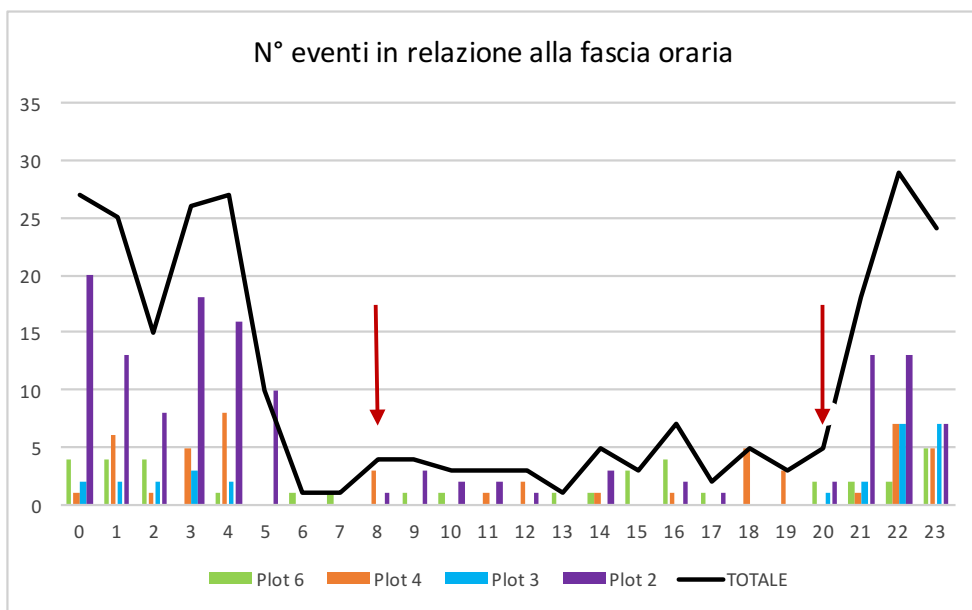


Figura 41: eventi registrati in ogni plot a seconda della fascia oraria. In nero è rappresentato l'andamento riferito al totale degli eventi nell'arco della giornata. Le frecce rosse indicano gli orari in cui vengono effettuati i rilievi sul campo.

5.3.2 Confronto con Cattura-Marcatura-Ricattura

Gli Indici di Cattura riferiti ai due metodi di monitoraggio utilizzati permettono di confrontare i dati relativi al totale delle catture (CMR) con quelli del fototrappolaggio (FT), ricavati nei vari *plot* (Tab. 3).

Tabella 3: Indice di Cattura diurno e notturno, calcolato per ogni plot a seconda dei due metodi di monitoraggio utilizzati (CMR e Fototrappolaggio). In verde sono evidenziati i valori maggiori riscontrati.

Indice di Cattura	Plot 2		Plot 3		Plot 4		Plot 6	
	CMR	FT	CMR	FT	CMR	FT	CMR	FT
IC Giorno	1,3%	1,1%	1,3%	0%	0,8%	1,9%	1,8%	8,0%
IC Notte	2,6%	9,6%	2,3%	10,0%	1,4%	3,9%	5,4%	18,2%

Durante le ore diurne, arco temporale in cui gli animali si spostano in misura minore, si riscontrano valori simili. Unica eccezione è il *plot 6*: essendo i dati del fototrappolaggio riferiti al periodo di *prebaiting* e la maggior parte delle registrazioni collegabili a toporagni, occorre considerare che il valore reale delle catture risulta alterato dalla morte di sei individui la prima notte di campionamento e due nel corso della seconda sessione, riducendo inevitabilmente il numero di contatti nelle occasioni seguenti.

Durante le ore notturne, in ogni area campione le fototrappole hanno registrato un maggior numero di contatti rispetto alle catture: grazie al riconoscimento della marca presente su alcuni individui si è potuto constatare come una medesima trappola venga visitata più volte durante la stessa notte, anche a intervalli temporali di appena un'ora, mentre con il metodo CMR le catture di uno stesso individuo possono avvenire solo a distanza di dodici ore.

Ai *plot* 2 e 3 l'Indice di Cattura risulta leggermente maggiore per il metodo CMR, tuttavia è opportuno prendere atto che i periodi in cui sono stati applicati i due metodi di monitoraggio spesso non coincidono, perciò il confronto dei dati analizzati fornisce solo una valutazione generale.

Esaminando gli Indici di Cattura giornalieri riferiti a ogni *plot*, risulta come il fototrappolaggio abbia un'efficienza maggiore, registrando più contatti rispetto al metodo di Cattura-Marcatura-Ricattura (Tab. 4).

Tabella 4: Indice di Cattura calcolato per ogni *plot* a seconda dei due metodi di monitoraggio utilizzati (CMR e fototrappolaggio).

PLOT	CATTURA-MARCATURA-RICATTURA		FOTOTRAPPOLE	
	Tot catture+ricatture	IC	Tot eventi	IC
Plot 1	4	2,1%	/	/
Plot 2	20	2,1%	135	5,2%
Plot 3	18	1,9%	28	5,0%
Plot 4	11	1,1%	50	3,0%
Plot 5	6	0,6%	/	/
Plot 6	38	4,0%	38	13,0%

I monitoraggi effettuati utilizzando il metodo di Cattura-Marcatura-Ricattura forniscono un numero minore di rilevamenti. Nonostante ciò, grazie all'osservazione diretta degli individui è possibile accertare la specie, prelevare campioni genetici per far fronte a identificazioni dubbie, misurare le biometrie degli individui, stabilire il sesso e lo stato riproduttivo, ricavando una serie di informazioni utili per caratterizzare con maggiore precisione la struttura delle popolazioni.

Il fototrappolaggio permette viceversa di avere un maggior numero di rilevamenti con un minore sforzo di campionamento da parte degli operatori, prevedendo uscite sul campo soltanto per il posizionamento e la disattivazione degli strumenti. In questo modo si riduce il disturbo arrecato ai piccoli mammiferi durante i controlli delle trappole all'interno dell'area campione, si azzerà la mortalità degli individui, lo stress da confinamento e la manipolazione post-cattura. Inoltre si ottengono dati sui ritmi di attività, le interazioni tra gli animali e la loro alimentazione.

L'arvicola delle nevi, specie strettamente erbivora, sceglie le specie vegetali con cui alimentarsi in base alle stagioni e al contenuto energetico, utilizzando foglie, gambi, fiori, semi e radici. A luglio per esempio, in ambiente alpino predilige: *Deschampsia caespitosa*, *Festuca rubra*, *Homogyne alpina*, *Poa annua*, *Poa chaixii* e *Vaccinium myrtillus*, con un consumo giornaliero medio di 51,9 g di materia fresca per adulto (Rudyshin, 1975). I video registrati all'inizio di luglio nel *plot* 4 (ore 11, 12 e 18) immortalano un'arvicola delle nevi che strappa alcune

porzioni di *Salix sp.*, fornendo una nuova informazione sulla dieta di questo roditore a quote elevate.

Il cambiamento climatico può provocare variazioni dell'habitat e della produttività primaria, fattori che condizionano la disponibilità di risorse trofiche e la fenologia dei piccoli mammiferi (Korpela *et al.*, 2013; Newman & Macdonald, 2015). Implementare le conoscenze riguardanti il regime alimentare di questi animali è quindi di fondamentale importanza per comprendere le dinamiche in atto negli ambienti di alta quota.

Inoltre, è interessante notare come gli eventi di alimentazione su vegetali siano stati fototrappolati durante la sessione di cattura: l'esca nella trappola è stata a volte ignorata determinando una sottostima delle catture.

L'affiancamento nello stesso intervallo temporale dei due metodi di monitoraggio consente di avanzare ulteriori considerazioni riguardo al comportamento degli individui. Le popolazioni di piccoli mammiferi presentano al contempo individui inclini, timidi o neutrali nei confronti della trappola dopo la cattura iniziale (Tanaka, 1956). Per esempio, al *plot 2* un'arvicola delle nevi trappolata e marcata durante il controllo mattutino ha successivamente visitato due volte nella medesima sessione di cattura la stessa trappola stando sull'uscio, ma senza raggiungere l'esca. L'individuo è però stato catturato altre due volte, entrambe in trappole diverse poste nelle immediate vicinanze della prima, suggerendo un approccio prudente e una contestuale tendenza ad esplorare nuove aree. Opposta a tali atteggiamenti di diffidenza è la predisposizione di alcuni individui a entrare nelle trappole, comportamento documentato al *plot 6* da un'arvicola rossastra subito dopo il rilascio.

Le fototrappole permettono dunque, ove sia riconoscibile la marca degli animali, di evidenziare differenze nel comportamento individuale e approfondire i caratteri emergenti della personalità, fattori capaci di influenzare i parametri ecologici delle biocenosi (Brehm *et al.*, 2019).

Infine anche il fototrappolaggio può risultare, come il metodo di monitoraggio tramite cattura diretta, un valido strumento per individuare le risposte adattative degli animali nei confronti del cambiamento climatico: una ricerca condotta in California mostra come l'elevata resilienza dei piccoli mammiferi nei confronti del caldo estremo sia dovuta alla capacità di sfuggire ai raggi del sole rifugiandosi nelle tane sotterranee concentrando l'attività nelle ore notturne (Getz, 1961; Riddel *et al.*, 2021).

L'analisi a lungo termine dei ritmi di attività potrebbe quindi essere utile per comprendere l'impatto dell'innalzamento delle temperature negli ambienti d'alta quota.

Il 2020 ha rappresentato un anno di sperimentazione per la tecnica del fototrappolaggio

applicata ai piccoli mammiferi: per il periodo di monitoraggio previsto in Val di Tovel nel 2021 si potrebbe quindi valutare l'opportunità di posizionare in ogni *plot* un numero prestabilito di fototrappole durante l'intera sessione di cattura. In questo modo potranno essere operati confronti più precisi, oltre ad integrare i dati con informazioni sull'ecologia e l'etologia delle specie.

6. CONCLUSIONI

I dati raccolti hanno permesso di delineare la distribuzione altitudinale delle specie di piccoli mammiferi sulle Dolomiti di Brenta. Negli ambienti boschivi a 1900 m s.l.m. è stata rilevata l'arvicola appartenente al sottogenere *terricola* in simpatria con il toporagno del Vallese, presente anche nelle aree aperte a 2100 m s.l.m., e l'arvicola rossastra, che raggiunge i 2500 m s.l.m. L'arvicola campestre frequenta le praterie d'alta quota tra 2100 e 2300 m s.l.m., superando l'altitudine della segnalazione ufficiale più alta per la Provincia di Trento, mentre l'arvicola delle nevi è stata osservata in corrispondenza dei macereti tra 2300 e 2900 m s.l.m. della Cima Grostè, aggiornando la quota di presenza più elevata sulle Dolomiti.

Cinque fra le specie target (toporagno nano, toporagno alpino, topo selvatico, topo selvatico dal collo giallo e topo selvatico alpino) non sono state rilevate pur essendo biogeograficamente ed ecologicamente compatibili con l'area di studio. L'assenza di contatti potrebbe essere attribuita alla ridotta superficie di campionamento rispetto alla densità delle popolazioni e alla preferenza di quote più basse rispetto a quelle monitorate. Nel caso dei toporagni influisce anche la dominanza di una specie sulle altre, con il toporagno del Vallese che si impone a quote più elevate, mentre la presenza del topo selvatico alpino rimane da confermare nel territorio del Parco.

La biodiversità, valutata utilizzando degli indici sintetici, diminuisce all'aumentare della quota mostrando valori maggiori a 1900 m s.l.m. rispetto alle due aree campione collocate a quote più elevate, dove le condizioni ecologiche spiegano la dominanza di una sola specie, l'arvicola delle nevi. La progressiva trasgressione altitudinale di ambienti come quello presente in corrispondenza del *plot* 6, in concomitanza all'aumento di biodiversità, fornisce condizioni adatte ad un maggior numero di specie generaliste e più competitive rispetto alle tipiche popolazioni delle cime, d'altra parte la ricchezza specifica di piccoli mammiferi specialisti come l'arvicola delle nevi rischia di diminuire.

Le catture di piccoli mammiferi sono avvenute in corrispondenza di un *range* di temperature medie compreso tra 1°C e 13°C, con un minimo di -1°C al *plot* 1 e un massimo di 27,5°C al *plot* 4. In particolare, al *plot* 6 il toporagno del Vallese è stato catturato in un arco di tempo con temperatura media uguale a 13°C, variabile tra 9 e 21°C; l'arvicola rossastra con una temperatura media di 13°C, variabile tra 8 e 23°C; l'arvicola sottogenere *terricola* con una temperatura media di 11°C, variabile tra 8 e 19°C. Al *plot* 4 l'arvicola campestre è stata trappolata con una temperatura media di 21°C, variabile tra 11 e 27,5°C. Infine, il rilevamento

dell'arvicola delle nevi nei *plot* 4, 2 e 1, è avvenuto con una temperatura media di 9°C, variabile tra -1 e 25°C. La raccolta di parametri come l'area occupata, la composizione delle popolazioni e l'ampiezza della nicchia in relazione alla temperatura è un'ottima base di partenza per predire il rischio di estinzione dovuto al cambiamento climatico.

I piccoli mammiferi possono far fronte all'innalzamento delle temperature trovando rifugio nei microhabitat sotterranei: confrontando le temperature del suolo e dell'aria registrate tra il 2018 e il 2020 emerge come il suolo presenta temperature che seguono l'andamento di quelle superficiali, ma riduce in modo evidente le escursioni termiche. Il fenomeno è evidente soprattutto nei mesi invernali grazie all'isolamento operato dalla copertura nevosa.

Durante il resto dell'anno si registrano invece variazioni della temperatura del suolo più accentuate, soprattutto nelle aree campione d'alta quota dove la tipologia ambientale rappresentata da depositi di frana e pavimenti calcarei causa un minor isolamento. L'impatto del cambiamento climatico sui piccoli mammiferi potrebbe quindi rivelarsi più accentuato a quote elevate, richiedendo di porre maggiore attenzione al monitoraggio di questi ambienti.

Il monitoraggio dei piccoli mammiferi mediante trappole a scatto ha portato al decesso di 13 individui su 97 catture. Non è stato possibile ricondurre l'alta mortalità del toporagno del Vallese a variazioni microclimatiche, più probabilmente le cause sono da ricercarsi nell'alto tasso metabolico, nel contenuto ipocalorico dell'esca alimentare e nel tempo di permanenza nella trappola, fattori che riducono le probabilità di sopravvivenza. Il decesso delle arvicole delle nevi è dovuto con tutta probabilità sia alla maggior fragilità degli individui giovani, i quali risentono rispetto agli adulti di uno stress maggiore durante la manipolazione post-cattura, sia alla sensibilità dettata dallo stato di gravidanza, presumibilmente aggravata dalle escursioni termiche giornaliere.

Analizzando la fascia oraria in cui sono avvenuti i fototrappolaggi è emerso come gli orari più opportuni per effettuare le operazioni di controllo delle trappole e il rilevamento dei dati senza interrompere le attività degli animali, siano compresi la mattina tra le 6:00 e le 7:00 e la sera alle 19:00. Perciò i rilievi sul campo potrebbero essere anticipati di un'ora rispetto all'attuale orario.

Per quanto riguarda le opzioni d'impostazione della fototrappola, data la scarsa qualità e inadeguata messa a fuoco delle foto, è consigliabile predisporre solamente la registrazione di file video della durata di 10 secondi ciascuno, tempo compatibile con la permanenza degli individui nell'inquadratura. Inoltre, l'utilizzo del livello di sensibilità "basso" permetterebbe di ridurre le possibilità di attivazione della fototrappola causate dal passaggio di artropodi e

dall'effetto del vento sulla vegetazione.

Confrontando i due metodi di monitoraggio utilizzati, risulta come il metodo di Cattura-Marcatura-Ricattura fornisca un numero minore di rilevamenti. Nonostante ciò, grazie all'osservazione diretta degli individui è possibile accertare la specie, prelevare campioni genetici per far fronte a identificazioni dubbie, misurare le biometrie degli individui, stabilire il sesso e lo stato riproduttivo, ricavando una serie di informazioni utili per caratterizzare con maggiore precisione la struttura delle popolazioni.

Il fototrappolaggio permette viceversa di avere un maggior numero di rilevamenti con un minore sforzo di campionamento da parte degli operatori, prevedendo uscite sul campo soltanto per il posizionamento e la disattivazione degli strumenti. In questo modo si riduce il disturbo arrecato ai piccoli mammiferi durante i controlli delle trappole all'interno dell'area campione, si azzerava la mortalità degli individui, lo stress da confinamento e la manipolazione post-cattura. Inoltre, l'analisi a lungo termine dei ritmi di attività potrà essere utilizzata per comprendere l'impatto dell'innalzamento delle temperature negli ambienti d'alta quota.

Le fototrappole permettono, ove sia riconoscibile la marca degli animali, di evidenziare differenze nel comportamento individuale e approfondire i caratteri emergenti della personalità. Si sono infatti verificati approcci prudenti e una contestuale tendenza ad esplorare nuove aree nel *plot 2* e la predisposizione di alcuni individui a entrare nelle trappole, comportamento documentato al *plot 6*.

Infine il fototrappolaggio permette di documentare le attività di alimentazione dei piccoli mammiferi, come dimostra la ripresa di un'arvicola delle nevi che strappa alcune porzioni di *Salix sp.*, fornendo una nuova informazione sulla dieta di questo roditore a quote elevate.

Gli ecosistemi montuosi sono particolarmente vulnerabili ai cambiamenti climatici. I risultati esposti, oltre a contribuire allo sviluppo delle conoscenze scientifiche riguardanti i piccoli mammiferi, rappresentano una base preziosa per monitorare le alterazioni degli equilibri ecosistemici nel lungo periodo. La ripetizione delle operazioni di monitoraggio consentirà di evidenziare modifiche della distribuzione e composizione attuale delle zoocenosi in funzione della quota e delle variazioni dei parametri climatici, così da attuare azioni di conservazione e limitare gli impatti a danno delle specie più sensibili.

7. RIASSUNTO

Il lavoro di tesi si inserisce nell'ambito del progetto "BioMiti" promosso nel 2018 dal Parco Naturale Adamello Brenta (PNAB). Le ricerche a lungo termine previste dal progetto hanno lo scopo di monitorare la biodiversità e le dinamiche in atto negli ecosistemi alpini in relazione ai cambiamenti climatici, comprendere gli effetti del riscaldamento globale e delle modificazioni ambientali, al fine di applicare strategie di conservazione volte a mitigarne gli effetti.

In particolare, la finalità principale del presente studio è il monitoraggio e la caratterizzazione delle comunità di piccoli mammiferi d'alta quota: specie chiave degli ambienti naturali, rispondono in breve tempo alle alterazioni dell'ecosistema grazie alle caratteristiche biologiche ed ecologiche che li caratterizzano, rendendoli ottimi bioindicatori del cambiamento climatico. Le attività condotte durante il 2020 nel settore di Vallesinella, localizzato sul versante occidentale di Cima Grostè, si sono svolte in sei aree campione chiamate *plot*: allestite seguendo un gradiente altitudinale compreso tra 1900 e 2900 m s.l.m. della Cima Grostè, includono ambienti rappresentati dal lariceto, dalla prateria e dal macereto.

Basandosi su protocolli standardizzati di Cattura-Marcatura-Ricattura degli animali, in ciascun *plot* i piccoli mammiferi vengono rilevati utilizzando *live trap* che permettono di marcare e rilasciare gli individui campionati consentendo catture multiple ed un monitoraggio continuo nel tempo.

I dati raccolti durante questo primo anno sono stati archiviati sviluppando appositi *Database Excel* e analizzati calcolando indici atti a descrivere la biodiversità dei *plot*, punto di partenza per attuare futuri confronti a livello spaziale e temporale. È stata delineata la distribuzione altitudinale aggiornata delle specie, ottenendo agli estremi del gradiente altitudinale composizioni delle comunità di piccoli mammiferi completamente differenti. Negli ambienti boschivi a 1900 m s.l.m. è stata rilevata l'arvicola appartenente al sottogenere *terricola* in simpatia con il toporagno del Vallese, presente anche nelle aree aperte a 2100 m s.l.m., e l'arvicola rossastra, che raggiunge i 2500 m s.l.m. L'arvicola campestre frequenta le praterie d'alta quota tra 2100 e 2300 m s.l.m., superando l'altitudine della segnalazione ufficiale più alta per la Provincia di Trento, mentre l'arvicola delle nevi è stata osservata in corrispondenza dei macereti tra 2300 e 2900 m s.l.m. della Cima Grostè, aggiornando la quota di presenza più elevata sulle Dolomiti. La biodiversità diminuisce all'aumentare della quota mostrando valori maggiori a 1900 m s.l.m. rispetto alle due aree campione collocate a quote più elevate, dove le condizioni ecologiche spiegano la dominanza di una sola specie, l'arvicola delle nevi.

L'analisi dei parametri microclimatici, registrati grazie all'installazione di *Data Logger* che rilevano in ciascun *plot* la temperatura dell'aria e del suolo, permette di stabilire i *range* ottimali

per le specie e i possibili impatti sulle aree di rifugio utilizzate dai piccoli mammiferi per far fronte all'innalzamento delle temperature negli ecosistemi montuosi. Al *plot* 6 il toporagno del Vallese è stato catturato in un arco di tempo con temperatura media uguale a 13°C, variabile tra 9 e 21°C; l'arvicola rossastra con una temperatura media di 13°C, variabile tra 8 e 23°C; l'arvicola sottogenere *terricola* con una temperatura media di 11°C, variabile tra 8 e 19°C. Al *plot* 4 l'arvicola campestre è stata trappolata con una temperatura media di 21°C, variabile tra 11 e 27,5°C. Infine, il rilevamento dell'arvicola delle nevi nei *plot* 4, 2 e 1, è avvenuto con una temperatura media di 9°C, variabile tra -1 e 25°C. Confrontando i dati registrati tra il 2018 e il 2020 emerge come le aree di rifugio, individuate nei microhabitat sotterranei, presentano temperature che seguono l'andamento di quelle superficiali, ma riducono in modo evidente le escursioni termiche. Il fenomeno si manifesta soprattutto nei mesi invernali grazie all'isolamento operato dalla copertura nevosa. Durante il resto dell'anno si registrano invece variazioni della temperatura del suolo più accentuate, soprattutto nelle aree campione d'alta quota dove la tipologia ambientale rappresentata da depositi di frana e pavimenti calcarei causa un ridotto isolamento. L'impatto del cambiamento climatico sui piccoli mammiferi potrebbe quindi rivelarsi più accentuato a quote elevate, richiedendo di porre maggiore attenzione al monitoraggio di questi ambienti.

Durante il *prebaiting* e le catture in alcuni *plot* è stato utilizzato il fototrappolaggio come strumento complementare di campionamento. Oltre a fornire preziose indicazioni operative, questa tecnica permette di avere un maggior numero di rilevamenti con un minore sforzo di campionamento da parte degli operatori rispetto al metodo CMR, riduce il disturbo arrecato ai piccoli mammiferi, azzerla la mortalità degli individui, lo stress da confinamento e la manipolazione post-cattura, oltre a fornire informazioni sull'etologia e la biologia delle specie. Per esempio, le fototrappole permettono di documentare le attività di alimentazione dei piccoli mammiferi, come dimostra la ripresa di un'arvicola delle nevi che strappa alcune porzioni di *Salix sp.*, fornendo una nuova informazione sulla dieta di questo roditore a quote elevate. Infine, l'analisi a lungo termine dei ritmi di attività potrà essere utilizzata per comprendere l'impatto dell'innalzamento delle temperature negli ambienti d'alta quota.

I risultati esposti, oltre a contribuire allo sviluppo delle conoscenze scientifiche riguardanti i piccoli mammiferi, rappresentano una base preziosa per monitorare le alterazioni degli equilibri ecosistemici nel lungo periodo. La ripetizione delle operazioni di monitoraggio consentirà di evidenziare modifiche della distribuzione e composizione attuale delle zoocenosi in funzione della quota e delle variazioni dei parametri climatici, così da programmare azioni di conservazione e limitare gli impatti a danno delle specie più sensibili.

8. RINGRAZIAMENTI

Giunta alla conclusione di questo secondo ciclo di studi universitari, desidero ringraziare il Professor Diego Rubolini e tutti i docenti che hanno contribuito a maturare le mie competenze, aiutandomi a sviluppare solide basi per il mio futuro.

Sono sinceramente grata alla direzione e al personale del Parco Naturale Adamello Brenta, in particolare ad Andrea Mustoni, Roberta Chirichella e a Marco Armanini per avermi nuovamente accolta come tesista, dandomi la possibilità di vivere un'altra esperienza indimenticabile, assistendomi con un costante supporto nel mio lavoro e coinvolgendomi attraverso eventi ed attività stimolanti.

Ringrazio di cuore la mia famiglia che ha sempre sostenuto le mie scelte, incoraggiando le mie passioni e alimentando la grinta per raggiungere i miei obiettivi.

Un caloroso ringraziamento ai coinquilini della foresteria Nicolò ed Enrico, colleghi preziosi durante le attività sul campo, amici su cui poter sempre contare e condividere l'amore per la montagna.

Un ultimo ringraziamento alla Natura, con la quale ho potuto affinare una connessione ancora più profonda, assecondando i miei ideali e le mie aspirazioni.

9. BIBLIOGRAFIA

- AA. VV. (1995). *Säugetiere der Schweiz*. Ed. Birkhäuser, Basel, Switzerland.
- Allainé D., Yoccoz N. (2003). *Rodents in the European Alps: Population Ecology and Potential Impacts on Ecosystems*. In: *Alpine Biodiversity in Europe* (Eds. Laszlo N., Georg G., Christian K., Desmond T.), pp. 339-349. Ed. Springer Science & Business Media, Berlino, Germany.
- Amori G., Cristaldi M., Contoli L. (1986). *Sui Roditori (Gliridae, Arvicolidae, Muridae) dell'Italia peninsulare e insulare in rapporto all'ambiente bioclimatico mediterraneo*. *Animalia* vol.11(1-3): 217-269.
- Amori G., Locasicullo O., Tuccinardi P., Riga F. (2000). *Ecological structure of a population of Clethrionomys glareolus in central Italy: an eight-year study*. *Polish Journal of Ecology* n.48: 125-132.
- Amori G., Longino C., Nappi A. (2008). *Mammalia II*. *Fauna d'Italia* vol. 44. Ed. Calderini, Milano, Italy.
- Armani L. (2019). *Assetto vegetazionale. Le piante sono solo scenografia?* BioMiti alla ricerca della vita sulle Dolomiti di Brenta. Atti dell'incontro collegiale del 30 novembre 2019, pp. 19-21.
- Armanini M. & Chirichella E. (2018). *Progetto BioMiti: Alla ricerca della Vita sulle Dolomiti di Brenta*. Documento interno n. 44,04. Settore Ricerca Scientifica ed Educazione Ambientale.
- Arrighetti A. (1973). *Clima*. In: *L'ambiente naturale e umano dei parchi in Trentino* (ed. G. Tomasi), pp. 185-193. Provincia Autonoma di Trento (TN), Italy.
- Auer I., Böhm R., Jurkovic A., Lipa W., Orlik A., Potzmann R., Schöner W., Ungersböck M., Matulla C., Briffa K., Jones P.D., Efthymiadis, D., Brunetti M., Nanni T., Maugeri M., Mercalli L., Mestre O., Moisselin J.M., Begert M., Müller G., Kveton V., Bochnicek O., Stastny P., Lapin M., Szalai S., Szentimrey T., Cegnar T., Dolinar M., Gajic M., Zaninovic K., Majstorovic Z., Nieplova E. (2007). *HISTALP - 'Historical instrumental climatological surface time series of the Greater Alpine Region 1760–2003'*. *International Journal of Climatology*, vol. 27: 17–46.

- Bakker E.S., Olff H., Boekhoff M., Gleichman J. M., Berendse F. (2004). *Impact of herbivores on nitrogen cycling: contrasting effects of small and large species*. *Oecologia* vol.138: 91-101.
- Bellard C., Bertelsmeier C., Leadley P., Thuiller W., Courchamp F. (2012). *Impacts of climate change on the future of biodiversity*. *Ecology letters*, vol. 15(4): 365–377.
- Benedek A. (2006). *Small mammals from Retezat National Park (Romania)*. *Transylvanian Review of Systematical and Ecological Research*, vol. 3: 139-146.
- Beninston M. (2003). *Climatic change in mountain regions: a review of possible impacts*. *Climatic change* n.59: 5-31.
- Berteaux D., Humphries M.M., Krebs C.J., Lima M., McAdam A.G., Pettorelli N., Stenseth N.C. (2006). *Constraints to projecting the effects of climate change on mammals*. *Climate Research* n.32: 151-158.
- Bertolino S. & Mori E. (2016). *Ricchezza specifica e variazioni di biomassa in comunità di piccoli mammiferi lungo gradienti altitudinali*. Documento interno del Parco Nazionale del Gran Paradiso. Accesso il 14/02/2021 https://www.gpso.it/wp-content/uploads/2016/11/3_Bertolino-micromammiferi-e-altitudine.pdf
- Bisi F., Wauters L., Preatoni D., Martinoli A. (2015). *Interspecific competition mediated by climate change: Which interaction between brown and mountain hare in the Alps?* *Mammalian Biology - Zeitschrift für Säugetierkunde*, vol. 80: 424-430.
- Bocchini M. & Nieder L. (1994). *Habitat preferences, structure and population dynamics of *Microtus arvalis* in the northern appennines*. *Polish Ecological Studies* vol.20 (3-4): 115-121.
- Bombarda R. (2020). *Trent'anni di ricerca glaciologica SAT nel Parco*. Adamello Brenta Parco, semestrale del Parco Adamello Brenta vol.24 (1): 13-16.
- Bouche M. & Lemmet S. (2004). *Contribution à l'inventaire des micromammifères du Parc National de la Vanoise*. *Trav. Sci. Parc natl. Vanoise* n.22: 155-171.
- Brandmayr P. & Zetto Brandmayr T. (1988). *Comunità a coleotteri carabidi delle Dolomiti Sudorientali e delle Prealpi Carniche*. *Studi Trentini di Scienze Naturali (Acta Biologica)*, vol.64: 125-250.

- Brehm A.M., Mortelliti A., Maynard G.A., Zydlewski J. (2019). *Land-use change and the ecological consequences of personality in small mammals*. Ecology Letters, vol.22(9): 1387-1395.
- Brünner H., Lugon-Moulin N., Balloux F., Fumagalli L., Hausser J. (2002). *A taxonomical re-evaluation of the Valais chromosome race of the common shrew Sorex araneus (Insectivora: Soricidae)*. Acta Theriologica n.47(3): 245-275.
- Butet A., Delettre Y. R. (2011). *Diet differentiation between European arvicoline and murine rodents*. Acta Theriologica, vol.56 (4): 297.
- Calkins M.T., Beever E.A., Boykin K.G., Frey J.K., Andersen M.C. (2012). *Not so splendid isolation: modeling climate-mediated range collapse of a montane mammal Ochotona princeps across numerous ecoregions*. Ecography n.35: 780-791.
- Callaghan, T., Johansson, M., Brown, R., Groisman P., Labba N., Radionov V., Bradley R., Bulygina O., Torben R., Colman J., Essery R., Forbes B., Forchhammer M., Golubev V.N., Honrath R., Juday G., Meshcherskaya A., Phoenix G., Wood E. (2011). *Multiple Effects of Changes in Arctic Snow Cover*. AMBIO A Journal of the Human Environment, vol. 40: 32-45.
- Clark J.E., Hellgren E.C., Parsons J.L., Jorgensen E.E., Engle D.M., Leslie J. (2005). *Nitrogen outputs from fecal and urine deposition of small mammals: implications for nitrogen cycling*. Oecologia, vol. 144: 447-455.
- Colli L. & Nieder L. (2006). *Revisione sistematica degli esemplari di topo selvatico (genere Apodemus, sottogenere Sylvaemus) delle raccolte del Museo Tridentino di Scienze Naturali*. Studi Trent. Sci. Nat., Acta Biologica n.82: 13-20.
- Contoli L. (1981). *Approcci ecologici per la tutela della fauna mediante aree naturali protette*. Società Italiana di Ecologia, Atti vol.1: 51-55.
- Contoli L. (1984). *Ruolo dei micromammiferi nella nicchia trofica del Barbagianni Tyto alba nell'Italia centro-meridionale*. Avocetta, vol. 5: 49-64.
- Corlatti L., Bonardi A., Bragalanti N., Pedrotti L. (2019). *Long-term dynamics of Alpine ungulates suggest interspecific competition*. Journal of Zoology, vol. 309(4): 241-249.
- Cornulier T., Yoccoz N., Bretagnolle V., Brommer J., Butet A., Ecke F., Elston D., Framstad E., Henttonen H., Hörnfeldt B., Huitu O., Imholt C., Rolf J., Jedrzejska B., Millon A., Petty

- S., Pietiäinen H., Tkadlec E., Lambin X. (2013). *Europe-wide dampening of population cycles in keystone herbivores*. *Science*, vol. 340(6128): 63-66.
- Craig V.J. (1995). *Relationships between shrews (Sorex spp.) and downed wood in the Vancouver watersheds, B.C.* M.Sc. thesis, University of British Columbia, Vancouver, British Columbia, Canada.
- Crossman N.D, Bryan B.A, Summers D.M (2012). *Identifying priority areas for reducing species vulnerability to climate change*. *Diversity and Distributions*, vol. 18(1): 60-72.
- Dal Piaz G.B. (1924). *Studio sulle Arvicole Tridentine*. *Studi Trentini di Scienza Naturali* n.5: 328-344.
- De Beaux O. (1932). *Mammiferi raccolti dal Museo di Storia Naturale della Venezia Tridentina in Trento durante gli anni 1930-31*. *Studi Trentini di Scienze Naturali* n.13: 177-197.
- De Franceschi P., Montolli A., Zanetti A. (1994). *Primi dati sulla distribuzione dei Mammiferi nel Veronese*. In: *Atti I Convegno Faunisti Veneti* (Ed. Mezzavilla F., Stival E.). *Atti Convegno Faunisti Veneti*, pp. 171-180. Centro Ornitologico Veneto Orientale, Montebelluna, Italy.
- Debernardi P., Patriarca E., Reutter B.A. (2003). *Contribution to the knowledge of Apodemus genus in the Gran Paradiso National Park*. *Hystrix It. J. Mamm.* n.14: 55-75.
- Deutz A., Guggenberger T., Gasteiner J. (2011). *Influence of climate change on diseases of wild animals*. In: *Game meat hygiene in focus* (Eds. Paulsen P., Bauer A., Vodnansky M., Winkelmayr R., Smulders F.J.M.), pp. 157-172. Ed. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, Netherlands.
- Dueser R.D., Shugart H.H. (1978). *Microhabitats in a Forest-Floor Small Mammal Fauna*. *Ecology*, vol. 59(1): 89-98.
- Eccard J.A. & Klemme I. (2013). *Reducing Mortality of Shrews in Rodent Live Trapping - a Method Increasing Live-Trap Selectivity with Shrew Exits*. *Annales Zoologici Fennici*, vol. 50(6): 371-376.
- Elsen P.R. & Tingley M.W. (2015). *Global mountain topography and the fate of montane species under climate change*. *Nature Climate Change*, vol. 5: 772-776.
- Fahrig L. (2003). *Effects of habitat fragmentation on biodiversity*. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*, vol. 34: 487-515.

- Felten H. (1984). *Zur Verbreitung der Alpen spitzmaus in deutshen Mittelgebirgen*. Natur Museum, vol. 114: 50-54.
- Ferns P.N. (1978). *Trap mortality in Microtus agrestis (L.)*. Z. Säugetierkunde, vol. 43: 92-101.
- Ferrari G. (2016). *La comunità di micromammiferi in un ambiente che cambia: un caso studio nelle Alpi Centrali italiane*. Tesi di laurea in Ecologia e Conservazione della Natura, Università di Parma, Italy.
- Festi F., Prosser F. (2008). *Flora del Parco Naturale Adamello Brenta*. In: Documenti del Parco, vol.17. Edizioni Osiride. Museo Civico di Rovereto, Italy.
- Gagliardi A. & Tosi G. (2012). *Monitoraggio di Uccelli e Mammiferi in Lombardia. Tecniche e metodi di rilevamento*. Ed. Regione Lombardia, Università degli Studi dell'Insubria, Istituto Oikos, Italy.
- Getz L. (1961). *Responses of Small Mammals to Live-traps and Weather Conditions*. The American Midland Naturalist, vol. 66(1): 160-170.
- Gobbi M. (2019). *Coleotteri Carabidi*. BioMiti alla ricerca della vita sulle Dolomiti di Brenta. Atti dell'incontro collegiale del 30 novembre 2019, pp. 22-24.
- Goi G. (2015). *Adamello 2090, la fine del ghiacciaio*. Corriere della Sera. https://brescia.corriere.it/notizie/cronaca/15_gennaio_19/adamello-2090-fine-ghiacciaio-f032e2fa-9fdd-11e4-84eb-449217828c75.shtml. Accesso il 3/12/2020.
- Golley F.B., Ryszkowski L., Sokur J.T. (1975). *The role of mammals in temperate forest, grasslands and cultivated fields*. In: Small mammals: their productivity and population dynamics. (Eds. F.B. Golley, K. Petruszewicz, L. Ryszkowski), pp. 223-241. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- Groff C., Angeli F., Asson D., Bragalanti N., Pedrotti L., Zanghellini P. (2020). *Rapporto Grandi Carnivori 2019*. Servizio Foreste e fauna della Provincia Autonoma di Trento (TN), Italy.
- Gurnell J. (1982). *Trap deaths in woodland rodents*. Acta Theriologica, vol. 27(11): 139-147.
- Gurnell J. (1985). *Woodland rodent communities*. Symposia of the Zoological Society of London, n.55: 377-411.

- Hernández Fernández M. (2001). *Bioclimatic discriminant capacity of terrestrial mammal faunas*. *Global Ecology and Biogeography*, vol. 10: 189-204.
- Hoffmann A., Decher J., Rovero F., Schaer J., Voigt C., Wibbelt G. (2010). *Field methods and techniques for monitoring mammals*. In: *Manual on field recording techniques and protocols for All Taxa Biodiversity Inventories and Monitoring*, pp. 482-529. Ed. Pensoft Publishers, Sofia, Bulgaria.
- Huntly N., Reichman O.J. (1994). *Effects of subterranean mammalian herbivores on vegetation*. *Journal of Mammalogy*, vol. 75: 852-859.
- Imholt C., Reil D., Eccard J.A., Jacob D., Hempelmann N., Jacob J. (2015). *Quantifying the past and future impact of climate on outbreak patterns of bank voles (*Myodes glareolus*)*. *Pest management science*, vol. 71(2): 166-172.
- Jackson M.M., Gergel S.E., Martin K. (2015). *Effects of climate change on habitat availability and configuration for an endemic coastal alpine bird*. *PLoS ONE*, vol. 10(1).
- Jacobs L., Gaulin S., Sherry D., Hoffman G. (1990). *Evolution of spatial cognition: Sex-specific patterns of spatial behavior predict hippocampal size*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* vol.87: 6349-52.
- Janeau G. (1980). *Répartition écologique des micromammifères dans l'étage alpin de la région de Briançon*. *Mammalia*, vol. 44(1): 2-25.
- Kamenišťák J., Baláž I., Tulis F., Jakab I., Ševčík M., Poláčiková Z., Klimant P., Ambros M., Rychlik L. (2019). *Changes of small mammal communities with the altitude gradient*. *Biologia*, vol. 75: 713-722.
- Körner C., Ohsawa M. (2005). *Mountain system*. In: *Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends* vol.1 (Eds. Rashid H., Robert S., Neville A.), pp. 683-716. Ed. Island Press, Washington DC, USA.
- Korpela K., Delgado M., Henttonen H., Korpimäki E., Koskela E., Ovaskainen O., Huitu O. (2013). *Nonlinear effects of climate on boreal rodent dynamics: mild winters do not negate high-amplitude cycles*. *Global Change Biology*, vol.19 (3): 697-710.
- Lapini L. (1988). *Catalogo della collezione teriologica del Museo Friulano di Storia Naturale*, vol.35. Ed. Museo Friulano di Storia Naturale, Udine, Italy.

Lapini L., Dall'Asta A., Dublo L., Spoto M., Vernier E., (1996), *Materiali per una teriofauna dell'Italia nord-orientale (Mammalia, Friuli-Venezia Giulia)*. Gortania – Atti del Museo Friulano di Storia Naturale n.17: 149-248.

Le Louran H. (1974). *Etude par marquage et recaptures du campagnol des champs et du campagnol de Fatio en montagne*. Mammalia n.36: 107-111.

Le Louarn H. & Saint Girons M.C. (1977). *Les rongeurs de France: faunistique et biologie*. *Annales de Zoologie-Ecologie animale*. Ed. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris, France.

Lencioni V. (2019). *Chironomidi*. BioMiti alla ricerca della vita sulle Dolomiti di Brenta. Atti dell'incontro collegiale del 30 novembre 2019, pp. 25-26.

Liesenjohann M., Liesenjohann T., Palme R., Eccard J. A. (2013). *Differential behavioural and endocrine responses of common voles (Microtus arvalis) to nest predators and resource competitors*. BMC ecology, vol.13 (1): 33.

Locatelli R. & Paolucci P. (1996). *L'arvicola delle nevi (Chionomys nivalis, Martins, 1842) nell'Italia nord-orientale: biometria, morfologia dentale e scelta dell'habitat*. Bollettino Museo Civico di Storia Naturale di Venezia, n. 45: 195-209.

Locatelli R. & Paolucci P. (1998). *Insettivori e piccoli roditori del Trentino*. Ed. Giunta della Provincia autonoma di Trento, Servizio Parchi e foreste demaniali (TN), Italy.

Locatelli R., Paolucci P., Chiesura C. M. (1996). *Micromammiferi del Parco Naturale Adamello Brenta*. Ed. Cooperativa Meles, Padova, Italy.

Loy A., Aloise G., Ancillotto L., Angelici F. M., Bertolino S., Capizzi D., Castiglia R., Colangelo P., Contoli L., Cozzi B., Fontaneto D., Lapini L., Maio N., Monaco A., Mori E., Nappi A., Podestà M., Russo D., Sarà M., Scandura M., Amori G. (2019). *Mammals of Italy: an annotated checklist*. Hystrix. The Italian Journal of Mammalogy n.30(2): 87-106.

Mammola S., Goodacre S., Isaia M. (2018) *Climate change may drive cave spiders to extinction*. Ecography, vol.41: 233-243.

Mazzotti S., Tiozzo E. (2013). *Impatto dei cambiamenti climatici sulle comunità di micromammiferi (Mammalia: Soricomorpha, Rodentia) del Delta del Po*. Quaderni del Museo di Storia Naturale di Ferrara, vol. 1: 111-117.

- Merritt J.F., Vessey S.H. (2000). *Shrews - Small Insectivores with Polyphasic Patterns*. In: *Activity Patterns in Small Mammals* (Eds. Halle S., Stenseth N.C.), pp. 235-251. Ecological Studies, vol. 141. Springer, Berlin, Germany.
- Moorhead L., Souza L., Habeck C., Lindroth R., Classen A. (2017). *Small mammal activity alters plant community composition and microbial activity in an old-field ecosystem*. *Ecosphere*, vol. 8: 1-12.
- Montgomery W.I. (1980). *Mortality of Small Rodents Captured in Live-traps*. *Acta Theriologica*, vol. 25: 227-294.
- Moritz C., Patton J.L., Conroy C.J., Parra J.L., White G.C., Beissinger S.R. (2008). *Impact of a century of climate change on small mammal communities in Yosemite National Park, USA*. *Science*, vol. 322: 261–264.
- Mortelliti A., Greutzmann I.P., Fraver S., Brehm M.A., Calkins S., Fisichelli N. (2019). *Small mammal controls on the climate-driven range shift of woody plant species*. *Oikos*, vol. 128: 1726-1738.
- Nappi A. (2002). *Vertical distribution of the snow vole *Chionomys nivalis* (Martins, 1842) (rodentia, arvicolidae) in Italy*. *Hystrix*, vol. 13(1-2): 45-52.
- Newman C., & Macdonald D. W. (2013). *The Implications of climate change for terrestrial UK Mammals*. Terrestrial biodiversity Climate change impacts report card Technical paper. Oxford University, Oxford, United Kingdom.
- Nosek J., Kožuch O., Chmela J. (1972). *Contribution to the knowledge of home range in common shrew *Sorex araneus* L.* *Oecologia*, vol. 9: 59-63.
- Notarnicola C. (2020). *Hotspots of snow cover changes in global mountain regions over 2000–2018*. *Remote Sensing of Environment*, vol. 243.
- Paolucci P. (1987). *Micromammiferi della foresta di Tarvisio*. In: *I vertebrati della foresta di Tarvisio* (Ed. Battisti A.), pp. 147-225. Ed. Ministero dell’Agricoltura e delle Foreste, Italy.
- Paolucci (1994). *Catalogo della collezione teriologica della cattedra di zoologia forestale, venatoria, acquicoltura dell’Università di Padova*. Gortania – Atti del Museo Friulano di Scienze Naturali, Udine, Italy.

- Paolucci P. (1995). *Sorex minutus Linneaus, 1766* (pp. 19). In: Atlante dei mammiferi del Veneto (eds. M. Bon, P. Paolucci, F. Mezzavilla, R. De Battisti, E. Vernier). Lavori della Società Veneziana di Scienze Naturali, supplemento al vol. 21.
- Parmesan C., Yohe G. (2003). *A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems*. Nature, vol. 421: 37–42.
- Pepin N., Bradley R., Diaz H., Baraer M., Caceres B., Forsythe N., Fowler H., Greenwood G., Hashmi M., Liu X., Miller J., Ning L., Ohmura A., Palazzi E., Rangwala I., Schöner W., Severskiy I., Shahgedanova M., Wang M., Yang D. (2015). *Elevation-dependent warming in mountain regions of the world*. Nature Climate Change, vol. 5: 424-430.
- Parmesan, C. (2006). *Ecological and evolutionary responses to recent climate change*. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, vol. 37: 637-669.
- Patriarca E. & Debernardi P. (1997). *Insectivora, chiroptera, lagomorpha, rodentia and carnivora of the Gran Paradiso National Park: checklist and preliminary ecological characterization*. Journal of Mountain Ecology, vol. 4: 17-32.
- Petri I. (2019). *Araneofauna (Arachnida, Araneae) delle Dolomiti di Brenta*. Tesi di laurea in Scienze Naturali, Università degli Studi di Padova.
- Pizzolotto R., Gobbi M., Brandmayr P. (2014), *Changes in ground beetle assemblages above and below the treeline of the Dolomites after almost 30 years (1980/2009)*. Ecology and Evolution vol.4 (8): 1284–1294.
- Praz J.C. & Meylan A. (1973). *Insectivores et Rongeurs de Basse-Engadine. (Note preliminaire)*. Revue suisse de Zoologie, vol. 80(3): 675-680.
- Prosser F., Bertolli A. (2009). *La Genziana del Brenta*. L'Eco delle Dolomiti, n.8. http://www.ecodelledolomiti.net/Num_8/Num_8_Ita/IL-NUOVO-FIORE-DEL-BRENTA-di-Carlo-Signorini.html. Accesso il 5/12/2020.
- Qixiang W., Wang M., Fan X. (2018). *Seasonal patterns of warming amplification of high-elevation stations across the globe*. International Journal of Climatology, vol. 38(8): 3466-3473.
- Radchuk V., Reed T., Teplitsky C., Van de Pol M., Charmantier A., Hassall C., Adamík P., Adriaensen F., Ahola M., Arcese P., Avilés J., Balbontín J., Berg K., Borrás A., Burthe S.,

- Clobert J., Dehnhard N., Lope F., Dhondt A., Kramer-Schadt S. (2019). *Adaptive responses of animals to climate change are most likely insufficient*. Nature Communications, vol. 10: 3109-3123.
- Rehnus M., Bollmann K., Schmatz D., Hackländer K., Braunisch V. (2018). *Alpine glacial relict species losing out to climate change: The case of the fragmented mountain hare population (Lepus timidus) in the Alps*. Global change biology vol.24(7): 3236-3253.
- Riddell E., Iknayan K., Hargrove L., Tremor S., Patton J., Ramirez R., Wolf B., Beissinger S. (2021). *Exposure to climate change drives stability or collapse of desert mammal and bird communities*. Science, vol. 371: 633-636.
- Riga F. (2002). *Volpe Vulpes vulpes (Linneaus, 1758)*. In: Mammiferi d'Italia. Quaderni Conservazione della Natura n.14 (Eds. Mario S., Anna Maria D.M.), pp. 221-222. Ed. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica, Roma, Italy.
- Rudyshin M.P. (1975). *Quantitative characterization of the diet of Microtus nivalis, in the Ukrainian Carpathians*. Acta Societatis Zoologicae Bohemoslovacae, vol. 5: 82:84.
- Saint Girons M.C. (1973). *Les Mammifères de France et du Benelux (faune marine exceptée)*. Ed. Doin, Paris, France.
- Schade M., Wolf R., Höfer H. (2010). *Food-ecology of Eurasian Pygmy Shrews (Sorex minutus L.) in subalpine habitats*. Mammalian Biology - Zeitschrift für Säugetierkunde vol.75: 22-23.
- Schneider M.R., Mangels R., Dean M.D. (2016). *The molecular basis and reproductive function(s) of copulatory plugs*. Molecular Reproduction and Development vol.83: 755–767.
- Shonfield J., Do R., Brooks R.J., McAdam A.G. (2013). *Reducing accidental shrew mortality associated with small-mammal livetrapping I: an inter- and intrastudy analysis*. Journal of Mammalogy, vol. 94(4): 745–753.
- Sikes R.S., Gannon W.L. and the Animal Care and use Committee of the American Society of Mammalogists (2011). *Guidelines of the American Society of Mammalogists for the use of wild mammals in research*. Journal of Mammalogy, vol. 92: 235–253.

- Simonetta A., Martini A. (1998). *Metodi di cattura, immobilizzazione e trasporto degli animali*. In: Principi e tecniche di gestione faunistico-venatoria (eds. Alberto S., Francesco D.), pp. 394-407. Greentime, Bologna, Italy.
- Sindaco R., Doria G., Razzetti E., Bernini F. (2006). *Atlante degli anfibi e rettili d'Italia*. Ed. Polistampa, Firenze, Italy.
- Sirugue D. (1995). *Les mammifères sauvages du Morvan. Parc Naturel régional du Morvan*. Ed. Imprimerie Saulieu, Saulieu, France.
- Smiraglia C., Diolaiuti G. (2015). *Il Nuovo Catasto dei Ghiacciai Italiani*. Ed. Ev-K2-CNR, Bergamo, Italy.
- Spitzenberger F. (2002). *Die Säugetierfauna Österreichs*. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, Austria.
- Squartini A., Zaminato N., Zanella A. (2019). *Il suolo*. BioMiti alla ricerca della vita sulle Dolomiti di Brenta. Atti dell'incontro collegiale del 30 novembre 2019, pp. 13-14.
- Stenseth N.C., Viljugrein H., Saitoh T., Hansen T.F., Kittilsen M.O., Bølviken E., Glöckner F. (2003). *Seasonality, density dependence, and population cycles in Hokkaido voles*. Proceedings of the National Academy of Sciences, vol. 100(20): 11478- 11483.
- Stockley P., Franco C., Claydon A.J., Davidson A., Hammond D.E., Brownridge P.J., Hurst J.L., Beynon R.J. (2020). *Revealing mechanisms of mating plug function under sexual selection*. Proceedings of the National Academy of Sciences vol.117(44): 27465-27473.
- Stromgren E.J. (2008). *Improving livetrapping methods for shrews (Sorex spp.)*. M.Sc. thesis, University of British Columbia, Vancouver, British Columbia, Canada.
- Szpunar G., Aloise G., Mazzotti S., Nieder L., Cristaldi M. (2008). *Effect of global climate change on terrestrial small mammal communities in Italy*. Fresenius Environ Bull, vol. 17: 1526-1533.
- Tanaka R. (1956). *On differential response to live traps of marked and unmarked small mammals*. Annotationes Zoologicae Japonenses, vol. 29: 44-51.
- Thomas C., Cameron A., Green R., Bakkenes M., Beaumont L.J., Collingham Y., Erasmus B., Siqueira M., Grainger A., Hannah L., Hughes L., Huntley B., Van J.A., Midgley G., Miles L.,

Ortega M., Peterson A., Phillips O., Williams S. (2004). *Extinction risk from climate change*. Nature, vol. 427: 145–148.

Thomassin S. (1991). *Tracce di animali*. Ed. Ecoguide Garzanti, Lainate (MI), Italy.

Tomaselli R., Filipello S., Balduzzi A. (1973). Carta bioclimatica d'Italia. Istituto di Botanica dell'Università di Pavia.

Urrutia R. & Vuille M. (2009). *Climate change projections for the tropical Andes using a regional climate model: Temperature and precipitation simulations for the end of the 21st century*. Journal of Geophysical Research, vol. 114: 108.

Van Strien M. J., Keller D., Holderegger R., Ghazoul J., Kienast F., Bolliger J. (2014). *Landscape genetics as a tool for conservation planning: predicting the effects of landscape change on gene flow*. Ecological Applications, vol. 24: 327–339.

Yunger J.A., Brewer R., Snook R. (1992). *A method of reducing trap mortality of Sorex*. Canadian Field-Naturalist, vol. 106: 249-251.

Zaminato N. (2019). *Gli indici di biodiversità come strumento per comprendere gli effetti dei cambiamenti climatici: un caso di studio nel Parco Naturale Adamello Brenta*. Tesi di Laurea in Scienze forestali e ambientali, Università degli Studi di Padova.

Zanoner T., Seppi R., Carton A. (2019). *Geomorfologia*. BioMiti alla ricerca della vita sulle Dolomiti di Brenta. Atti dell'incontro collegiale del 30 novembre 2019, pp. 7-12.

10. ALLEGATI

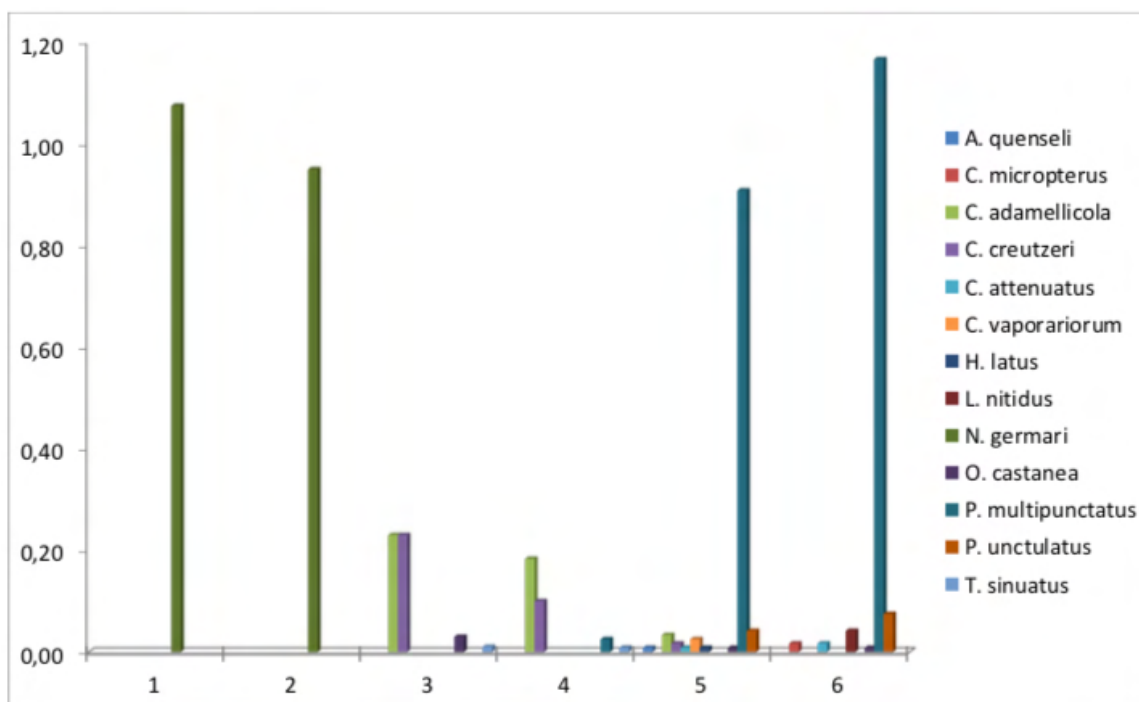
Allegato 1 – Specie rilevate tramite i MFM nei *plot* del Progetto Biomiti.

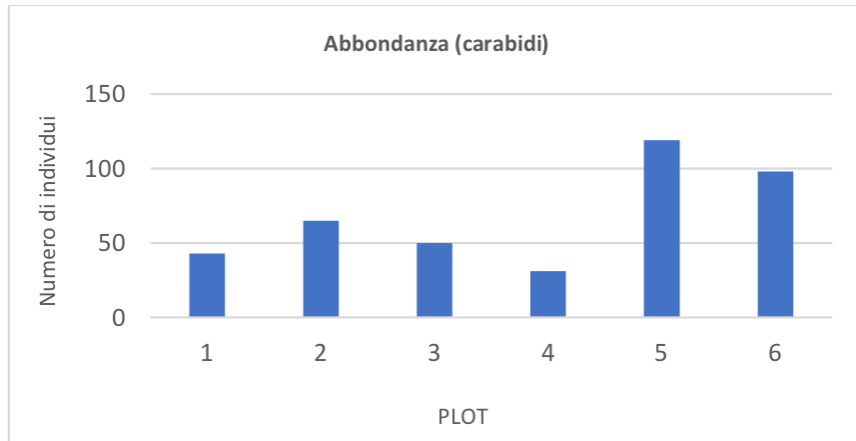
PLOT VALLESINELLA							
Conteggio nome scient.	PLOT						TOTALE
SPECIE	1	2	3	4	5	6	
<i>Anthus spinoletta</i>				1	2		3
<i>Aves (indeterminato)</i>	4						4
<i>Capreolus capreolus</i>						8	8
<i>Cervus elaphus</i>				2	30	21	53
<i>Cuculus canorus</i>						1	1
<i>Dryocopus martius</i>						2	2
<i>Formica rufa</i>					3	7	10
<i>Lagopus mutus helveticus</i>	34	10	4	1			49
<i>Lepus sp</i>			13	9	4		26
<i>Marmota marmota</i>					18		18
<i>Mustela sp</i>					1		1
<i>Nucifraga caryocatactes</i>						2	2
<i>Phoenicurus ochruros</i>					2		2
<i>Picus canus</i>						1	1
<i>Poecile montanus</i>						2	2
<i>Poecile palustris</i>						3	3
<i>Prunella collaris</i>			3				3
<i>Pyrrhocorax graculus</i>			1	2	1		4
<i>Rana temporaria</i>						1	1
<i>Rupicapra rupicapra</i>		4	13	29	6	2	54
<i>Tetrao tetrix</i>						5	5
<i>Tetrao urogallus</i>						1	1
<i>Turdus torquatus</i>			1				1
Totale complessivo	38	14	35	44	67	56	254
N° specie	2	2	6	6	9	13	23
IKA	63,3	17,5	35	44	67	56	47

Allegato 2 – Specie contattate tramite monitoraggio al canto nei *plot* del Progetto Biomiti.

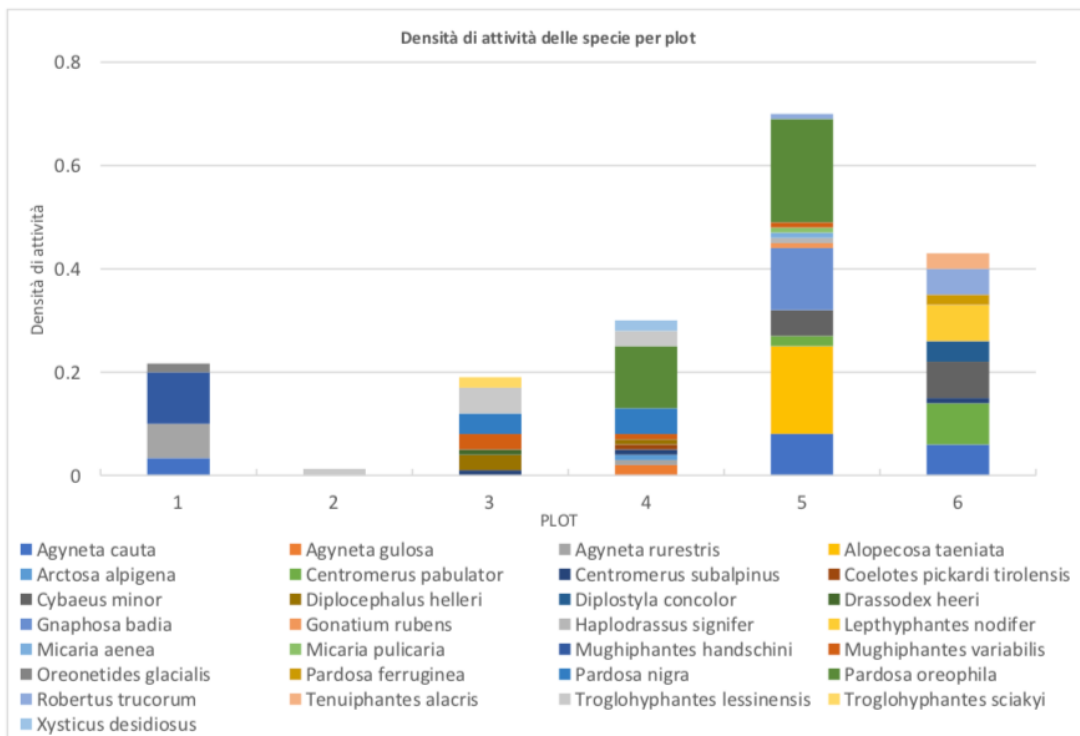
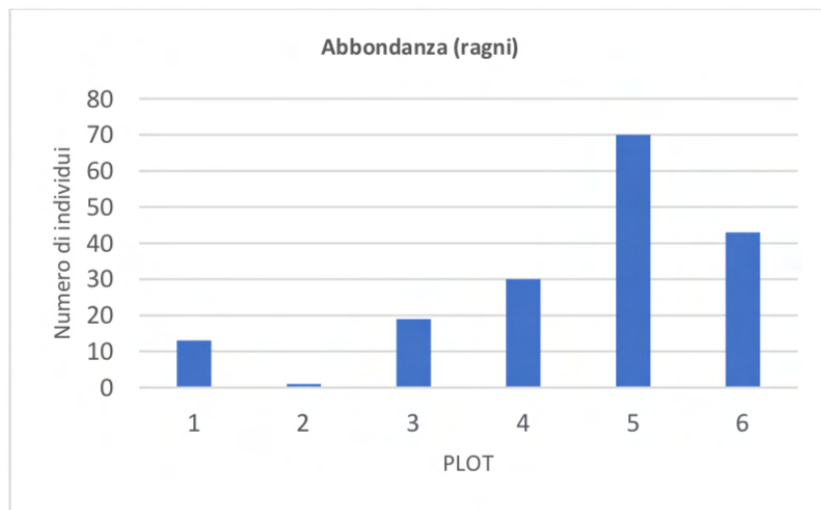
PLOT VALLESINELLA							
SPECIE	PLOT						TOTALE
	1	2	3	4	5	6	
Anthus spinoletta	2		6	2	5		15
Fringilla coelebs						1	1
Garrulus glandarius						1	1
Lagopus muta	1						1
Loxia curvirostra					1		1
Oenanthe oenanthe				1	1		2
Phoenicurus ochruros			3		2		5
Phoenicurus phoenicurus					1	1	2
Picus canus						1	1
Poecile montanus						9	9
Poecile palustris						1	1
Prunella collaris		1	3	1	2		7
Pyrrhocorax graculus		1	3	2			6
Sylvia curruca						1	1
Tetrao tetrix			1				1
Totale complessivo	3	2	16	6	12	15	54
N° specie	2	2	5	4	6	7	15

Allegato 3 – numero e densità dell'attività dei Carabidi campionati nei *plot* del Progetto Biomiti.





Allegato 4 – numero e densità dell'attività degli Aracnidi campionati nei *plot* del Progetto Biomiti.



Allegato 5 – calendario delle repliche di cattura di piccoli mammiferi nei *plot* Bimiti - settore Vallesinella 2020.

REPLICA 1					
Data	22-25 giugno	29 giugno - 2 luglio	6-9 luglio	13-16 luglio	/
Plot	6	5 e 4	3	2	1

REPLICA 2				
Data	20-23 luglio	27-30 luglio	4-7 agosto	6 agosto
Plot	6	5 e 4	3 e 2	1

REPLICA 3				
Data	10-13 agosto	17-20 agosto	25-28 agosto	/
Plot	6	5 e 4	3 e 2	1

PLOT 1	Specie	Tot_individui
S2**	Chionomys nivalis	4

** 1 controllo

PLOT 2	Specie	Tot_individui	di cui ricatture
S1		0	/
S2	Chionomys nivalis	7	/
S3	Chionomys nivalis	3	0

PLOT 3	Specie	Tot_individui	di cui ricatture
S1	Chionomys nivalis	1	/
	Myodes glareolus	1	/
S2	Chionomys nivalis	5	1
	Myodes glareolus	1	1
S3	Chionomys nivalis	4	4
	Myodes glareolus	0	0

PLOT 4	Specie	Tot_individui	di cui ricatture
S1	Chionomys nivalis	2	/
S2	Chionomys nivalis	2	2
	Arvicola campestre	1	/
S3	Chionomys nivalis	1	1
	Microtus arvalis	0	0

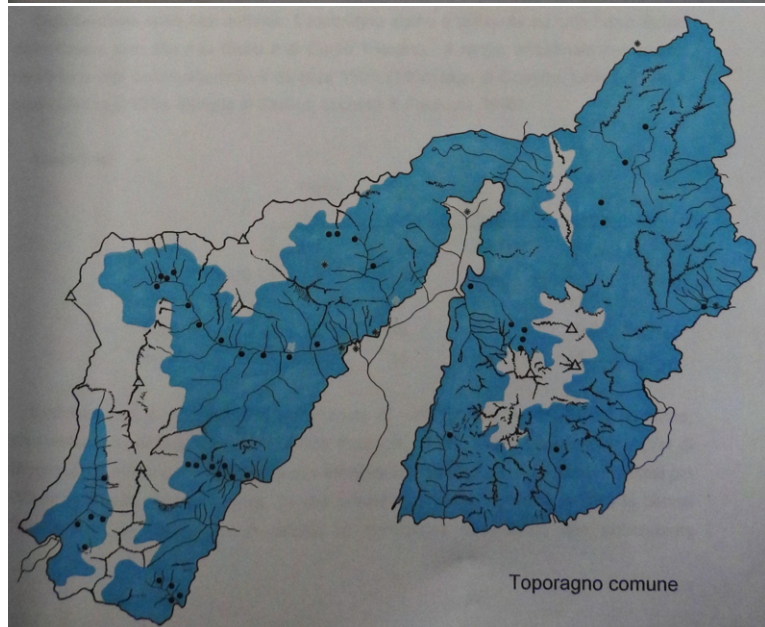
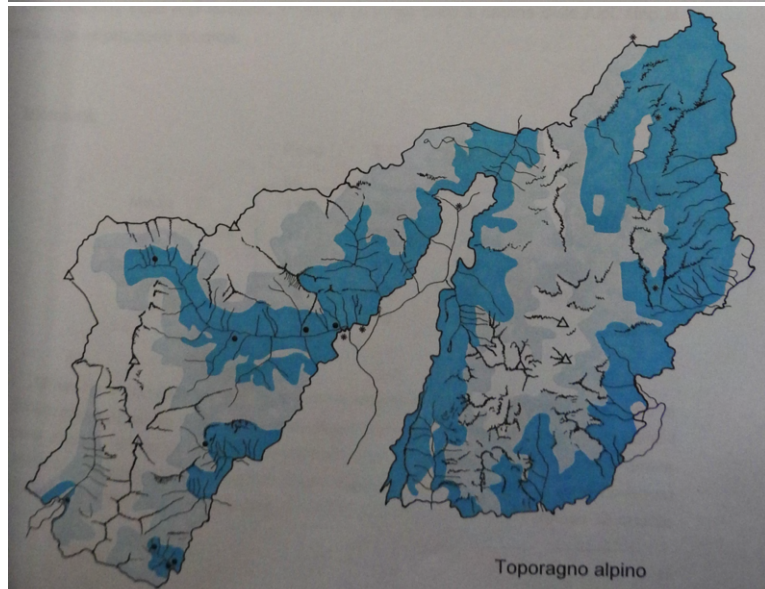
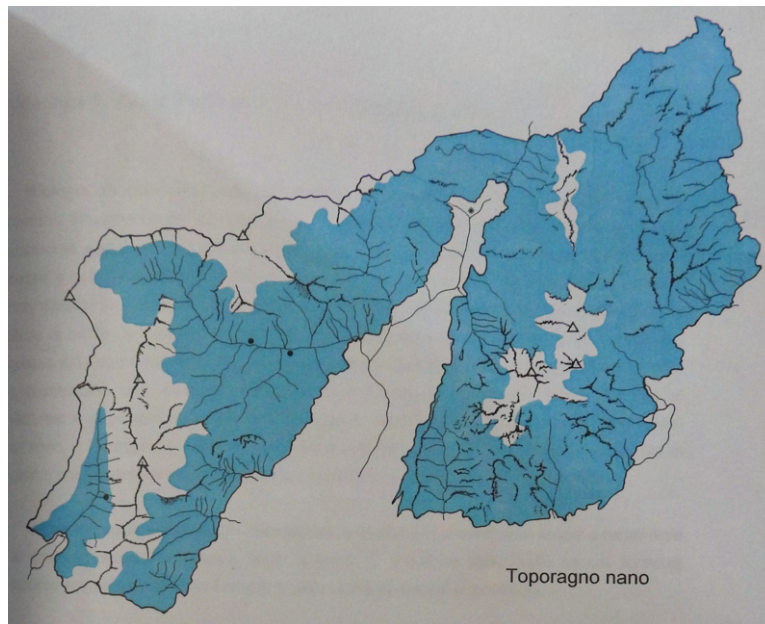
PLOT 5	Specie	Tot_individui	di cui ricatture
S1	/	0	/
S2	Microtus arvalis	1	/
S3	Microtus arvalis	1	0
	Sorex antinorii	1	/

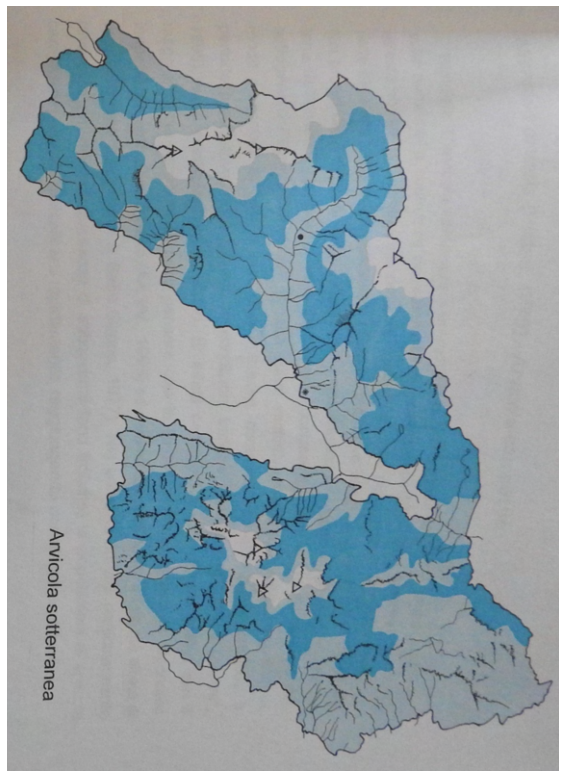
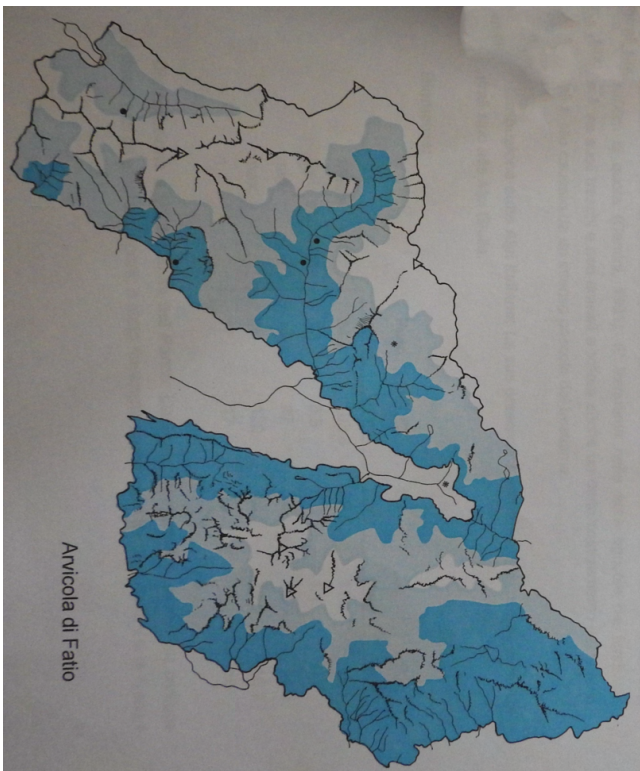
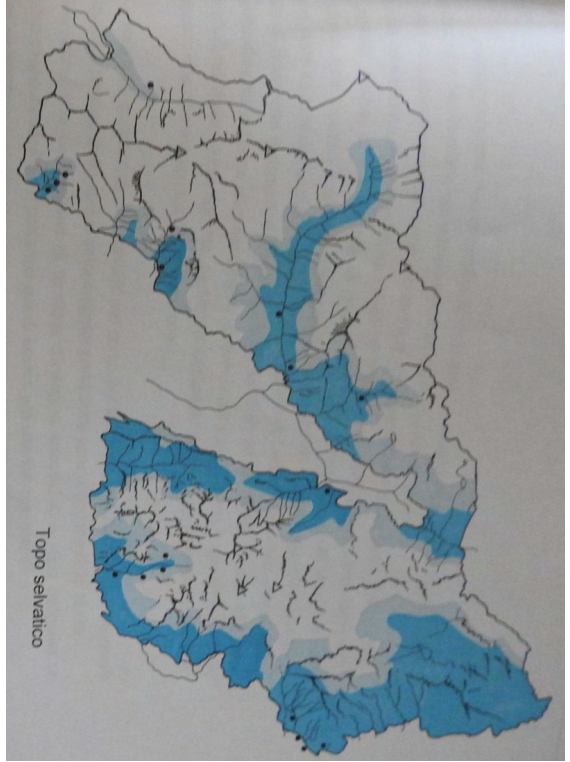
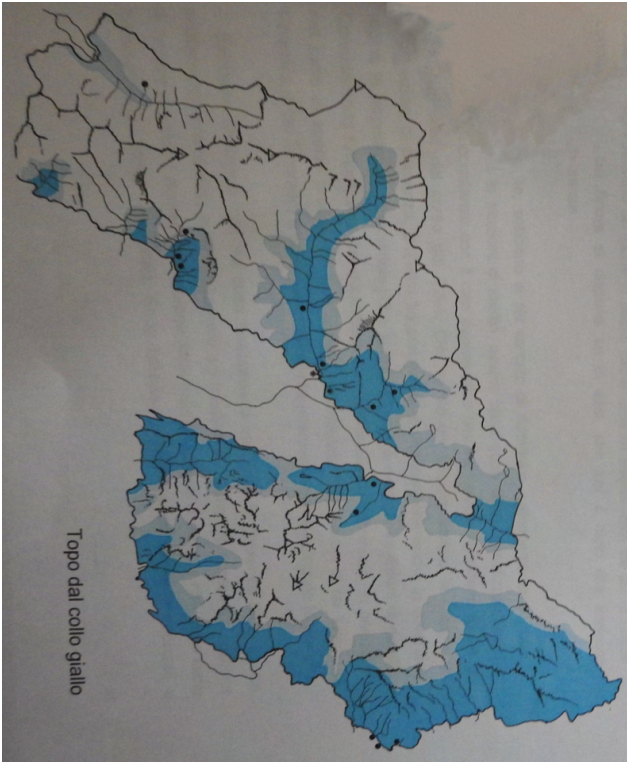
PLOT 6	Specie	Tot_individui	di cui ricatture
S1	Myodes glareolus	1	/
	Sorex antinorii*	6	/
	Microtus (terricola)	1	/
S2	Myodes glareolus	8	0
	Sorex antinorii*	3	0
	Microtus (terricola)	1	0
S3	Myodes glareolus	5	2
	Sorex antinorii	1	0
	Microtus (terricola)	1	0

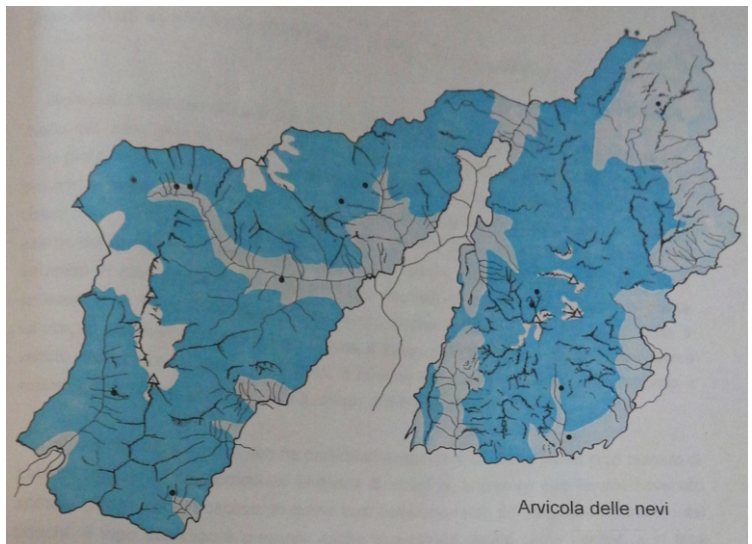
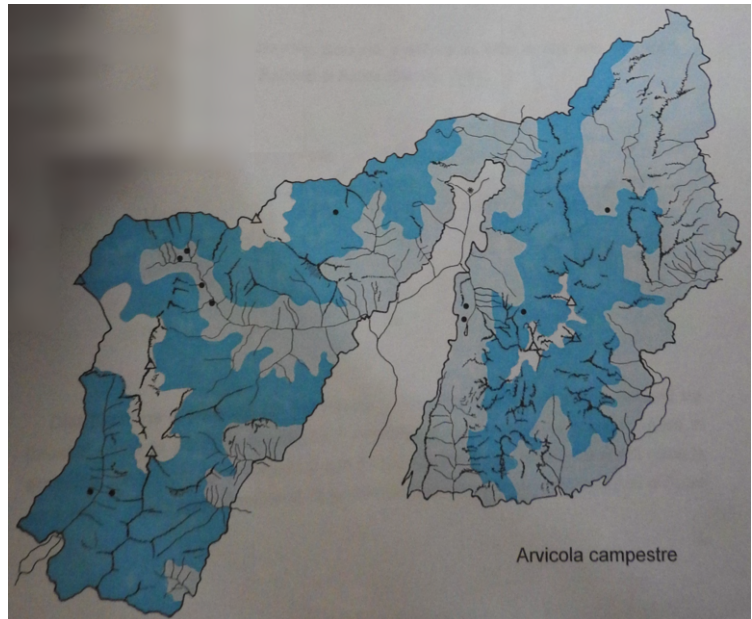
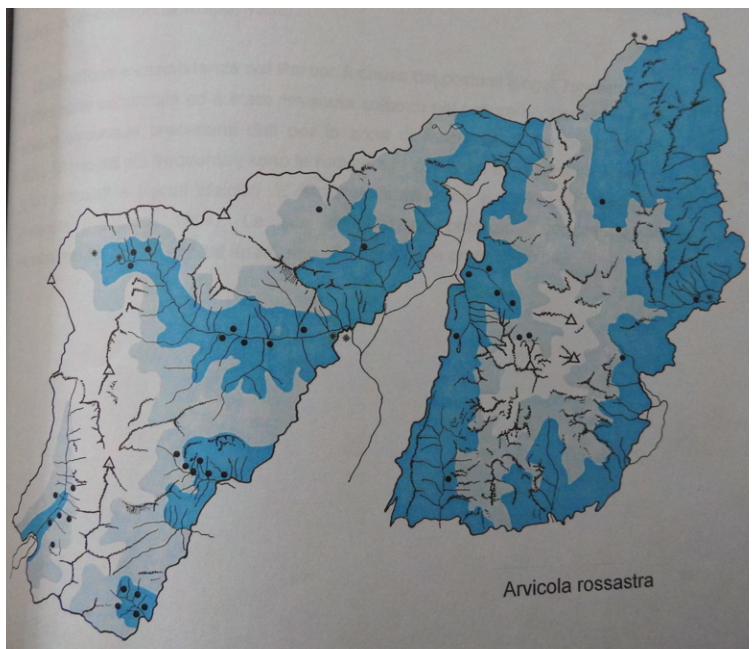
** Non marcati

Allegato 6 – distribuzione delle specie target nel PNAB

Sono segnalati in nero i punti di rinvenimento degli individui durante studi pregressi. In azzurro le aree di presenza potenziale dedotte in base alla tipologia ambientale e alla quota (Locatelli *et al.*, 1996).







Allegato 7 – Biometrie dei piccoli mammiferi rilevate nelle aree protette trentine

considerando solo gli individui adulti.

		PESO (g)	CORPO (mm)	CODA (mm)	ORECCHIO (mm)	PIEDE POSTERIORE (mm)
Arvicola rossastra	media	24,2	99,1	48,3	14,0	17,8
	dev.st.	5,1	8,4	6,0	1,4	0,8
	min	12,0	62,0	25,0	10,0	12,1
	max	43,0	121,0	93,0	18,8	21,2
	n	494	481	480	480	490
Arvicola agreste	media	25,3	101,6	31,9	12,7	17,6
	dev.st.	7,6	9,1	4,4	1,3	0,6
	min	15,9	84,0	23,0	10,5	16,3
	max	47,4	130,0	47,0	16,8	19,0
	n	52	53	53	54	54
Arvicola dei campi	media	23,7	102,2	28,9	11,7	15,0
	dev.st.	6,3	9,7	4,8	1,1	0,7
	min	15,0	87,0	18,0	10,0	14,0
	max	36,0	120,0	40,0	14,0	16,2
	n	20	20	21	20	22
Arvicola di Fatio	media	19,4	97,2	33,6	9,4	15,5
	dev.st.	3,2	8,9	3,1	1,3	0,6
	min	15,0	85,0	30,0	7,6	14,3
	max	24,0	112,0	39,0	11,0	16,0
	n	5	5	5	5	5
Arvicola sotterranea	media	17,4	93,1	33,2	10,5	14,8
	dev.st.	2,1	7,7	3,1	0,8	0,4
	min	13,0	75,0	26,0	9,1	14,0
	max	21,0	102,0	38,0	12,3	15,3
	n	11	11	11	11	11
Arvicola delle nevi	media	35,6	110,6	56,4	15,5	19,2
	dev.st.	9,8	11,1	7,1	2,1	0,9
	min	19,0	84,0	42,0	11,5	17,3
	max	53,0	132,0	70,0	22,0	22,0
	n	44	44	44	44	43
Topo selvatico dal collo giallo	media	27,0	99,6	101,1	17,3	23,5
	dev.st.	6,1	8,6	7,1	1,4	1,0
	min	16,0	80,0	80,0	13,2	21,5
	max	45,0	130,0	121,0	21,3	27,0
	n	193	187	186	190	193
Topo selvatico	media	20,9	91,8	83,5	16,0	20,9
	dev.st.	4,2	8,5	7,1	1,4	0,8
	min	13,0	72,0	63,0	13,4	19,1
	max	30,0	117,0	99,0	20,0	22,7
	n	50	49	45	47	50

		PESO (g)	CORPO (mm)	CODA (mm)	PIEDE POSTERIORE (mm)
Toporagno comune	media	8,0	72,0	45,3	12,7
	dev.st.	1,7	5,8	3,2	0,6
	min	4,0	49,0	38,0	10,5
	max	14,0	88,0	58,0	15,0
	n	328	322	328	332
Toporagno alpino	media	7,9	71,2	68,3	14,5
	dev.st.	1,5	6,1	3,9	0,7
	min	6,0	57,0	60,0	13,0
	max	11,1	86,0	77,0	16,7
	n	50	51	52	51
Toporagno nano	media	3,8	56,5	41,3	10,8
	dev.st.	0,9	4,2	3,1	0,4
	min	3,0	47,0	37,0	10,0
	max	6,0	61,0	49,0	11,3
	n	12	12	12	12

Allegato 8 – Fasi del ciclo estrale nei piccoli mammiferi ed evidenze morfologiche.



Allegato 9 – Temperatura dell'aria e numero di catture suddivisi per sessione nei *plot* 6, 4 e 2.

