



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Agraria

**Corso di Laurea Magistrale in
SCIENZE E TECNOLOGIE DEI SISTEMI FORESTALI**
(Classe LM-73 - Classe delle lauree in Scienze e Tecnologie dei Sistemi Forestali)

Modelli predittivi di idoneità ambientale per la marmotta
alpina (*Marmota marmota* L.1758) nel Parco Naturale Adamello
Brenta

Habitat suitability prediction models for alpine marmot
(*Marmota marmota* L.1758) in Adamello Brenta Nature Park

Relatore

Susanna Nocentini

Correlatori

Marco Armanini

Andrea Mustoni

Guido Tellini Florenzano

Candidato

Marta Galluzzi

RIASSUNTO

Titolo: Modelli predittivi di idoneità ambientale per la marmotta alpina (*Marmota marmota* L.1758) nel Parco Naturale Adamello Brenta.

Anno Accademico 2013/2014

Candidato: Marta Galluzzi

Relatore: Susanna Nocentini

Parole chiave: *Marmota marmota*, modelli, idoneità, gestione, distribuzione.

La presente tesi si inserisce nell'ambito del Progetto Marmotta avviato dal Parco Naturale Adamello Brenta nel 2013. Il Parco è composto da due Gruppi montuosi: Adamello-Presanella e Dolomiti di Brenta, diversi tra loro da un punto di vista geologico. La marmotta alpina è ben diffusa all'interno del territorio del Parco seppur con densità discontinue.

Le indagini condotte nel presente lavoro sono state effettuate in un'area campione nel settore Adamello-Presanella, mentre le fasi precedenti del Progetto si erano concentrate su un'area campione sita sulle Dolomiti di Brenta.

Gli obiettivi principali sono stati: (i) confrontare la distribuzione attuale della specie con la distribuzione storica, (ii) confrontare due metodologie differenti di realizzazione di Modelli di Valutazione Ambientale, (iii) comprendere se i fattori che determinano l'idoneità ambientale per la specie sono diversi tra due settori del Parco. Durante le indagini di campo sono stati censiti i nuclei di marmotta presenti nell'area di studio individuando gli ingressi delle tane principali. La distribuzione della specie è stata confrontata con la distribuzione storica indagata nel 1997. I risultati hanno dimostrato che nel Parco la marmotta alpina ha avuto un forte aumento numerico negli ultimi 15 anni, in linea con quanto accaduto in tutti i settori dell'Arco Alpino. Utilizzando i dati a disposizione sono stati realizzati due Modelli di Valutazione Ambientale: Modello per Caratterizzazione di Unità Territoriali (CUT), Modello sulla base di algoritmi di massima entropia (MaxEnt).

I due modelli hanno dato risultati simili e hanno dimostrato che le variabili ambientali che influenzano la distribuzione della specie sono le stesse per entrambi i settori del Parco. I Modelli di Valutazione Ambientale prodotti rappresentano uno strumento utile per comprendere la distribuzione potenziale della specie in altre aree del Parco. I risultati ottenuti rappresentano quindi un punto di partenza importante al fine di definire misure gestionali mirate per la conservazione della specie anche nei confronti dei cambiamenti ambientali che stanno interessando l'Arco Alpino. I dati dedotti in merito alla conoscenza della possibile espansione della marmotta permettono inoltre di ottimizzare la gestione di specie a rischio di conservazione come la pernice bianca e l'aquila reale. Il presente lavoro rappresenta dunque un contributo alla conoscenza della specie, alla sua tutela e a quella delle specie ad essa direttamente connesse.

ABSTRACT

Title: Habitat suitability prediction models for alpine marmot (*Marmota marmota* L.1758) in Adamello Brenta Nature Park.

Academic year: 2013/2014

Candidate: Marta Galluzzi

Tutor: Susanna Nocentini

Key words: *Marmota marmota*, models, suitability, management, distribution.

This study represents a part of the Marmot Project started in 2013 by the Adamello Brenta Nature Park. The Park includes two different mountain groups: Adamello-Presanella and Brenta Dolomites, which present a different geological conformation. The Alpine Marmot is distributed throughout the territory of the Park with variable density.

The field activities here presented were conducted in the Adamello-Presanella Massif; previous efforts of the Marmot project were instead conducted in the Brenta Dolomites Group.

The aim of this study was to: (i) compare current and historical distribution of the species, (ii) compare two different methodologies for implementing suitability models, (iii) understand if the same factors influence the species distribution in the two massifs of the Park.

During field activities, family groups were counted by identification of main burrows. The species distribution was then compared with the historical distribution recorded in 1997. The results show that Alpine Marmot has increased in number in the last 15 years, coherently with what has happened in the rest of the Alps.

Two Habitat Suitability Models were elaborated using available data: a Territorial Unit Classification Model (CUT) and a Maximum Entropy Method Model (MaxEnt). Such models gave similar results and confirmed that the environmental factors which influence marmot presence are the same in the two massifs of the Park. Habitat Suitability Models which were elaborated within the present study thus represent a useful tool to understand the potential species distribution also in other sectors of the Park. Moreover, results are important for defining management measures for marmot conservation, also with reference to climate change that is presently affecting the Alps. Data acquired about the potential marmot distribution will also help to improve the management of endangered species such as rock ptarmigan and golden eagle. The present study can therefore contribute not only to the knowledge and the protection of the marmot, but also to the conservation of important species which share their habitat with it.

Indice

RIASSUNTO	3
ABSTRACT	4
INTRODUZIONE	9
SCOPO DELLO STUDIO	13
NOTE SULLA TERMINOLOGIA UTILIZZATA	15
Capitolo 1: AREA DI STUDIO: IL PARCO NATURALE ADAMELLO BRENTA	17
Capitolo 2: LA MARMOTTA ALPINA (<i>Marmota marmota</i> L.): GENERALITA'	27
2.1 TASSONOMIA	27
2.2 ORIGINE	28
2.3 <i>STATUS</i> E DISTRIBUZIONE	29
2.4 MORFOLOGIA	31
2.5 CARATTERISTICHE BIOLOGICHE	32
2.6 PREFERENZE AMBIENTALI	37
2.7 RUOLO ECOLOGICO	37
2.8 ASPETTI NORMATIVI	39
Capitolo 3: LA MARMOTTA ALPINA NEL PARCO NATURALE ADAMELLO BRENTA	41
3.1 <i>STATUS</i> , DISTRIBUZIONE E IL MONITORAGGIO FAUNISTICO MIRATO	41
3.2 STUDI PREGRESSI	43
3.2.1 1997 - Prima indagine sulla distribuzione della marmotta alpina	43
3.2.2 2013 - Studio della marmotta nel settore Dolomiti di Brenta e realizzazione di un modello predittivo di idoneità ambientale	49
Capitolo 4: IL PROGETTO MARMOTTA 2013-2014	59
4.1 AREA CAMPIONE	59
4.2 MATERIALI E METODI	60
4.2.1 Raccolta e archiviazione dei dati	60
4.2.1.1 <i>Generalità sui metodi di indagine della marmotta</i>	60
4.2.1.2 <i>La campagna di raccolta dei dati nel 2014</i>	61
4.2.2 Sviluppo di Modelli di Valutazione Ambientale	61
4.2.2.1 <i>Generalità sui Modelli di Valutazione Ambientale (MVA)</i>	61

4.2.2.2	<i>Scelta delle tipologie di modello</i>	64
4.2.3	Sviluppo di un Modello quasi-qualitativo di Valutazione ambientale per Caratterizzazione di Unità Territoriali (CUT)	66
4.2.3.1	<i>I dati di partenza</i>	66
4.2.3.2	<i>Scelta dei fattori ambientali e delle rispettive classi di suddivisione</i>	66
4.2.3.3	<i>Determinazione degli indici di selezione per i fattori ambientali</i>	71
4.2.3.4	<i>Individuazione dei valori di idoneità ambientale da attribuire alle Unità Territoriali e sviluppo del modello attraverso un approccio GIS</i>	72
4.2.3.5	<i>Validazione del modello</i>	73
4.2.4	Sviluppo di un Modello di Valutazione Ambientale quantitativo sulla base di algoritmi di massima entropia (MaxEnt).....	81
4.2.4.1	<i>Organizzazione dei dati di presenza della specie e dei dati relativi alle variabili ambientali</i>	81
4.2.4.2	<i>Realizzazione del modello</i>	83
4.2.4.3	<i>Validazione del modello</i>	84
4.2.5	Ulteriori analisi	84
4.3	RISULTATI DEL CENSIMENTO	85
4.3.1	Risultati del censimento nell'area campione	85
4.3.2	Confronto con la distribuzione storica.....	89
4.3.3	Confronto tra le due aree campione.....	92
4.4	I MODELLI DI VALUTAZIONE AMBIENTALE	96
4.4.1	Modelli di Valutazione Ambientale per Caratterizzazione di Unità Territoriali (CUT).....	96
4.4.1.1	<i>Il Modello CUT delle Dolomiti di Brenta e la sua applicazione al Massiccio Adamello- Presanella</i>	96
4.4.1.2	<i>I Modelli CUT elaborati con i dati relativi all'area campione Laghi di Cornisiello- Rifugio Segantini</i>	96
4.4.1.3	<i>I Modelli di Valutazione Ambientale realizzati con i dati delle aree di campione Laghi di Cornisiello-Rifugio Segantini e Brenta Nord-Occidentale</i>	101
4.4.2	Modelli di Valutazione Ambientale sulla base algoritmi di massima entropia (MaxEnt)	106
Capitolo 5: DISCUSSIONE E CONCLUSIONI		114
ALLEGATO		120
BIBLIOGRAFIA		122
RINGRAZIAMENTI		130

Indice delle Tavole

Tav. 1. MONITORAGGIO FAUNISTICO MIRATO 2005-2012, Indici di presenza della marmotta alpina (<i>Marmota marmota</i> L.)	56
Tav. 2. DISTRIBUZIONE DEI NUCLEI DI MARMOTTA ALPINA (<i>Marmota marmota</i> L.) NEL 1997.....	57
Tav. 3. MODELLO DI VALUTAZIONE AMBIENTALE PER LA MARMOTTA ALPINA (<i>Marmota marmota</i> L.) per il Massiccio delle Dolomiti di Brenta (prima fase del Progetto). ...	58
Tav. 4. MODELLO DI VALUTAZIONE AMBIENTALE PER CARATTERIZZAZIONE DI UNITA' TERRITORIALI (CUT) PER LA MARMOTTA ALPINA (<i>Marmota marmota</i> L.) ...	112
Tav. 5. MODELLO DI VALUTAZIONE AMBIENTALE SULLA BASE DI ALGORITMI DI MASSIMA ENTROPIA (MaxEnt) PER LA MARMOTTA ALPINA (<i>Marmota marmota</i> L.) ..	113

INTRODUZIONE

Al fine di definire una gestione faunistica corretta ed efficace è necessario disporre di buone conoscenze riguardo allo *status* delle popolazioni animali e alle loro tendenze di popolazione nel tempo. Tuttavia anche la conoscenza dell'ambiente nel quale vivono è un elemento imprescindibile per una corretta pianificazione. Comprendere l'idoneità del territorio e dell'ambiente nei confronti delle esigenze della fauna, permette di delineare misure gestionali mirate, verificare l'efficacia o meno delle scelte effettuate e mettere in evidenza le potenzialità di espansione delle specie.

In questo ambito, i Modelli di Valutazione Ambientale (MVA), rappresentano un importante strumento di supporto gestionale in quanto mettono in relazione le caratteristiche ambientali con le richieste ecologiche della specie. Nello specifico i Modelli di Valutazione Ambientale sono funzioni che permettono di classificare il territorio in una scala di valori numerici, in base alla sua idoneità nei riguardi di una data specie (Massolo e Meriggi, 1995; Preatoni e Pedrotti, 1997). Tali modelli si basano dunque sulla formulazione di varie ipotesi su come i fattori ambientali controllano la distribuzione di specie e comunità. Questa metodologia di studio consente di individuare e quantificare aree di presenza potenziale di specie animali, distinguere zone con differente idoneità ed infine stimare densità potenziali e/o la capacità portante dell'ambiente (Preatoni e Pedrotti, 1997; Morrison *et al.* 1998; Scott *et al.* 2002).

Gli MVA, dopo oltre 30 anni dalla loro applicazione in Italia alle discipline ecologiche, rappresentano oggi strumenti preliminari e integrativi alla programmazione degli interventi gestionali e come mezzi di validazione degli stessi in seguito al confronto tra la situazione reale e potenziale (Preatoni e Pedrotti, 1997; Mustoni *et al.* 2008).

La marmotta alpina (*Marmota marmota* L. 1758) non è considerata una specie "a rischio" (IUCN, 2015) e che da decenni è oggetto di studi e ricerche per le sue interessanti caratteristiche fisiologiche e etologiche (Borgo, 2003). Questa specie è altresì molto studiata per l'importante ruolo che occupa nell'ambito dell'ecosistema alpino a livello di relazioni interspecifiche (come specie preda e come predatrice),

influenza sulle cenosi vegetali (come consumatore primario) e influenza sulle componenti del suolo (macro e micro-fauna). La marmotta è una specie territoriale che vive in gruppi familiari composti da una coppia riproduttrice, un numero variabile di sub-adulti ed i piccoli dell'anno (Barash, 1989; Arnold, 1990; Perrin *et al.*, 1993). La tana è un elemento fondamentale nella vita delle marmotte, all'interno della quale la specie trascorre la maggior parte del tempo (Barash, 1989; Mann *et al.*, 1993; Armitage, 2014). Nell'ambito del "sistema tana" è possibile distinguere la tana principale, le tane ausiliarie e la tana invernale, all'interno della quale le marmotte affrontano il periodo letargico. Tale "sistema" è un fattore limitante per l'espansione spaziale della marmotta (Arnold *et al.*, 1991; Lenti Boero, 2001; Armitage, 2014). I fattori ambientali che influenzano la sua distribuzione e insediamento sono stati oggetto di molte ricerche che spesso hanno rivelato risultati contrastanti (Borgo, 2003). Ciò è dovuto al fatto che in molti studi le preferenze della specie sono state studiate considerando separatamente i singoli fattori ambientali (Allainé *et al.*, 1994, Borgo, 2003). Le preferenze ambientali della marmotta sono il prodotto di un effetto congiunto di più fattori ambientali ed il primo passo per comprenderli è valutarli contemporaneamente, definendo per ognuno di essi il rapporto utilizzato-disponibile (Allainé *et al.*, 1994).

Partendo da tali considerazioni l'Ufficio Fauna del Parco Naturale Adamello Brenta ha avviato nel 2013 il PROGETTO MARMOTTA. In particolare sono state indagate le preferenze ambientali della marmotta alpina nel territorio del Parco dove si affiancano due mondi morfologici e ambientali molto diversi: il Massiccio dell'Adamello-Presanella e il Massiccio delle Dolomiti Di Brenta. La marmotta è presente con densità variabili all'interno del Parco e tra i due Massicci è possibile apprezzare una differenza. Cercare di capire quali fattori influenzano la sua distribuzione e se vi sono differenze tra i due settori del Parco, rappresenta un punto di partenza importante per la gestione e il mantenimento della specie in un buono *status* di conservazione, visto l'importante ruolo che la specie occupa nell'ambito dell'ecosistema alpino. In questo contesto l'applicazione di Modelli di Valutazione Ambientale è un importante strumento di indagine. La prima fase del Progetto ha visto indagata un'area di studio nel Massiccio delle Dolomiti di Brenta per il quale è stato realizzato un primo Modello di Valutazione ambientale. Oltre alle finalità sopra indicate il PROGETTO MARMOTTA vuole confrontarsi con lo studio sulla distribuzione della specie effettuato all'interno del Parco nel 1997. Dopo quasi 20 anni da tale indagine l'Ufficio Fauna del Parco si è prefisso l'intento di capire quale è stata l'evoluzione della popolazione di marmotta nel tempo, aumentarne le conoscenze e evidenziare eventuali criticità.

Il Progetto promosso dall'Ufficio Fauna si inserisce in un contesto di ricerca scientifica nazionale e internazionale di alto livello. In Italia il Parco Nazionale del Gran Paradiso è un punto di riferimento importante per i numerosi studi e progetti decennali sulla specie, seguito dal Parco Nazionale dello Stelvio e dal Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi. Sulle Alpi Francesi da oltre 20 anni è stato

fondato l'*Alpine Marmot Project* sostenuto dall'Università Claude Bernard di Lione. Tali ricerche, più o meno coordinate tra loro, a causa anche delle sinergie tra i risultati ottenuti dai differenti gruppi di lavoro coinvolti, stanno portando ad una sempre più profonda e dettagliata conoscenza delle esigenze della marmotta.

SCOPO DELLO STUDIO

Il presente studio si inserisce all'interno del PROGETTO MARMOTTA avviato nel 2013 dall'Ufficio Fauna del Parco Naturale Adamello Brenta. La prima fase del Progetto è stata condotta nel 2013 ed ha visto indagata un'area campione nel Massiccio Dolomiti di Brenta. Le indagini effettuate nella presente tesi si sono svolte in un'area campione situata nel Massiccio dell'Adamello-Presanella al fine di:

- confrontare i dati distributivi con i dati raccolti nell'indagine storica effettuata dal Parco nel 1997;
- verificare la rappresentatività del Modello di Valutazione Ambientale realizzato nella prima fase del Progetto per il Massiccio delle Dolomiti di Brenta nei confronti del Massiccio Adamello-Presanella;
- elaborare un Modello di Valutazione Ambientale per il Massiccio dell'Adamello Presanella;
- elaborare un Modello di Valutazione Ambientale complessivo per tutto il territorio del Parco;
- confrontare due metodologie differenti di realizzazione di Modelli di Valutazione Ambientale;
- confrontare le due aree campione e comprendere se i fattori che determinano l'idoneità ambientale per la specie sono diversi nei due settori del Parco;
- proporre possibili sviluppi futuri di gestione e approfondimento.

NOTE SULLA TERMINOLOGIA UTILIZZATA

Colonia e nucleo.

Il termine colonia è stato usato per la prima volta per la *M. flaviventris* da Armitage (1962) per descrivere un gruppo di individui composto da un maschio adulto ed il rispettivo *harem* di femmine (Perrin *et al.*, 1993). Nel 1986 Armitage sembra introdurre il concetto di barriere naturali per definire il termine colonia. Altri autori definiscono la colonia come un insieme di gruppi familiari (Zelenka, 1965; Mann e Janeau, 1988). Perrin (1993) in uno studio sull'organizzazione socio-spaziale della marmotta alpina afferma che nella sua area di indagine non è possibile identificare più colonie ed utilizza il termine nucleo per definire un insieme di individui che formano un gruppo familiare (Perrin *et al.*, 1993).

Anche nel presente studio è stato scelto di utilizzare il termine nucleo in quanto non vi sono studi specifici in grado di definire dei caratteri oggettivi per individuare e discriminare più colonie all'interno di un territorio.

Letargo e ibernazione.

I termini letargo e ibernazione vengono definiti come sinonimi in alcuni testi (Storer *et al.*, 1982) ed in altri come termini distinti (Lanza *et al.*, 1982). Nella presente tesi è stato scelto di adottare le definizioni riportate da Lanza (1982):

- ibernazione, lo stato di quiescenza che in certi animali si manifesta durante la stagione fredda; negli omeotermi può consistere, a seconda della specie e/o delle circostanze, sia in un vero, che falso letargo.
- letargo, un tipo di quiescenza presentato da alcuni vertebrati omeotermi, caratterizzato da un sonno più o meno profondo accompagnato dalla perdita parziale delle capacità termoregolatrici con diminuzione del metabolismo e conseguente rallentamento di tutte le attività vitali e abbassamento più o meno spinto della temperatura corporea, che talora giunge ad equipararsi a quella ambientale (...).

CAPITOLO 1

AREA DI STUDIO: IL PARCO NATURALE ADAMELLO BRENTA

Il Parco Naturale Adamello Brenta è un'area protetta situata nel settore occidentale della Provincia Autonoma di Trento, che si estende attraverso il Massiccio delle Dolomiti di Brenta e il Massiccio Adamello-Presanella (Fig. 1).

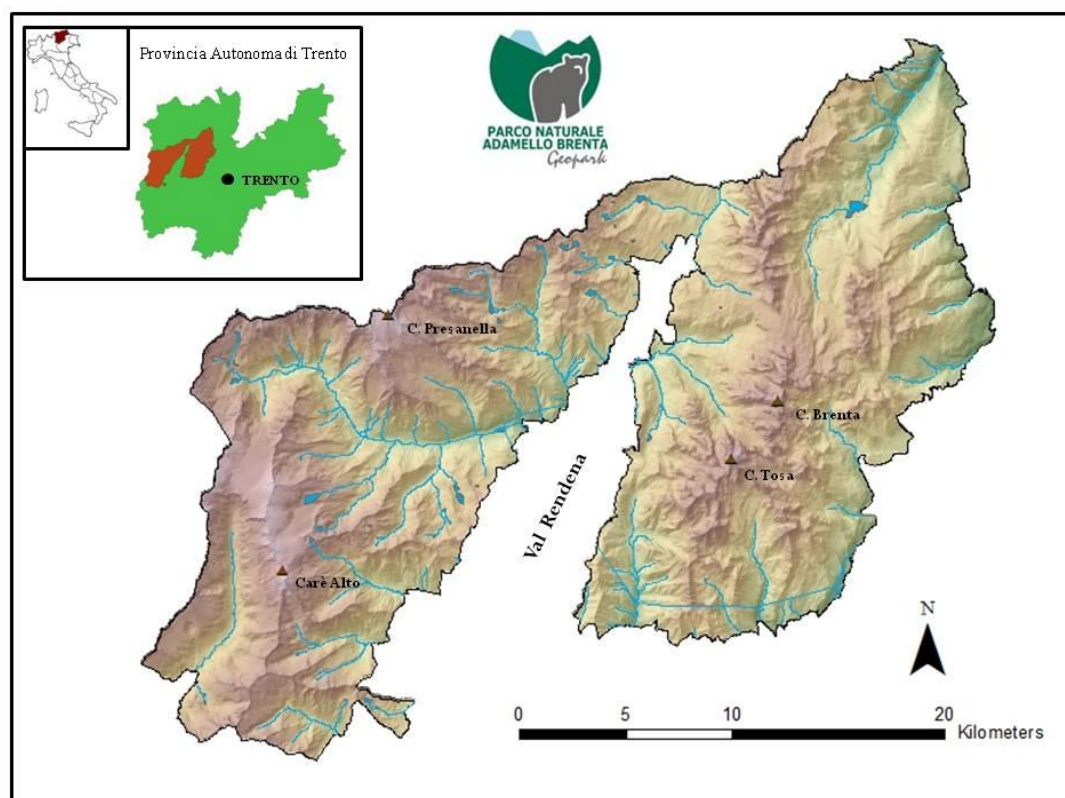


Fig. 1 Inquadramento geografico Parco Naturale Adamello Brenta

In un memorabile contesto in cui nascevano il Parco Nazionale d'Abruzzo e il Parco Nazionale del Gran Paradiso inizia la storia del Parco Naturale Adamello

Brenta. Tra il 1919 e 1935 vennero avanzate alcune proposte per l'istituzione di un Parco Nazionale nei Gruppi dell'Adamello e delle Dolomiti di Brenta (Pedrotti, 2008). Tale iniziativa si deve ad alcuni studiosi di rilievo tra cui G. Pedrotti, G.G., Gallarati Scotti, O. de Beaux (Pedrotti, 2008). Negli anni successivi si susseguirono numerose iniziative ad opera del movimento protezionistico italiano per l'istituzione del Parco Nazionale Adamello Brenta. Si arrivò a formulare un vero e proprio disegno di legge presentato al senato negli anni '50, per la nascita del Parco Nazionale Brenta-Adamello-Stelvio (Pedrotti, 2008). Purtroppo tale iniziativa non si concluse positivamente e solo in seguito all'istituzione dell'Ente Provincia Autonoma di Trento, il movimento protezionistico ottenne il riconoscimento del territorio interessato come Parco Naturale Provinciale. L'individuazione dell'area naturale protetta risale al 1967 in seguito all'approvazione del primo Piano Urbanistico Provinciale (P.U.P.). Si tratta di una grande opera di pianificazione del Trentino, prima nel suo genere in tutta Italia (Pedrotti, 2008), che limitò lo sfruttamento e il consumo di suolo nel territorio del Parco da parte del settore edilizio, in un contesto nazionale di piena crescita economica (Campestrini, 1990). Tuttavia all'individuazione dei confini del Parco non seguirono né una politica, né una normativa specifica mirate alla gestione e al mantenimento dell'area protetta (Campestrini, 1990). L'effettiva istituzione del Parco Naturale e il conferimento di idonei strumenti gestionali, avvenne con l'approvazione della L.P. del 6 maggio 1988, n°18 sull'*Ordinamento dei Parchi Naturali*, oggi sostituita dalla L.P. del 23 maggio 2007, n°11, sul *Governo del territorio forestale e montano, dei corsi d'acqua e delle aree protette*. Il Parco Naturale Adamello Brenta diventa dunque un Ente di diritto pubblico al quale vengono affidati i seguenti compiti (Art.33, LP 23/07):

- a) la conservazione, il recupero e la valorizzazione delle caratteristiche naturali e ambientali, con particolare riferimento agli habitat, alle specie, alle emergenze naturali e alla biodiversità;
- b) l'applicazione di metodi di gestione idonei a realizzare un'integrazione tra uomo e ambiente naturale, anche mediante la salvaguardia e la valorizzazione dei valori antropologici, archeologici, storici e architettonici;
- c) la promozione e la divulgazione dello studio scientifico;
- d) l'uso sociale dei beni ambientali in modo compatibile con la loro conservazione;
- e) l'educazione e la formazione in materia di tutela e di valorizzazione ambientale e naturalistica.

Il perseguimento delle suddette finalità e la gestione dell'area protetta avviene per mezzo di un importante strumento: il Piano del Parco (Art.43, LP 23/07). Ad esso è affidata la tutela dei valori naturali ed ambientali e pertanto suddivide l'intero territorio in quattro zone in base al livello di protezione necessario: 1) riserve integrali, 2) riserve guidate, 3) riserve controllate e 4) riserve speciali. Il piano dispone della gestione del territorio anche imponendo vincoli, destinazioni d'uso,

sistemi di accessibilità veicolare e pedonale, servizi per la fruizione sociale del parco e indirizzi riguardo agli interventi sulla flora, fauna e ambiente naturale.

Il Parco Naturale Adamello Brenta abbraccia un territorio che non rappresenta un'unità paesaggistica e naturalistica (Tomasi, 1973). L'area, in linea generale, può essere suddivisa in due "distinti" settori separati tra loro dalla Val Rendena, dove scorre il Fiume Sarca. A est della Valle si estende il Massiccio delle Dolomiti di Brenta, ad ovest il Massiccio Adamello-Presanella. Le due zone montuose sono collegate da una fascia territoriale situata presso Passo Carlomagno per consentire la continuità dei limiti amministrativi e una connessione ecologica (Tomasi, 1990).

I massicci Adamello-Presanella e Dolomiti di Brenta sono conosciuti in modo particolare per la marcata ricchezza e diversità del patrimonio geologico. Nel 2008 il Parco, ha infatti ricevuto il riconoscimento *Adamello Brenta Geopark* ed è entrato a far parte della Rete Europea dei Geoparchi. L'area protetta può essere suddivisa in due contesti geomorfologici completamente diversi: l'Adamello-Presanella costituito da rocce magmatiche di origine eruttiva, e le Dolomiti di Brenta costituite da rocce carbonatiche di origine sedimentaria. Il Gruppo Adamello-Presanella è caratterizzato dalla presenza della tonalite, una roccia di tipo granitico originatasi circa 40 milioni di anni fa dalla cristallizzazione di roccia fusa o magma. In alcuni settori dell'Adamello è possibile individuare anche un'altra tipologia di roccia, la granodiorite, che si differenzia dalla tonalite per una maggiore abbondanza di quarzo (Sarzo, 2012). L'impareggiabile durezza delle rocce tonalitiche e la loro recente formazione conferisce al Massiccio dell'Adamello forme spigolose, cime aguzze e creste affilate. Il paesaggio e la morfologia di questa area sono caratterizzati anche dalla presenza di numerosi ghiacciai, relitti delle glaciazioni dell'Era del Quaternario. Quest'ultimi in seguito a meccanismi di sovra-escavazione, hanno modellato il territorio generando valli glaciali con caratteristica forma a "U". Oggi i ghiacciai sono sempre più in fase di marcato ritiro, tuttavia continuano ad essere elementi caratterizzanti le alte quote. In questo settore è presente il complesso glaciale più esteso di tutte le Alpi (18 km²), che comprende le Vedrette del Mandrone, dell'Adamè, della Lobbia e di Salarno (Smiraglia, 1992). A causa della cospicua presenza di ghiacci perenni e all'impermeabilità della tonalite, il Massiccio Adamello-Presanella è ricco di laghi, torrenti e cascate, rendendo l'acqua la protagonista di queste montagne.

Un paesaggio completamente diverso possiamo osservare nel Massiccio delle Dolomiti di Brenta, a est della Val Rendena. La Dolomia Principale è la roccia che compone queste dolomiti, originatasi in seguito al susseguirsi di molti cicli sedimentari fondomari risalenti a circa 200 milioni di anni fa (Tomasi, 1990). Il susseguirsi di cicli sedimentari e spinte orogenetiche, hanno contribuito alla genesi dell'imponente paesaggio dolomitico, caratterizzato da marcate stratificazioni orizzontali che contrastano con la verticalità delle pareti. La povertà di corpi idrici e torrenti rappresenta una differenza importante rispetto al Gruppo dell'Adamello

(Tomasi, 1990). Il Massiccio delle Dolomiti di Brenta è infatti dominato dal fenomeno del carsismo e l'acqua scompare in cunicoli sotterranei e profondi per riemergere in prossimità delle zone basali del massiccio, per cui è raro osservarla in situazioni di alta quota (Tomasi, 1990).



Foto 1. Massiccio Adamello-Presanella, Cima Carè Alto. (Foto: Zeni M., Archivio PNAB)

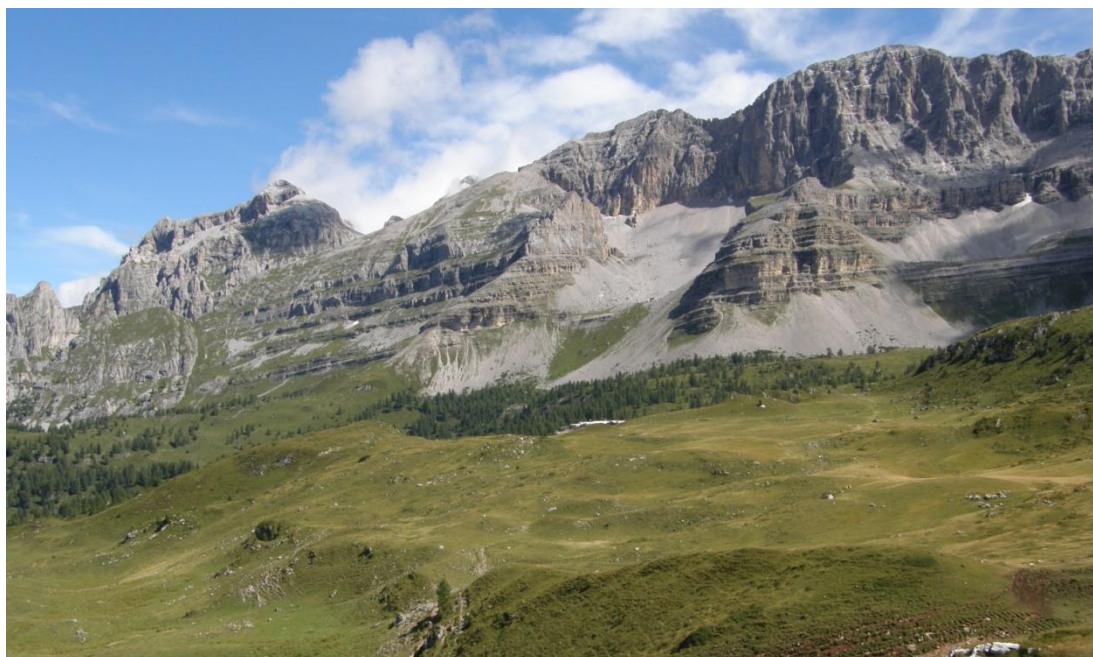


Foto 2. Massiccio delle Dolomiti di Brenta, da Cima Sassara a Cima Pietra Grande. Foto Zeni M. Archivio PNAB.

L'elevata diversità biologica dell'area è da imputarsi tanto alla varietà morfologia del territorio, quanto alla varietà climatica. Il tipo di clima del Parco è di transizione tra quello prealpino e quello endoalpino (Arrighetti, 1973). A causa delle notevoli differenze altitudinali (oltre 2700 m di dislivello), alla complessità morfologica delle valli e all'esposizioni che interessano questo territorio, troviamo condizioni climatiche locali estremamente diversificate (Gandolfo e Sulli, 1993). Tale diversità è difficilmente quantificabile a causa dello scarso numero di stazioni di rilevamento, soprattutto a quote elevate, ma può essere compresa studiando le fitocenosi e servendosi della valenza ecologica delle specie vegetali. In linea generale le precipitazioni medie annue sono superiori ai 1100mm/anno, poiché i massicci Adamello-Presanella e Dolomiti di Brenta rappresentano una barriera orografica alle correnti umide provenienti da sud (Arrighetti, 1973). Fanno eccezioni la Val di Sole e la Val di Non che rimangono isolate da tale fenomeno (Arrighetti, 1973) e che registrano dati pluviometrici inferiori (massimo 900 mm/anno).

La varietà degli aspetti morfologici, edafici e climatici all'interno del Parco, genera differenziate cenosi vegetali in termini di struttura, composizione e distribuzione (Arrighetti, 1973 *bis*). La roccia madre del Massiccio Adamello-Presanella è di natura cristallino-silicea, dalla quale si originano suoli acidi (Arrighetti, 1973 *bis*). Al contrario, i suoli del settore delle Dolomiti di Brenta si sono originati da rocce carbonatiche e pertanto mostrano una reazione neutra o basica (Arrighetti, 1973 *bis*). La caratterizzazione floristica è differente tra i due gruppi montuosi, e ciò risulta più evidente al di sopra del limite della vegetazione arborea, dove la natura del substrato rivela in modo più evidente la sua importanza (Zanghellini e Da Trieste, 1990). Suddividendo il territorio del Parco in piani di vegetazione secondo gradienti altitudinali possiamo individuare le seguenti fasce: collinare, montana inferiore e superiore, subalpina, alpina e nivale, alle quali corrispondono più tipologie fitosociologiche (Tab.1).

Il piano collinare interessa superfici comprese tra il fondovalle e gli 800-900m s.l.m., ed è caratterizzato da boschi di latifoglie caducifoglie (Pedrotti, 2005). In particolare il settore delle Dolomiti di Brenta, caratterizzato da una minore presenza di acqua, è interessato principalmente da specie a carattere xerofilo quali roverella (*Quercus pubescens*), orniello (*Fraxinus ornus*), e carpino nero (*Ostrya carpinifolia*) (Odasso, 2002; Pedrotti, 2005). Quest'ultimi sono particolarmente abbondanti nei versanti meridionali le condizioni climatiche sono mitigate dall'influenza "mediterranea" del Lago di Garda. Le aree del Massiccio Adamello-Presanella sono invece interessate da boschi di frassino maggiore (*Fraxinus excelsior*), tiglio (*Tilia cordata*) e in misura minore carpino bianco (*Carpinus betulus*), a temperamento mesofilo (Odasso, 2002; Pedrotti, 2005).

La fascia montana si estende tra 800-900m e 1600m s.l.m. e può essere suddivisa in due sottofacce: inferiore (tra 800-900m e 1300m s.l.m.) e superiore (1300-1600m s.l.m.). In entrambi i settori del Parco le specie arboree dominanti sono l'abete rosso (*Picea abies*), faggio (*Fagus sylvatica*), pino silvestre (*Pinus sylvestris*) e abete

bianco (*Abies alba*), ma le associazioni che vi troviamo sono eterogenee, proprio a causa delle differenti condizioni edafico-ambientali. Nel piano montano inferiore delle Dolomiti di Brenta sono presenti boschi di pino silvestre a temperamento eliofilo, pioniero e xerotollerante, in situazioni di clima continentale arido e in modo particolare nelle valli interne con andamento E-W (Pignatti, 1998). Sono presenti anche boschi a dominanza di faggio, vegetazione *climax* di questa fascia in condizioni subaltantiche e con elevata umidità atmosferica (Pignatti, 1998; Odasso, 2002). In situazioni di maggiore continentalità e in situazioni di origine antropica sono presenti altresì piceo-faggete e abio-piceo-faggete (Odasso, 2002). Nel piano montano superiore l'abete rosso è la specie più diffusa, seguito dal faggio e in zone limitate sono presenti piccoli popolamenti artificiali di abete bianco (Pignatti, 1998; Odasso, 2002). Nella fascia montana inferiore del settore Adamello-Presanella, in condizioni di maggiore umidità troviamo il faggio e l'abete bianco come specie dominanti, mentre in situazioni più fresche e fertili sono diffusi boschi misti di latifoglie mesofile quali acero montano (*Acer pseudoplatanus*), frassino maggiore, tiglio e rovere (*Quercus petraea*) (Pedrotti, 2005). In questa fascia sono numerosi gli impianti di sostituzione di abete rosso. Nelle zone a carattere continentale e nella fascia montana superiore l'abete rosso è la specie dominante (Odasso, 2002; Pedrotti, 2005).

La fascia subalpina comprende boschi di conifere microterme e arbusteti. Essa abbraccia un intervallo altitudinale ampio compreso tra i 1600m e i 2250m s.l.m., e può essere suddivisa in tre sottofasce. In entrambi i settori del Parco la sottofascia inferiore è caratterizzata da peccete riunite in associazioni diverse nelle due aree, al di sopra delle quali possiamo osservare differenze ancora più evidenti riguardo alla struttura e composizione della vegetazione. Nelle Dolomiti di Brenta, al di sopra delle peccete, sono presenti comunità a dominanza di pino mugo (*Pinus mugo*) con ericacee tra cui il rododendro peloso (*Rhododendron hirsutum*), caratteristico dei suoli calcarei, mentre passando alla sottofascia superiore la partecipazione del larice si fa via via più consistente. Nel settore Adamello-Presanella le rare mughete sono accompagnate da ginepri ed ericacee, quest'ultime rappresentate dal rododendro ferrugineo (*Rhododendron ferrugineum*), caratteristico di substrati acidi o neutri. Non solo, questa sottofascia è caratterizzata anche dalla presenza boschi igrofilo pionieri di ontano verde (*Alnus viridis*) su pendici umide e ai margini di torrenti, associazione legata a substrati silicei e pertanto assente nel settore del Brenta (Pignatti, 1998; Odasso, 2002; Pedrotti, 2005). Compaiono poi i lariceti (*Larix decidua*), via via sostituite nel sovrastante piano alpino con associazioni a dominanza di mirtillo (*Vaccinium* sp.) (Pignatti, 1998; Pedrotti, 2005). Per quanto riguarda il pino cembro (*Pinus cembra*) si tratta di una specie marginale in queste aree, rappresentato da pochi individui nelle zone più endalpiche.

La fascia alpina si estende da 2200 m e 3000m s.l.m. circa, e comprende praterie e pascoli di alta quota. Nelle dolomiti di Brenta le praterie alpine sono rappresentate da associazioni a dominanza di *Carex firma*, *Carex sempervirens* e *Sesleria caerulea* (Zanghellini e Trieste, 1990; Pedrotti, 2005). Nel settore siliceo prevalgono invece

associazioni a dominanza di *Carex curvula* e *Nardus stricta* (Zanghellini e Trieste, 1990; Pedrotti, 2005). Il piano alpino è caratterizzato da importanti particolarità floristiche ed endemismi che contribuiscono a conferire al Parco un elevato valore naturalistico (Festie e Prosser, 2008). Nelle Dolomiti di Brenta si distinguono, a titolo di esempio, il camedrio alpino (*Dryas octopetala*), la genziana maggiore (*Gentiana lutea*), la sassifraga sempreviva (*Saxifraga aizoon*), la stella alpina (*Leontopodium alpinum*) ed infine la *Nigritella buschmanniae* esclusiva di questo gruppo montuoso (Festie e Prosser, 2008). Altre specie rappresentative della flora alpina sono il ranuncolo dei ghiacciai (*Ranunculus glacialis*), il crisantemo alpino (*Chrysanthemum alpinum*) e l'androsace (*Androsace alpina*) (Festie e Prosser, 2008).

Infine la fascia nivale si estende lungo il settore Adamello-Presanella, oltre i 3000m s.l.m. e abbraccia popolamenti discontinui prevalentemente a crittogame (Pignatti 1998; Pedrotti, 2005).

Associazioni fitosociologiche		
Fasce altitudinali	Settore Adamello-Presanella	Settore Dolomiti di Brenta
Collinare (<800/900m)	<i>Salvio-Fraxinetum</i> <i>Galio laevigati-Carpinetum betuli</i>	<i>Fraxino orni-Ostryetum carpinifoliae</i>
Montana (800/900-1600m)	<i>Asperulo odoratae-Fagetum</i>	<i>Erico-Pinetum sylvestris</i>
	<i>Cardamino pentaphylli-Abietetum</i>	<i>Carici albae-Fagetum</i>
	<i>Vaccinio-Abietetum</i>	<i>Carici albae-Abietetum</i>
	<i>Luzulo nivae-Quercetum petraeae</i>	<i>Pyrolo-Abietetum albae</i>
	<i>Salvio-Fraxinetum</i>	<i>Cardamino-Fagetum</i>
	<i>Calamintho grandifloruro-Aceretum pseudoplatani</i>	<i>Adenostylo glabrae-Abietetum</i>
	<i>Calamagrostio villosae-Fagetum</i> <i>Calamagrostio villosae-Abietetum</i> <i>Luzulo-Picetum</i>	<i>Adenostylo glabrae-Piceetum</i>
Sub-alpina (1600-2250m)	<i>Rhododendron ferruginei-Pinetum prostratae</i>	<i>Adenostylo glabrae-Piceetum</i>
	<i>Alnetum viridis</i>	<i>Erico-Pinetum prostratae</i>
	<i>Rhododendron-Laricetum</i>	<i>Rhododendron hirsuti-Pinetum prostratae</i>
	<i>Junipero-Laricetum</i>	<i>Sorbo chamaemespii-Pinetum mugo</i>
	<i>Vaccinio-Pinetum cembrae</i>	<i>Rhododendretum ferruginei</i>
	<i>Cotoneastro integerrimae-Pinetum cembrae</i>	<i>Rhododendretum hirsuti</i>
	<i>Rhododendretum ferruginei</i> <i>Junipero-Arctostaphyletum</i> <i>Empetro-Vaccinietum</i> <i>Loiseleurio-Cetrarietum</i>	<i>Rhododendron ferruginei-laricetum</i>
Alpina (2250-3000m)	<i>Festucetum scabriculumis</i>	<i>Seslerio-caricetum sempervirentis</i> <i>Ranuncolo hybridi-Caricetum sempervirentis</i>
	Nivale (>3000m)	<i>Andreaenion nivalis</i>

Tab. 1. Sintesi delle associazioni fitosociologiche secondo fasce altitudinali di vegetazione nel Parco Naturale Adamello Brenta. Fonte dati: Pedrotti (2005).

Alla varietà del territorio, alle caratteristiche climatiche, all'eterogeneità delle cenosi vegetali, non può che corrispondere un'elevata diversità faunistica. In un'area così complessa sono molte le specie che trovano condizioni idonee per vivere, e la capacità di talune entità di vivere in situazioni estreme e difficili è un elemento di grande fascino e interesse. Per tali motivi, in questa discussione, non è possibile descrivere in modo esaustivo e approfondito tutte le entità faunistiche che interessano il Parco. Di seguito verranno descritte in linea generale le zoocenosi caratteristiche dell'area e di maggior rilievo ad esclusione dell'ordine degli invertebrati e dell'ittiofauna.

Il Parco Naturale Adamello Brenta ospita un elevato numero di specie ornitiche, sia stanziali che migratorie, molte delle quali di interesse conservazionistico (Caldonazzi *et al.*, 1994). Proprio per questo i due settori del Parco sono stati designati Zone Speciali di Protezione (ZPS) dalla *Direttiva 79/409/CEE "Uccelli"*: ZPS IT3120158 "Adamello Presanella" e ZPS IT3120158 "Brenta". Protagonisti di questa classe sono i rapaci, sia diurni che notturni. Un esempio è rappresentato dall'aquila reale (*Aquila chrysaetos*) e dal gufo reale (*Bubo bubo*) (Caldonazzi *et al.*, 1994), che esercitano la loro attività predatoria su ampi spazi. Sono altresì presenti l'astore (*Accipiter gentilis*), la civetta nana (*Glaucidium passerinum*) (Caldonazzi *et al.*, 1994), legate a popolamenti forestali maturi, ma anche specie legate ad ambienti ecotonali come l'assiolo (*Athene noctua*) (Caldonazzi *et al.*, 1994). Nell'ambito della classe degli uccelli, la famiglia dei tetraonidi rappresenta, più delle altre, un'emergenza faunistica. Nel Parco sono presenti tutte e quattro le specie caratteristiche dell'Arco Alpino: pernice bianca (*Lagopus mutus*), il francolino di monte (*Bonasa bonasia*), il gallo cedrone (*Tetrao urugallus*) e il gallo forcello (*Tetrao tetrix*), tutte considerate "reliqui glaciali" (Caldonazzi *et al.*, 1994). Si tratta di specie in forte diminuzione probabilmente a causa del calo di ambienti ecotonali tra pascoli, radure e boschi, e della pressione venatoria.

Di minore visibilità, ma non di minore importanza sono gli insettivori e i roditori che popolano l'area protetta. La loro importanza nelle relazioni ecologiche è sempre più riconosciuta a livello scientifico, tuttavia nel Parco (ma anche in Italia) sono ancora scarse le conoscenze riguardo a questi ordini (AA.VV., 2007). Tra gli insettivori si distingue il toporagno alpino (*Sorex alpinus*), la meno nota e diffusa specie del genere *Sorex* (Locatelli e Paolucci, 1998). Tra i roditori emerge la specie simbolo dell'ambiente alpino: la marmotta alpina (*Marmota marmota*). Meno conosciuti e diffusi sono altre specie appartenenti a quest'ultimo gruppo tra cui l'arvicola delle nevi (*Chionomys nivalis*), l'arvicola sotterranea (*Microtus subterraneus*) e il moscardino (*Muscardinus avellanarius*) (Locatelli e Paolucci, 1998; AA.VV., 2007).

Nell'ambito del gruppo dei lagomorfi nel Parco sono presenti la lepre comune (*Lepus europaeus*) e la lepre variabile (*Lepus timidus*), che hanno mostrato un declino sempre più spinto negli ultimi anni (AA.VV., 2007). Entrambe le specie non

sono attualmente cacciabili nel territorio del Parco e l'eventuale attività venatoria è subordinata a opportune verifiche della rispettiva consistenza (PAT, 2010).

Di particolare interesse è l'ordine dei carnivori. Tra i mustelidi sono presenti la faina (*Martes foina*), la martora (*Martes martes*), la donnola (*Mustela nivalis*), il Tasso (*Meles meles*) e l'ermellino (*Mustela erminea*) (AA.VV., 2007). Tra i canidi è diffusa su tutto il territorio del Parco la volpe (*Vulpes vulpes*) e di recente è stata documentata la presenza del lupo (*Canis lupus*) che ha iniziato a ricolonizzare questi territori, nei quali si era storicamente estinto a causa della pressione antropica (Osti, 1988; Groff *et al.*, 2010). Nel 2010 è stata riscontrata la presenza certa della specie nel Parco, in seguito all'esito positivo di analisi genetiche condotte su un escremento ritrovato (Groff *et al.*, 2010). Ad oggi il Parco è coinvolto nel progetto Life WolfAlps (PROGETTO LIFE12 NAT/IT/000807), che mira a promuovere una gestione e una conservazione integrata e condivisa della specie su tutto l'arco alpino. Nell'ambito del suddetto progetto, il Parco è impegnato in attività di monitoraggio della specie. La lince (*Lynx lynx*) è scomparsa in epoca storica e non è stata più segnalata la sua presenza (Osti, 1988), salvo alcuni avvistamenti successivi ad un probabile atto di reintroduzione illegale che si è concluso con la morte degli esemplari rilasciati. Nel 2008 è stata sorprendentemente accertata nelle Dolomiti di Brenta la presenza di una lince euroasiatica maschio proveniente dalla Svizzera (Groff *et al.*, 2010). Un'altra entità faunistica di particolare rilievo è lo sciacallo dorato (*Canis aureus moreoticus*). La sua presenza è stata riconosciuta all'interno del parco nel 2012, in seguito al ritrovamento di un individuo morto, ma sono ancora poche le conoscenze in merito al suo *status* (Groff *et al.*, 2014). Strettamente legato alla storia e alla vita del Parco Naturale Adamello Brenta è l'orso (*Ursus arctos*) che ha rappresentato e rappresenta una vera e propria emergenza faunistica in tutto l'Arco Alpino. Nel 1996 il Parco, in collaborazione con la Provincia Autonoma di Trento e l'Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica ha condotto in prima linea il Progetto Life Ursus con l'obiettivo di favorire l'affermazione di una popolazione stabile di orsi nelle Alpi Centrali (Mustoni, 2004). Gli obiettivi del progetto sono stati raggiunti, ma la popolazione di orsi è ancora oggi lontana dal pericolo di estinzione e necessita di mirate e apposite misure gestionali.

Per quanto riguarda il gruppo degli ungulati esso è rappresentato da cinque specie. Tra queste ritroviamo le due specie altoalpine il camoscio (*Rupicapra rupicapra*) e lo stambecco (*Capra ibex*), specie legate ad ambienti boscati e alle radure quali capriolo (*Capreolus capreolus*), cervo (*Cervus elaphus*) e specie presenti in seguito a introduzioni venatorie quali il muflone (*Ovis musimon*) (AA.VV., 2007). Di particolare rilievo naturalistico è lo stambecco, una specie presente con poche popolazioni lungo l'Arco Alpino. La sua presenza nel Parco è frutto di un progetto di reintroduzione avviato a partire dal 1995, volto a rafforzare e stimolare la crescita dell'intera popolazione di stambecchi (AA.VV., 2007).

Tra i mammiferi di altresì importanza sono i chiroteri di cui il Parco ospita tre specie di interesse comunitario: vespertillo di Blith (*Myotis blithy*), rinolofa maggiore (*Rhinolophus ferrum-equinum*), e il Rinolofa minore (*Rhinolophus hipposideros*) (Martinoli *et al.*, 2001).

Anche gli anfibi rappresentano un'emergenza faunistica non trascurabile all'interno del Parco. Tra le specie che popolano i boschi di alta montagna e zone al di sopra del limite della vegetazione ritroviamo la salamandra alpina (*Salamandra atra*) presente solo in poche aree del Parco secondo Barbieri (1994) ma della quale non viene accertata la presenza da molti anni. Le specie più minacciate sono quelle che vivono nelle aree maggiormente antropizzate di fondovalle e collina tra cui il tritone alpestre (*Triturus alpestris*) e l'ululone dal ventre giallo (*Bombina variegata*) (Barbieri *et al.*, 1994), la cui presenza è accertata solo in un'area del Comune di Cles, poco distante dai confini del Parco.

La ricchezza della fauna del Parco Adamello Brenta è un fattore importante e significativo. La complessità degli ambienti, delle specie e delle relazioni tra esse è sinonimo di salute degli ecosistemi e dell'ambiente, che fondano la loro funzionalità, efficienza e bellezza, proprio su tali elementi e relazioni.

CAPITOLO 2

LA MARMOTTA ALPINA (*Marmota marmota* L.): GENERALITA'

2.1 TASSONOMIA

CLASSE	<i>Mammalia</i> (Linnaeus, 1758)
SOTTOCLASSE	<i>Theria</i> (Parker e Haswell, 1897)
INFRACLASSE	<i>Eutheria</i> (Gill, 1872)
ORDINE	<i>Rodentia</i> (Bowdich, 1821)
SOTTORDINE	<i>Sciuromorpha</i> (Brandt, 1895)
SUPERFAMIGLIA	<i>Sciuridae</i> (Fischer De Waldheim, 1817)
SOTTOFAMIGLIA	<i>Xerinae</i> (Osborn, 1910)
TRIBU'	<i>Marmotini</i> (Pocock, 1923)
GENERE	<i>Marmota</i> (Blumenbach, 1779)
SPECIE	<i>Marmota marmota</i> (Linnaeus, 1758)
SOTTOSPECIE	<i>Marmota marmota marmota</i> (Linnaeus, 1758)

Le marmotte sono dei mammiferi dell'Ordine dei Roditori sciuromorfi (Brandt, 1895) ed appartengono alla sottofamiglia degli scoiattoli non volanti (*Xerinae*, Osborn 1910). Descritta per la prima volta da Linneo nel 1758, la Marmotta alpina è classificata nel Genere *Marmota* nel 1779 da Blumenbach. Si tratta di un genere monofiletico che attualmente è rappresentato da 14 specie (Fig.2, pag.27). Secondo alcuni autori è possibile distinguere due sottospecie: ssp. *marmota* e ssp. *latirostris* (Spagnesi e De Marinis, 2002; Amori *et al.*, 2008; Herrero *et al.*, 2008).



Foto 3. Marmotta alpina. Foto Mustoni A.

2.2 ORIGINE

La storia della marmotta inizia 56 milioni di anni fa in Cina, con la prima comparsa dei roditori (Bassano *et al.*, 1992). Dal più antico dei roditori, il *Cocomys*, sembra che si sia differenziato, un milione di anni dopo, il gruppo dei *Paramidae*, considerato l'antenato dello scoiattolo (Bassano *et al.*, 1992). La presenza di questo gruppo è stata accertata in Europa e Nord America durante l'Eocene (55-0,2 milioni di anni fa) dove è arrivato attraverso la Groenlandia e la Scandinavia, che allora facevano parte di un'unica massa continentale (Bassano *et al.*, 1992). Tra l'Eocene e l'Oligocene (circa 33 milioni di anni fa) si verificò la terza e ultima fase della frammentazione del supercontinente Pangea, che portò alla separazione del Nord America e della Groenlandia dal continente Euroasiatico. In questo periodo si verificò una crisi a livello biologico che portò all'estinzione molte Famiglie. In seguito a questo evento catastrofico si estinse il gruppo dei *Paramidae*. Resti che confermano ciò sono stati trovati sia in Nord America che in Europa. Solo successivamente nei due continenti comparvero i veri scoiattoli. Durante l'Olocene (circa 30 MA), si verificò un abbassamento del livello del mare che permise scambi faunistici intercontinentali tra Asia e America, attraverso lo Stretto di Bering, ed è così che nei due continenti avviene una differenziazione dei gruppi tassonomici. In Europa si affermano dapprima gli scoiattoli volanti e solo in seguito cominciano ad apparire gli scoiattoli terricoli (gen. *Paleosciurus*) (Bassano *et al.*, 1992). Le conoscenze su questo genere sono molto frammentarie e non è stato possibile, per gli studiosi, attribuirlo a nessuna tribù (Bassano *et al.*, 1992). In Nord America si affermano invece forme di scoiattoli arboricoli (gen. *Protosciurus*) (Bassano *et al.*, 1992). Il Nord America nei periodi successivi fu interessato da importanti cambiamenti bioclimatici che portarono ad una riduzione dei boschi e delle foreste a favore di ampie praterie. Gradualmente gli scoiattoli americani passarono da uno stile di vita "arboricolo" e solitario ad uno terrestre evolvendo comportamenti sociali, capacità di escavazione e ibernazione (Giboulet *et al.*, 1997). In questo scenario si rivela essere di particolare successo un gruppo di scoiattoli terricoli: il *Miospermophilus* (Bassano *et al.*, 1992). Alcuni studi sembrano confermare che i due principali generi della tribù dei marmotini, *Marmota* e *Spermophilus*, provengano da questo gruppo (Giboulet *et al.*, 1997; Stepan *et al.*, 1999). In particolare le marmotte compaiono, nel continente americano, nell'Era del Miocene (20 MA) e solo all'inizio del Pleistocene (Quaternario, 2,5 MA) arrivano in Eurasia attraverso lo Stretto di Bering (Bassano *et al.*, 1992). E' così che in Russia e nelle aree più a est dell'Asia si sono differenziate le prime specie di marmotte del continente Euroasiatico (Bassano *et al.*, 1992). Durante il Quaternario, che fu caratterizzato dal susseguirsi di più fasi glaciali, le marmotte arrivano a colonizzare anche l'Europa Occidentale (Zimina e Gerasimov, 1973). Si tratta di specie adattate a condizioni ambientali delle aree periglaciali che trovarono rifugio nelle zone montane durante i periodi interglaciali (Zimina e Gerasimov, 1973). In questo modo si è differenziata la marmotta alpina, che ha utilizzato l'Arco Alpino come zona di rifugio.

2.3 STATUS E DISTRIBUZIONE

Il genere *marmota* annovera 14 specie distribuite a livello globale su Alpi, Carpazi, Europa Orientale, Asia Settentrionale e Centrale e Nord America (Thorington e Hoffmann, 2005; Amori *et al.* 2008) (Fig.2). La diffusione attuale delle singole specie è dovuta alla loro storia evolutiva, ed anche a reintroduzioni e introduzioni effettuate dall'uomo.

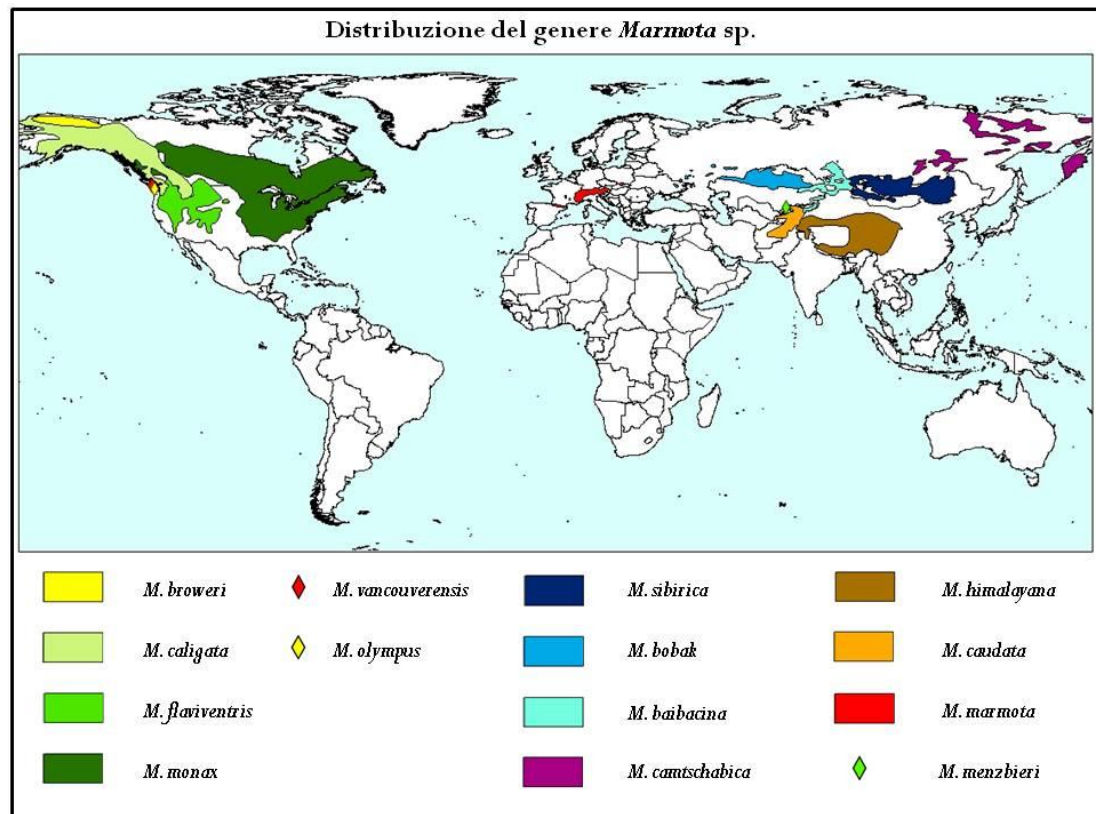


Fig. 2. Distribuzione a livello mondiale delle 14 specie appartenenti al genere *Marmota*. Fonte dei dati IUCN (2015).

L'areale della marmotta alpina si estende lungo le Alpi Francesi, Italiane, Svizzere e Austriache ed in Germania (Spagnesi e De Marinis, 2002; Amori *et al.*, 2008; Herrero *et al.*, 2008) (Fig.3, pag.28). Sono presenti popolazioni anche su altri massicci di rilievo quali Pirenei, Massiccio Centrale, Monti del Giura, Monti Vosgi, Foresta Nera, Appennino, Monti Tatra e Carpazi (Herrero *et al.*, 2008). Le comunità presenti su Pirenei, Massiccio Centrale, Monti del Giura, Monti Vosgi, Foresta Nera e Appennino sono il risultato di operazioni di introduzione. Mentre le popolazioni presenti sulle Alpi Orientali (Dolomiti Bellunesi), Monti Tatra e Carpazi sono frutto di progetti di reintroduzione (Herrero *et al.*, 2008).

La sottospecie *marmota* è presente su tutto l'Arco Alpino e in molte delle popolazioni introdotte, ad eccezione degli Alti Tatra dove è presente la sottospecie *latirostris* (Herrero *et al.*, 2008). Sui Bassi Tatra e sull'Appennino Tosco-emiliano e Ligure è presente un ibrido delle due sottospecie (Herrero *et al.*, 2008).

Le popolazioni di marmotta alpina mostrano un *trend* numerico stabile complessivamente su tutto l'areale (Herrero *et al.*, 2008) e la IUCN la classifica come *Least Concern* (LC), specie a minor preoccupazione. La sottospecie *latirostris* è diffusa su un'area ristretta degli Alti Tatra ed è considerata da alcuni autori minacciata (Herrero *et al.*, 2008).

La marmotta alpina è una specie cacciabile in Francia, Svizzera e Austria (Mann *et al.*, 2003).

In Italia la marmotta è diffusa nelle zone montuose di Val d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli e in seguito ad introduzioni in Toscana e Liguria (Spagnesi e De Marinis, 2002).

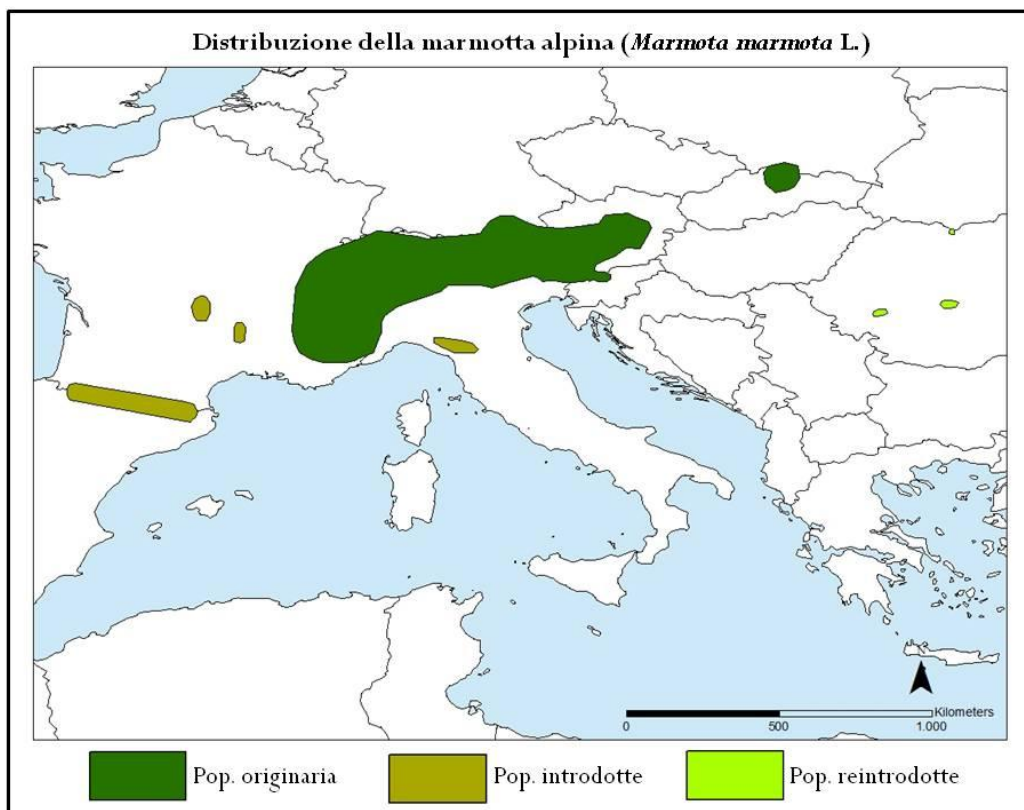


Fig. 3. Distribuzione della marmotta alpina. Lungo l'Arco Alpino sono presenti le popolazioni originarie, su Pirenei, Massiccio Centrale, Monti del Giura, Monti Vosgi, Foresta Nera e Appennino sono presenti popolazioni introdotte mentre sui Monti Tatra e Carpazi vi sono popolazioni frutto di reintroduzioni. Fonte dei dati IUCN (2015).

In Trentino è diffusa in modo uniforme sui maggiori Massicci presenti dove gode di buono *status* di conservazione, seppur con delle differenze di consistenze numeriche (PAT, 2010). Da sottolineare che conoscenze approfondite sulla specie esistono grazie a studi condotti all'interno di aree naturali protette: Parco Naturale Adamello Brenta, Parco Naturale di Paneveggio-Pale di San Martino e settore trentino del Parco Nazionale dello Stelvio. In entrambe le aree protette provinciali sono stati effettuati studi storici che hanno confermato una distribuzione uniforme della specie nei rispettivi territori (Luini, 1990; Barbieri, 1997). Nel Parco Nazionale dello Stelvio è in corso un progetto quadriennale (2014-2018) volto ad delineare un

sistema di monitoraggio valido a definire la distribuzione della popolazione sul territorio ed i suoi parametri demografici.

2.4 MORFOLOGIA

La marmotta alpina è una specie terricola e fossoria e la sua morfologia riflette l'adattamento a questo stile di vita (Mann *et al.*, 1993). E' un animale dal corpo tozzo e pesante, ma comunque agile e flessibile. Il corpo è ricoperto da un mantello bruno-grigiastro con riflessi fulvi, mentre le parti inferiori del corpo e interne degli arti sono fulvo-giallastre (Mann *et al.*, 1993; Amorini *et al.*, 2008). L'apice della testa è molto scuro, come anche la regione dorsale e l'apice della coda. La testa è grossa e arrotondata, grazie anche al pelo che ricopre le brevi orecchie (Amorini *et al.*, 2008). Gli occhi sono posizionati lateralmente prossimi alla sommità della testa e permettono un'ampia vista frontale e laterale (Mann *et al.*, 1993). Guance e occhi sono ricoperti da fitte vibrisse, essenziali nell'orientamento all'interno di cunicoli sotterranei (Giboulet, 2000).

La dentatura è priva di canini, come in tutto l'ordine dei roditori, ed è composta da 22 denti: I 1-1; P 2-1; M 3-3 (Mann *et al.*, 1993; Amorini *et al.*, 2008). Gli incisivi sono a crescita continua. Quelli superiori sono anteriormente piatti con colorazione giallo-arancio negli adulti (Amorini *et al.*, 2008).

Differentemente dagli scoiattoli nella marmotta non vi è una differenza apprezzabile di lunghezza tra arti anteriori e posteriori. Ciò a dimostrazione dell'adattamento della specie ad uno stile di vita terricolo-fossorio, specializzata nello scavo. I piedi anteriori, adibiti allo scavo, sono forti e robusti. Sono provvisti di 4 dita con unghie lunghe, 5 cuscinetti plantari; il pollice è assente ed il 3° dito è più lungo. I piedi posteriori sono composti da 5 dita con pollice ben sviluppato e provvisti di 4 cuscinetti plantari (Mann *et al.*, 1993; Amorini *et al.*, 2008).

La lunghezza della testa e del corpo ammonta a 500-600 mm, mentre la coda a 130-190 mm. Il peso varia da 2 a 6 kg a seconda della stagione (Amorini *et al.*, 2008). Generalmente è inferiore ai 2-2,5 kg in primavera e superiore a 5 kg in prossimità del periodo invernale (Mann *et al.*, 1993).

Nella marmotta è assente il dimorfismo sessuale (Zelenka, 1965; Barash, 1989; Mann *et al.*, 1993). Uno studio ha messo in evidenza che la discriminazione sessuale può essere effettuata sulla base della distanza ano-uretra: maggiore di 30 mm nei maschi e inferiore ai 30 mm nelle femmine (Zelenka, 1965). E' possibile distinguere gli adulti dai sub-adulti e dai piccoli, grazie alle dimensioni corporee. Tuttavia in autunno, alla fine della stagione vegetativa, può essere difficoltoso distinguere adulti e sub-adulti.



Foto 4. Individuo di marmotta adulto. Foto Mustoni A.



Foto 5. Piccolo di marmotta alpina. Foto Wegher M., Archivio PNAB.

2.5 CARATTERISTICHE BIOLOGICHE

Per la vita e le attività di tutte le specie di marmotta, le tane, sono un elemento di fondamentale importanza. Esse vi trascorrono al loro interno la maggior parte del tempo: oltre 6 mesi durante l'inverno, e nelle restanti stagioni le ore notturne e alcune ore durante il giorno (Barash, 1989; Mann *et al.*, 1993; Armitage, 2014). Tuttavia le conoscenze riguardo alla complessità del “sistema tana” e alle attività che le marmotte svolgono al loro interno sono ancora poche (Mann *et al.*, 1993).

Il “sistema tana” svolge principalmente tre funzioni (Armitage, 2014): offre riparo da predatori e da conspecifici, rappresenta un luogo sicuro dove allevare la prole ed infine permette di creare un ambiente e una temperatura idonei al processo di ibernazione della specie. In letteratura vengono descritte le seguenti tipologie di tana (Zelenka, 1965; Pigozzi, 1984; Barash, 1989; Mann *et al.*, 1993; Perrin *et al.*, 1993; Armitage, 2014):

- tana principale (*main burrow*), costituita da una rete di gallerie e camere, riconoscibile dal foro d'ingresso, spesso situato al di sotto di un masso, ampio con ingenti detriti di scavo esterni a formare una specie di terrazzo;

- tana secondaria o ausiliaria (*auxiliary burrow*), gallerie di dimensioni inferiori in continuità con la tana principale;
- tana invernale (*hibernation burrow*), all'interno della quale le marmotte affrontano il periodo letargico. A seconda delle condizioni locali può coincidere con la tana principale, essere distante anche 1 Km da quest'ultima, oppure può essere nello stesso complesso ma più in profondità.

Gli autori distinguono anche altri tipi di scavo, rappresentati da fori-rifugio (*escape holes*), latrine (*latrines*) e scavi abbandonati (tentativi di scavo non portati a termine). I fori rifugio non sono collegati a nessun sistema di galleria e la loro lunghezza varia da 0,5 a 3-4 m. Si trovano nelle aree più esterne e marginali dell'*home range* e hanno la funzione di offrire riparo da pericoli improvvisi. Tali escavazioni rappresentano un'importante strategia antipredatoria. Le latrine invece sono rappresentate da piccoli scavi situati generalmente tra le gallerie delle tane secondarie e principali e, talvolta anche all'esterno.



Foto 6. Foro di uscita da tana invernale (sinistra) e latrina (destra). Foto Zeni M., Archivio PNAB.



Foto 7. Ingresso tana principale. Foto Galluzzi M.

La marmotta alpina difende attivamente il suo territorio che coincide con l'*home range* (Perrin *et al.*, 1993). Esso comprende la tana principale, tana ausiliaria, tana invernale, fori rifugio e siti di alimentazione (Perrin *et al.*, 1993). La sua estensione dipende dalla dimensione del gruppo e dalle caratteristiche ambientali e varia tra 0,9-2,8 ha con un valore medio di circa 2 ha (Perrin *et al.*, 1993). Studi più recenti condotti in Italia nel Parco Nazionale del Gran Paradiso, hanno rilevato valori di $0,7\pm 0,4$ ha (*home range* al 95%) e $0,04\pm 0,04$ ha (*home range* al 50%) (Ranghetti, 2009).

Il comportamento sociale è una caratteristica di quasi tutte le specie di marmotta. La marmotta alpina vive in gruppi familiari costituiti da una coppia riproduttrice, un numero variabile di sub-adulti ed i piccoli dell'anno (Barash, 1989; Arnold, 1990; Perrin *et al.*, 1993). La dispersione giovanile non avviene prima del completamento della maturità sessuale, che viene raggiunta a circa 2 anni di età (Barash, 1989; Arnold, 1990; Perrin *et al.*, 1993; Armitage, 2014). La "tarda" dispersione giovanile comporta notevoli costi energetici ma rappresenta una tattica riproduttiva di lungo periodo che porta ad un aumento delle probabilità di sopravvivenza e di successo riproduttivo (Armitage, 1981; Arnold, 1990; Perrin *et al.*, 1993). Questi studi hanno dimostrato che investire più di una stagione nella crescita dei giovani, permette loro di raggiungere una taglia corporea e un accumulo di grasso sufficienti per sopravvivere in situazioni difficili e in stagioni brevi. In questo modo si formano nuclei familiari che possono contare anche più di 10 individui (Mann *et al.*, 1993; Perrin *et al.*, 1993). I vantaggi di questa strategia comportamentale interessano anche la vita del gruppo stesso. Nei gruppi numerosi aumenta il successo nei confronti dei predatori, della competizione trofica e interspecifica e nella termoregolazione durante i mesi invernali.

Le interazioni tra individui appartenenti a nuclei diversi sono di tipo antagonistico (Perrin *et al.*, 1993), tuttavia comportamenti di vigilanza e allarme assumono un aspetto collaborativo.



Foto 8. Interazioni tra individui adulti nel periodo post letargo. Foto Martini T., Archivio PNAB.

Le marmotte emettono dei segnali sonori spesso identificati come fischi d'allarme (Bassano *et al.*, 1992). In letteratura vengono descritti i seguenti segnali acustici emessi in situazioni di pericolo dovute a cause esterne o in situazioni di confronto intraspecifico (Waring, 1996; Lenti Boero, 1989):

- fischio multiplo, suono acuto consistente in una serie di segnali elementari ad alta frequenza emessi in successione più o meno rapida, rilevato quando si avvicinano animali terrestri o uomini;
- fischio singolo, segnale unico che non viene ripetuto, emesso in presenza di un predatore aereo;
- fischio multiplo rallentato, simile ad uno squittio di tonalità più bassa il cui significato non è stato ancora chiarito;
- guaito, simile ad un guaito di cane;
- ringhio, simile al ringhio di un cane;
- *tooth chatter*, suono causato dal battito rapido degli incisivi;
- grida, suoni ottenuti prolungando fischi singoli, udite in occasione di cattura di individui.

Non tutti gli studiosi sono in accordo con questa classificazione e sul “significato” etologico attribuito alle varie vocalizzazioni.

Il ciclo biologico della marmotta può essere suddiviso in due fasi principali: il periodo di letargia e il periodo di attività. Il passaggio da una fase all'altra non è netto, e avviene una graduale preparazione alla stagione invernale e alla ripresa delle attività. La marmotta è una specie che si è evoluta e adattata in condizioni ambientali delle aree periglaciali, durante le glaciazioni del Quaternario (Zimina e Gerasimov, 1973) e il letargo è la strategia che ha sviluppato per sopravvivere in questi ambienti. Il superamento di questo stadio dipende dalla quantità di grasso accumulato nel corso della stagione attiva (Mann *et al.*, 1993; Armitage, 2014). Durante il periodo di letargia, le marmotte alternano momenti di ipotermia a momenti di eutermia (Morrison e Galster, 1975; Arnold, 1988). Durante la fase di ipotermia la temperatura corporea raggiunge valori poco superiori alla temperatura dell'ambiente fino ad arrivare ad un minimo di 5°C (Morrison e Galster, 1975; Arnold, 1988). Ciò comporta un rallentamento delle funzioni vitali dell'organismo: metabolismo, respirazione (da 60 a 2-3resp/min) e frequenza cardiaca (da 180 a 28-38batt/min) (Morrison e Galster, 1975; Arnold, 1988). A questi momenti si alternano fasi di eutermia, in cui la temperatura corporea e i ritmi fisiologici raggiungono valori prossimi al periodo di attività (Morrison e Galster, 1975). È in queste fasi di semi-risveglio che la maggior parte dell'energia e delle riserve accumulate (fino al 90%) vengono consumate (Arnold, 1988). L'intero nucleo familiare affronta questo periodo all'interno della camera invernale. Maggiore è la dimensione del gruppo, minore è la dispersione di calore e la perdita di peso corporeo (Arnold, 1988). Inoltre è stato dimostrato che le fasi di eutermia sono sincronizzate tra gli individui del nucleo e ciò

implica una riduzione del consumo energetico e un aumento delle probabilità di sopravvivenza (Arnold, 1993).

La durata del periodo di letargia varia a seconda della specie e delle condizioni ambientali (Arnold, 1988; Mann *et al.*, 1993). Nel caso della marmotta alpina generalmente interessa il periodo tra ottobre e aprile (Mann *et al.*, 1993; Perrin *et al.*, 1993). Ad aprile le marmotte ripristinano gradualmente le normali funzioni vitali fino alla completa ripresa delle attività (Arnold, 1988; Mann *et al.*, 1993).

L'inizio della stagione attiva è caratterizzato dal periodo di accoppiamento e dalla difesa del territorio da altri conspecifici (Zelenka, 1965; Barash, 1989; Perrin *et al.*, 1993). La gestazione dura circa un mese ed in media vengono partoriti da 2 a 6 piccoli che usciranno dalla tana dopo più di un mese dal parto (Zelenka, 1965; Barash, 1989; Perrin *et al.*, 1993; Allainé *et al.*, 2000). In seguito le attività principali delle marmotte saranno la vigilanza, la difesa attiva del territorio e l'alimentazione concentrate nelle ore successive all'alba e precedenti al tramonto, mentre il restante tempo viene trascorso all'interno della tana (Zelenka, 1965; Barash, 1989; Perrin *et al.*, 1993; Armitage, 2014). Verso la fine dell'estate e l'inizio dell'autunno prevalgono le attività di scavo e di trasporto di materiale vegetale all'interno della tana al fine di allestire le camere invernali per affrontare la stagione avversa (Perrin *et al.*, 1993; Bonasi, 1996; Armitage, 2014).

Le principali cause di mortalità della marmotta possono essere lo scarso accumulo di grasso che non permette di superare la stagione avversa, ed eventi predatori da parte di cani incustoditi, volpi e grossi rapaci (Mann *et al.*, 1993; Armitage, 2014).

La composizione della dieta della marmotta è importante per accumulare le energie necessarie per affrontare il periodo di ibernazione. Alla base della sua alimentazione vi è una discreta varietà di specie vegetali (Mann *et al.*, 1993; Garin *et al.*, 2008). La marmotta seleziona le varie parti delle piante a seconda dei nutrienti che queste forniscono durante le fasi del periodo vegetativo: bulbi, radici, foglie, infiorescenze, semi e steli (Mann *et al.*, 1993; Garin *et al.*, 2008). Le *Leguminosae*, *Compositae*, *Liliaceae*, *Plantaginaceae* e le *Umbelliferae* sono famiglie positivamente selezionate, mentre le *Labiatae* e le *Rubiaceae* sono evitate (Garin *et al.*, 2008). In uno studio condotto nel Parco Nazionale del Gran Paradiso su un singolo nucleo familiare è stato messo in evidenza che specie come l'astragalo alpino (*Astragalus alpinus*), l'eliantemo (*Helianthemum chamaecistus*), l'astragalo delle Alpi (*Oxytropis campestris*) e il semprevivo montano (*Sempervivum montanum*) sono particolarmente utilizzate dalle marmotte (Bassano *et al.*, 1996). Tuttavia in questo ambito sono carenti ricerche approfondite. La dieta della marmotta è composta anche da piccoli invertebrati quali insetti e vermi soprattutto all'inizio della stagione, e in recenti indagini è emerso che anche le uova di pernice bianca sono consumate dalla marmotta (Mann *et al.*, 1993; Scherini e Tosi, 2003; Garin *et al.*, 2008).

2.6 PREFERENZE AMBIENTALI

Le preferenze ecologiche della marmotta alpina sono state studiate da più autori attraverso l'analisi di singole variabili ambientali quali altitudine, pendenza, esposizione e pietrosità (Allainé *et al.*, 1994; Giboulet, 2000; 1994; Borgo, 2003).

La marmotta alpina occupa le praterie e i pascoli di alta quota (Bassano *et al.*, 1992; Mann *et al.*, 1993; Perrin *et al.*, 1993; Allainé *et al.*, 1994). In linea generale la distribuzione altitudinale della marmotta si sviluppa al di sopra del limite della vegetazione arborea, circa 1400 m s.l.m. fino ad un massimo di 2800 m s.l.m. (Bassano *et al.*, 1992; Allainé *et al.*, 1994). In particolare quote comprese tra i 2000 e i 2500 m s.l.m. sembrano essere le più utilizzate nell'ambito dell'Arco Alpino (Bassano *et al.*, 1992; Borgo, 2003).

L'esposizione è un altro fattore che condiziona la distribuzione delle tane delle marmotte poiché influenza la lunghezza della stagione attiva (Allainé *et al.*, 1994). Nella maggior parte dei casi le tane sono scavate su versanti esposti a sud e, in misura minore a est e ovest dove si verifica uno scioglimento relativamente anticipato della neve (Bassano *et al.*, 1992; Allainé *et al.*, 1994). Esposizioni di questo tipo aumentano la lunghezza della stagione attiva poiché influenzano lo scioglimento del manto nevoso (Allainé *et al.*, 1994).

La marmotta alpina sembra inoltre preferire pendenze moderate comprese tra 10° e 30° (Bassano *et al.*, 1992). Pendenze troppo basse causano uno scioglimento ritardato della neve, minore velocità di fuga e rischio di allagamento (Castiglioni e Favaron, 2003).

L'importanza di aree con una buona percentuale di pietrosità (>30%) è un aspetto che fino alla fine degli anni '90 è stato trascurato negli studi sull'ecologia della marmotta (Giboulet, 2000). Alcuni studi hanno messo in evidenza che zone di prateria miste a macereti siano positivamente selezionate dalle marmotte soprattutto in fase di colonizzazione di nuovi territori (Giboulet, 2000; Borgo, 2003). Gruppi di rocce e macereti possono rappresentare un ricovero idoneo prima che vengano realizzati scavi nel terreno (Giboulet, 2000).

A causa della facile visibilità della marmotta e del grande successo che riscuote tra i frequentatori della montagna e delle alte quote, sono carenti studi che evidenzino una relazione tra la distribuzione spaziale delle tane e il disturbo antropico.

2.7 RUOLO ECOLOGICO

Gli ecosistemi, in un'ottica moderna, sono considerati *sistemi complessi adattativi* formati da un numero eterogeneo di componenti che interagiscono tra loro e con l'ambiente, e che sono soggetti a fenomeni evolutivi causati dai risultati delle interazioni stesse (Levin, 2005). Possiamo dunque definire solo una rappresentazione schematica del ruolo della marmotta nell'ambito degli ecosistemi di alta quota,

poiché tali relazioni meriterebbero studi specifici che comunque non sarebbero sufficienti.

All'interno dell'ecosistema alpino è possibile individuare l'importanza e il peso della marmotta a tre livelli: ruolo nelle relazioni interspecifiche, influenza sulle cenosi vegetali e influenza sulle componenti del suolo.

Nell'ambito delle relazioni interspecifiche la marmotta si rileva un'importante specie preda. Essa è infatti molto importante nella dieta dell'aquila reale e in alcune aree delle Alpi rappresenta la sua fonte alimentare principale (AA.VV., 2006). Non solo, in recenti studi condotti nella Regione Lombardia è stata provata un'interazione mai descritta prima in letteratura, tra la marmotta e la pernice bianca (Scherini e Tosi, 2003). Tale studio ha infatti accertato la predazione della marmotta a carico delle uova di pernice bianca. Quest'ultima è una specie diffusa con densità variabili nell'Arco Alpino (Scherini e Tosi, 2003) e che nell'ambito del Parco Adamello Brenta, come in tutto l'Arco Alpino, ha mostrato un *trend* negativo negli ultimi anni soprattutto a causa della diminuzione di ambienti idonei (AA.VV., 2007).

La marmotta alpina esercita un'influenza importante sulle cenosi vegetali di alta quota. La marmotta è il consumatore principale di queste comunità e pertanto attraverso la sua utilizzazione ne regola la composizione e la struttura (Del Moran, 1984; AA.VV., 2006).

La marmotta influenza la micro e macro-fauna del suolo a causa della sua attività di scavo (AA.VV., 2006). La fauna invertebrata a sua volta è fonte alimentare per altre specie, soprattutto ornitiche quali prispoloni, culbianchi, codirossi, spazzacamino e gracchi alpini (AA.VV., 2006). Inoltre le aperture delle tane secondarie e i fori rifugio possono essere usati dalla lepre o da uccelli come riparo da predatori (AA.VV., 2006).



Foto 9. Marmotta adulta predata da volpe. Foto Zeni M., Archivio PNAB.

2.8 ASPETTI NORMATIVI

A livello internazionale la specie è inserita nell'Allegato III della Convenzione di Berna (1982) che elenca le entità faunistiche definite protette.

La normativa esclude la marmotta dalle specie cacciabili secondo quanto indicato nell'Art. 18 della Legge dell'11 febbraio 92 n°157.

Nell'ambito della Provincia Autonoma di Trento la marmotta non è annoverata tra le specie cacciabili come stabilito dall'Art. 29 della L.P. del 9 Dicembre 1991 n°24. Secondo quanto stabilito dall'Art. 5 della L.P. del 9 Dicembre 1991 n°24 la tutela, la conservazione e la gestione del patrimonio faunistico si realizzano attraverso la stesura del Piano faunistico provinciale. In esso sono contenute informazioni riguardo allo status delle varie specie e per ognuna vengono definiti specifici interventi gestionali. In relazione agli obiettivi preposti è stato definito il periodo di validità del Piano pari a 10 anni (PAT, 2010). La situazione della marmotta è variabile all'interno del territorio della Provincia Autonoma di Trento e pertanto il Piano definisce misure gestionali che possano adattarsi alle varie situazioni (PAT, 2010). Nello specifico le principali azioni che vengono suggerite sono le seguenti (PAT, 2010):

- promozione di progetti di reintroduzione in tutte le aree dove, a fronte di habitat idonei, la specie non è diffusa, tenuto conto della presenza della pernice bianca;
- ogni intervento sulla specie deve essere preceduto da uno studio di verifica dell'impatto locale nei riguardi della pernice bianca;
- tutela dei nuclei che necessitano di consolidamento in aree non idonee per la pernice bianca.

LA MARMOTTA ALPINA NEL PARCO NATURALE ADAMELLO BRENTA

3.1 STATUS, DISTRIBUZIONE E IL MONITORAGGIO FAUNISTICO MIRATO

La marmotta alpina è diffusa in tutto il territorio del Parco Naturale Adamello Brenta con densità variabili da zona a zona. La specie gode di un buono *status* di conservazione nonostante le consistenze appaiano variabili di anno in anno. Tali conoscenze sulla specie sono possibili grazie alle attività di Monitoraggio svolte dal Parco Naturale Adamello Brenta di seguito descritte.

Nel Parco Naturale Adamello Brenta sono stati definiti i seguenti tipi di monitoraggio che riguardano le comunità di vertebrati terrestri (AA.VV., 2007):

- Monitoraggio Faunistico Mirato (MFM);
- Monitoraggio Faunistico occasionale (MFO), ovvero rilevamento di indici di presenza fortuito, non prioritario rispetto ad altre finalità di lavoro;
- monitoraggio di singole specie oggetto di particolari ricerche.

Il Monitoraggio Faunistico Mirato nasce dall'esigenza di conoscere e verificare le dinamiche delle zoocenosi presenti attraverso il rilevamento annuale di indici di presenza comparabili nel tempo (AA.VV., 2007). Tali attività permettono di evidenziare eventuali necessità gestionali e di verificare l'efficacia di determinate azioni intraprese (AA.VV., 2007).

I dati descritti in questa sezione, frutto delle sessioni di MFM, sono stati raccolti durante la stagione primaverile nel periodo compreso tra il 2005 e il 2012. In circa due mesi e mezzo i Guardiaparco hanno percorso 71 transetti, ciascuno lungo 3km, dislocati in modo uniforme all'interno del Parco (Fig.4) (AA.VV., 2007).

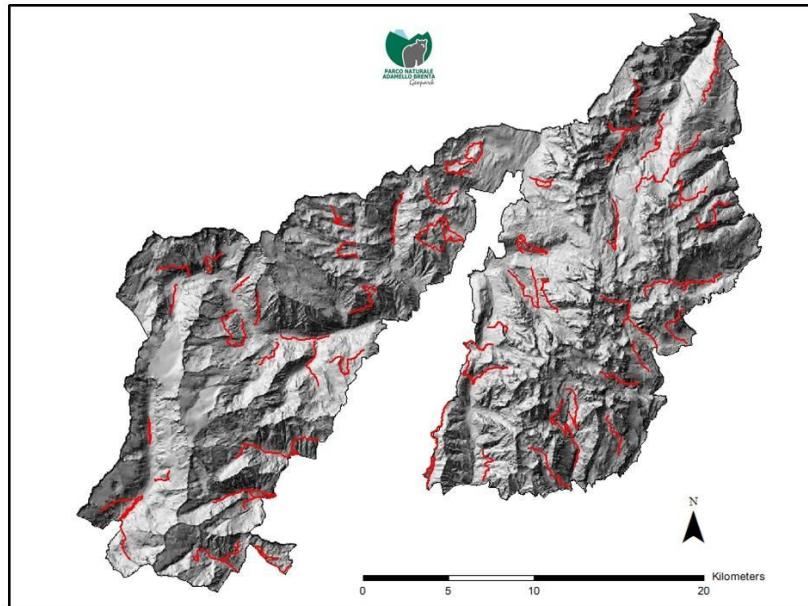


Fig. 4. Transetti previsti nell'ambito del Monitoraggio Faunistico Mirato nel Parco Naturale Adamello Brenta.

Ogni transetto è stato percorso una singola volta nell'arco della sessione ed in circa 3 ore, durante le quali sono state annotate tutte le specie contattate previste dal protocollo tra cui la marmotta. Per ogni specie contattata è stata compilata un'apposita scheda in cui sono stati annotati gli indici rilevati (Tab.2) e le coordinate geografiche che hanno permesso l'organizzazione di un *database* GIS.

Tipo di indice	Sigla
Osservazione	O
Emissioni sonore	S
Impronte o piste	I (_/n se presente neve)
Pelle e annessi	P
Fatte o escrementi	F
Borre	B
Resti di predazione	Pr
Fregoni	Fr
Scortecciamenti	Sc
Raspate	Ra
Giacigli	Gi
Insogli	Is
Tane	T
Nidi	N
Uova	U
Buche splovero	Bs
Carcasse o parti del corpo	C

Tab. 2. Indici rilevati durante le sessioni di MFM e MFO, le sigle contrassegnate da (*) sono di interesse per la marmotta. Da Cavedon (2013), modificato.

Tra il 2005 e il 2012 sono stati registrati in totale 398 contatti di cui 305 (77%) nel settore Adamello-Presanella e 93 (23%) nel settore Dolomiti di Brenta. Il numero medio di contatti registrati è di 49 per anno con $\sigma=6,28$. Il valore massimo di indici è stato registrato nel 2005 in seguito al rilevamento di 73 contatti, mentre nel 2010 sono stati rilevati solo 25 indici in tutto il territorio del Parco (Fig.5).

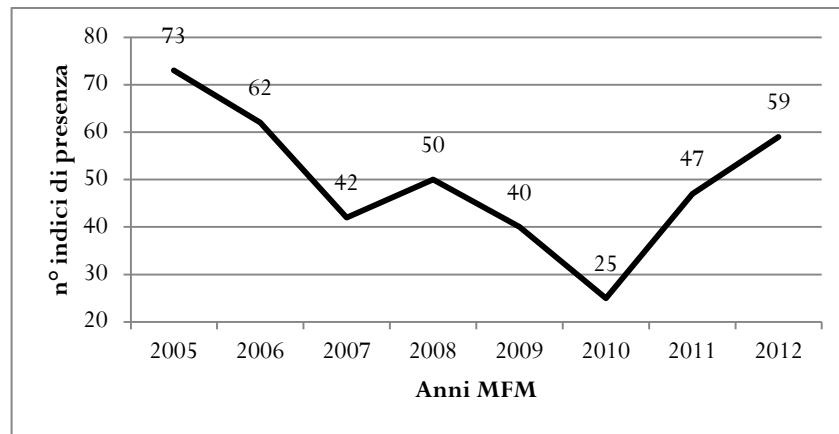


Fig. 5. Numero di indici rilevati durante le sessioni di MFM durante il periodo 2005-2012 nel Parco Naturale Adamello Brenta; $N=398$, $\bar{x}=49,76$, $\sigma=6,28$.

In Tav.1, in fondo al presente capitolo è possibile osservare la distribuzione sul territorio dei segni di presenza della marmotta alpina.

Le categorie di indici rilevate sono descritte in Fig.6. Le tipologie maggiormente registrate sono risultate: emissioni sonore o fischi d'allarme (44%), osservazione diretta (30%) e il rilevamento di tane (17%).

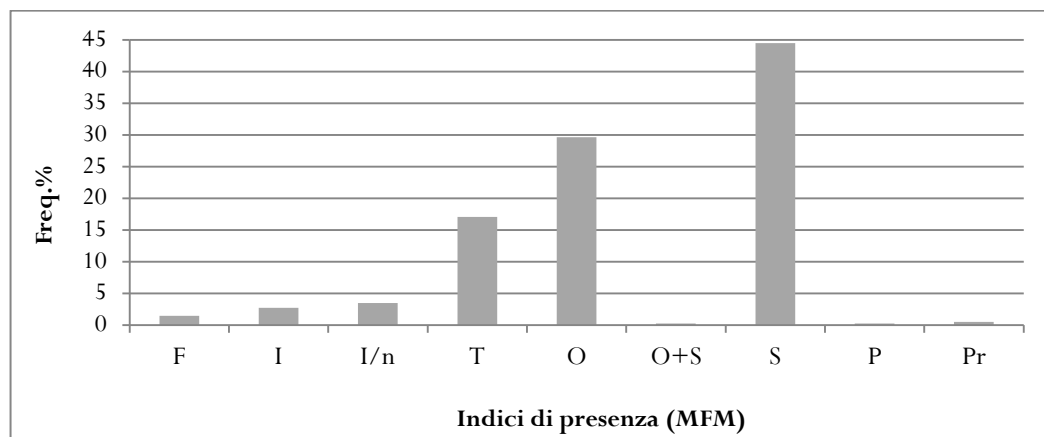


Fig. 6. Frequenze % delle categorie di indici rilevate per la marmotta durante le sessioni di MFM nel periodo 2005-2012 all'interno del Parco Naturale Adamello Brenta; $N=398$.

3.2 STUDI PREGRESSI

3.2.1 1997 - Prima indagine sulla distribuzione della marmotta alpina

Nel 1997 il Parco Naturale Adamello Brenta in collaborazione con il Dipartimento di Biologia Animale dell'Università degli Studi di Pavia, ha intrapreso

uno studio per implementare le conoscenze sulla marmotta alpina all'interno del suo territorio. Nello specifico gli obiettivi principali perseguiti sono stati (Barbieri *et al.*, 1997):

- definire il quadro della distribuzione storica della specie nell'area di studio;
- definire con un sufficiente grado di dettaglio la distribuzione nell'area del Parco;
- individuare le tipologie ambientali utilizzate dalla specie ed i territori di potenziale espansione;
- acquisire dati sulla gestione della specie nel Parco.

L'indagine è stata condotta esaminando tutte le fonti bibliografiche disponibili ed effettuando interviste ad Enti, privati e Associazioni. Lo scopo è stato quello di delineare un quadro sulla distribuzione storica della specie e eventuali informazioni sui nuclei presenti (Barbieri *et al.*, 1997). Sono state altresì condotte ricerche dirette sul campo volte ad identificare i siti occupati dalla marmotta. Per ogni nucleo sono state rilevate alcune variabili ambientali quali altitudine, pendenza, esposizione e le caratteristiche morfologiche descrittive nelle aree limitrofe alle tane (Barbieri *et al.*, 1997). I dati raccolti sono stati valutati a seguito di indagini statistiche descrittive relative alle suddette variabili e analisi volte a verificare eventuali correlazioni tra le variabili stesse (Barbieri *et al.*, 1997).

Interviste e fonti bibliografiche storiche hanno rivelato che la marmotta agli inizi del '900 era presente in poche aree del settore Adamello-Presanella del Parco (Barbieri *et al.*, 1997). Fonti relativamente più recenti descrivono una distribuzione della specie in entrambi i settori del Parco. In particolare Dal Piaz (1973) ha affermato che "la marmotta non è a rischio di conservazione, al contrario si trova in uno *status* tale da garantire la ri-colonizzazione delle aree in cui storicamente era scomparsa". Nell'ambito dell'indagine svolta nel 1973 sono stati censiti 435 individui nel settore Adamello-Presanella e 195 nel settore Dolomiti di Brenta per un totale di 630 esemplari, contro un numero massimo ammissibile di individui pari a 1080 (Dal Piaz, 1973).

Dalle indagini condotte nel 1997 è emerso che la marmotta alpina non era diffusa omogeneamente all'interno del territorio del Parco (Tav.2). In alcune zone la mancanza della specie era da imputarsi alla scarsa idoneità ambientale: nevi perenni, elevata rocciosità, vegetazione arborea (Barbieri *et al.*, 1997). L'assenza nelle aree potenzialmente idonee era da attribuire, secondo gli autori, alla pressione antropica in termini di persecuzione diretta e di competizione con gli erbivori domestici. Nel 1997 la specie era risultata essere quasi assente nelle zone orientali, centrali e meridionali del Gruppo delle Dolomiti di Brenta. I pochi nuclei presenti in quest'ultimo settore ebbero origine in seguito a immissioni secondo quanto affermato da cacciatori intervistati dagli stessi autori. Nel complesso la situazione distributiva della marmotta nel 1997 è risultata analoga a quella descritta nel 1973 da Dal Piaz,

Vettori e Vidi (Barbieri *et al.*, 1997). In totale sono stati rilevati 222 nuclei di cui 129 nel settore Adamello-Presanella e 93 nel settore Dolomiti di Brenta.

Sulla base della distribuzione della specie gli autori non hanno evidenziato differenze significative legate all'eterogeneità del substrato geologico che caratterizza il Parco. La geologia potrebbe ipoteticamente influenzare la distribuzione della specie indirettamente, in base alla profondità del terreno che deriva da lunghi processi di disgregazione della roccia madre (Barbieri *et al.*, 1997).

Riguardo alle caratteristiche morfologiche limitrofe alle tane dei vari nuclei in linea puramente descrittiva, sono state evidenziate due principali tendenze generali. In molti nuclei era stata notata una propensione a stabilirsi nelle zone dei versanti alla base delle pareti rocciose, giustificata dall'averne un "lato" coperto da eventuali predatori (Barbieri *et al.*, 1997). Altra caratteristica comune osservata era la presenza di accumuli detritici al di sotto dei quali viene scavata la tana, che risultava essere meno esposta in modo diretto a pericoli (Barbieri *et al.*, 1997). Per quanto riguarda la percentuale di pietre affioranti in superficie nell'intorno dei siti di presenza, è risultata essere molto variabile e non è stata evidenziata dagli autori nessuna preferenza.

In merito alle tipologie vegetazionali utilizzate dalla marmotta ogni nucleo è stato attribuito ad una tipologia secondo quanto indicato nella Carta della Vegetazione curata da Pedrotti (1999). Tuttavia nel 1997 la Carta della Vegetazione era ancora in fase di realizzazione ed i dati disponibili per gli autori non contemplavano l'estensione superficiale delle varie cenosi. Per tali ragioni non è stato possibile definire in modo esatto le preferenze della specie ed effettuare confronti dettagliati tra il settore Adamello-Presanella e Dolomiti di Brenta. Le localizzazioni dei nuclei hanno confermato una notevole preferenza nei confronti degli ambienti aperti e delle aree con vegetazione erbacea (Tab.3) (Barbieri *et al.*, 1997).

Tipologia vegetazionale		Unità vegetazionale	f. ass	f.%	f.% tot
boschi		lariceto	1	0,5	0,5
arbusteti subalpini		rododendreto a rododendro ferrugineo	25	11,3	17,4
		rododendreto a rododendro irsuto	1	0,5	
		mughete	4	1,9	
		ontanete di ontano verde	7	3,2	
		saliceti	1	0,5	
aree con vegetazione erbacea	praterie primarie	curvuleto	16	7,2	68
		festuceto	40	18	
		Seslerieto + firmeto (calcare)	48	21,6	
	praterie secondarie	nardeto	10	4,5	
		prateria a <i>Poa</i> prati falciabili	16	7,2	
		prati falciabili	2	0,9	
vegetazione sinantropica			1	0,5	
aree prive di vegetazione			50	22,5	0,5

Tab. 3. Tipologie vegetazionali nei siti di presenza dei nuclei di marmotta nel territorio del Parco Naturale Adamello Brenta. Da Barbieri *et al.*, (1997), modificato.

I siti occupati dai nuclei di marmotta erano collocati in un intervallo altitudinale compreso tra 1700-2650m s.l.m., ed il maggior numero di gruppi familiari (92,7%) si trovava tra 2000 e 2500m s.l.m. (Fig.7). Secondo Barbieri (1997) la specie ha effettuato una discriminazione del territorio selezionando le aree comprese tra 2000 e 2400 m s.l.m..

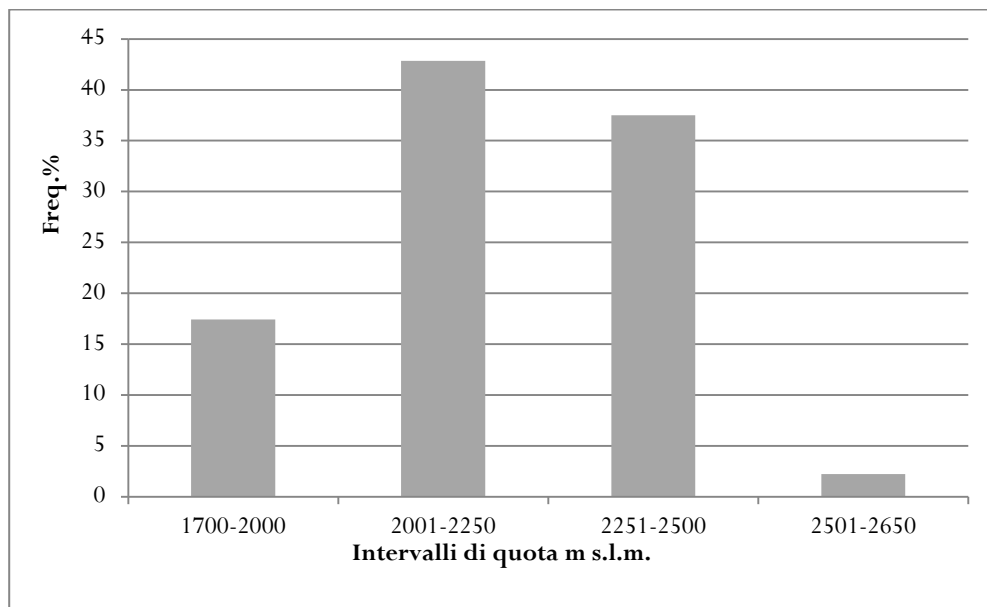


Fig. 7. Distribuzione dei nuclei di marmotta secondo intervalli altitudinali nel territorio del Parco Naturale Adamello Brenta; N=222, \bar{x} = 2213m, σ = 186m. Da Barbieri *et al.*, (1997), modificato.

Le analisi hanno messo in evidenza una differenza significativa in termini di distribuzione altitudinale tra i due gruppi montuosi del Parco. Il valore medio di quota per il gruppo Adamello-Presanella è risultato essere pari a 2281 m m.s.l.m., mentre per il gruppo Dolomiti di Brenta pari a 2120 m s.l.m., per una differenza di 161 m (Barbieri *et al.*, 1997). Tale diversità è stata spiegata in prima analisi dalla differenza morfologico-altitudinale tra i due gruppi montuosi, che vede un'elevazione maggiore per il settore Adamello-Presanella (Barbieri *et al.*, 1997). Inoltre nel settore Adamello-Presanella a causa del marcato abbandono dei pascoli e delle praterie ed il successivo avanzare della vegetazione arborea potrebbero aver spostato le aree idonee alla marmotta a quote più elevate (Barbieri *et al.*, 1997).

L'analisi attraverso il Test del χ^2 dell'esposizione delle aperture delle tane ha mostrato una significativa selezione positiva ($\chi^2=74,8$; g.l.=8; $P<0,001$) nei riguardi delle zone rivolte a sud (Fig.8) (Barbieri *et al.*, 1997). Tale tendenza è risultata essere più marcata per i nuclei presenti nel settore Adamello-Presanella rispetto ai nuclei presenti nel settore Dolomiti di Brenta (Fig.9) (Barbieri *et al.*, 1997).

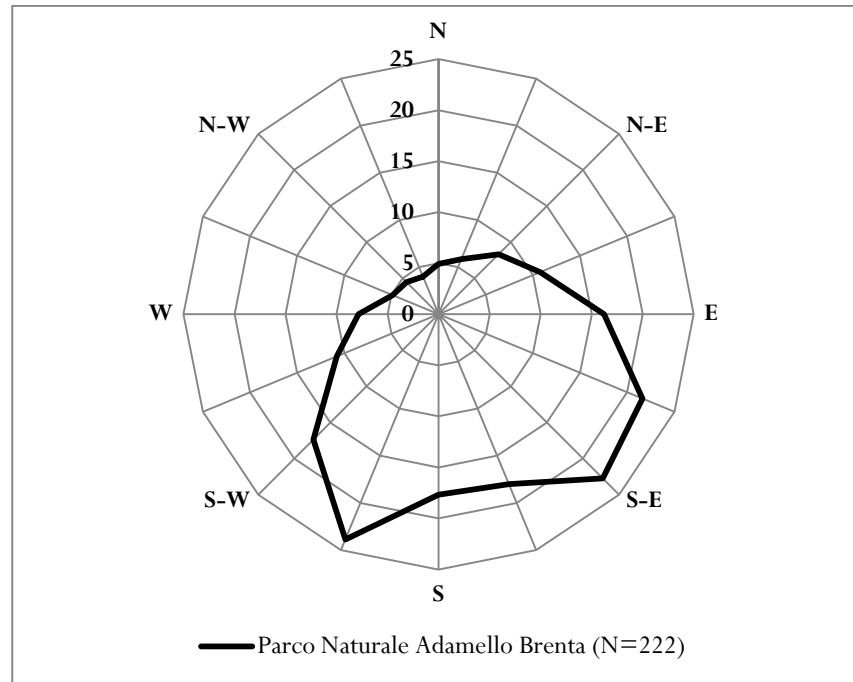


Fig. 8. Distribuzione dei nuclei di marmotta (freq.%) per esposizione all'interno del territorio del Parco Naturale Adamello Brenta, N=222. Da Barbieri *et. al.*, (1997), modificato.

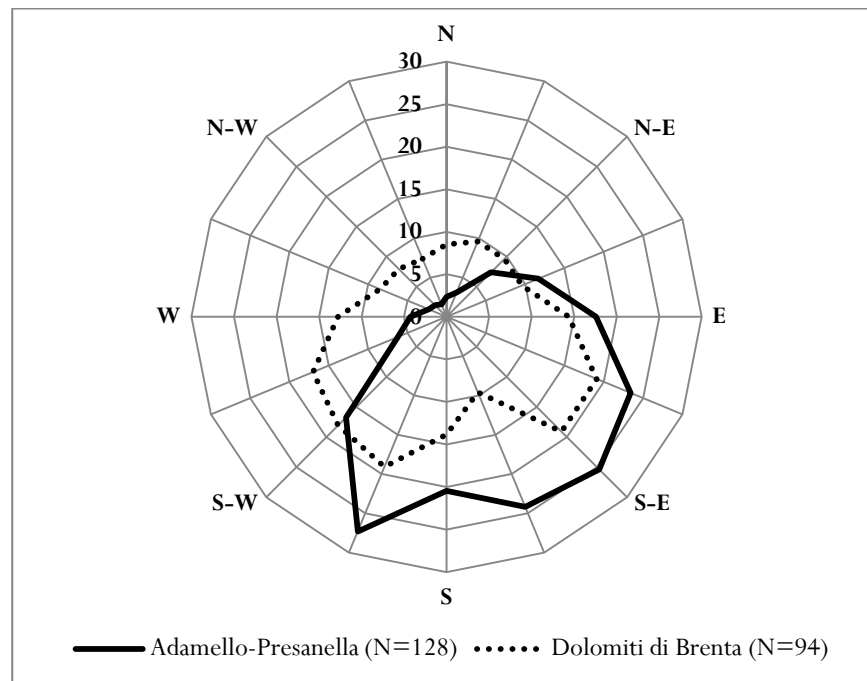


Fig. 9. Confronto della distribuzione dei nuclei di marmotta (freq.%) per esposizione tra i due settori del Parco Naturale Adamello Brenta, N=222. Da Barbieri *et. al.*, (1997), modificato.

Dallo studio della distribuzione delle tane in funzione della pendenza non è stata evidenziata una specifica preferenza da parte delle marmotte (Fig.10) (Barbieri *et al.*, 1997).

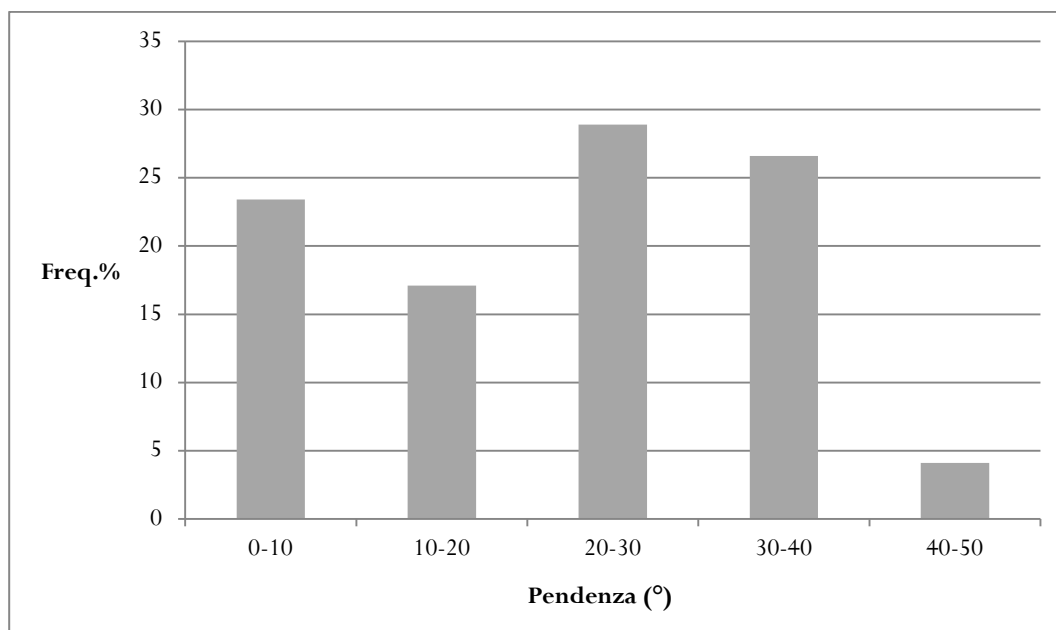


Fig. 10. Distribuzione dei nuclei di marmotta (freq.%) secondo classi di pendenza all'interno del territorio del Parco Naturale Adamello Brenta, N=222. Da Barbieri *et al.*, (1997), modificato.

In seguito al confronto tra i due Complessi Montuosi del Parco è stata rilevata una differenza. Il valore medio della pendenza è risultato essere 26,7° per le Dolomiti di Brenta e 22,7° per l'Adamello-Presanella, probabilmente a causa della diversa conformazione dei due Gruppi (Barbieri *et al.*, 1997).

Gli autori hanno poi indagato su eventuali correlazioni tra le variabili ambientali quota, esposizione e pendenza. Attraverso il calcolo del coefficiente di correlazione r è stata evidenziata una relazione positiva tra altitudine-esposizione e pendenza-esposizione ($r=0,25$; $P<0,001$) (Barbieri *et al.*, 1997). In particolare gli autori hanno rilevato tali andamenti (Barbieri *et al.*, 1997):

- all'aumentare dell'altitudine aumentava la tendenza dei nuclei ad insediarsi in zone esposte a sud;
- all'aumentare della pendenza, aumentava la tendenza dei nuclei ad insediarsi in zone esposte a sud.

Nel primo caso la maggiore selezione di aree esposte a sud all'aumentare della quota era dovuta al fatto che con l'altitudine aumenta la nevosità e dunque vengono preferite esposizioni in cui la neve si scioglie prima (Barbieri *et al.*, 1997). Nel secondo caso gli autori ipotizzano che all'occupazione di aree più ripide e dunque meno adatte, corrisponda una tendenza compensativa ad occupare zone con esposizione migliore (Barbieri *et al.*, 1997).

In conclusione gli autori hanno considerato le modificazioni ambientali caratterizzanti il Parco al fine di ipotizzare una possibile tendenza futura riguardo alla distribuzione e alla consistenza della marmotta. In particolare è stato valutato il crescente fenomeno di abbandono dei pascoli e delle praterie di alta quota da parte

del bestiame domestico. Questo fenomeno negli anni '90 ha interessato soprattutto il settore Adamello-Presanella nel quale sono stati abbandonati 10.000ha circa, in confronto a 5000ha circa nel gruppo delle Dolomiti di Brenta (Barbieri *et al.*, 1997). Secondo gli autori è stato possibile che si sia verificata una differente distribuzione della specie nei due settori del Parco a causa di processi seriali di avanzamento del limite della vegetazione arborea e prima ancora, arbustiva.

3.2.2 2013 – Studio della marmotta nel settore Dolomiti di Brenta e realizzazione di un modello predittivo di idoneità ambientale

Nel 2013 il Parco Naturale Adamello Brenta ha avviato un progetto di ricerca specifico per la marmotta alpina. Tali indagini sono state approfondite dalla Dott.ssa Giulia Ferrari nell'ambito della sua tesi di laurea, mentre alcune analisi descrittive e statistiche sono state approfondite nell'ambito della presente tesi. Lo studio si è proposto i seguenti obiettivi:

- confronto tra i dati distributivi ottenuti con i risultati dello studio effettuato nel 1997;
- approfondire le conoscenze sulla selezione dell'habitat da parte della marmotta e definire eventuali parametri che ne influenzano la distribuzione;
- realizzazione di un modello di valutazione ambientale della specie per tutto il territorio del Parco.

Nel periodo compreso tra luglio e la fine di settembre sono stati indagati tutti i nuclei di marmotta all'interno dell'area di studio denominata *Brenta Nord-Occidentale* dell'estensione di 7188,81 ha (Fig.11).

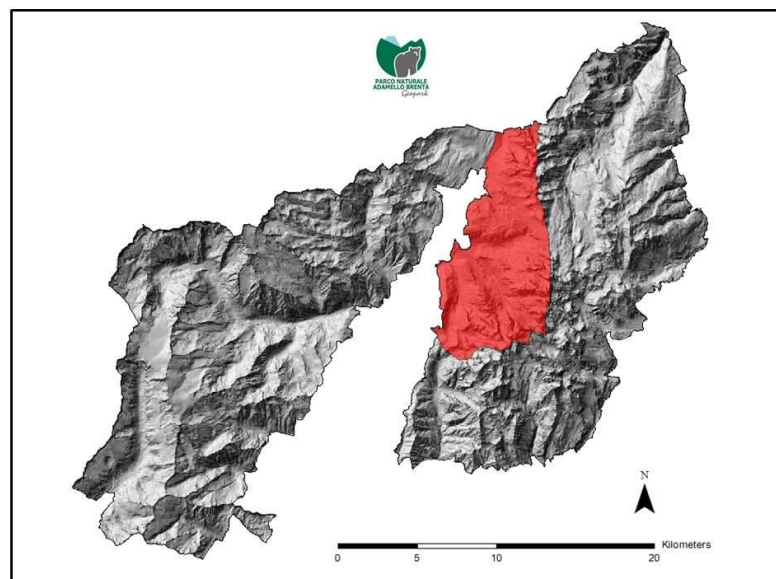


Fig. 11. Area di studio Brenta Nord-Occidentale.

Nell'area di studio sono stati percorsi 24 transetti per un totale di 227 km (Fig.12). I nuclei censiti sono risultati essere 179 per un densità pari a $0,024$ nuclei \cdot ha $^{-1}$ (Fig.12).

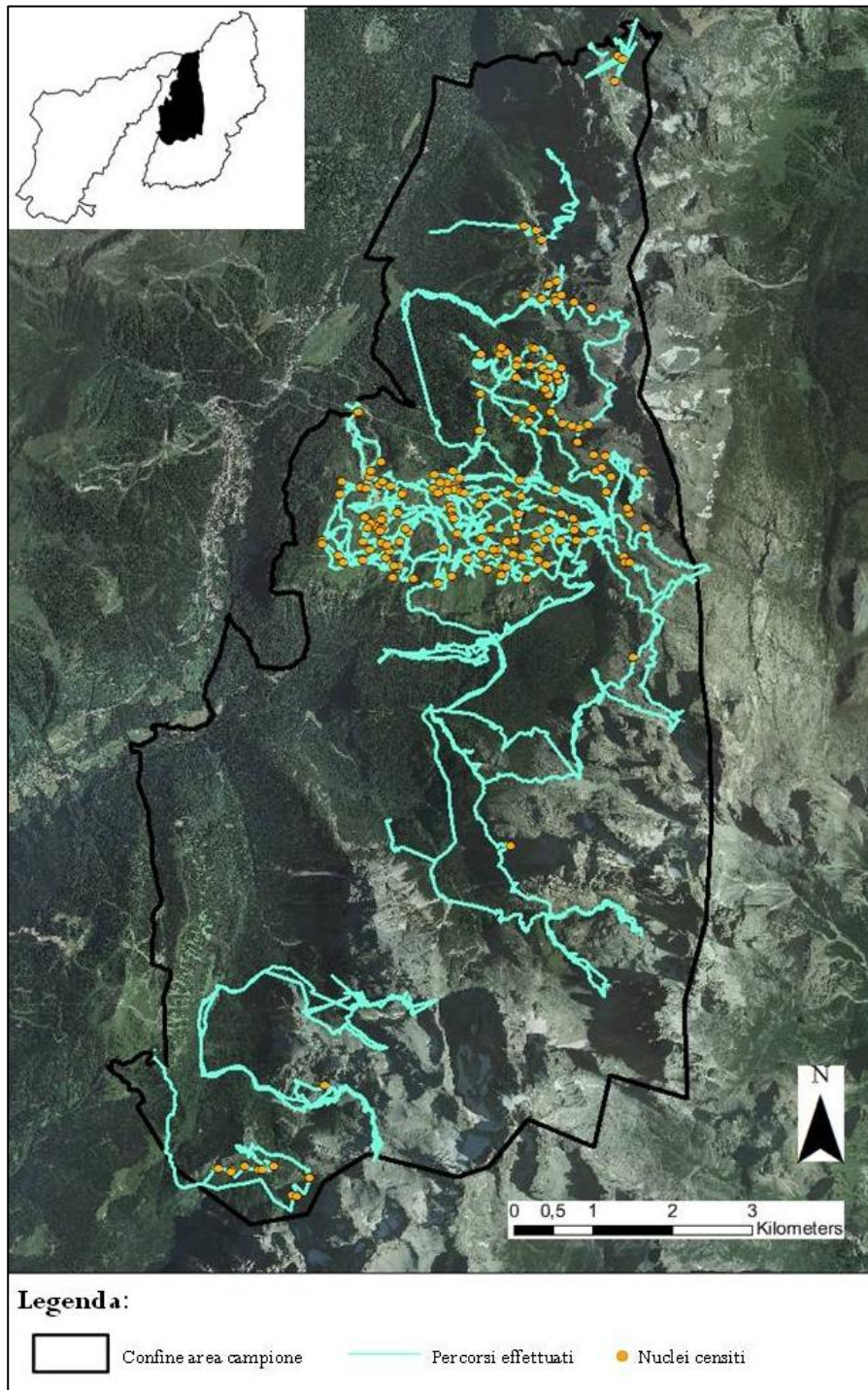


Fig. 12. Area di studio Brenta Nord-Occidentale. Nuclei censiti (N=179) e percorsi effettuati (227km).

La seguente figura mostra la struttura della popolazione censita, formata da 318 individui, per classi di età.

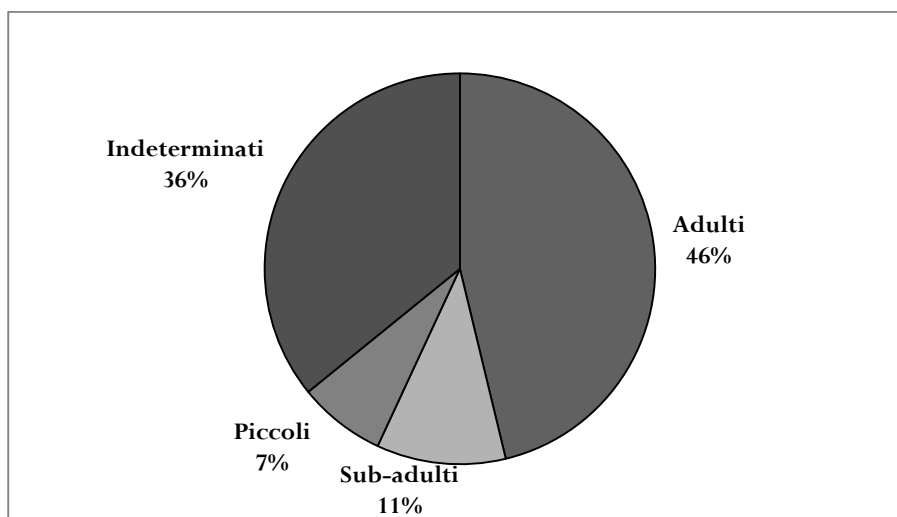


Fig. 13. Struttura della popolazione di marmotta per classi di età censita nel 2013 nell'area di studio Brenta Nord-Occidentale, (N=318).

La distribuzione dei nuclei è stata poi confrontata con alcuni parametri ecologici e ambientali al fine di mettere in relazione la selezione dell'habitat con la disponibilità ambientale. I parametri ambientali considerati sono stati i seguenti: altitudine, pendenza, esposizione, irraggiamento, vegetazione, geologia e uso del suolo. La disponibilità ambientale è stata calcolata per tali parametri suddivisi in classi (cfr. Par.4.2.3.2, pag.64). Nell'ambito della presente tesi l'effettivo utilizzo del territorio è stato confrontato con la disponibilità ambientale mediante il test del chi-quadrato (χ^2), i cui esiti sono riportati nella seguente tabella:

Parametro	g.l.	χ^2	p
Quota	3	433,30	<0,001
Pendenza	6	292,91	<0,001
Esposizione	10	152,96	<0,001
Irraggiamento totale	7	467,81	<0,001
Vegetazione	7	383,41	<0,001
Geologia	6	274,65	<0,001
Uso del suolo	5	1297,54	<0,001

Tab. 4. Esiti del test del chi-quadrato ottenuti confrontando l'effettivo utilizzo del territorio con la disponibilità ambientale nell'area di studio Brenta Nord-Occidentale.

Per tutti i parametri ambientali è risultato esservi una relazione altamente significativa ($p < 0,001$) tra le classi esaminate e la diffusione dei nuclei. La distribuzione dei nuclei nell'area di studio non è casuale e la specie opera dunque una selezione delle risorse.

Al fine di descrivere sinteticamente ed in modo descrittivo tali relazioni di seguito verranno riportate delle figure in cui l'utilizzo dell'habitat e la disponibilità ambientale sono messi a confronto. In particolare per ogni classe dei vari parametri è stata calcolata la superficie % (disponibilità) ed a queste sono state associate i valori corrispettivi di utilizzo % dei nuclei presenti.

Altitudine.

La disponibilità ambientale dell'area di studio in termini altitudinali è molto varia: da un valore minimo di 1000 m fino a 3250 m. La classe compresa tra 2000 e 2250 m è quella più utilizzata. Tale classe rappresenta il 20% del territorio ed in essa sono presenti più del 60% dei nuclei (Fig.14).

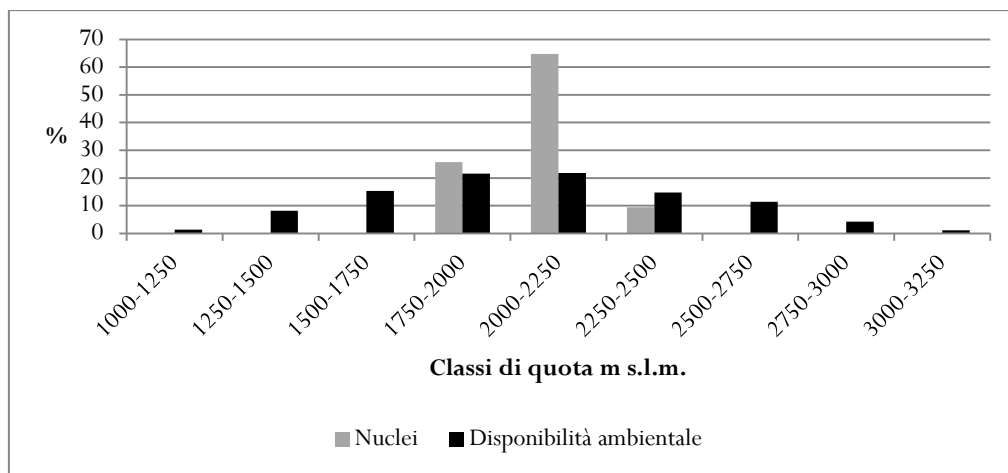


Fig. 14. Confronto tra la disponibilità ambientale delle classi di quota e l'effettivo utilizzo da parte dei nuclei di marmotta (N=179) nell'area di studio Brenta Nord-Occidentale (A=7188,81 ha).

Pendenza.

L'area di studio è caratterizzata da pendenze molto variabili. Nel complesso valori compresi tra 0 e 30° sono preferiti dalle marmotte. La disponibilità di aree con pendenze basse (0-10°) è inferiore rispetto alle altre classi (estensione <10%) ed in essa sono presenti più del 25% dei nuclei (Fig.15).

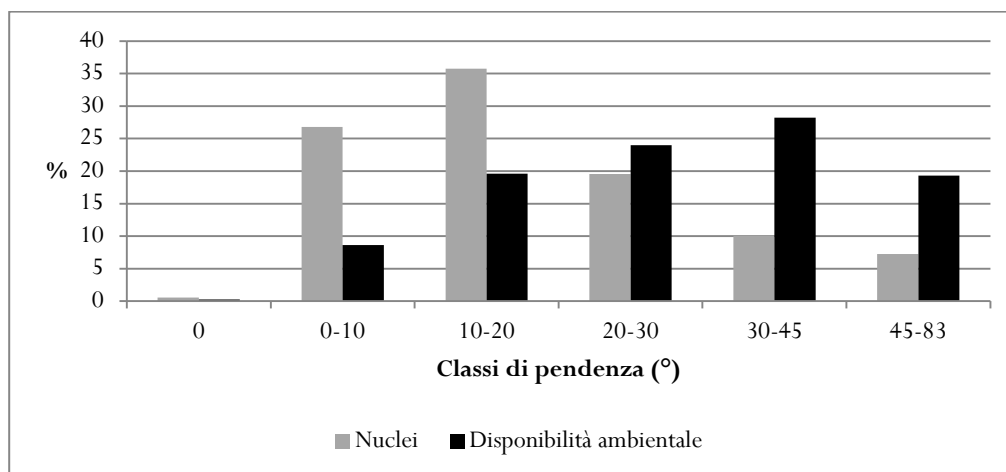


Fig. 15. Confronto tra la disponibilità ambientale delle classi di pendenza e l'effettivo utilizzo da parte dei nuclei di marmotta (N=179) nell'area di studio Brenta Nord-Occidentale (A=7188,81 ha).

Esposizione.

I nuclei di marmotta sono maggiormente concentrati nei settori occidentali e meridionali dell'area di studio. Le aree esposte ad ovest sono la tipologia più

rappresentata in termini di superficie, mentre di minore estensione sono le aree esposte a sud (Fig.16).

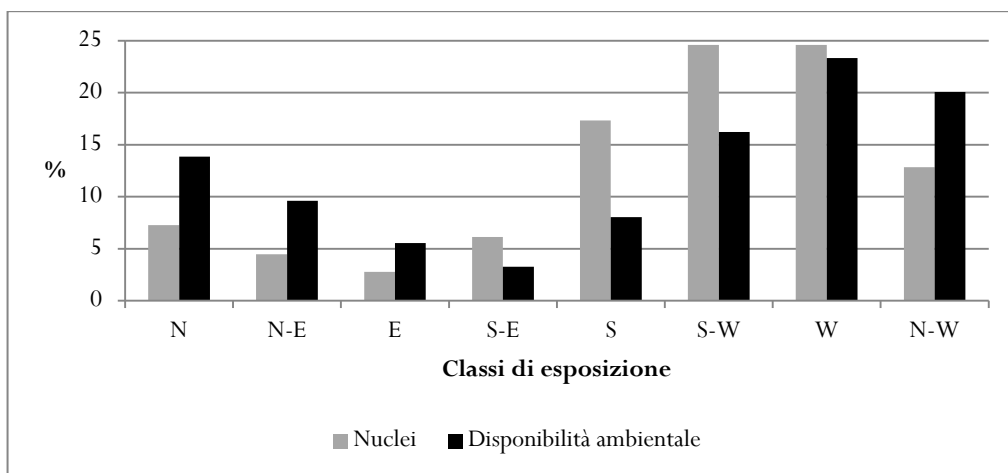


Fig. 16. Confronto tra la disponibilità ambientale delle classi di esposizione e l'effettivo utilizzo da parte dei nuclei di marmotta (N=179) nell'area di studio Brenta Nord-Occidentale (A=7188,81 ha).

Irraggiamento.

L'irraggiamento è un fattore strettamente legato all'esposizione. La classe di irraggiamento più utilizzata dalle marmotte 1,58-1,71 GWH/m² che corrisponde alle zone esposte a sud (Fig.17).

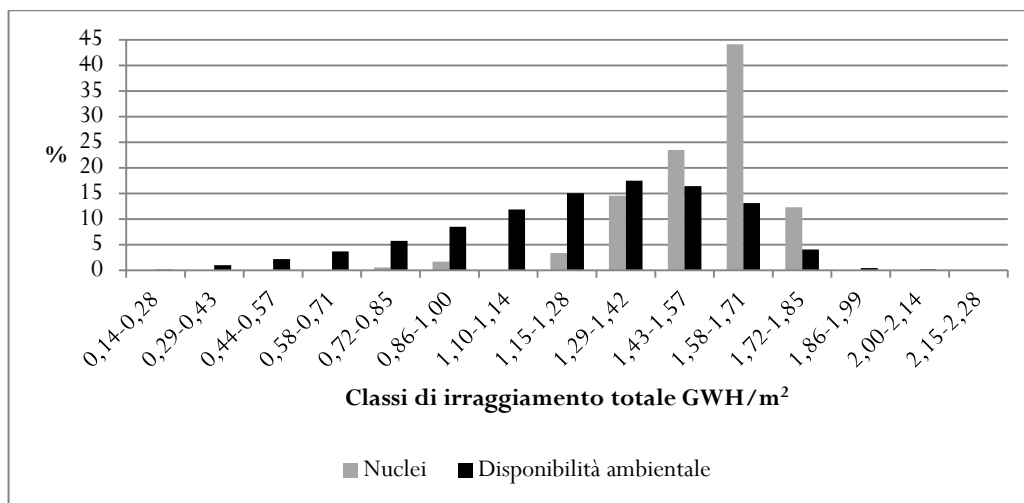


Fig. 17. Confronto tra la disponibilità ambientale delle classi di irraggiamento totale e l'effettivo utilizzo da parte dei nuclei di marmotta (N=179) nell'area di studio Brenta Nord-Occidentale (A=7188,81 ha). Per gli estremi delle classi cfr. Tab.9, pag.66.

Vegetazione.

Nell'area di studio si possono distinguere 6 classi vegetazionali colonizzate dai nuclei di marmotta (Fig.18):

- classe 2, boschi sub-alpini di *Larix decidua*;
- classe 4, arbusteti e brughiere a prevalenza di *Rhododendro* sp., *Empetrum* sp. e *Vaccinium* sp.;

- classe 8, vegetazione erbacea su substrato calcareo a prevalenza di *Sesleria* sp., *Carex* sp. e *Poa* sp.;
- classe 9, vegetazione a prevalenza di *Dryas octopetala*;
- classe 11, ghiacciai, ghiaioni e pareti rocciose con vegetazione pioniera;
- classe 12, vegetazione igrofila.

Oltre il 70% dei nuclei di marmotta utilizza praterie a prevalenza di *Sesleria* sp., *Carex* sp. e *Poa* sp. (classe 8).

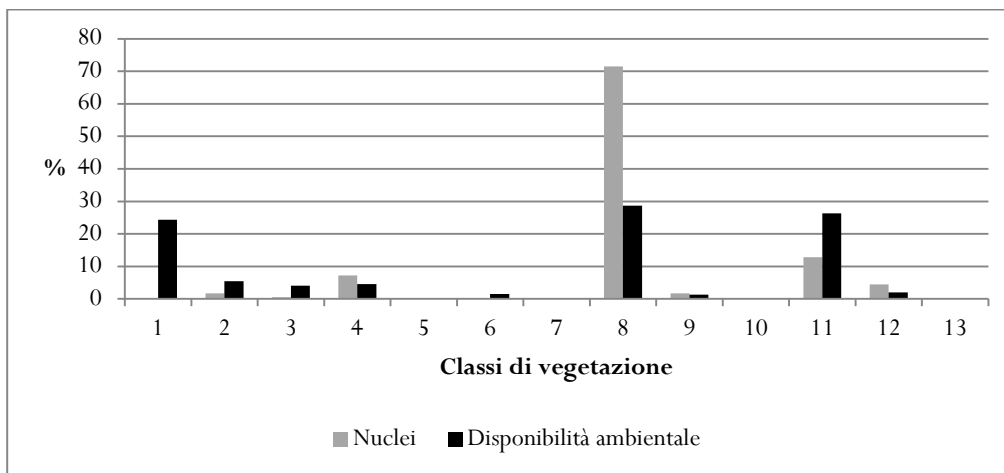


Fig. 18. Confronto tra la disponibilità ambientale delle classi di vegetazione e l'effettivo utilizzo da parte dei nuclei di marmotta (N=179) nell'area di studio Brenta Nord-Occidentale (A=7188,81 ha). Per la descrizione delle classi cfr. Tab.10, pag.67.

Geologia.

La selezione da parte della marmotta di determinate classi geologiche è influenzata dal tipo di substrato derivante dall'alterazione delle stesse manifestazioni geologiche. La classe 1, rappresentata da depositi detritici e alluvionali ospita quasi il 60% dei nuclei (Fig.19).

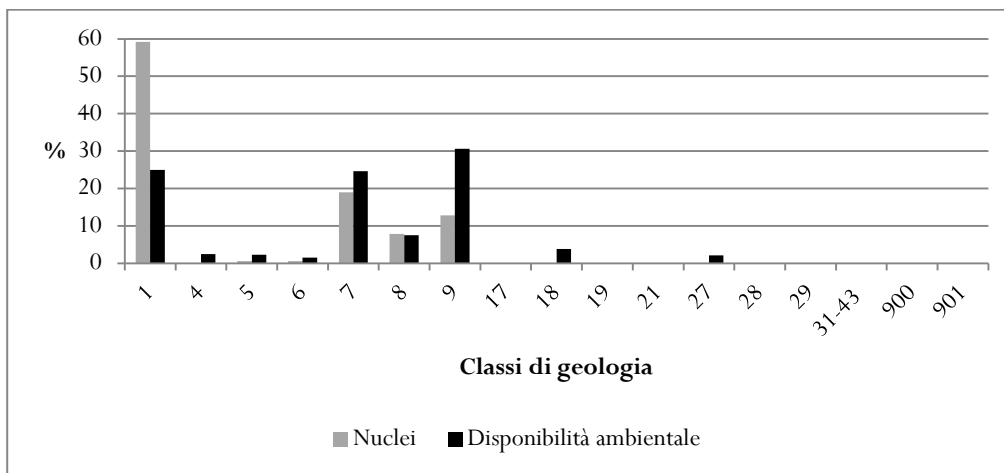


Fig. 19. Confronto tra la disponibilità ambientale delle classi di geologia e l'effettivo utilizzo da parte dei nuclei di marmotta (N=179) nell'area di studio Brenta Nord-Occidentale (A=7188,81 ha). Per la descrizione delle classi cfr. Tab.12, pag.68.

Uso del suolo.

L'utilizzo delle classi di uso del suolo da parte delle marmotte è di facile interpretazione. La classe 321 che, secondo la classificazione *Corine Land Cover*, corrisponde alle aree a pascolo naturale e prateria risulta essere fortemente utilizzata dalla specie. Tale classe rappresenta il 10% dell'area studio ed ospita quasi il 70% dei nuclei (Fig.20).

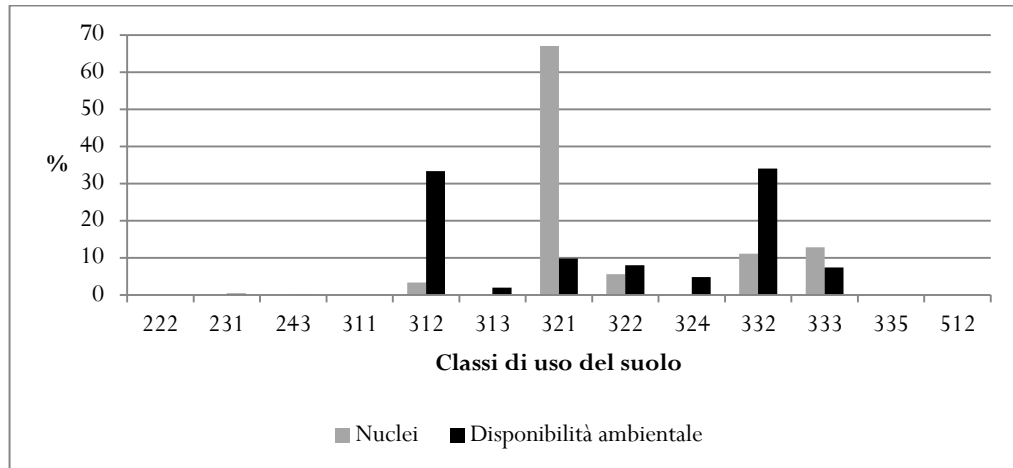
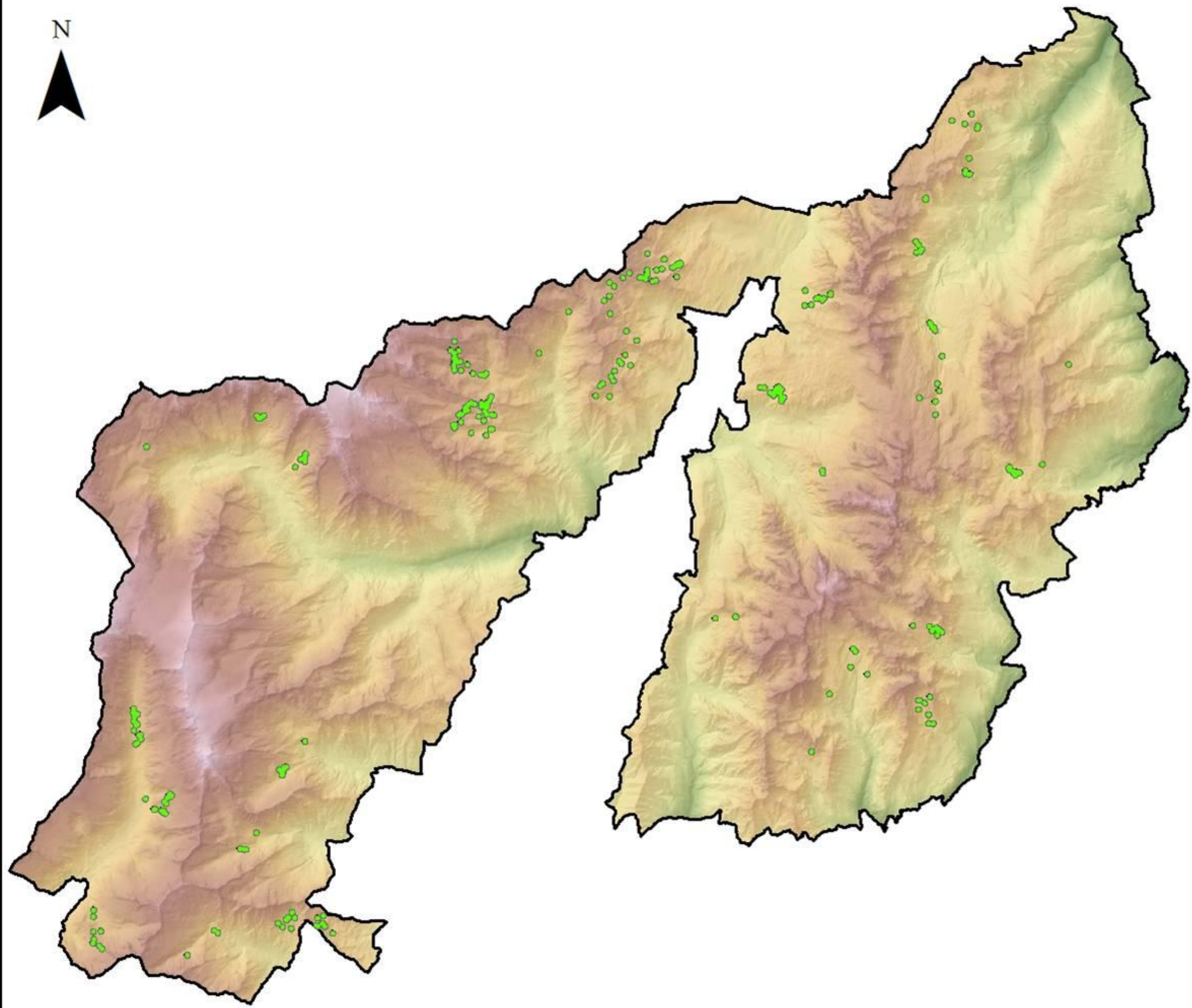


Fig. 20. Confronto tra la disponibilità ambientale delle classi di uso del suolo (CLC) e l'effettivo utilizzo da parte dei nuclei di marmotta (N=179) nell'area di studio Brenta Nord-Occidentale (A=7188,81 ha). Per la descrizione delle classi cfr. Tab.67, pag.67.

Sulla base del rapporto tra i valori di frequenza percentuale dei nuclei nelle varie classi e la disponibilità percentuale delle classi stesse sono stati calcolati degli indici di selezione sulla base dei quali è stato definito un modello di valutazione ambientale (Tav.3). Per una descrizione della metodologia effettuata cfr. Par.4.2.3.3, pag.69. Nello specifico tale modello è stato costruito sulla base degli indici di selezione ambientale calcolati sui seguenti parametri ambientali:

- altitudine;
- pendenza;
- esposizione;
- vegetazione.




Parco Naturale
Adamello Brenta
Ufficio Fauna

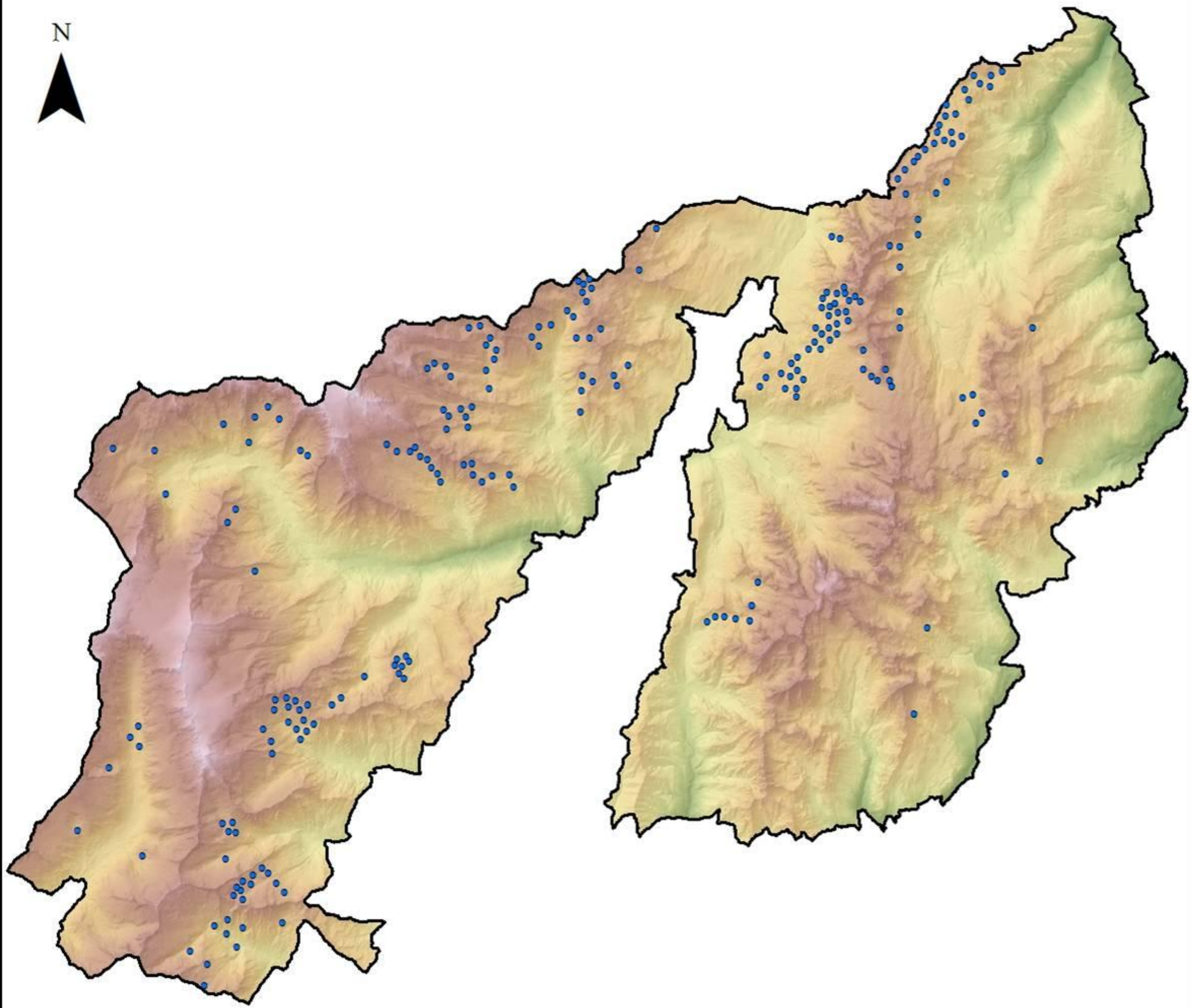
**MONITORAGGIO
FAUNISTICO MIRATO
2005-2012**
**Indici di presenza
della marmotta alpina
(*Marmota marmota* L.)**

Tav. 1

Legenda

 Aree in cui sono stati rilevati
indici di presenza *

* Gli indici di presenza si riferiscono ad osservazioni dirette (o) ed emissioni sonore (s) poiché per le tane non è stato possibile discriminare e quelle utilizzate da quelle in disuso.



Parco Naturale
Adamello Brenta
Ufficio Fauna

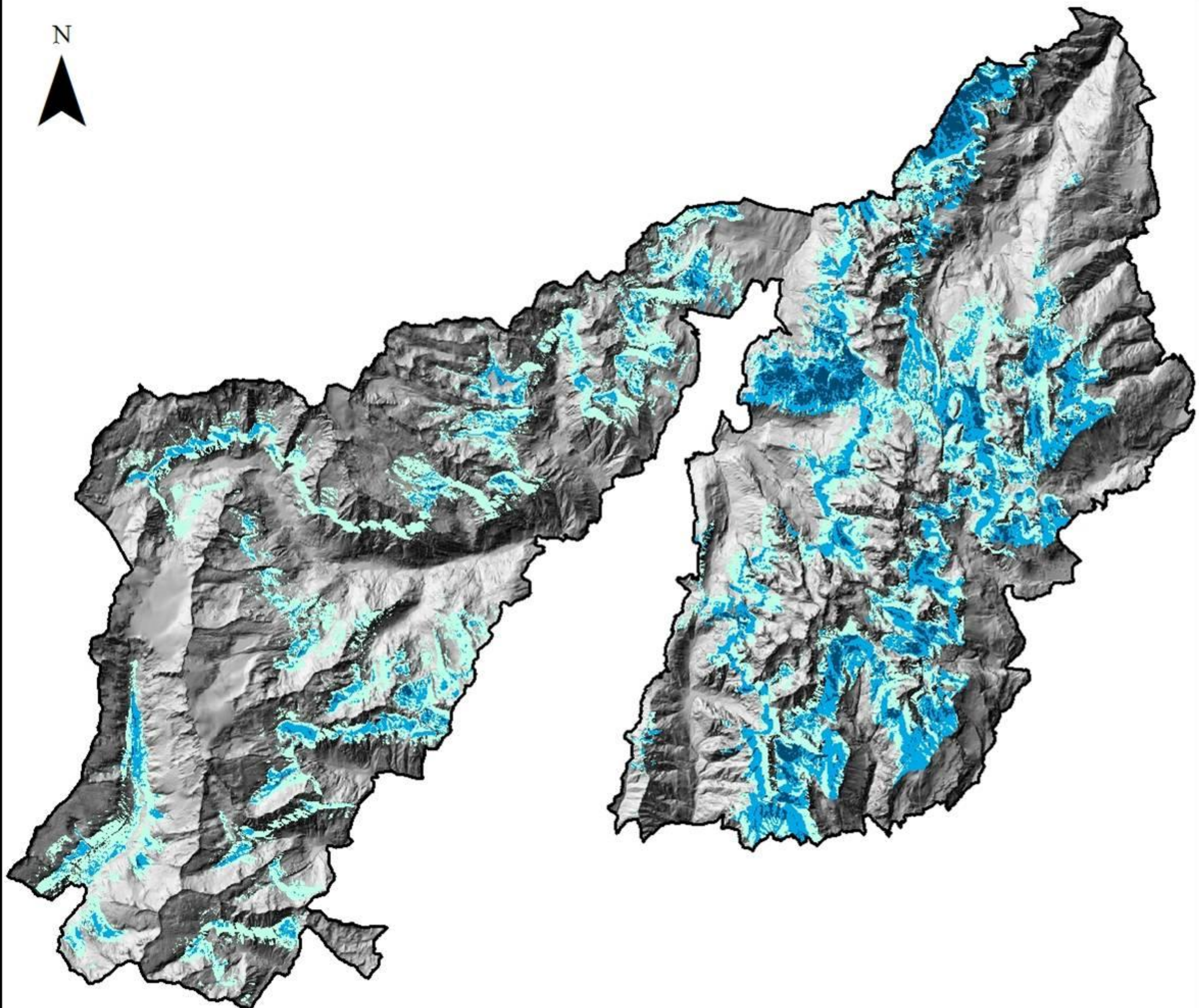
**DISTRIBUZIONE DEI
NUCLEI DI
MARMOTTA ALPINA
(*Marmota marmota* L.)
NEL 1997**

Tav. 2

Legenda

● Nuclei censiti 1997

Fonte dati: Barbieri *et al.* (1997).



Parco Naturale
Adamello Brenta
Ufficio Fauna

**MODELLO DI
VALUTAZIONE
AMBIENTALE PER LA
MARMOTTA ALPINA
(*Marmota marmota* L.)**

Tav. 3

Legenda

-  Vocazionalità bassa
-  Vocazionalità media
-  Vocazionalità alta

Modello di Valutazione Ambientale implementato nella prima fase del Progetto Marmotta (2013) sulla base dei dati e delle analisi effettuate nell'area di studio Brenta Nord-Occidentale

IL PROGETTO MARMOTTA 2013-2014

4.1 AREA CAMPIONE

L'area campione denominata "Laghi di Cornisiello-Rifugio Segantini" è collocata nella parte nord del settore Adamello-Presanella del Parco Naturale Adamello Brenta ed ha una superficie pari a 2096 ha. In particolare si estende lungo la Val d'Amola e le zone sommitali della Val Nambrone.

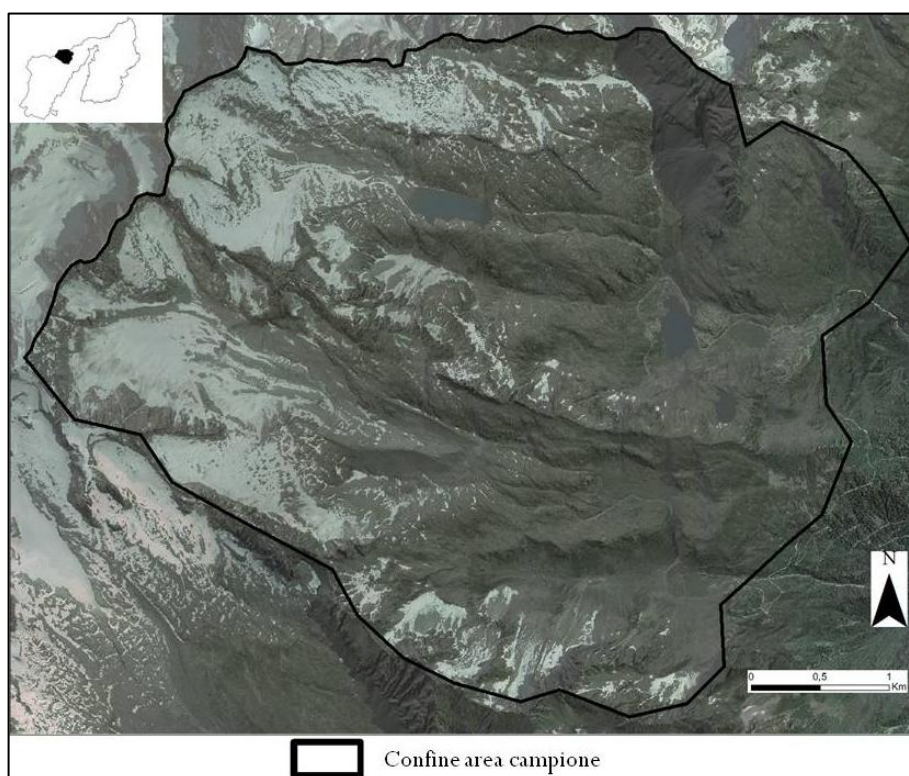


Fig. 21. Area campione Laghi di Cornisiello-Rifugio Segantini oggetto di indagine nella seconda fase del Progetto Marmotta (2014).

L'area si colloca tra 1900 e 3558 m s.l.m. ed ospita quattro ghiacciai: Camosci, Nero, Quattro Cantoni e d'Amola. A causa di quest'ultimi la zona si presenta con

forme aspre ed è caratterizzata dalla presenza di numerose morene e conche. Nel complesso mostra pendenze marcate comprese tra 20 e 45° ed un'esposizione prevalentemente rivolta verso est e sud. Nelle parti più alte della zona è diffusa la presenza di pareti rocciose, ghiaioni e macereti con vegetazione pioniera mentre nelle zone più basse dominano le praterie di alta quota a prevalenza di *Festuca* sp., e *Carex* sp.. Sono meno diffuse ma altresì presenti le seguenti categorie vegetazionali: arbusteti e brughiere a prevalenza di *Rhododendro* sp., *Empetrum* sp. e *Vaccinium* sp., praterie a prevalenza di *Nardus* sp. e associazioni a prevalenza di *Pinus mugo* e/o *Alnus viridis*. È un'area ricca di acquitrini, torrenti e laghi tra cui i Laghi di Cornisiello Inferiore e Superiore, Lago Vedretta e Lago Nero. Nella zona oggetto di studio sono presenti due rifugi: Rifugio Segantini (Val d'Amola) e il Rifugio Cornisiello (Val Nambrone). L'area è inoltre percorsa da tre sentieri escursionistici, tuttavia per la sua conformazione aspra e difficile non è tra le aree maggiormente interessate da affluenza turistica all'interno del Parco.

4.2 MATERIALI E METODI

4.2.1 Raccolta e archiviazione dei dati

4.2.1.1 Generalità sui metodi di indagine della marmotta

I metodi di conteggio delle specie animali sono diversi a seconda dell'habitat in cui vivono e della loro biologia e etologia. Nel caso della marmotta alpina le metodologie di stima numerica utilizzate sono le seguenti (Gagliardi e Tosi, 2012, Pelliccioli e Ferrari, 2013):

- conteggio a vista delle tane attive;
- conteggio a vista sulle colonie;
- conteggio a vista mediante cattura, marcatura e ricattura (*CMR method*);
- *Distance Sampling*.

Il primo metodo si basa sul conteggio delle tane invernali aperte alla fine del letargo. I mesi compresi tra aprile e maggio sono il periodo migliore per questo tipo di rilievi, nelle fasce orarie di massima attività della marmotta: le ore successive all'alba e quelle precedenti il tramonto (Barash, 1989; Perrin *et al.*, 1993; Gagliardi e Tosi, 2012; Armitage, 2014). Con questa tecnica è possibile valutare la presenza/assenza della specie in un'area, effettuare una stima della popolazione (n° di fori per n° medio di individui per foro) e una stima della sopravvivenza invernale (Gagliardi e Tosi, 2012).

Il metodo del conteggio a vista delle colonie si basa sul conteggio diretto degli individui al di fuori delle tane. Il periodo migliore per tale metodologia è considerato nei mesi estivi, in cui la marmotta trascorre più tempo al di fuori della tana (Perrin *et al.*, 1993; Gagliardi e Tosi, 2012). I risultati attesi riguardano la stima della popolazione e la stima del successo riproduttivo (Gagliardi e Tosi, 2012).

Il conteggio mediante cattura, marcatura e ricattura è più elaborato rispetto ai precedenti. Esso si basa sul principio che catturando, marcando e rilasciando un certo numero di animali questi si mescolino in modo uniforme alla restante popolazione (Petersen, 1896). La stima della densità della popolazione può essere effettuata successivamente ad una seconda cattura ed applicando una semplice proporzione (Simonetta e Dessì-Fulgheri, 1998):

$$\frac{\text{Tot. popolazione}}{\text{Tot. ind. marcati e liberati}} = \frac{\text{Tot. ind. catturati nella seconda cattura}}{\text{Totale ind. marcati e ricatturati}}$$

I mesi più indicati, nel caso della marmotta, per tale metodologia vanno da maggio a settembre.

Il *Distance Sampling* è una metodologia non molto diffusa per la stima delle popolazioni di marmotta e che è stata solo recentemente oggetto di applicazione (Pellicoli e Ferrari, 2013). Tale metodologia permette di stimare la densità della popolazione in base alla probabilità di avvistare gli animali (Franzetti e Focardi, 2006). Si tratta di una metodologia statistica che utilizza come stimatore la distanza tra l'animale ed un punto noto (transetto o punto fisso) (Franzetti e Focardi, 2006). Tale metodologia è stata finora sperimentata nei mesi estivi giugno e luglio nel Parco Nazionale del Gran Paradiso (Pellicoli e Ferrari, 2013).

4.2.1.2 *La campagna di raccolta dei dati nel 2014*

L'area di studio è stata oggetto di monitoraggio nei mesi di luglio, agosto e settembre 2014 per un totale di 17 giornate di lavoro su campo. L'intero territorio è stato indagato con l'obiettivo di censire tutti i nuclei di marmotta presenti. Il tipo di rilevamento utilizzato si basa sul metodo del conteggio a vista delle colonie.

L'area campione è stata percorsa a piedi utilizzando un binocolo 8x42 e un *GPS Garmin 60CSx*. Con il GPS sono state registrate tutte le tracce percorse e, al fine di individuare sul territorio i nuclei presenti sono state registrate le coordinate dell'ingresso di ogni tana principale. Per ogni tana principale censita è stata compilata un'apposita scheda di campo con indicazioni riguardo alle condizioni meteorologiche, alle caratteristiche ambientali limitrofe e agli individui avvistati (cfr. Allegato).

Tutte le informazioni raccolte sono state archiviate in un *database GIS* attraverso l'utilizzo del *software ArcGIS 9.3*.

4.2.2 **Sviluppo di Modelli di Valutazione Ambientale**

4.2.2.1 *Generalità sui Modelli di Valutazione Ambientale (MVA)*

I Modelli di Valutazione Ambientale sono rappresentazioni semplificate della realtà che cercano di spiegare le relazioni presenti tra l'ambiente e la biologia di una specie (Preatoni e Pedrotti, 1997). A livello applicativo sono delle funzioni che

valutano il territorio secondo una scala di valori di idoneità per una determinata comunità di esseri viventi. Tali modelli si basano dunque sulla formulazione di varie ipotesi su come i fattori ambientali controllano la distribuzione di specie e comunità. Questa metodologia di studio consente di individuare e quantificare aree di presenza potenziale di specie animali, distinguere zone con differente idoneità ed infine stimare densità potenziali o per contro la capacità portante dell'ambiente (Preatoni e Pedrotti, 1997; Morrison *et al.* 1998; Scott *et al.* 2002).

I Modelli di Valutazione Ambientale possono essere, in linea generale, di tipo qualitativo e quantitativo. I modelli vengono classificati in base a due criteri: la natura dei dati utilizzati come indici per la specie e il tipo di ricerca della relazione tra queste ultime e le variabili ambientali (Preatoni e Pedrotti, 1997). I dati di partenza per la specie studiata possono essere di natura soggettiva (esperienza personale, fonti bibliografiche) o di natura oggettiva (consistenze e distribuzione) (Preatoni e Pedrotti, 1997). Allo stesso modo le relazioni tra indici della specie e variabili ambientali possono essere definite sulla base dell'esperienza del ricercatore o sulla base di relazioni matematiche e statistiche (Preatoni e Pedrotti, 1997). Sulla base della combinazione dei suddetti criteri nello specifico si possono definire più tipi di Modelli di Valutazione Ambientale (Tab.5) (Preatoni e Pedrotti, 1997).

		Dati di base	
		Soggettivi (esperienza, fonti bibliografiche)	Oggettivi (consistenze e distribuzione della specie)
Ricerca delle relazioni tra la presenza della specie e le variabili ambientali	Implicite (esperienza del ricercatore)	MVA Qualitativi	MVA Quasi-qualitativi
	Esplicite (metodi matematici o statistici)	MVA Quasi-quantitativi	MVA Quantitativi

Tab. 5. Classificazione dei Modelli di Valutazione Ambientale sulla base dei dati di base riguardo alla presenza della specie e sulla base della ricerca delle relazioni tra quest'ultima e le variabili ambientali (Preatoni e Pedrotti, 1997, modificato).

Al fine di produrre un Modello di Valutazione Ambientale è necessario delineare con chiarezza lo scopo dello studio. Da quest'ultimo dipenderanno la scelta della metodologia da utilizzare, le variabili da studiare, il metodo di acquisizione o raccolta dati e il grado di dettaglio da raggiungere. Risultano dunque molto utili gli studi reperibili in letteratura come base per orientare le scelte metodologiche e per affinare queste tecniche di indagine.

In generale si può affermare che il processo di elaborazione di un MVA si articola in una serie di fasi riconoscibili nei vari lavori prodotti in letteratura (Preatoni e Pedrotti, 1997, Guisan e Zimmermann, 2000; Massolo e Meriggi, 2007). Le varie

fasi che si possono individuare nella formulazione di un modello, in seguito alla definizione degli obiettivi, possono essere così sintetizzate (Preatoni e Pedrotti, 1997; Guisan e Zimmermann, 2000):

- scelta delle variabili da rilevare;
- individuazione dei protocolli e delle modalità di raccolta e di studio delle variabili;
- elaborazione dei dati;
- formulazione del modello;
- valutazione del modello.

Le variabili da rilevare riguardano tutti i possibili fattori che possono definire l'ambiente ottimale per una data specie (Preatoni e Pedrotti, 1997). Tali fattori possono essere di tipo abiotico quali clima, altitudine, pendenza ed esposizione, e di tipo biotico quali comunità vegetali presenti e relazioni con altre specie. La scelta di quali variabili evidenziare per l'elaborazione del modello dipende da più considerazioni, prima fra tutti la necessità di poterle misurare o rilevare su tutta l'area campione (Preatoni e Pedrotti, 1997). Sarà l'operatore che sulla base delle conoscenze della specie e su lavori presenti in letteratura, individuerà un insieme di fattori da rilevare che possano spiegare l'idoneità dell'ambiente. In base alle variabili scelte dipenderanno i protocolli e le modalità di raccolta delle stesse.

L'elaborazione dei dati è la fase che precede l'elaborazione del modello ed in cui vengono ricercate delle relazioni tra le variabili ambientali e la specie oggetto di studio.

La formulazione del modello avviene sulla base delle relazioni precedentemente espresse ed in modo che fornisca degli indici di potenzialità ambientale del territorio per la specie indagata (Preatoni e Pedrotti, 1997).

I Modelli di Valutazione Ambientale sono rappresentazioni semplificate della realtà e la loro applicazione richiede la conoscenza della bontà di tale rappresentazione (Preatoni e Pedrotti, 1997). La fase di valutazione mira dunque a definire il grado di accordo tra modello e realtà (Guisan e Zimmermann, 2000; Boitani *et al.*, 2002). La validazione dovrebbe essere effettuata sia sui dati di partenza (*validation set*) sia con un *set* di dati indipendenti (Meriggi e Massolo, 2007). Tali operazioni permettono di confrontare il grado di conformità del modello ai dati di base e ai dati provenienti da altre zone (Meriggi e Massolo, 2007). Un modello si definisce preciso se descrive correttamente i dati di partenza, mentre si definisce robusto se descrive correttamente il *set* di dati provenienti da altre aree (Meriggi e Massolo, 2007). Un modello robusto sta a significare che le variabili che spiegano l'idoneità ambientale nell'area di partenza sono le stesse che descrivono l'idoneità nelle altre zone (Meriggi e Massolo, 2007).

4.2.2.2 Scelta delle tipologie di modello

Al fine di comprendere quali sono i fattori che spiegano l' idoneità ambientale della marmotta all'interno del Parco e se gli stessi fattori sono differenti tra i due Massicci Adamello-Presanella e Dolomiti di Brenta, nel presente studio è stato scelto di realizzare due tipologie di modelli secondo la classificazione riportata da Preatoni e Pedrotti (1997):

- modello quasi-qualitativo di Valutazione Ambientale per Caratterizzazione di Unità Territoriali (CUT) (Mustoni, 1998*bis*);
- modello quantitativo sulla base di algoritmi di massima entropia (*MaxEnt*) (Phillips *et al.*, 2004).

La prima metodologia si basa sull'individuazione di Unità Territoriali che possono essere di forma *standard* (es. *pixel*) o di forma variabile (es. particelle forestali) (Mustoni, 1998*bis*). Ad ogni Unità Territoriale verrà attribuito un valore relativo al grado di idoneità nei riguardi della specie studiata. Tale valore sarà il risultato della somma dei vari gradi di idoneità delle variabili ambientali scelte (Mustoni, 1998*bis*). I gradi di idoneità da attribuire alle variabili ambientali sono scelti in modo oggettivo in base alla loro importanza relativa per la specie e perciò quantificati sulla base di indici di selezione (Mustoni, 1998*bis*). L'unico passaggio soggettivo riguarda la scelta delle variabili ambientali da utilizzare (Mustoni, 1998*bis*). Tale metodologia offre i seguenti vantaggi (Mustoni, 1998*bis*):

- possibilità di applicazione su diverse scale territoriali;
- risultati facilmente utilizzabili nella gestione;
- possibilità di successivi approfondimenti con nuovi strati informativi;
- ottimo confronto tra le potenzialità delle diverse zone del territorio.

Tali vantaggi rendono questa metodologia facilmente applicabile rispetto a modelli più articolati in termini statistici, la cui precisione spesso non permette di adattarli a realtà differenti.

Gli svantaggi della metodologia sono invece i seguenti (Mustoni, 1998*bis*):

- necessità di una buona conoscenza delle esigenze ecologiche della specie;
- necessità di dati territoriali uniformi per l'area di studio;
- difficoltà di tradurre i risultati in stime di consistenze potenziali.

La seconda metodologia volta ad indagare le preferenze ecologiche della specie è rappresentata dall'applicazione di algoritmi di massima entropia (*MaxEnt* – *Maximum Entropy algorithm*). Questo tipo di analisi permette di evidenziare in maniera oggettiva le caratteristiche ambientali di un territorio che maggiormente influenzano, sia in senso negativo sia positivo, le probabilità di presenza di una specie. Attraverso l'utilizzo del *software MaxEnt* è possibile costruire modelli ecologici di distribuzione di una specie a partire da soli dati di presenza (Phillips *et*

al., 2004; Phillips *et al.*, 2006; Phillips e Dudik, 2008). Il *software* permette di confrontare le informazioni ambientali relative ai punti di presenza della specie (*training set*) con quelle del territorio circostante (*background points*) e restituisce una distribuzione dell'idoneità del territorio per la specie e il contributo percentuale di ciascuna variabile al modello (Phillips *et al.*, 2006; Raes e Ten Steege, 2007). Questa metodologia individua la distribuzione a entropia massima, ovvero partendo da dati certi (*training set* e *background points*) massimizza l'incertezza sui dati del sistema non noti e costruisce un modello solo su dati certi (Phillips *et al.*, 2006; Phillips e Dudik, 2008). I dati possono essere sia di tipo continuo, sia categorico. Il *software MaxEnt* secondo alcuni autori è particolarmente affidabile rispetto ad altri metodi anche con campioni di numerosità limitata (Elith *et al.*, 2006; Papeş e Gaubert, 2007; Guisan *et al.* 2007; Pearson *et al.*, 2007; Peterson *et al.*, 2007). In Italia tale metodologia è stata utilizzata, per quanto riguarda i vertebrati, in recenti studi relativi a uccelli e chiroteri (Tellini Florenzano *et al.*, 2008; Agnelli *et al.*, 2009; Campedelli *et al.*, 2009; Meriggi e Nelli, 2012; Roscioni *et al.*, 2013).

I dati di base su cui sono stati elaborati i modelli riguardano:

- le localizzazioni delle tane principali censite nell'area campione Laghi di Cornisiello-Rifugio Segantini;
- le localizzazioni delle tane principali censite nell'area campione Brenta Nord-Occidentale.

Tali dati sono stati altresì utilizzati per la validazione dei modelli in aggiunta ai dati relativi alle localizzazioni raccolte nell'ambito del Monitoraggio Faunistico Mirato.

Le variabili ambientali individuate per costruire i modelli di valutazione ambientale sono le seguenti:

- altitudine;
- pendenza;
- esposizione;
- irraggiamento;
- vegetazione;
- geologia;
- uso del suolo;
- Modelli Digitali delle Chiome (CHM).

I dati sopra descritti sono stati utilizzati, organizzati ed elaborati in modo differente per le due tipologie di modelli. Nei paragrafi seguenti, per ciascuna metodologia verranno descritte le operazioni, le scelte effettuate e i dati effettivamente utilizzati.

4.2.3 Sviluppo di un Modello quasi-qualitativo di Valutazione ambientale per Caratterizzazione di Unità Territoriali (CUT)

4.2.3.1 I dati di partenza

Le Unità Territoriali scelte sono rappresentate da *pixel* di 10m di lato relativi agli strati informativi delle variabili ambientali.

I dati di base su cui sono stati elaborati i modelli riguardano (*training set*):

- le localizzazioni delle tane principali censite nell'area campione Laghi di Cornisiello-Rifugio Segantini;
- le localizzazioni delle tane principali censite nell'area campione Brenta Nord-Occidentale.

4.2.3.2 Scelta dei fattori ambientali e delle rispettive classi di suddivisione

Le variabili ambientali individuate per costruire i modelli di valutazione ambientale sono le seguenti:

- altitudine;
- pendenza;
- esposizione;
- irraggiamento;
- vegetazione;
- geologia;
- uso del suolo.

Ognuna delle suddette variabili è disponibile per l'intera area di studio in forma di strato informativo con valori continui di tipo *raster*, con una risoluzione di 10m, corrispondente all'Unità Territoriale scelta.

A partire dal Modello Digitale del Terreno (DTM), che rappresenta la variabile ambientale relativa all'altitudine, sono stati ricavati gli strati informativi relativi a pendenza, esposizione e irraggiamento. Tale operazione è stata svolta mediante l'utilizzo del *software ArcGIS 9.3* attraverso l'estensione *Spatial analysis* e le funzioni: *slope*, *aspect* e *area solar radiation*.

Lo strato informativo relativo alla vegetazione fa riferimento alla *Carta della Vegetazione del Parco Naturale Adamello Brenta* redatta da Pedrotti (1997).

Lo strato relativo alla geologia fa riferimento alla *Carta Litologica dei Lineamenti Strutturali del Trentino* (Bosellini *et al.*, 1999).

Lo strato relativo all'uso del suolo fa riferimento alla cartografica prodotta nell'ambito del Progetto Europeo *CORINE* (ISPRA-ex APAT, 2000).

Per consentire una miglior lettura dei dati e delle preferenze mostrate dalla marmotta, i valori continui dei *pixel* degli strati informativi sono stati raggruppati in categorie. Ogni *pixel* è stato assegnato ad una classe definita da un *range* di valori prestabiliti (*software ArcGIS 9.3*, estensione *Spatial analysis*, funzione *reclassify*). Di

seguito verranno rappresentate le tabelle relative a tale classificazione ed al termine del paragrafo la cartografia di riferimento (Fig. 22-28).

Quota	
Classi	Intervalli (m s.l.m.)
1	0-500
2	500-750
3	750-1000
4	1000-1250
5	1250-1500
6	1500-1750
7	1750-2000
8	2000-2250
9	2250-2500
10	2500-2750
11	2750-3000
12	3000-3250
13	3250-3500
14	3500-3750

Tab. 6. Classi di quota dell'ampiezza di 250 m in cui sono stati raggruppati i *pixel* dello strato informativo di base al fine di mettere in evidenza eventuali preferenze da parte della marmotta su cui implementare il modello.

Pendenza		
Classi	Intervalli (°)	Descrizione
1	0	Pianeggiante
2	1-10	Lievemente inclinato
3	10-20	Inclinato
4	20-30	Molto inclinato
5	30-45	Ripido
6	45-83	Scosceso

Tab. 7. Classi di pendenza in cui sono stati raggruppati i *pixel* dello strato informativo di base.

Esposizione		
Classi	Intervalli (°)	Descrizione
1	-1*	Flat
2	-1-22,5	N
3	22,6- 67,5	N-E
4	67,6-112,5	E
5	112,6-157,5	S-E
6	157,6-202,5	S
7	202,6-247,5	S-W
8	247,6-292,5	W
9	292,6-337,5	N-W
10	337,5-360	N

Tab. 8. Classi di esposizione in cui sono stati raggruppati i *pixel* dello strato informativo di base. *Valore dei *pixel* pianeggianti per i quali il *software* non assegna l'esposizione. Classificando lo strato informativo con tali intervalli i *pixel* con valore -1 nello strato relativo all'esposizione corrispondono a quelli con valore 0 nello strato relativo alla pendenza.

Irraggiamento	
Classi	Intervalli (GWH/m ²)
1	0,14-0,28
2	0,29-0,43
3	0,44-0,57
4	0,58-0,71
5	0,72-0,85
6	0,86-1,00
7	1,10-1,14
8	1,15-1,28
9	1,29-1,42
10	1,43-1,57
11	1,58-1,71
12	1,72-1,85
13	1,86-1,99
14	2,00-2,14
15	2,15-2,28

Tab. 9. Classi di irraggiamento in cui sono stati raggruppati i *pixel* dello strato informativo di base.

Vegetazione	
Classe	Descrizione
1	Vegetazione arborea
2	Boschi sub-alpini di <i>Larix decidua</i> .
3	Vegetazione a prevalenza di <i>Pinus mugo</i> e/o <i>Alnus viridis</i>
4	Arbusteti e brughiere a prevalenza di <i>Rhododendro</i> sp., <i>Empetrum</i> sp. e <i>Vaccinium</i> sp..
5	Vegetazione erbacea di natura antropica a prevalenza di <i>Avena</i> sp..
6	Vegetazione a prevalenza di <i>Nardus</i> sp. con elevata ricchezza di specie
7	Vegetazione erbacea su substrato siliceo a prevalenza di <i>Festuca</i> sp., e <i>Carex</i> sp..
8	Vegetazione arbacea su substrato calcareo a prevalenza di <i>Sesleria</i> sp., <i>Carex</i> sp. e <i>Poa</i> sp..
9	Vegetazione a prevalenza di <i>Dryas octopetala</i> .
10	Torbiere
11	Ghiacciai, ghiaioni e pareti rocciose con vegetazione pioniera.
12	Vegetazione igrofila
13	Laghi

Tab. 10. Classi di vegetazione in cui sono stati raggruppati i *pixel* dello strato informativo di base. Le tipologie vegetazionali definite da Pedrotti (1997) sono state raggruppate in 16 classi.

Uso del Suolo	
Classi	Descrizione
222	Frutteti e frutti minori
231	Prati stabili (foraggiere permanenti)
243	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti
311	Boschi di latifoglie
312	Boschi di conifere
313	Boschi misti di conifere e latifoglie
321	Aree a pascolo naturale e praterie
322	Brughiere e cespuglieti
324	Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione
332	Rocce nude, falesie, rupi, affioramenti
333	Aree con vegetazione rada
335	Ghiacciai e nevi perenni
512	Bacini d'acqua

Tab. 11. Classi di uso del suolo in cui sono stati raggruppati i *pixel* dello strato informativo di base.

Geologia		
Classe	Cl. da Bosellini (1999)	Descrizione
1	1	Depositi detritici, alluvionali e glaciali indistinti (QUATERNARIO)
4	4	Intervallo clastico carbonatico incompetente: torbiti del Flysch Cretacico, Scaglia Rossa, marne, argille marnose, calcari lastriformi ecc. CRETACEO SUPERIORE-OLIGOCENE
5	5	Terza unità incompetente (in prevalenza carbonatica): Calcari bacinali con selce (Form. Del Tofino), Radiolariti, Maiolica; Rosso Ammonitico, Biancone; Scaglia Rossa; ecc. GIURASSICO-CRETACEO SUP.
6	6	Terza unità carbonatica competente: Cagliari Grigi, Calcare del Misone, Corna ecc. LIAS.
7	7	Successione indistinta calcareo dolomitica a carattere in prevalenza incompetente: Dolomia a Conchodon, Dolomia Superiore, Dolomia del Pichea, Calcari di Piattaforma ("Reticolo Superiore" rec. TREVISAN 1939), ecc. RETICO-LIAS.
8	8	Seconda unità carbonatica incompetente: Calcari e argilliti stratificati: Calcare di Zorzino, Argillite di Riva di Solto, Calcare di Zu, ecc. NORICO-RETICO.
9	9	Secoda unità carbonatica competente: Dolomie in prevalenza massicce: Dolomia Principale. NORICO
17	17	Prima unità carbonatica stratificata incompetente: F. di La Valle, F. di Livignano, F. di San Cassiano, Calcare di Prezzo, Calcare di Agnolo. ANISICO-CARNICO.
18	18	Prima unità carbonatica competente: Formazione di Contrin, Dolomia dello Sciliar, Calcare di Esino, Formazione di Breno. ANISICO-CARNICO.
19	19	Unità clastico-evaporitica incompetente: Form a Bellerophon, form. di Werfen, Servino, Carniola. PERMIANO-SUPERIORE-TRIAS INF.
21	21	Unità clastico-evaporitica incompetente: Molassa post-ercinica: Arenarie di Val Gardena, Verrucano lombardo. PERMIANO.
27	27	Granitoidi. PERMIANO.
28	28	Micacisti e Filladi.
29	29	Paragneiss.
	31	Granodiorite del Lago d'Arno e del Lago Boazzo (41 Ma).
	32	Tonalite del Monte Re di Castello (37 Ma)
	33	Trondhjemite del Corno Alto (34 Ma) e Granodiorite di Sostino.
	34	Tonalite dell'Adamello Occidentale (34 Ma).
	35	Leucotonaliti dell'Adamello Centrale (33.8 Ma).
31-43	36	Tonalite della Val d'Avio (34 Ma)
	37	Tonalite della Val di Genova (32.2 Ma)
	38	Tonalite della Presanella Centrale (31.6 Ma)
	39	Tonalite dell'alta Val Nambrone.
	40	Tonalite della Presanella NE (29.4 Ma).
	43	Masse Gabbriche.
900	900	Laghi
901	901	Ghiacciai

Tab. 12. Classi di geologia in cui sono stati raggruppati i *pixel* dello strato informativo di base che fa riferimento alla *Carta Litologica dei Lineamenti Strutturali del Trentino* (Bosellini *et al.*, 1999). Nel presente studio le categorie geologiche comprese tra 31 e 43 nella carta di Bosellini (1999) sono state raggruppate in un'unica classe (31-43) poiché rientrano nella macro-categoria “Batolite dell’Adamello” secondo quanto indicato dallo stesso autore.

4.2.3.3 Determinazione degli indici di selezione per i fattori ambientali

Per realizzare un modello è necessario attribuire alle varie classi delle variabili ambientali sopra descritte un valore rappresentativo della loro importanza nei confronti della marmotta. A tal fine è stato scelto di determinare per ogni classe delle variabili ambientali un indice di selezione. In linea generale il calcolo degli indici di selezione si basa sul semplice rapporto tra la “quantità” di risorsa effettivamente utilizzata dalla specie, rapportata alla disponibilità della risorsa stessa (Mustoni, 1998*bis*). In questo modo le classi dei fattori ambientali vengono rappresentate in base al loro grado di utilizzo rispetto alla disponibilità complessiva (Mustoni, 1998*bis*). Tali indici determineranno il peso delle varie classi nel determinare il grado di idoneità dell’ambiente per la specie e dunque costituiscono la base per rappresentare il modello.

Di seguito sarà descritta la metodologia utilizzata per il calcolo degli indici di selezione (Mustoni, 1998*bis*, Mustoni *et al.*, 2008; Cavedon, 2013).

Fase 1. Calcolo del valore di utilizzato.

$$U_{cr}\% = \frac{n_{cr}}{n_{tr}} \cdot 100$$

Dove:

$U_{cr}\%$ = utilizzato della classe c della risorsa r .

n_{cr} = n° di localizzazioni della classe c nella risorsa r .

n_{tr} = n° di localizzazioni totali nella risorsa r .

Fase 2. Calcolo del valore di disponibile.

$$D_{cr}\% = \frac{Ha_{cr}}{Ha_{tr}} \cdot 100$$

Dove:

$D_{cr}\%$ = disponibilità della classe c della risorsa r .

Ha_{cr} = ettari nell’area campione relativi alla classe c nella risorsa r .

Ha_{tr} = ettari totali nell’area campione.

Di cui:

$$Ha_{cr} = \frac{n^{\circ}pixel_{cr} \cdot a}{10.000}$$

Dove:

$n^{\circ}pixel_{cr}$ = numero di *pixel* relativo alla classe c del *raster* della risorsa r .

a = area del *pixel* pari a 100 m².

10.000 = fattore di conversione da m² a ettari.

Fase 3. Calcolo dell’indice di selezione.

$$S_{cr}\% = \frac{U_{cr}\%}{D_{cr}\%} \cdot 100$$

Dove:

$S_{cr}\%$ = indice di selezione relativo alla classe c della risorsa r .

$U_{cr}\%$ = utilizzato della classe c della risorsa r .

$D_{cr}\%$ = disponibilità della classe c della risorsa r .

Gli indici così ottenuti sono stati, in ultima analisi, convertiti in un scala da 0 a 20 al fine di semplificare la gestione e l'utilizzo dei dati ottenuti.

Fase 4. Conversione dell'indice di selezione in ventesimi:

$$S_{cr_20} = \frac{S_{cr} \cdot 20}{S_{max}}$$

Dove:

S_{cr_20} = valore in ventesimi dell'indice di selezione relativo alla classe c della risorsa r .

S_{cr} = indice di selezione relativo alla classe c della risorsa r

S_{max} = valore massimo di selezione individuato tra tutti i valori di selezione delle classi della risorsa.

Le operazioni sopra esposte sono state effettuate per ogni classe delle variabili ambientali scelte e per ognuna di esse è dunque disponibile un relativo indice di selezione espresso in una scala da 0 a 20.

4.2.3.4 *Individuazione dei valori di idoneità ambientale da attribuire alle Unità Territoriali e sviluppo del modello attraverso un approccio GIS*

Per produrre un tematismo GIS in grado di rappresentare il territorio sulla base della sua idoneità nei riguardi della marmotta ad ogni *pixel* va associato un valore rappresentativo di tale merito.

Gli strati informativi classificati (cfr. Fig. 22-28, pag.72-78) sono stati nuovamente elaborati e per ognuno di essi, ad ogni classe è stato associato il corrispettivo valore degli indici in ventesimi di cui al Paragrafo precedente (*software ArcGIS 9.3*, estensione *Spatial analysis*, funzione *reclassify*).

Il valore complessivo di idoneità per i singoli *pixel* è stato definito effettuando una semplice operazione di somma tra i vari strati informativi (*software ArcGIS 9.3*, estensione *Spatial analysis*, funzione *raster calculator*). Il risultato di tale operazione è uno strato *raster* in cui ad ogni *pixel* è associato un preciso valore in termini di preferenza da parte della marmotta. Al fine di interpretare tali valori i *pixel* sono stati successivamente raggruppati in 4 categorie (Tab.13), il che ha permesso la rappresentazione cartografica del modello (Mustoni *et al.*, 1998; Boitani *et al.*, 2002).

Idoneità	Descrizione
Alta	Habitat ottimali per la presenza stabile della specie.
Media	Habitat che possono supportare la presenza della specie anche se non risultano ambienti ottimali.
Bassa	Habitat che possono supportare la presenza della specie ma in modo non stabile nel tempo.
Non idoneo	Ambienti che non soddisfano le esigenze ecologiche della specie.

Tab. 13. Categorie in cui sono stati raggruppati i *pixel* dello strato informativo descrittivo dell'idoneità ambientale del territorio esaminato (Mustoni *et al.*, 2008; Boitani *et al.*, 2002).

4.2.3.5 Validazione del modello

I Modelli prodotti sono stati validati sia con i dati di partenza, sia con dati provenienti da altre aree. In particolare i *set* dati utilizzati per la valutazione, a seconda del modello, sono i seguenti:

- le localizzazioni delle tane principali censite nell'area campione Laghi di Cornisiello-Rifugio Segantini;
- le localizzazioni delle tane principali censite nell'area campione Brenta Nord-Occidentale.
- indici di presenza rilevati nell'ambito del Monitoraggio Faunistico Mirato relativi a osservazioni dirette (*o*) e emissioni sonore (*s*). Non sono stati considerati gli indici relativi alle tane in quanto non è stato possibile suddividerle in realmente utilizzate e abbandonate.

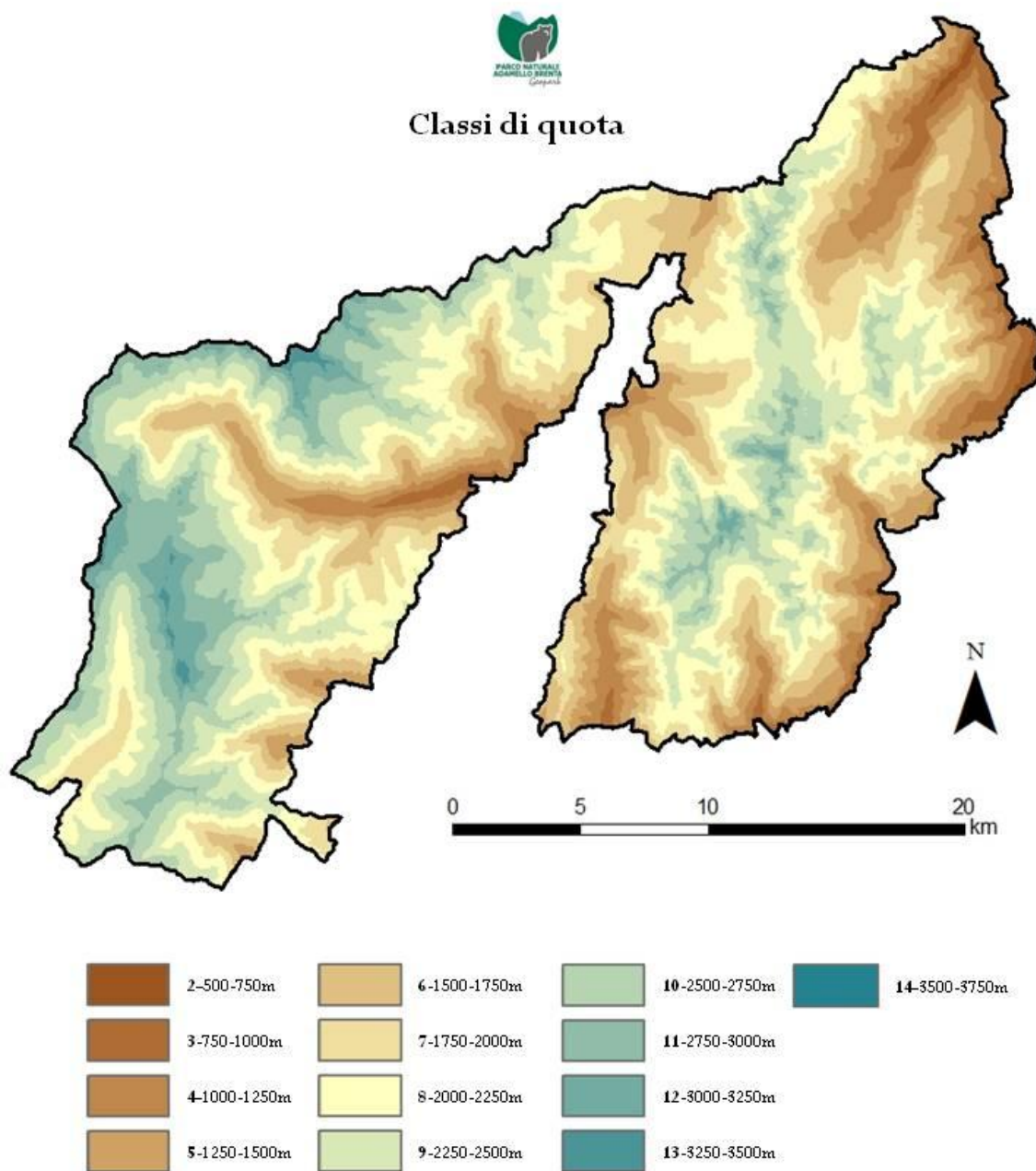


Fig. 22. Parco Naturale Adamello Brenta rappresentato secondo classi di quota.

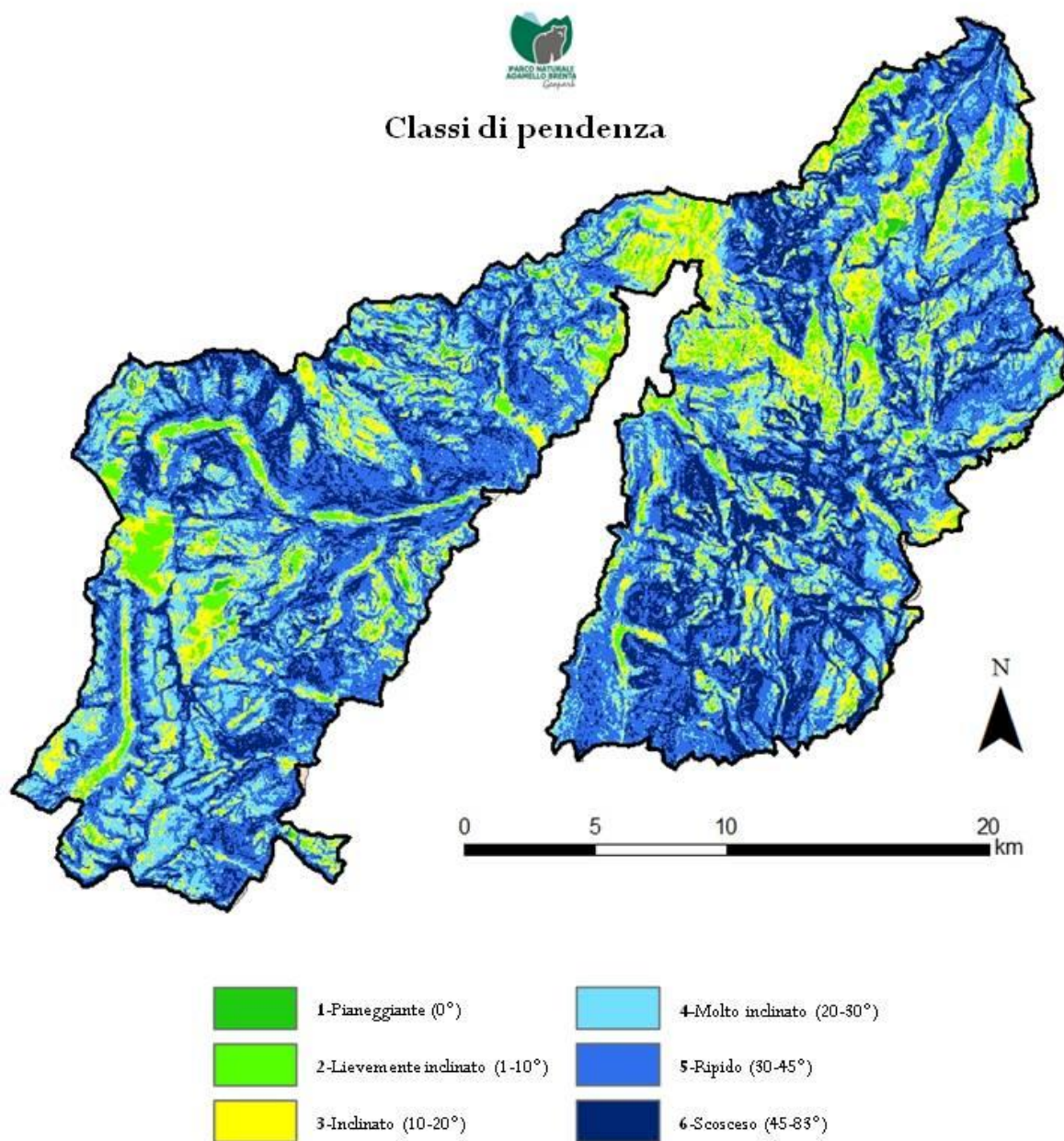


Fig. 23. Parco Naturale Adamello Brenta rappresentato secondo classi di pendenza.



Classi di esposizione

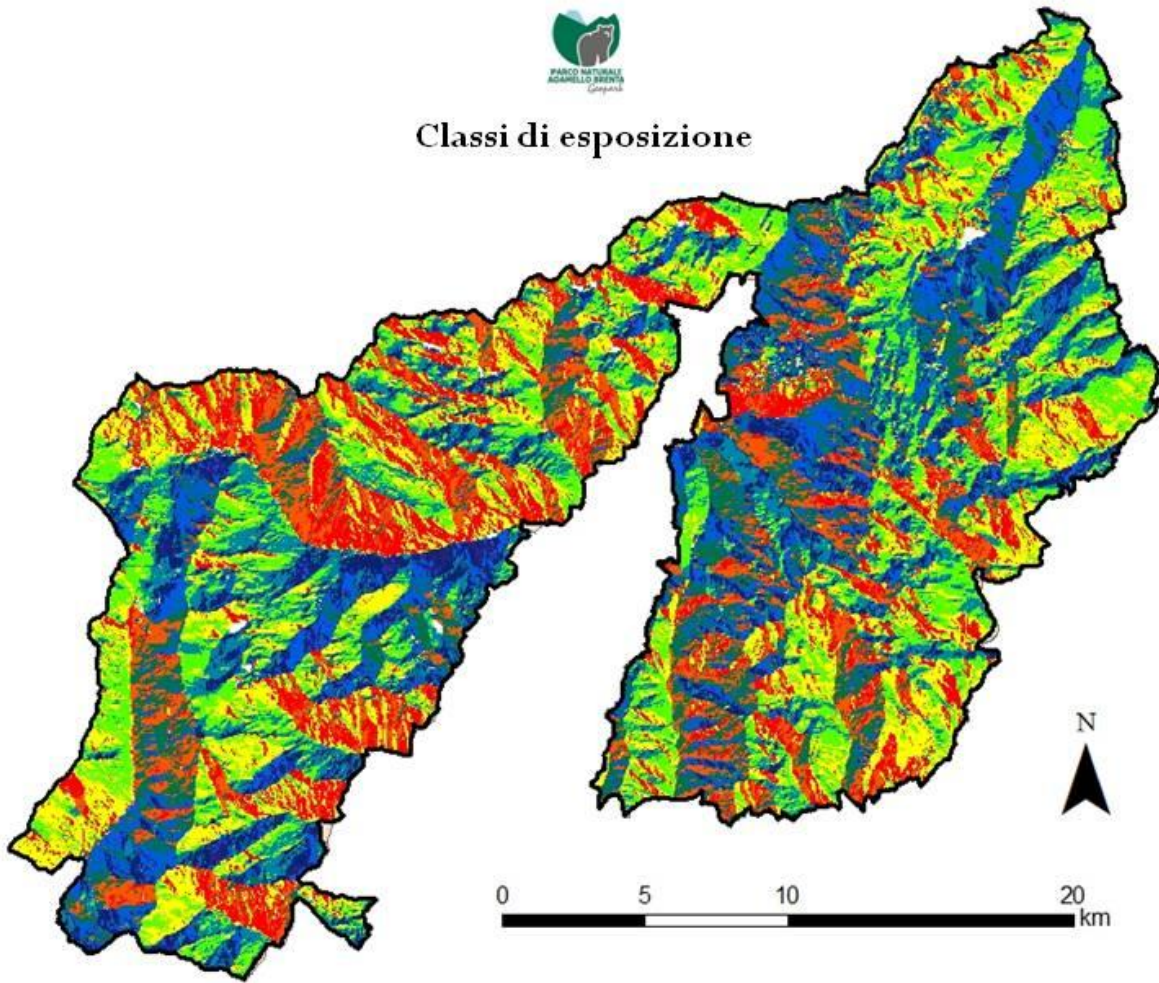
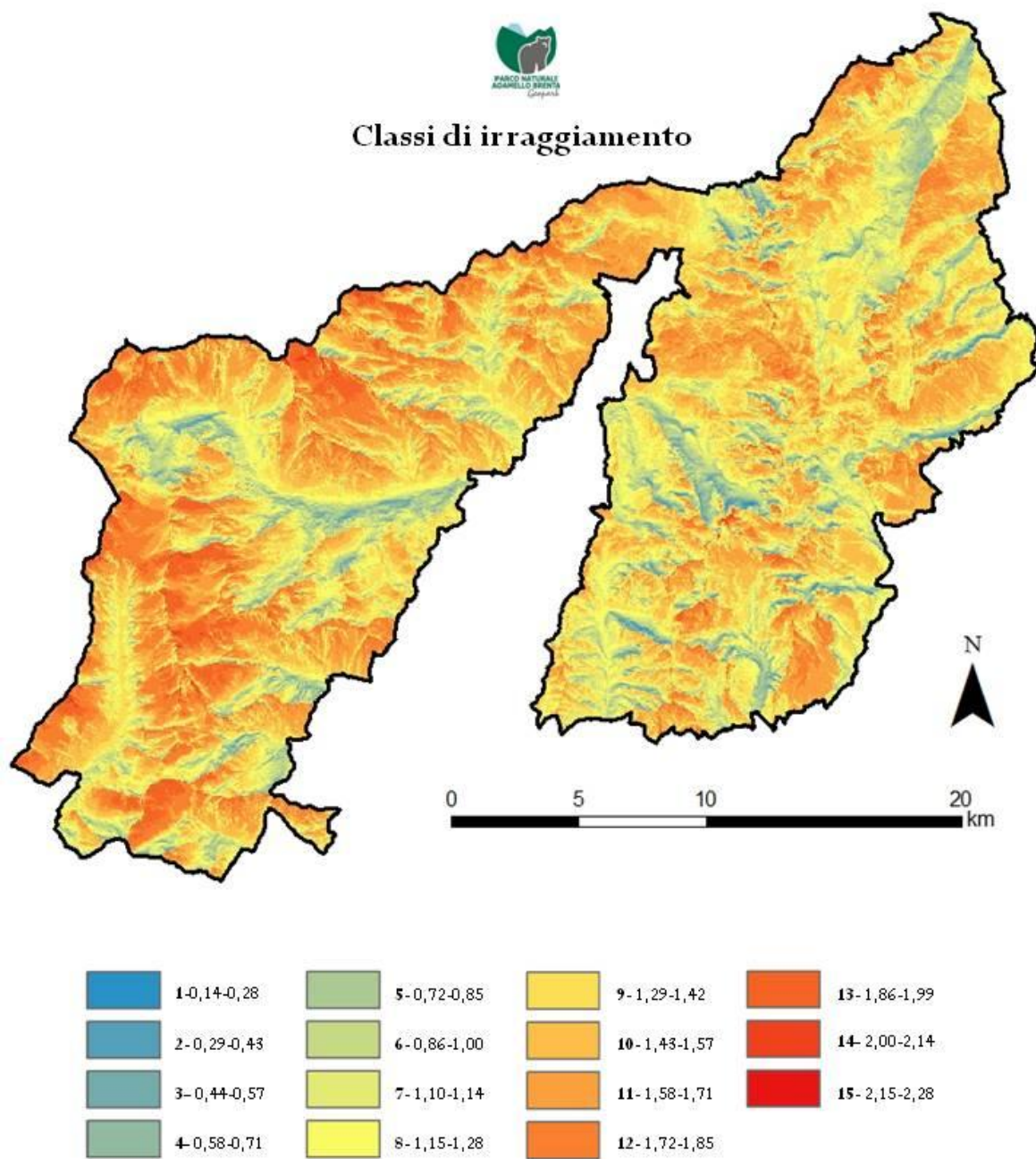


Fig. 24. Parco Naturale Adamello Brenta rappresentato secondo classi di esposizione.

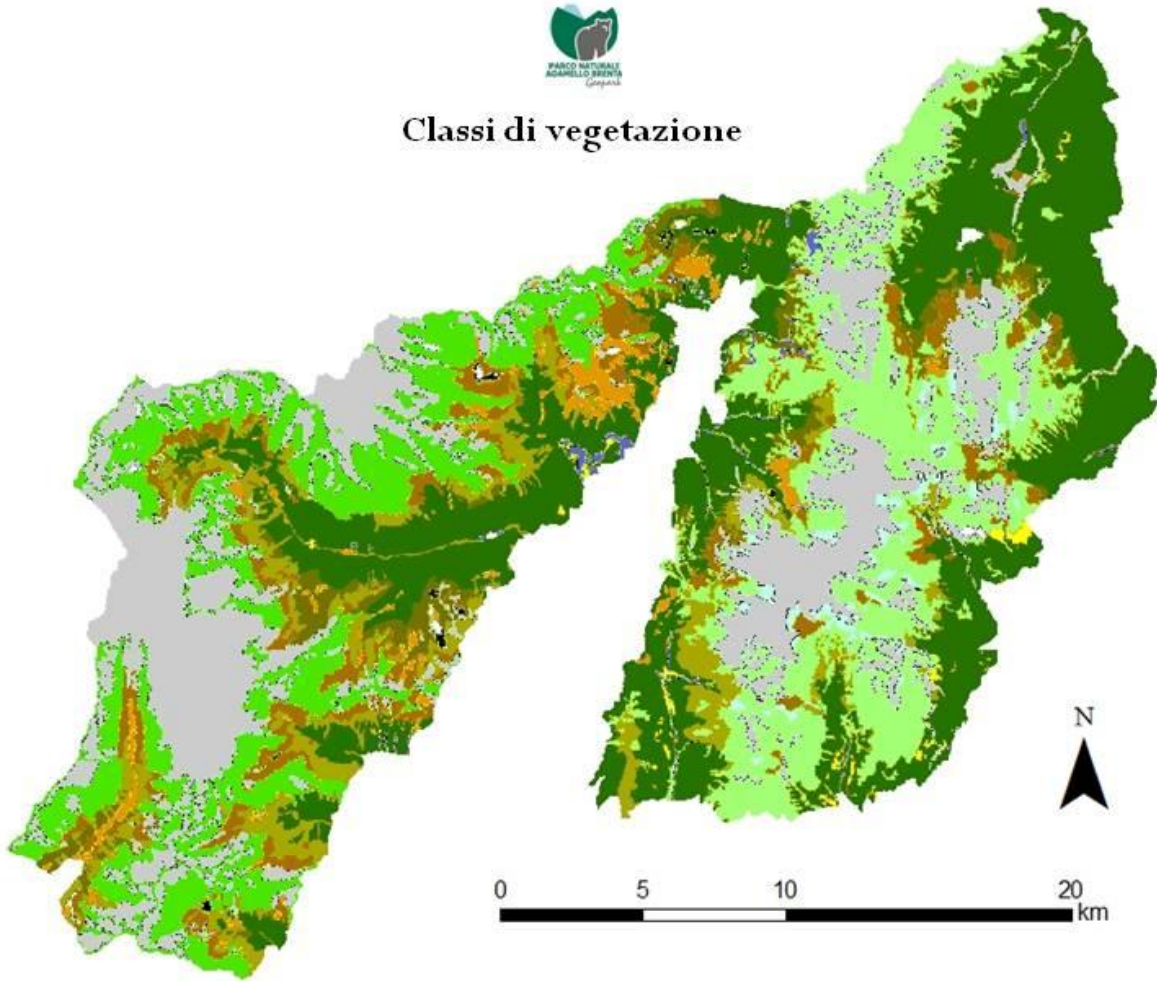


* valori espressi in GWh/m²

Fig. 25. Parco Naturale Adamello Brenta rappresentato secondo classi di irraggiamento.



Classi di vegetazione



 1-Vegetazione arborea	 5-Vegetazione erbacea di natura antropica a prevalenza di <i>Avena</i> sp..	 9-Vegetazione a prevalenza di <i>Dryas octopetala</i> .
 2-Boschi sub-alpini di <i>Larix decidua</i> .	 6-Vegetazione a prevalenza di <i>Nardus</i> sp. con elevata ricchezza di specie	 10-Torbiere.
 3-Vegetazione a prevalenza di <i>Pinus mugo</i> e/o <i>Alnus viridis</i>	 7-Vegetazione erbacea su substrato siliceo a prevalenza di <i>Festuca</i> sp., e <i>Carex</i> sp..	 11-Ghiacciai, ghiaioni e pareti rocciose con vegetazione pioniera.
 4-Arbusteti e brughiere a prevalenza di <i>Rhododendro</i> sp., <i>Empetrum</i> sp. e <i>Vaccinium</i> sp..	 8-Vegetazione arborea su substrato calcareo a prevalenza di <i>Sesleria</i> sp., <i>Carex</i> sp. e <i>Poa</i> sp..	 12-Vegetazione igrofila
		 13-Laghi

Da Pedrotti (1997), modificato

Fig. 26. Parco Naturale Adamello Brenta rappresentato secondo classi di vegetazione.

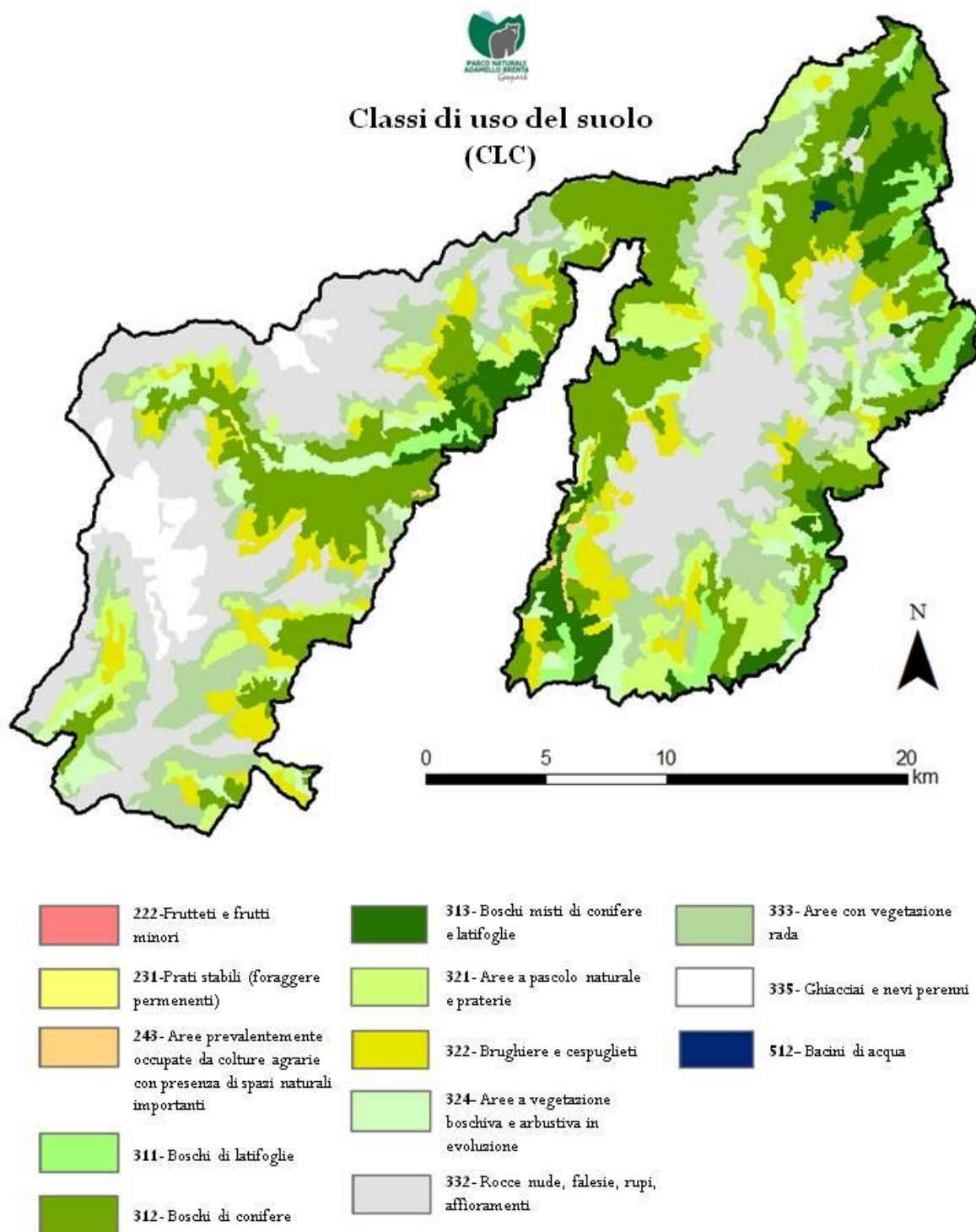


Fig. 27. Parco Naturale Adamello Brenta rappresentato secondo classi di uso del suolo (CLC).

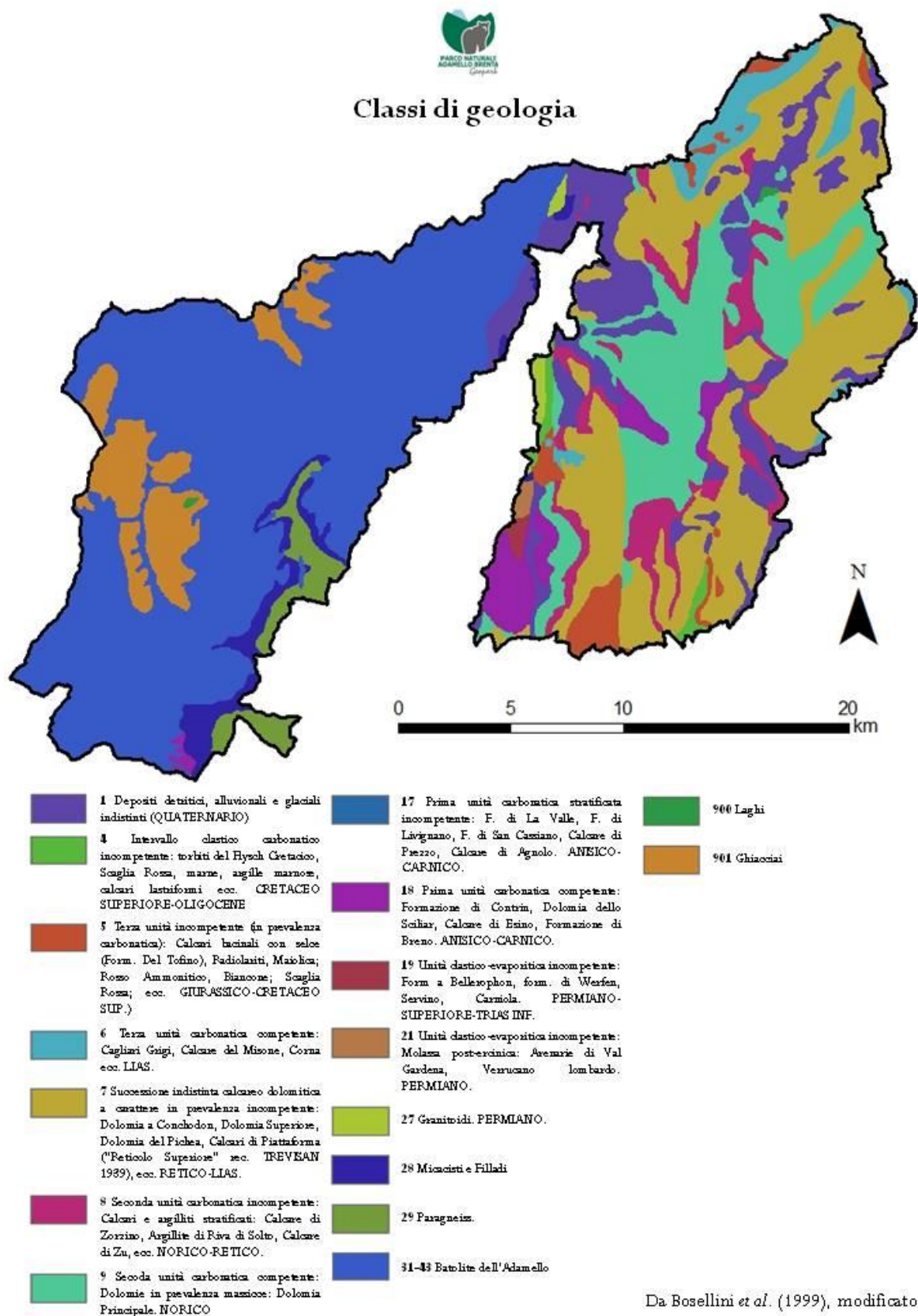


Fig. 28. Parco Naturale Adamello Brenta rappresentato secondo classi di geologia.

4.2.4 Sviluppo di un Modello di Valutazione Ambientale quantitativo sulla base di algoritmi di massima entropia (MaxEnt)

4.2.4.1 Organizzazione dei dati di presenza della specie e dei dati relativi alle variabili ambientali

Il set di dati su cui è stato costruito il modello è composto dai punti di presenza della specie rilevati in entrambe le aree campione Laghi di Cornisiello-Rifugio Segantini e Brenta Nord-Occidentale. I dati delle singole aree campione sono stati divisi in due sottogruppi, per un totale di quattro gruppi di dati. Per ognuna delle due aree un sottogruppo è stato selezionato casualmente in modo da comprendere i 2/3 delle localizzazioni e l'altro 1/3 (Tab.14). I due sottogruppi delle aree di studio comprendenti i 2/3 dei dati di presenza sono stati utilizzati per l'effettiva realizzazione del modello (*training set*) mentre i due sottogruppi comprendenti 1/3 dei punti per validare il modello (*validation set*).

sottogruppo	Laghi di Cornisiello- Rifugio segantini	Brenta Nord- Occidentale
S_1 (2/3 punti)	70	119
S_2 (1/3 punti)	35	60

Tab. 14. Ripartizione dei punti dei due sottogruppi definiti per le due aree campione (S_1, *training set*, S_2 *validation set*).

Le variabili ambientali prese in considerazione sono le seguenti, rappresentate da strati informativi *raster* con valori continui:

- quota;
- pendenza;
- esposizione;
- irraggiamento;
- vegetazione;
- Modello Digitale delle Chiome (CHM).

Ognuno dei suddetti strati informativi è stato processato attraverso la funzione *Focal statistic* (software ArcGIS 9.3, estensione *Spatial analysis*) al fine di generare un nuovo strato informativo di tipo *raster*. Tramite *Focal statistic* ad ogni *pixel* è stato associato un nuovo valore calcolato su un numero *n* di celle vicine tramite una determinata funzione scelta (somma, media, mediana o deviazione standard). Il numero di celle sulle quali calcolare il nuovo valore del singolo *pixel* è stato scelto in funzione dell'*home range* della marmotta. In particolare è stato considerato un *home range* medio pari a 0,7ha come descritto da Ranghetti (2009) che corrisponde ad un cerchio di circa 84m di raggio. Quest'ultimo può essere approssimato alla lunghezza di 7 *pixel* e dunque il numero di celle su cui è stato calcolato il nuovo valore di ogni *pixel* è pari ad un quadrato di 7 *pixel* di lato (Fig.??). Per le variabili relative a quota e pendenza il nuovo valore di ogni *pixel* è stato calcolato utilizzando la funzione mediana. L'esposizione e l'irraggiamento sono state processate tramite la funzione media. L'esposizione prima di tale operazione è stata pre-

trattata. Il pre-trattamento è stato effettuato tramite la funzione *Raster calculator* (*software ArcGIS 9.3*, estensione *Spatial analysis*) in modo da avere valori compresi tra 0° (nord) e 180° (sud), sia nel quadrante orientale sia in quello occidentale, ossia ponendo sia est sia ovest pari a 90°. Riguardo alla vegetazione sono stati creati tanti strati *raster* quanti sono le classi di vegetazione utilizzate dalla marmotta descritte in Tab.10 pag.67 (classi 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12). Ad ogni *pixel* dei vari strati di vegetazione è stato associato valore 1 (*software ArcGIS 9.3*, estensione *Spatial analysis*, funzione *reclassify*) e successivamente sono stati processati tramite la funzione somma. In questo modo il valore di ogni *pixel* corrisponde all'abbondanza di quella categoria vegetazionale nell'intorno di un quadrato di 7 *pixel* di lato. In riferimento agli strati relativi al Modello Digitale delle Chiome, da questi sono stati selezionati i *pixel* con valori compresi tra 0 e 2m, al fine di escludere le zone con vegetazione alto-arbustiva e arborea non utilizzate dalla specie. Gli strati relativi al Modello Digitale delle Chiome sono stati poi processati tramite le funzioni *media* e *deviazione standard*.

Strato input	Funzione	Strato output
Quota (DTM)	mediana	dtm_7
Pendenza	mediana	pen_7
Esposizione	media	esp_7
Irraggiamento	media	irr_tot_7
Veg_02	somma	veg_02_7
Veg_03	somma	veg_03_7
Veg_04	somma	veg_04_7
Veg_06	somma	veg_06_7
Veg_07	somma	veg_07_7
Veg_08	somma	veg_08_7
Veg_09	somma	veg_09_7
Veg_11	somma	veg_11_7
Veg_12	somma	veg_12_7
CHM (0-2m)	media	chme_x_7
CHM (0-2m)	<i>dev. standard</i>	chme_sd_7

Tab. 15. Schema riassuntivo dell'elaborazione delle variabili utilizzate per la realizzazione del modello attraverso il *software MaxEnt*.

Successivamente a tali operazioni è stata creata una matrice di dati in cui ad i punti selezionati come *training set* (Tab.14) sono stati associati i valori corrispondenti degli strati informativi elaborati.

Al fine di fornire al *software MaxEnt* dati relativi alla disponibilità ambientale su cui valutare la relazione utilizzato/disponibile (dati *background*), i transetti percorsi sono stati suddivisi in punti: 10808 per i percorsi nell'area campione Brenta Nord-Occidentale e 13114 punti nei Laghi di Cornisiello-Rifugio Segantini. I punti sono stati associati ai valori corrispondenti degli strati informativi elaborati (Tab.15) e tali dati sono stati integrati alla matrice dei *training set*. Ad ogni punto è stato associato un identificativo sotto il campo "massiccio" per discriminare i due settori del Parco, Adamello-Presanella (A) e Dolomiti di

Brenta (B), e mettere in evidenza eventuali differenze tra le due aree. La matrice così generata rappresenta *l'input* di dati fornito al *software*.

4.2.4.2 Realizzazione del modello

Prima di procedere all'elaborazione del modello sono stati calcolati i coefficienti di correlazione di Spearman tra le variabili considerate al fine di mettere in evidenza correlazioni negative o positive tra le stesse (*software R, version 3.1.2*). L'obiettivo è quello di orientare la scelta delle variabili su cui costruire il modello, e in particolare di escludere l'uso contemporaneo di variabili altamente correlate, uso che comporta problemi di analisi e di interpretazione dei risultati.

La prima fase nell'ambito della realizzazione di un modello attraverso *MaxEnt* è l'individuazione del coefficiente di regolarizzazione più opportuno (Phillips e Dudik, 2008). Aumentando questo fattore viene ridotta la complessità delle relazioni che legano il *training set* e i *background points* e dunque si riduce il numero di coefficienti dell'algoritmo generato. Questo rende le relazioni e i risultati più facilmente interpretabili.

Tramite il *software* sono stati realizzati più modelli secondo una procedura a *step*, con l'eliminazione o l'aggiunta progressiva delle varie variabili ambientali. Tale approccio ha il vantaggio di permettere di apprezzare il contributo delle singole variabili e dunque il loro significato ecologico (Campedelli *et al.*, 2014). La scelta delle variabili da utilizzare nei vari *step* è stata fatta sulla base di due misure restituite dal *software*: il contributo percentuale e il *Jackknife test*. Nel primo caso il *software* restituisce una tabella in cui viene riportato il contributo percentuale di ogni singola variabile al modello. Il *Jackknife test* restituisce un grafico in cui per ogni variabile viene messa a confronto l'efficienza del modello costruito solamente con quella variabile e l'efficienza del modello costruito con tutte le altre variabili esclusa la variabile interessata. Tale confronto viene effettuato sulla base del *gain*, ovvero una misura dell'efficienza del modello spiegata dalla relazione tra il *training set* e i *background points*.

Tramite algoritmi di massima entropia ad ogni *pixel* viene assegnato un valore di probabilità compreso da 0 a 100 ed è possibile elaborare una carta di probabilità di distribuzione della specie (Phillips *et al.*, 2006). *Pixel* con valori prossimi a 100 hanno la probabilità massima di presenza della specie, mentre quelli con valore prossimo a 0 hanno probabilità minima (Phillips *et al.*, 2006).

Oltre alla elaborazione cartografica per ogni variabile ambientale viene restituito un grafico che mette in relazione la predizione del modello al variare della variabile stessa (Phillips *et al.*, 2006). Tale curva rappresenta in sintesi come risponde la specie al variare di quel dato fattore ambientale.

Per estendere il modello a tutto il territorio del Parco è stata creata una griglia di punti distanti 100 m l'uno dall'altro a cui sono stati associati i valori delle variabili ambientali elaborate (Tab.15). Questa griglia rappresenta la base su cui proiettare l'algoritmo del modello.

4.2.4.3 Validazione del modello

Per valutare l'efficienza dei modelli nei vari *step* è stato utilizzato il Criterio di Informazione di Akaike (AIC; Burnham e Anderson, 2002), corretto per campioni di ridotte dimensioni (AICc; Burnham e Anderson, 1998). Il modello con il valore di AICc minore è stato ritenuto il migliore, poiché contiene il massimo contenuto di informazione. Confrontando tale valore nei vari *step* è possibile comprendere meglio il ruolo delle variabili aggiunte o eliminate: se all'aggiunta di una variabile il valore dell'AICc diminuisce di almeno due unità allora tale variabile avrà un ruolo importante nel definire le preferenze ambientali della specie (Burnham e Anderson, 2002; Campedelli *et al.*, 2014).

Un altro fattore per valutare la bontà dei modelli è il valore dell'area sotto alla curva ROC (AuC; Fielding e Bell, 1997). L'AuC può assumere valori che vanno da 0,5 (modello senza nessuna capacità predittiva) a 1 (modello che prevede esattamente la presenza della specie) e può essere utilizzato per confrontare il rendimento di più modelli indipendentemente dal numero di variabili ambientali utilizzate e dalla dimensione del campione (Phillips e Dudik, 2008).

Nel presente studio si fatto riferimento al solo Criterio di Informazione di Akaike, AICc.

4.2.5 Ulteriori analisi

Nel presente studio sono state effettuate le seguenti analisi:

- test del chi quadrato (χ^2), al fine di mettere in evidenza una relazione significativa tra le classi dei fattori ambientali e la distribuzione dei nuclei di marmotta;
- test di Wilcoxon-Mann Whitney (*software R, version 3.1.2*) per mettere in evidenza tendenze centrali differenti nell'utilizzo dell'habitat tra i dati ai i relativi al censimento nell'area campione Laghi di Cornisiello-Rifugio Segantini, dati storici (1997) e i dati nell'area campione Brenta Nord-Occidentale;
- test di Moses (*software R, version 3.1.2, package DescTool*) per mettere in evidenza cambiamenti nella dispersione dei valori tra i dati del censimento nell'area campione Laghi di Cornisiello-Rifugio Segantini, e i dati storici (1997);
- indice di Jacobs, D (Jacobs, 1974) al fine di evidenziare la selezione ambientale della marmotta per le varie classi dei fattori e rendere possibili confronti tra le due aree campione. L'indice mette in relazione utilizzato e disponibilità per i vari fattori, varia da -1 a +1 ed assume valori positivi se l'habitat è selezionato, negativi se è evitato.

4.3 RISULTATI DEL CENSIMENTO

4.3.1 Risultati del censimento nell'area campione

Nell'ambito delle operazioni di monitoraggio sono stati effettuati i seguenti rilevamenti (Tab.16):

n°	Tipo di rilevamento
104	Nuclei
18	Tane in disuso
1	Emissione sonora senza avvistamento dell'individuo
14	Osservazioni dirette di individui senza identificazione della tana

Tab. 16 Rilevamenti effettuati nell'area campione Laghi di Cornisiello-Rifugio Segantini.

Nell'area campione sono stati censiti 104 nuclei percorrendo 126km, per una densità pari a $0,049 \text{ nuclei} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Fig.29). I principali indici di presenza che hanno permesso la loro identificazione riguardano l'osservazione diretta associata a fischi di allarme (44 %) e il ritrovamento diretto degli ingressi delle tane principali (32 %) (Fig.30).

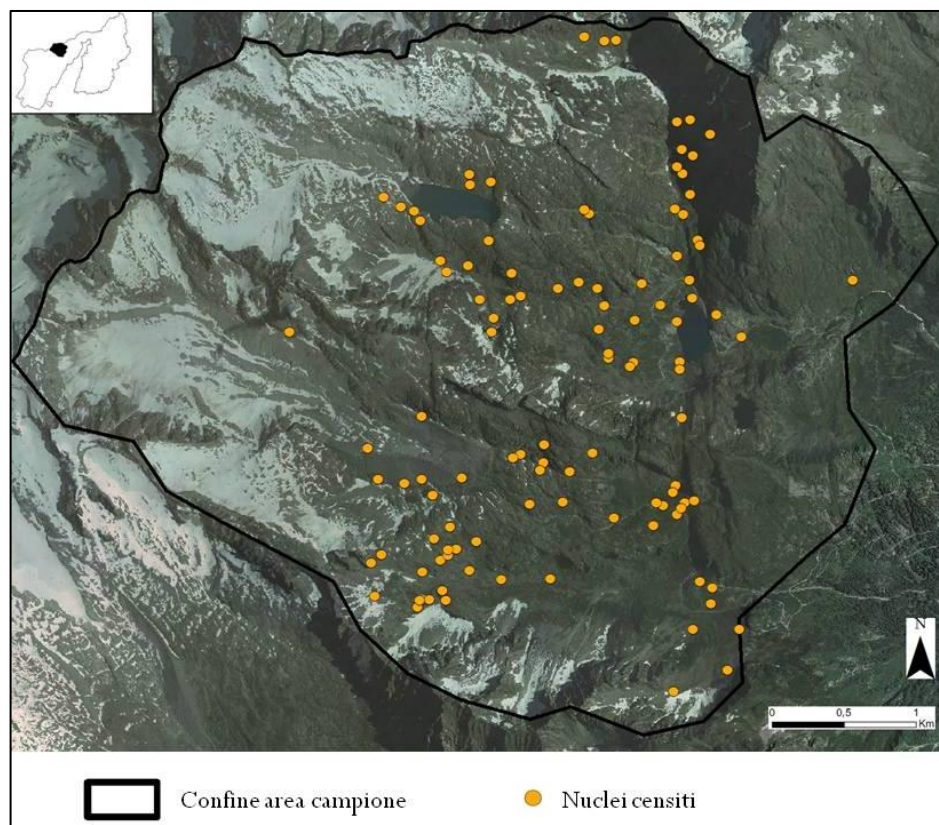


Fig. 29. Nuclei censiti (N=104) nell'area campione Laghi di Cornisiello-Rifugio Segantini.

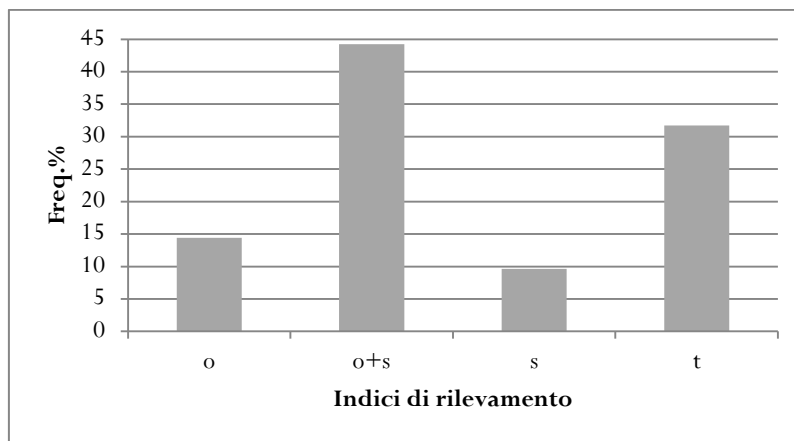


Fig. 30. Tipologia degli indici che hanno permesso di censire i 104 nuclei presenti nell'area campione (*o*: osservazione diretta, *o+s*: osservazione diretta e emissione sonora, *s*: emissione sonora, *t*: tana).

Nell'ambito dei 104 nuclei censiti sono stati conteggiati 112 individui di cui più del 50% appartiene alla classe di età adulta (Fig.31).

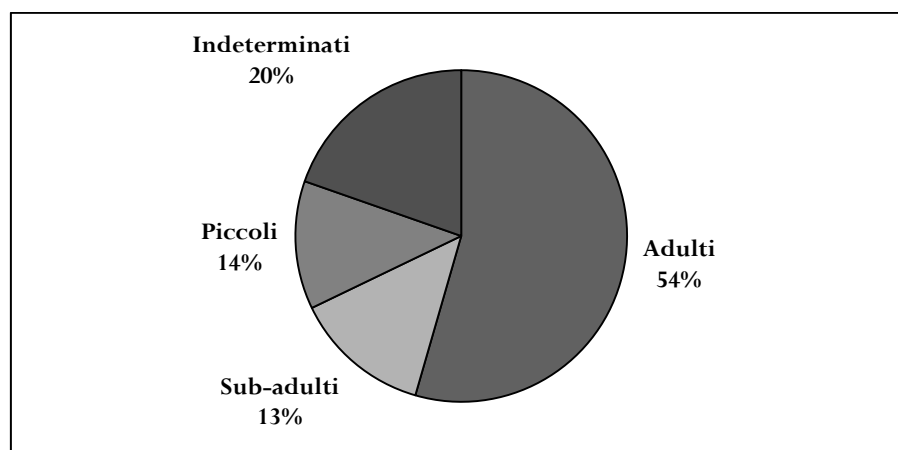


Fig. 31. Struttura della popolazione di marmotta per classi di età censita nell'area di studio Laghi di Cornisello-Rifugio Segantini, (N=112).

Riguardo all'utilizzo dell'habitat il test del chi-quadrato (χ^2) ha messo in evidenza una relazione non casuale significativa tra le classi dei parametri ambientali esaminati e la distribuzione dei nuclei di marmotta. Tale relazione è risultata essere altamente significativa per quota, pendenza e vegetazione ($p < 0,001$), molto significativa per esposizione ($p < 0,01$) e significativa per l'irraggiamento totale ($p < 0,05$) (Tab.17).

Parametro	g.l.	χ^2	p
Quota	4	61,99	<0,001
Pendenza	5	33,70	<0,001
Esposizione	8	19,58	<0,01
Irraggiamento totale	6	12,42	<0,05
Vegetazione	5	92,79	<0,001

Tab. 17. Esiti del test del chi-quadrato ottenuti confrontando l'effettivo utilizzo del territorio con la disponibilità ambientale nell'area di studio Laghi di Cornisello-Rifugio Segantini.

Altitudine.

Sulla base delle indagini condotte è emerso che la classe di quota maggiormente selezionata dalla marmotta ($D=0,54$) è quella compresa tra 2250 e 2500 m che ospita oltre il 50 % dei nuclei presenti. La selezione si è dimostrata positiva ($D=0,21$) anche per la classe compresa tra 2000-2250 m. Negativa è risultata la selezione per le classi altitudinali superiori 2500 m con un indice di Jacobs pari a $-0,92$ per le quote superiori ai 2700 m.

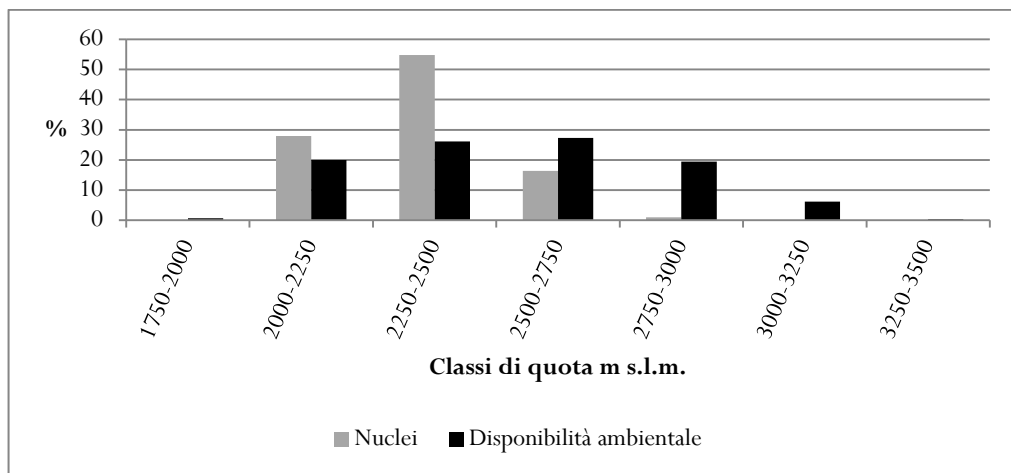


Fig. 32. Confronto tra la disponibilità ambientale delle classi di quota e l'effettivo utilizzo da parte dei nuclei di marmotta ($N=104$) nell'area di studio Laghi di Cornisello-Rifugio Segantini ($A=2096,02$ ha).

Pendenza.

I nuclei di marmotta occupano siti con pendenze variabili all'interno dell'area campione. Le pendenze maggiormente selezionate dalla specie sono quelle comprese tra 0 e 10° ($D=0,46$) corrispondenti a pendii lievemente inclinati, seguite da pendii inclinati con pendenze tra 10 e 20° ($D=0,23$) e molto inclinati con pendenze tra 20 e 30° ($D=0,1$). Quest'ultima classe ospita quasi il 35 % dei nuclei dell'area campione. pendenze superiori ai 30° , sono utilizzate dalla specie ma l'indice di Jacobs assume valori negativi per tali classi mettendo in evidenza una selezione negativa.

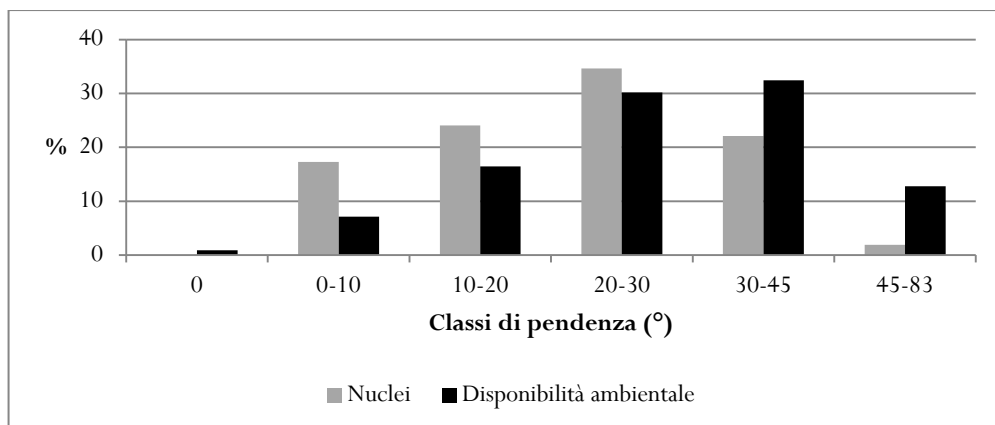


Fig. 33. Confronto tra la disponibilità ambientale delle classi di pendenza e l'effettivo utilizzo da parte dei nuclei di marmotta ($N=104$) nell'area di studio Laghi di Cornisello-Rifugio Segantini ($A=2096$ ha).

Esposizione.

All'interno dell'area campione i nuclei di marmotta sono distribuiti nell'ambito di tutte le classi di esposizione. Il calcolo dell'indice di Jacobs ha evidenziato una netta preferenza e selezione positiva della marmotta per i versanti esposti a *Sud* e *Sud-west* ($D=0,29$) ed una selezione negativa per i versanti esposti a *Nord*, dove l'indice assume valori negativi ($D=-1$).

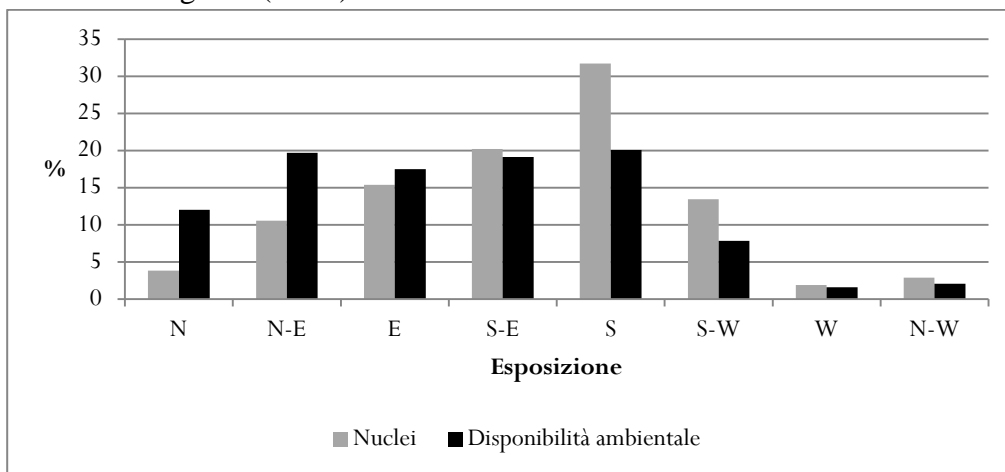


Fig. 34. Confronto tra la disponibilità ambientale delle classi di esposizione e l'effettivo utilizzo da parte dei nuclei di marmotta (N=104) nell'area di studio Laghi di Cornisiello-Rifugio Segantini (A=2096,02ha).

Irraggiamento.

Le analisi effettuate hanno messo in evidenza una selezione positiva per la classe di irraggiamento compresa tra 1,58 e 1,71 GWH/m² ($D=0,30$). L'indice assume valori leggermente positivi per le classi comprese tra 1,29-1,42 e 1,43-1,57 GWH/m², mentre per le restanti classi assume valori pari a -1, evidenziando una selezione negativa.

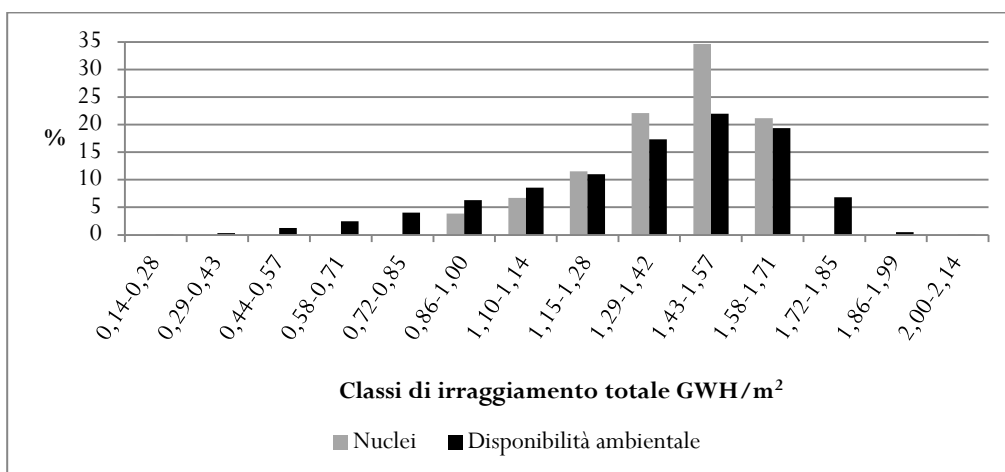


Fig. 35. Confronto tra la disponibilità ambientale delle classi di irraggiamento e l'effettivo utilizzo da parte dei nuclei di marmotta (N=104) nell'area di studio Laghi di Cornisiello-Rifugio Segantini (A=2096,02 ha).

Vegetazione.

Nell'area campione le classi vegetazionali utilizzate dalla marmotta sono le seguenti:

- classe 4, arbusteti e brughiere a prevalenza di *Rhododendro* sp., *Empetrum* sp. e *Vaccinium* sp.;
- classe 6, vegetazione a prevalenza di *Nardus* sp. con elevata ricchezza di specie;
- classe 7, vegetazione erbacea su substrato siliceo a prevalenza di *Festuca* sp., e *Carex* sp.;
- classe 11, ghiacciai, ghiaioni e pareti rocciose con vegetazione pioniera.

Durante le analisi dei dati 6 nuclei (id_2: 7, 9, 12, 35, 36, 91) sono risultati essere situati all'interno di una torbiera (classe 10). Le attività di campo hanno messo in evidenza che tale torbiera si è ridotta dal 1997 a oggi e che tali nuclei appartengono alla classe di vegetazione 4. In base ai risultati ottenuti le classi di vegetazione selezionate positivamente risultano essere la classe 4 (D=0,33) e la classe 6 (D=0,73). La classe 7 mostra un indice di Jacobs prossimo allo 0, mentre la classe 11 ha un indice negativo.

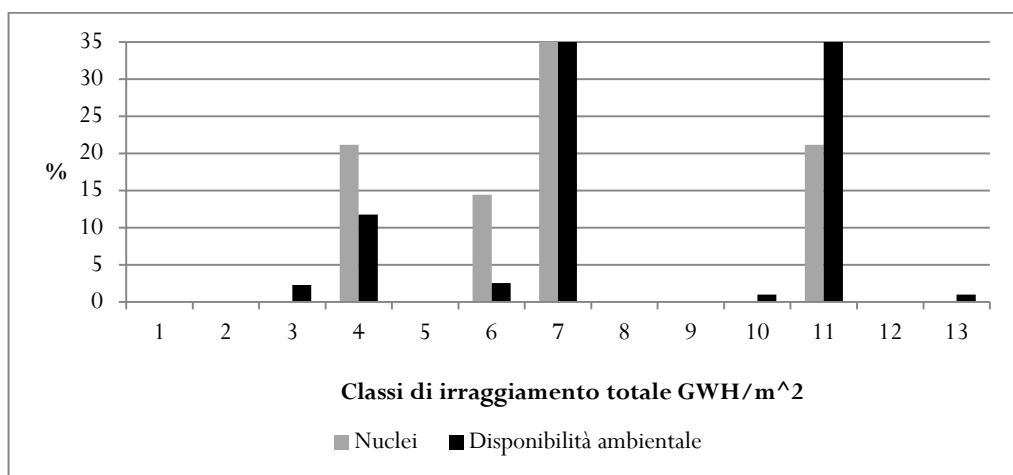


Fig. 36. Confronto tra la disponibilità ambientale delle classi di vegetazione e l'effettivo utilizzo da parte dei nuclei di marmotta (N=104) nell'area di studio Laghi di Cornisiello-Rifugio Segantini (A=2096,02ha).

4.3.2 Confronto con la distribuzione storica

All'interno dell'area campione Laghi di Cornisiello-Rifugio Segantini nel 1997 furono censiti 19 nuclei. A seguito delle indagini svolte nel 2014, come detto in precedenza sono stati censiti 104 nuclei. Di questi, 10 sono stati confermati essere nuclei storici (Fig.37).

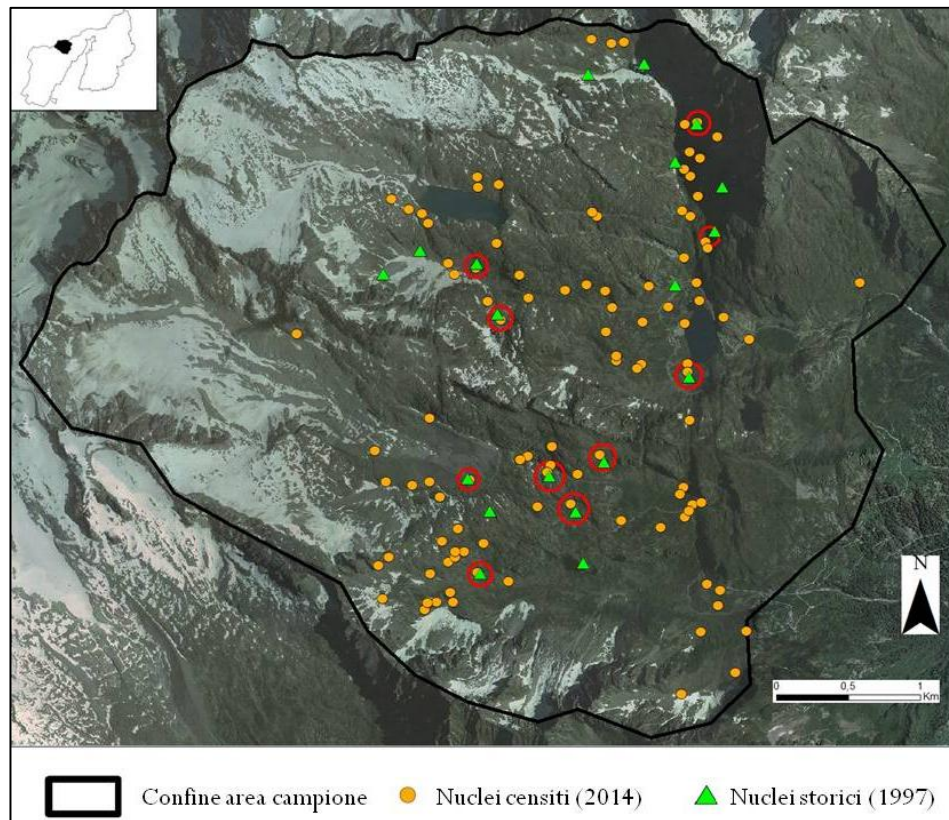


Fig. 37. Confronto della distribuzione dei nuclei storici censiti nel 1997 con i nuclei censiti nel 2014 all'interno dell'area campione Laghi di Cornisiello Rifugio-Segantini. I cerchi in rosso individuano i nuclei che, in seguito alle indagini svolte, sono stati confermati come storici.

Al fine di mettere in evidenza eventuali differenze di utilizzo dell'habitat i due censimenti sono stati messi a confronto riguardo alle variabili continue quota, pendenza, esposizione e irraggiamento (Fig.38). Per verificare l'esistenza di differenze di tendenza centrale statisticamente significative è stato effettuato il test di Mann-Whitney, che compara le mediane di due campioni indipendenti. Gli esiti del test hanno evidenziato che la differenza tra le mediane dei due campioni per le variabili studiate, non è statisticamente significativa.

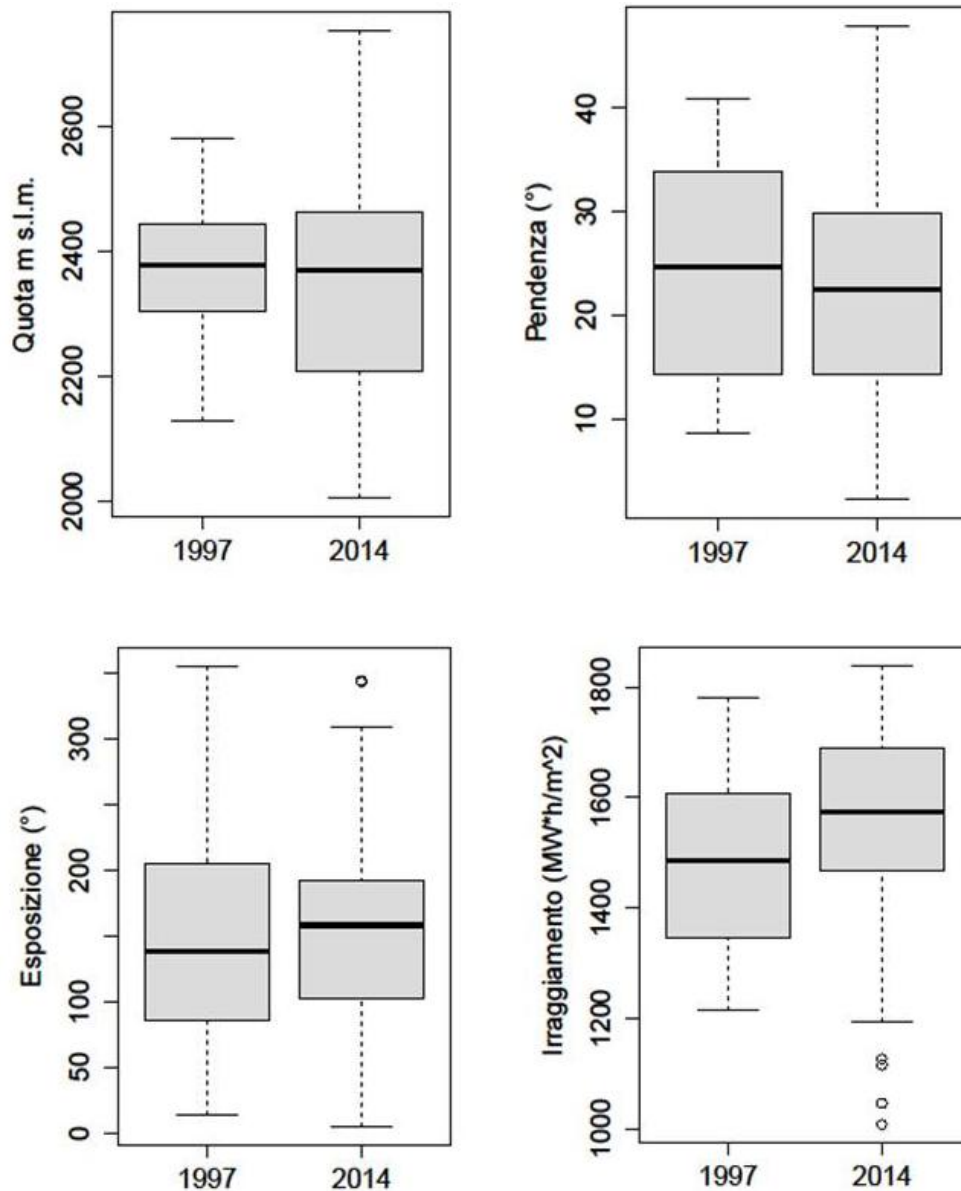


Fig. 38. Boxplot relativi alle distribuzioni dei nuclei storici (1997) e dei nuclei attuali (2014) all'interno dell'area campione Laghi di Cornisiello-Rifugio Segantini rispetto alle variabili quota, pendenza, esposizione e irraggiamento.

I due gruppi di nuclei sono stati successivamente messi a confronto con il test di Moses. Si tratta di un test non parametrico che confronta la dispersione di due *set* di dati indipendenti. In termini ecologici il test permette di misurare l'allargamento o il restringimento della nicchia ecologica della specie. Paragonare la dispersione dei dati di due periodi storici differenti permette di evidenziare tale fenomeno. Gli esiti del test di Mosis sono risultati essere altamente significativi ($p < 0,001$) per tutte le variabili indagate, dunque è possibile affermare che nell'area campione Laghi di Cornisiello-Rifugio Segantini la nicchia ecologica della marmotta si è ampliata.

4.3.3 Confronto tra le due aree campione

Le due aree campione indagate hanno dimensioni diverse ed al fine di ottenere una misura di “rendimento” delle attività di indagine è stata applicata la seguente relazione (Gagliardi e Tosi, 2012):

$$\text{Rendimento} = \frac{\text{risultato ottenuto}}{\text{sforzo sostenuto}}$$

in questo caso:

$$\text{Rendimento} = \frac{\text{nuclei censiti}}{\text{km percorsi}}$$

Dunque per l’area campione Laghi di Cornisiello-Rifugio Segantini:

$$R = 0,82$$

Mentre per l’area campione Brenta Nord-Occidentale:

$$R = 0,79$$

Tali valori sono in accordo con i valori di densità della specie nelle due aree: 0,049 nuclei·ha⁻¹ per l’area campione Laghi di Cornisiello-Rifugio Segantini, e 0,036 nuclei·ha⁻¹ per l’area campione Brenta Nord-Occidentale. Per quest’ultima il valore di densità è stato calcolato sottraendo le superfici boscate all’area complessiva per un totale di 4903,85ha. In questo modo i valori di densità tra le due aree campione risultano paragonabili.

Al fine di mettere in evidenza eventuali differenze di utilizzo dell’habitat i due censimenti sono stati messi a confronto riguardo alle variabili continue quota, pendenza, esposizione e irraggiamento (Fig.39). Per verificare l’esistenza di differenze di tendenza centrale statisticamente significative è stato effettuato il test di Mann-Whitney, che compara le mediane di due campioni indipendenti. Gli esiti del test hanno evidenziato che la differenza tra le mediane dei due campioni per le variabili studiate, è altamente significativa (p<0,001) riguardo alle variabili quota, pendenza e esposizione, mentre è risultata essere non significativa per l’irraggiamento.

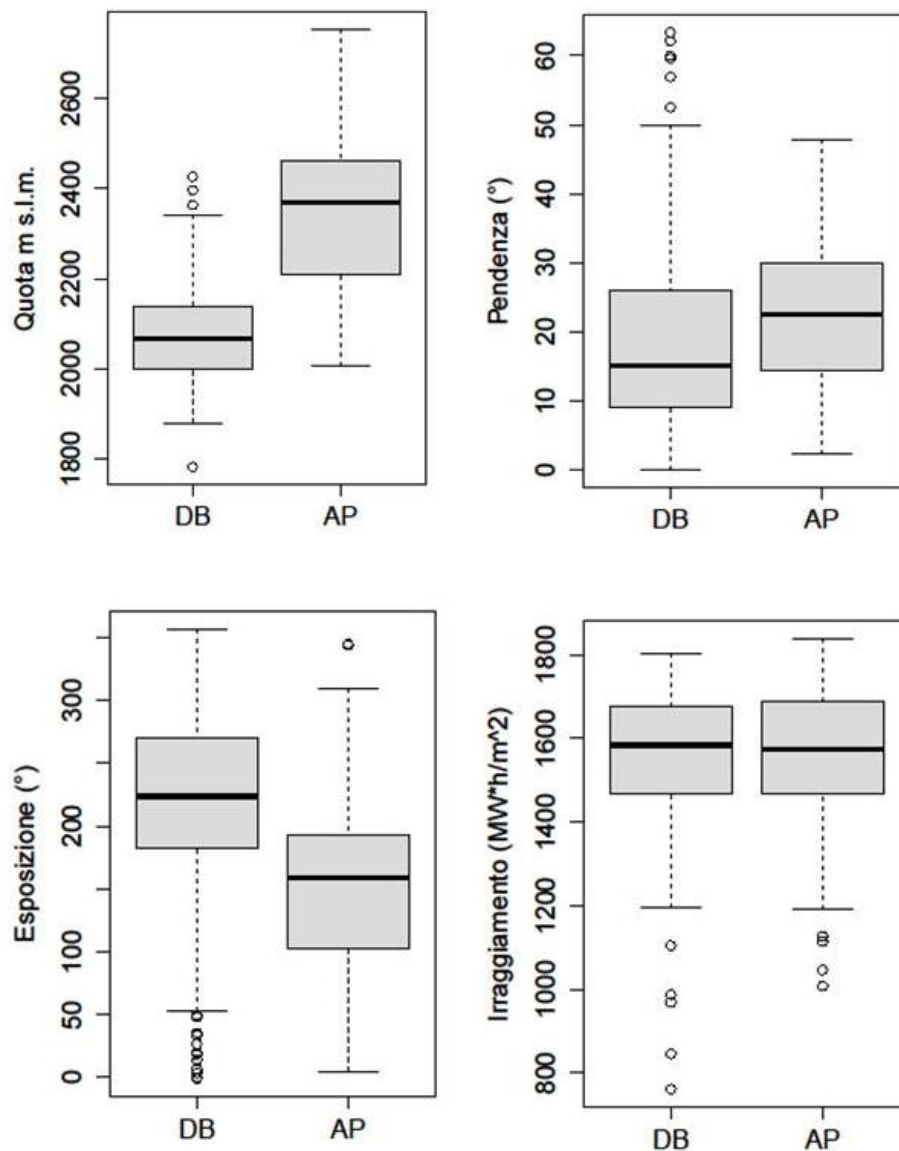


Fig. 39. Boxplot relativi alle distribuzioni dei censiti nell'area campione Brenta Nord-Occidentale (DB) con i nuclei censiti all'interno dell'area campione Laghi di Cornisiello-Rifugio Segantini (AP) rispetto alle variabili quota, pendenza, esposizione e irraggiamento.

Riguardo ai parametri risultati significativi è necessario effettuare delle considerazioni. Le due aree di studio hanno morfologia e conformazioni diverse pertanto tale differenza di distribuzione va confrontata con la reale disponibilità fisica del territorio. A tal proposito nelle tabelle seguenti viene riportata per i fattori ambientali indagati la misura della loro disponibilità nelle due aree, associata all'indice di Jacobs. Ciò al fine di evidenziare eventuali differenze di selezione ambientale da parte della specie nei due settori del Parco.

Riguardo alla variabile ambientale quota è possibile affermare che vi è una selezione da parte della marmotta differente nelle due aree del Parco. Ciò è evidente osservando la disponibilità delle classi altitudinali comprese tra 2000 e 2500m, leggermente differente tra i due settori, che però mostrano indici di Jacobs differenti (Tab.18).

Fattore	Classe	Tipologia	Disponibilità (%)		Indice di Jacobs	
			DB	AP	DB	AP
Quota (m s.l.m.)	1	0-500	0	0		
	2	500-750	0	0		
	3	750-1000	0	0		
	4	1000-1250	1,4	0	-1	
	5	1250-1500	8,2	0	-1	
	6	1500-1750	15,4	0	-1	
	7	1750-2000	21,6	0,7	0,11	-1
	8	2000-2250	21,9	19,9	0,74	0,22
	9	2250-2500	14,8	26,1	-0,25	0,55
	10	2500-2750	11,4	27,3	-1	-0,31
	11	2750-3000	4,2	19,5	-1	-0,92
	12	3000-3250	1,1	6,2	-1	-1
	13	3250-3500	0	0,3		-1
	14	3500-3750	0	0		

Tab. 18. Descrizione della disponibilità ambientale per le varie classi di quota confrontate con l'indice di Jacob per le due aree campione del Parco: Dolomiti di Brenta (DB), Adamello-Presanella (AP).

L'elevata significatività del test di Mann-Whitney non è dovuta a particolari differenze di pendenze tra i due settori del Parco. Riguardo a tale fattore, dal confronto disponibile/indice di Jacobs, non emergono particolari differenze di selezione dell'habitat ad eccezione della classe 1 relativa a terreni pianeggianti (Tab.19). Nel settore Adamello-Presanella tale classe è selezionata negativamente probabilmente a causa della ricchezza di acqua che caratterizza il settore stesso e che rende i terreni pianeggianti non adatti allo scavo di tane.

Fattore	Classe	Tipologia	Disponibilità (%)		Indice di Jacobs	
			DB	AP	DB	AP
Pendenza (°)	1	0	0,2	0,9	0,38	-1
	2	0-10	8,6	7,2	0,59	0,46
	3	10-20	19,6	16,5	0,39	0,23
	4	20-30	24,0	30,2	-0,13	0,10
	5	30-45	28,2	32,4	-0,56	-0,26
	6	45-83	19,3	12,8	-0,51	-0,76

Tab. 19. Descrizione della disponibilità ambientale per le varie classi di pendenza confrontate con l'indice di Jacob per le due aree campione del Parco: Dolomiti di Brenta (DB), Adamello-Presanella (AP).

La disponibilità tra le due aree nei confronti delle classi di esposizione è diversa nei due settori. Questo può spiegare l'esito altamente significativo del test di Mann-Whitney. Nonostante ciò si può osservare che la selezione dell'habitat da parte della specie rispetto all'esposizione è in accordo tra le due aree (Tab.20). È possibile notare una differenza per la classe 1, relativa a terreni pianeggianti, per i quali non è possibile definire un valore di esposizione. A riguardo valgono le considerazioni effettuate precedentemente per la variabile pendenza.

Fattore	Classe	Tipologia	Disponibilità (%)		Indice di Jacobs	
			DB	AP	DB	AP
Esposizione	1	Flat	0,2	0,9	0,38	-1
	2	N	6,4	7,7	-0,33	-0,35
	3	N-E	9,6	19,7	-0,39	-0,35
	4	E	5,5	17,5	-0,34	-0,08
	5	S-E	3,3	19,1	0,32	0,03
	6	S	8,0	20,1	0,41	0,30
	7	S-W	16,2	7,8	0,25	0,29
	8	W	23,3	1,6	0,03	0,09
	9	N-W	20,1	2,1	-0,26	0,17
	10	N	7,2	3,5	-0,38	-1

Tab. 20. Descrizione della disponibilità ambientale per le varie classi di esposizione confrontate con l'indice di Jacob per le due aree campione del Parco: Dolomiti di Brenta (DB), Adamello-Presanella (AP).

Per l'irraggiamento il confronto disponibile/indice di Jacobs tra le due aree conferma l'esito del test di Mann-Whitney. La distribuzione e l'utilizzo da parte della specie di tale fattore non è differente nei due settori del Parco.

Fattore	Classe	Tipologia	Disponibilità (%)		Indice di Jacobs	
			DB	AP	DB	AP
Irraggiamento (GWH/m ²)	1	0,14-0,28	0,1	0	-1	
	2	0,29-0,43	1,0	0,0	-1	-1
	3	0,44-0,57	2,2	0,3	-1	-1
	4	0,58-0,71	3,7	1,3	-1	-1
	5	0,72-0,85	5,8	2,5	-0,83	-1
	6	0,86-1,00	8,5	4,1	-0,69	-1
	7	1,10-1,14	11,9	6,3	-1	-0,25
	8	1,15-1,28	15,1	8,6	-0,67	-0,13
	9	1,29-1,42	17,5	11,0	-0,11	0,03
	10	1,43-1,57	16,4	17,3	0,22	0,15
	11	1,58-1,71	13,1	22,0	0,68	0,31
	12	1,72-1,85	4,1	19,3	0,54	0,06
	13	1,86-1,99	0,5	6,8	-1	-1
	14	2,00-2,14	0,2	0,5	-1	-1
	15	2,15-2,28	0,0	0,0	-1	-1

Tab. 21. Descrizione della disponibilità ambientale per le varie classi di irraggiamento confrontate con l'indice di Jacob per le due aree campione del Parco: Dolomiti di Brenta (DB), Adamello-Presanella (AP).

Riguardo alla vegetazione non è riportata la tabella comparativa come per le variabili precedenti. Le caratteristiche delle due aree a riguardo sono differenti ed una loro descrizione in termini di disponibilità e utilizzo da parte della specie è riportata nei Paragrafi 3.2.2 e 4.3.1.

4.4 I MODELLI DI VALUTAZIONE AMBIENTALE

4.4.1 Modelli di Valutazione Ambientale per Caratterizzazione di Unità Territoriali (CUT)

4.4.1.1 Il Modello CUT delle Dolomiti di Brenta e la sua applicazione al Massiccio Adamello-Presanella

Il modello implementato nell'ambito della prima fase del Progetto Marmotta (Par.3.2.2, Tav.3), nell'ambito della presente tesi è stato valutato con i dati raccolti nell'area di studio Laghi di Cornisiello-Rifugio Segantini. La Figura seguente mostra la percentuale di accordo tra il modello realizzato e l'area campione presente nel Settore Adamello-Presanella. Tale valutazione ha dato esiti negativi: il 61 % dei nuclei ricade in aree classificate come non idonee e solo il restante 39 % in aree classificate genericamente idonee. Dunque il modello implementato per il Settore Dolomiti di Brenta si può ritenere non rappresentativo per il Settore Adamello-Presanella.

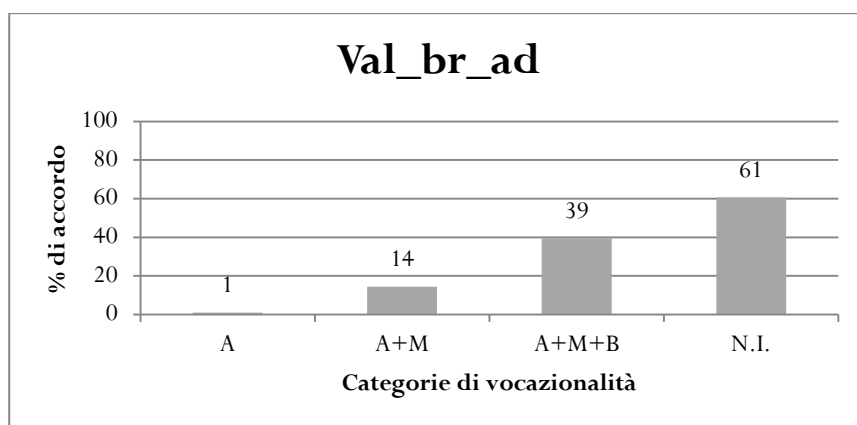


Fig. 40. Rappresentazione grafica dei risultati dell'analisi di validazione del Modello di Valutazione Ambientale realizzato sui dati rilevati nell'area campione Brenta Nord-Occidentale e validato con i dati rilevati nell'area campione Laghi di Cornisiello-Rifugio Segantini (categoria A: idoneità alta, categoria A+M: idoneità alta e media, categoria A+M+B: idoneità alta, media e bassa, N.I.: non idonea).

4.4.1.2 I Modelli CUT elaborati con i dati relativi all'area campione Laghi di Cornisiello-Rifugio Segantini

I modelli di seguito descritti sono stati realizzati sulla base dei dati raccolti nell'area di studio Laghi di Cornisiello-Rifugio Segantini. In particolare sono stati elaborati due modelli:

- **Mod_cfr:** modello costruito con le stesse variabili ambientali utilizzate per il Settore Dolomiti di Brenta, quota, pendenza, esposizione e vegetazione;
- **Mod_ad:** modello costruito sulle variabili ambientali quota, pendenza, esposizione, vegetazione e irraggiamento totale.

Le variabili del modello denominato Mod_cfr sono le stesse utilizzate per il modello nel settore delle Dolomiti di Brenta. Al modello denominato Mod_ad è stata aggiunta la variabile relativa all'irraggiamento totale al fine di verificare la sua eventuale influenza riguardo alla distribuzione della specie.

Rispetto alle ipotesi iniziali è stato scelto di non utilizzare le variabili “geologia” e “uso del suolo” ritenuti ridondanti. In particolare la loro descrizione del territorio non è apparsa sufficientemente ampia o comunque non è in grado di evidenziare particolari preferenze da parte della marmotta.

Nella tabella che segue (Tab.22) sono riportati i risultati degli indici di selezione utilizzati per la realizzazione cartografica del modello. Sulla base degli indici individuati è stato possibile associare ad ogni Unità Territoriale un valore di idoneità dato dalla somma degli indici stessi come descritto nel Par.4.2.3.3 e 4.2.3.4.

Fattore	Tipologia	Classe	Utilizzato %	Disponibile %	UT/DI*100	Ind. ventesimi
Quota (m s.l.m.)	0-500	1	0	0	-	-500*
	500-750	2	0	0	-	-500*
	750-1000	3	0	0	-	-500*
	1000-1250	4	0	0	-	-500*
	1250-1500	5	0	0	-	-500*
	1500-1750	6	0	0	-	-500*
	1750-2000	7	0	0,70	0	0
	2000-2250	8	27,9	19,93	139,88	13
	2250-2500	9	54,8	26,13	209,79	20
	2500-2750	10	16,3	27,27	59,94	6
	2750-3000	11	1,0	19,46	4,94	-500*
	3000-3250	12	0	6,18	0	-500*
	3250-3500	13	0	0,34	0	-500*
	3500-3750	14	0	0	-	-500*
Pendenza (°)	0	1	0	0,91	0	0
	1-10	2	17,31	7,17	241,35	20
	10-20	3	24,04	16,49	145,76	12
	20-30	4	34,62	30,16	114,77	10
	30-45	5	22,12	32,43	68,19	6
	45-83	6	1,92	12,77	15,06	1
Esposizione	Flat	1	0	0,91	0	0
	N	2	3,85	7,68	50,07	6
	N-E	3	10,58	19,70	53,69	6
	E	4	15,38	17,48	88,01	10
	S-E	5	20,19	19,12	105,59	12

Fattore	Tipologia	Classe	Utilizzato %	Disponibile %	UT/DI*100	Ind. ventesimi
	S	6	31,73	20,10	157,87	18
	S-W	7	13,46	7,83	171,89	20
	W	8	1,92	1,60	120,07	14
	N-W	9	2,88	2,06	139,86	16
	N	10	0	3,45	0	0
Irraggiamento (GWH/m²)	0,14-0,28	1	0	0	-	0
	0,29-0,43	2	0	0,03	0	0
	0,44-0,57	3	0	0,31	0	0
	0,58-0,71	4	0	1,26	0	0
	0,72-0,85	5	0	2,48	0	0
	0,86-1,00	6	0	4,06	0	0
	1,10-1,14	7	3,85	6,30	61,05	8
	1,15-1,28	8	6,73	8,57	78,50	10
	1,29-1,42	9	11,54	11,03	104,62	13
	1,43-1,57	10	22,12	17,31	127,76	16
	1,58-1,71	11	34,62	21,96	157,62	20
	1,72-1,85	12	21,15	19,34	109,37	14
	1,86-1,99	13	0	6,80	0	0
	2,00-2,14	14	0	0,48	0	0
	2,15-2,28	15	0	0	0	0
Vegetazione	Veg. arborea	1	0	0	-	-500*
	Boschi sub-alpini di <i>Larix decidua</i> .	2	0	0	-	-
	Vegetazione a prevalenza di <i>Pinus mugo</i> e/o <i>Alnus viridis</i>	3	0	2,32	0	0
	Arbusteti e brughiere a prevalenza di <i>Rhododendro</i> sp., <i>Empetrum</i> sp. e <i>Vaccinium</i> sp..	4	21,15	11,79	179,44	6
	Vegetazione erbacea di natura antropica a prevalenza di <i>Avena</i> sp..	5	0	0	-	0
	Vegetazione a prevalenza di <i>Nardus</i> sp. con elevata ricchezza di specie	6	14,42	2,54	568,79	20

Fattore	Tipologia	Classe	Utilizzato %	Disponibile %	UT/DI*100	Ind. ventesimi
	Vegetazione erbacea su substrato siliceo a prevalenza di <i>Festuca</i> sp., e <i>Carex</i> sp..	7	43,27	45,68	94,72	3
	Vegetazione erbacea su substrato calcareo a prevalenza di <i>Sesleria</i> sp., <i>Carex</i> sp. e <i>Poa</i> sp..	8	0	0	-	0
	Vegetazione a prevalenza di <i>Dryas octopetala</i> .	9	0	0	-	0
	Torbiera	10	0	1,01	0	-500*
	Ghiacciai, ghiaioni e pareti rocciose con vegetazione pioniera.	11	21,15	35,65	59,33	2
	Vegetazione igrofila	12	0	0	-	0
	Laghi	13	0	1,01	0	-500*

Tab. 22. Rappresentazione dei risultati degli indici di selezione utilizzati per la realizzazione del modello relativi all'area di studio Laghi di Cornisiello-Rifugio segantini.

*Valore artificioso imposto per escludere le aree non idonee in riferimento alla biologia della specie.

Dal modello denominato Mod_ad è emerso che il 44 % del territorio del Parco è idoneo ad ospitare la marmotta, mentre questa percentuale per il modello denominato Mod_cfr sale al 50 %. Riguardo alla ripartizione di tali superfici nelle tre classi di idoneità si può apprezzare una lieve differenza. Nel Mod_ad le superfici classificate ad alta e media vocazionalità sono maggiori (Tab.23).

Vocazionalità	Mod_ad		Mod_cfr	
	Sup. (ha)	Sup.%	Sup. (ha)	Sup.%
Bassa	13019,18	49	18652,96	61
Media	8487,43	32	7363,09	24
Alta	5335,45	20	4543,41	15

Tab. 23. Ripartizione % delle classi di vocazionalità territoriale riferite alle aree classificate generalmente idonee per i modelli Mod_ad e Mod_cfr.

I modelli realizzati sono stati valutati utilizzando i seguenti dati (*validation set*):

- dati di partenza: le localizzazioni delle tane principali censite nell'area campione Laghi di Cornisiello-Rifugio Segantini (N=103);
- *set* di dati indipendente: le localizzazioni delle tane principali censite nell'area campione Brenta Nord-Occidentale (N=179);
- secondo *set* di dati indipendente: indici di presenza rilevati nell'ambito del Monitoraggio Faunistico Mirato relativi a osservazioni dirette (*o*) e emissioni sonore (*s*) (N=289).

Al fine di valutare i due modelli con i dati di partenza, da questi ultimi è stato sottratto un nucleo. Tale nucleo corrisponde all'identificativo (id_2) 104 e rappresenta l'unica tana censita ad un'altitudine pari a 2753m. Alla classe compresa tra 2700-3000m è stato attribuito un valore artificioso pari a -500 (Tab.22) al fine di avere una rappresentazione cartografica più veritiera ovvero l'assenza di aree idonee a quote prossime ai 3000m. Riguardo alle localizzazioni classificate dalla carta della vegetazione (Pedrotti, 1997) sovrapposti alle torbiere e attribuiti in fase di elaborazioni alla classe vegetazionale 4 (Tab.22), nell'ambito della validazione sono stati attribuiti alla classe di idoneità più vicina. Tali considerazioni sono state applicate anche alle valutazioni successive.

La valutazione di entrambi i modelli con i dati di partenza ha rivelato un accordo del 100 % ed entrambi possono essere definiti precisi (Fig.41). La bontà di adattamento dei due modelli all'area di studio è pressoché identica, dunque l'irraggiamento non sembra essere una variabile che discrimina la vocazionalità ambientale e la distribuzione delle marmotte nell'area campione.

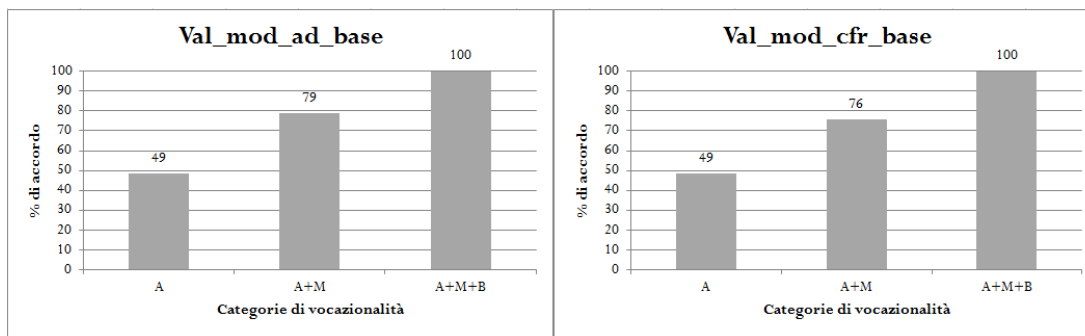


Fig. 41. Rappresentazione grafica dei risultati dell'analisi di valutazione dei Modelli di Valutazione Ambientale realizzati sui dati rilevati nell'area campione Laghi di Cornisello-Rifugio Segantini e validato con i dati di partenza, N=103. Categoria A: idoneità alta, categoria A+M: idoneità alta e media, categoria A+M+B: idoneità alta, media e bassa, N.I.: non idonea.

Al fine di verificare la robustezza dei modelli implementati questi sono stati validati con un *set* di dati indipendenti: le localizzazioni censite nell'area campione Brenta Nord-Occidentale (Fig.42). Entrambi i modelli possono essere definiti robusti. Il Mod_ad sembra essere più rappresentativo poiché la maggior parte dei nuclei è concentrata nelle aree classificate ad alta e media vocazionalità e meno del 30 % dei nuclei è situato in aree a bassa vocazionalità. Nel Mod_cfr invece quasi il 40 % dei nuclei è invece situato in aree a bassa vocazionalità.

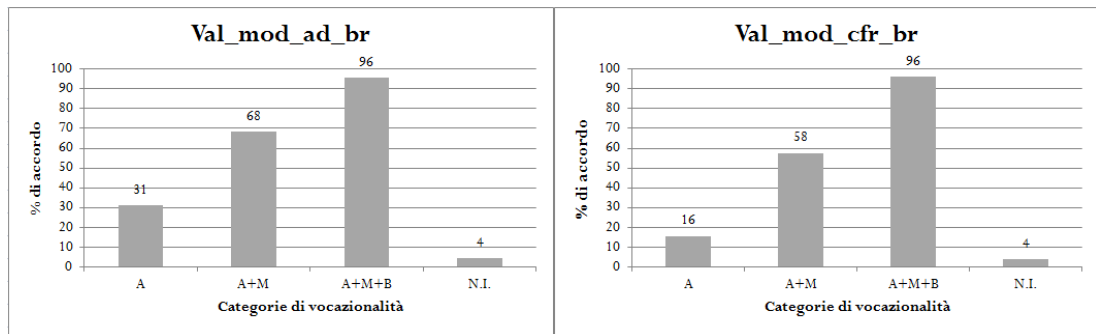


Fig. 42. Rappresentazione grafica dei risultati dell'analisi di valutazione dei Modelli di Valutazione Ambientale realizzati sui dati rilevati nell'area campione Laghi di Cornisiello-Rifugio Segantini e validato con i dati appartenenti all'area campione Brenta Nord-Occidentale, N=179. Categoria A: idoneità alta, categoria A+M: idoneità alta e media, categoria A+M+B: idoneità alta, media e bassa, N.I.: non idonea.

I modelli sono stati infine valutati con il *set* di dati relativo al Monitoraggio Faunistico Mirato (Fig.35).

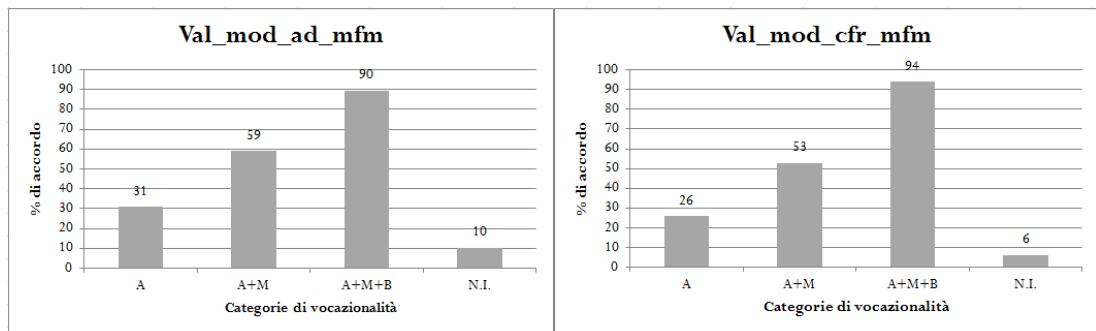


Fig. 43. Rappresentazione grafica dei risultati dell'analisi di valutazione dei Modelli di Valutazione Ambientale realizzati sui dati rilevati nell'area campione Laghi di Cornisiello-Rifugio Segantini e validato con i dati relativi al Monitoraggio Faunistico Mirato, N=289. Categoria A: idoneità alta, categoria A+M: idoneità alta e media, categoria A+M+B: idoneità alta, media e bassa, N.I.: non idonea.

Sulla base dei risultati di validazione entrambi i modelli possono essere definiti robusti tuttavia la variabile relativa all'irraggiamento non contribuisce in modo significativo a definire l'idoneità ambientale del territorio del Parco nei confronti della specie. Il modello di più rappresentativo si può considerare quello denominato Mod_cfr, elaborato sulle variabili quota, pendenza esposizione e vegetazione.

4.4.1.3 I Modelli di Valutazione Ambientale realizzati con i dati delle aree di campione Laghi di Cornisiello-Rifugio Segantini e Brenta Nord-Occidentale

In ultima analisi sono stati elaborati due modelli utilizzando come dati di partenza (training set) il set relativo alle localizzazioni dei nuclei di entrambe le aree di studio Laghi di Cornisiello-Rifugio Segantini e Brenta Nord-occidentale. Tale procedura vuole verificare un'eventuale maggiore robustezza e rappresentatività territoriale dei modelli. I modelli implementati sono i seguenti:

- **Mod_tot_01:** modello costruito sulle variabili ambientali quota, pendenza, esposizione, vegetazione e irraggiamento totale;
- **Mod_tot_02:** modello costruito con le stesse variabili ambientali quota, pendenza, esposizione e vegetazione.

Nella tabella che segue (Tab.24) sono riportati i risultati degli indici di selezione utilizzati per la realizzazione cartografica del modello. Sulla base degli indici individuati è stato possibile associare ad ogni Unità Territoriale un valore di idoneità dato dalla somma degli indici stessi come descritto nel Par.4.2.3.4.

Fattore	Tipologia	Classe	Utilizzato %	Disponibile %	UT/DI*100	Ind. ventesimi
Quota (m s.l.m.)	0-500	1	0	0	0	-500*
	500-750	2	0	0	0	-500*
	750-1000	3	0	0	0	-500*
	1000-1250	4	0	1,10	0	-500*
	1250-1500	5	0	6,37	0	-500*
	1500-1750	6	0	11,91	0	-500*
	1750-2000	7	16,25	16,85	96,44	8
	2000-2250	8	51,24	21,43	239,10	20
	2250-2500	9	26,15	17,36	150,63	13
	2500-2750	10	6,01	14,97	40,12	3
	2750-3000	11	0,35	7,65	4,62	-500*
	3000-3250	12	0	2,26	0	-500*
	3250-3500	13	0	0,08	0	-500*
	3500-3750	14	0	0	0	-500*
Pendenza (°)	0	1	0,35	0,40	88,72	6
	0-10	2	23,32	8,31	280,60	20
	10-20	3	31,45	18,89	166,45	12
	20-30	4	25,09	25,37	98,89	7
	30-45	5	14,49	29,16	49,68	4
	45-83	6	5,30	17,82	29,75	2
Esposizione	Flat	1	0,35	0,40	88,72	8
	N	2	3,53	6,73	52,53	5
	N-E	3	6,71	11,88	56,51	5
	E	4	7,42	8,24	90,02	9
	S-E	5	11,31	6,85	165,11	16
	S	6	22,61	10,76	210,21	20
	S-W	7	20,49	14,34	142,94	14
	W	8	16,25	18,42	88,25	8
	N-W	9	9,19	16,01	57,37	5

Fattore	Tipologia	Classe	Utilizzato %	Disponibile %	UT/DI*100	Ind. ventesimi
	N	10	2,12	6,33	33,51	3
Irraggiamento (GWH/m²)	0,14-0,28	1	0	0,11	0	0
	0,29-0,43	2	0	0,76	0	0
	0,44-0,57	3	0	1,76	0	0
	0,58-0,71	4	0	3,16	0	0
	0,72-0,85	5	0,35	5,03	7,03	1
	0,86-1,00	6	1,06	7,52	14,10	1
	1,10-1,14	7	1,41	10,63	13,29	1
	1,15-1,28	8	4,59	13,59	33,81	3
	1,29-1,42	9	13,43	16,03	83,77	6
	1,43-1,57	10	22,97	16,62	138,19	10
	1,58-1,71	11	40,64	15,10	269,16	20
	1,72-1,85	12	15,55	7,51	206,98	15
	1,86-1,99	13	0	1,89	0	0
	2,00-2,14	14	0	0,24	0	0
	2,15-2,28	15	0	0,01	0	0
Vegetazione	Veg. arborea	1	0	18,85	0	-500*
	Boschi sub-alpini di <i>Larix decidua</i> .	2	1,06	4,23	25,04	2
	Vegetazione a prevalenza di <i>Pinus mugo</i> e/o <i>Alnus viridis</i>	3	0,35	3,67	9,63	1
	Arbusteti e brughiere a prevalenza di <i>Rhododendro</i> sp., <i>Empetrum</i> sp. e <i>Vaccinium</i> sp..	4	12,37	6,22	198,97	13
	Vegetazione erbacea di natura antropica a prevalenza di <i>Avena</i> sp..	5	0	0	0	0
	Vegetazione a prevalenza di <i>Nardus</i> sp. con elevata ricchezza di specie	6	5,30	1,72	308,00	20
	Vegetazione erbacea su substrato siliceo a prevalenza di <i>Festuca</i> sp., e <i>Carex</i> sp..	7	15,90	10,31	154,20	10
	Vegetazione erbacea su substrato calcareo a prevalenza di <i>Sesleria</i> sp., <i>Carex</i> sp. e <i>Poa</i> sp..	8	45,23	22,18	203,92	13
	Vegetazione a prevalenza di <i>Dryas octopetala</i> .	9	1,06	1,01	104,79	7
	Torbiere	10	0	0,29	0	-500*
	Ghiacciai, ghiaioni e pareti rocciose con	11	15,90	28,43	55,93	4

Fattore	Tipologia	Classe	Utilizzato %	Disponibile %	UT/DI*100	Ind. ventesimi
	vegetazione pioniera.					
	Vegetazione igrofila	12	2,83	1,58	178,93	12
	Laghi	13	0	0,27	0	-500*

Tab. 24. Rappresentazione dei risultati degli indici di selezione utilizzati per la realizzazione del modello relativi al *set* di dati di entrambe le aree di studio Laghi di Cornisiello Rifugio-segantini e Brenta Nord-Occidentale.

*Valore artificioso imposto per escludere le aree non idonee in riferimento alla biologia della specie.

Dal Modello denominato Mod_tot_01 è emerso che il 48 % del territorio del Parco è idoneo ad ospitare la marmotta, mentre per il modello denominato Mod_tot_02 il 53 %. Riguardo alla ripartizione di tali superfici nelle tre classi di vocazionalità si può apprezzare una differenza. Nel Mod_tot_02 le superfici classificate ad alta vocazionalità sono maggiori (28 %) rispetto al Mod_tot_01 (16 %) (Tab.25).

Vocazionalità	Mod_tot_01		Mod_tot_02	
	Sup. (ha)	Sup.%	Sup. (ha)	Sup.%
Bassa	15184,35	52	16042,51	49
Media	9661,49	33	7708,15	23
Alta	4635,1	16	9113,57	28

Tab. 25. Ripartizione % delle classi di vocazionalità territoriale riferite alle aree classificate generalmente idonee per i modelli Mod_tot_01e Mod_tot_02.

I modelli realizzati sono stati valutati utilizzando i seguenti dati (*validation set*):

- dati di partenza: le localizzazioni delle tane principali censite nelle aree campione Laghi di Cornisiello-Rifugio Segantini e Brenta Nord-occidentale (N=282);
- *set* di dati indipendente: indici di presenza rilevati nell'ambito del Monitoraggio Faunistico Mirato relativi a osservazioni dirette (*o*) e emissioni sonore (*s*) (N=289).

La valutazione di entrambi i modelli con i dati di partenza ha rivelato un accordo del 100 % ed entrambi possono essere definiti precisi (Fig.44). Tuttavia il modello denominato Mod_tot_02 risulta essere più preciso. Osservando la Fig.44 si nota come la maggior parte dei nuclei sia distribuita in aree a elevata e media idoneità e meno del 20 % dei nuclei si trova in aree a bassa idoneità. Anche in questo caso la variabile ambientale relativa all'irraggiamento totale non contribuisce a rendere il modello più rappresentativo.

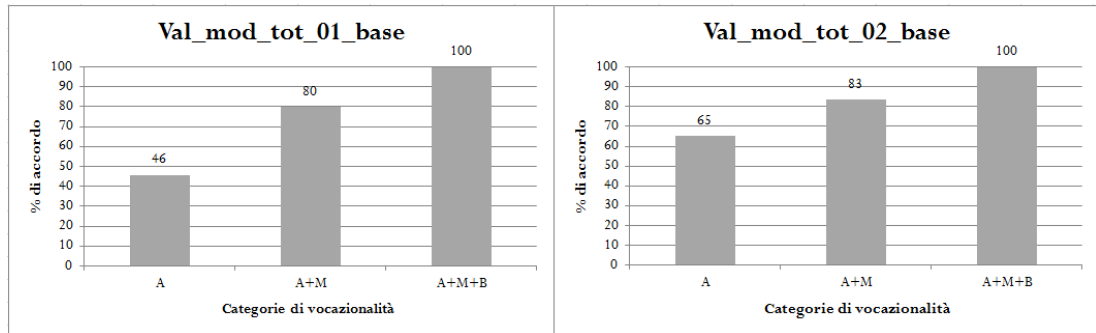


Fig. 44. Rappresentazione grafica dei risultati dell'analisi di valutazione dei Modelli di Valutazione Ambientale realizzati sui dati rilevati in entrambe le aree campione e validati con i dati di partenza, N=282. Categoria A: idoneità alta, categoria A+M: idoneità alta e media, categoria A+M+B: idoneità alta, media e bassa, N.I.: non idonea.

Al fine di verificare la robustezza dei modelli elaborati questi sono stati validati con un *set* di dati indipendenti: indici di presenza rilevati nell'ambito del Monitoraggio Faunistico Mirato (Fig.45). Il modello denominato Mod_tot_02 oltre ad essere più preciso (Fig.44), è risultato essere più robusto. In quest'ultimo oltre il 50 % dei nuclei risulta essere concentrato in aree ad elevata vocazionalità, mentre nel Mod_tot_01 solo il 26 %.

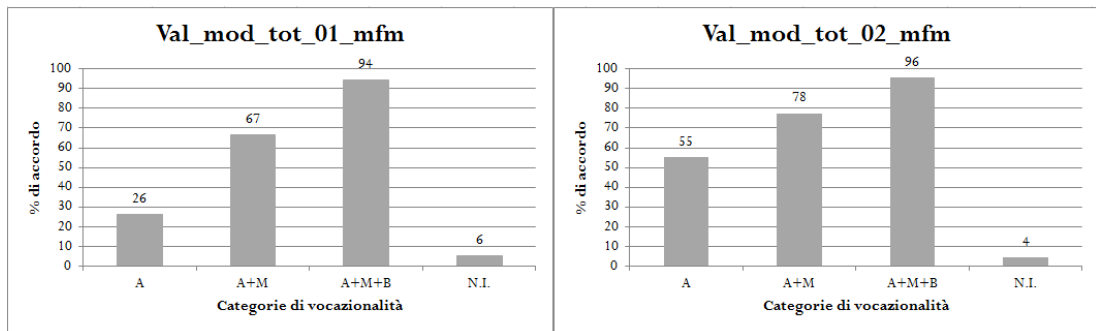


Fig. 45. Rappresentazione grafica dei risultati dell'analisi di valutazione dei Modelli di Valutazione Ambientale realizzati sui dati rilevati in entrambe le aree campione e validati con i dati relativi al Monitoraggio Faunistico Mirato, N=289. Categoria A: idoneità alta, categoria A+M: idoneità alta e media, categoria A+M+B: idoneità alta, media e bassa, N.I.: non idonea.

Sulla base dei risultati di validazione entrambi i modelli possono essere definiti robusti tuttavia la variabile relativa all'irraggiamento non contribuisce in modo particolare a definire l'idoneità ambientale del territorio del Parco nei confronti della specie. Il modello di più rappresentativo si può considerare quello denominato Mod_tot_02, elaborato sulle variabili quota, pendenza esposizione e vegetazione.

4.4.2 Modelli di Valutazione Ambientale sulla base algoritmi di massima entropia (MaxEnt)

L'analisi di correlazione di Spearman ha messo in evidenza le seguenti correlazioni tra le variabili prese in considerazione:

- dtm e veg_07 ($\rho=0,7$);
- veg_07 e veg_08 ($\rho=-0,8$);
- chme_x e chme_sd ($\rho=1,0$).

Sulla base dei coefficienti di Spearman le variabili relative a chme_x e chme_sd non sono state utilizzate simultaneamente nei vari *step* per la realizzazione del modello ed è stata considerata solo chme_x. Le due variabili veg_07 e veg_08 sono legate da una correlazione negativa poiché si tratta di due classi di vegetazione esclusive rispettivamente del settore Adamello-Presanella e del settore Dolomiti di Brenta. Per questa ragione il contributo che le due variabili possono dare nello spiegare le preferenze ecologiche della marmotta potrebbe essere importante. Dunque non è stata esclusa a priori la possibilità di considerare le variabili veg_07 e veg_08, simultaneamente. Riguardo alla correlazione tra i fattori dtm e veg_07 anche per queste non è stato escluso un priori un loro utilizzo simultaneo a causa dell'elevata importanza e contributo della variabile altitudinale in tutti i vari *step*.

Come detto in precedenza, prima di procedere nella elaborazione effettiva del modello è stato individuato il valore di regolarizzazione migliore, che è risultato essere uguale a 5. In particolare sono state considerate tutte le variabili contemporaneamente e ad ogni passaggio è stato aumentato di una unità il valore di regolarizzazione fino a quando il valore di AICc non ha mostrato un incremento positivo. È stato dunque scelto il valore di regolarizzazione corrispondente all'AICc minore (*step* 5, Tab.26).

In Tabella 26 sono riportati i passaggi effettuati durante le analisi al fine di individuare il modello più efficiente. Nei vari passaggi sono state "sottratte" dalle analisi le variabili che sulla base del loro contributo percentuale al modello e del *Jackknife test* non contribuivano al miglioramento dell'efficienza del modello stesso.

Il modello più efficiente corrisponde ad un valore di AICc pari a 2018 ed è stato elaborato con 7 variabili ambientali (Tab.26):

- quota (DTM);
- pendenza (PEN);
- irraggiamento (IRR_TOT);
- veg_04 (V4);
- veg_06 (V6);
- veg_07 (V7);
- veg_08 (V8).

step	AICc	n° variabili	DTM	CHME_SD	CHME_X	PEN	ESP	MASSICCIO	IRR_TOT	V02	V03	V04	V06	V07	V08	V09	V11	V12
5	2164	15	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
7	2181	15	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
8	2165	14	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
9	2188	14	*		*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
10	2170	14	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*
11	2206	14	*		*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*
12	2216	14			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
13	2134	13	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*			*	*	*
14	2115	12	*			*	*	*	*	*	*	*	*			*	*	*
15	2074	11	*			*	*		*	*	*	*	*			*	*	*
16	2042	10	*			*	*		*	*	*	*	*				*	*
17	2035	9	*			*			*	*	*	*	*				*	*
18	2039	8				*			*	*	*	*	*				*	*
19	2089	10	*			*		*	*	*	*	*	*				*	*
20	2018	7	*			*		*	*		*	*	*	*	*			
21	2031	8	*			*		*	*		*	*	*	*	*			

Tab. 26. Per ogni modello creato nei vari *step* è indicato il valore di AICc e sono indicate le variabili considerate. Il modello definito allo *step* 20 è il più efficiente.

Le variabili relative al Modello Digitale delle Chiome nei vari *step* non hanno fornito un contributo tale da migliorare l'efficienza del modello. Secondo quanto descritto precedentemente tali variabili sono state definite selezionando dagli strati base solo i *pixel* con valori da 0 a 2m. L'intervallo considerato potrebbe essere troppo ampio al fine di discriminare la presenza di uno strato erbaceo, rispetto alla presenza di rocce e macereti o viceversa. Un possibile approfondimento potrebbe interessare un'ulteriore selezione di questo strato con altezze minori.

L'esposizione si annovera tra i fattori che non contribuiscono a migliorare l'efficienza del modello ed una sua sottrazione dalle analisi ha comportato un abbassamento del valore di AICc di 7 unità (*step* 16/17, Tab.26).

La categoria "MASSICCIO" è stata assegnata, come precedentemente spiegato, al fine di mettere in evidenza eventuali differenze tra i due settori del Parco. Tuttavia nei vari *step* il contributo percentuale di tale parametro è risultato essere insignificante. Osservando il valore di AICc tra lo *step* 14 e 15, si può notare come questo diminuisca di 41 unità, l'eliminazione del parametro è dunque giustificata. È possibile dunque affermare che il modello rappresenta le preferenze ecologiche della specie per entrambe le aree del Parco.

Di seguito sono riportati i contributi percentuali delle singole variabili all'interno del modello (Tab.27). Il contributo maggiore è fornito dalla variabile Veg_08, che corrisponde alla vegetazione erbacea su substrato calcareo a prevalenza di *Sesleria* sp., *Carex* sp. e *Poa* sp.. Questa classe di vegetazione è esclusiva dell'area di studio

Brenta Nord-Occidentale ed ospita oltre il 70 % dei nuclei dell'area campione (Fig.12, Par.3.2.2), dunque si può intuirne l'importanza.

Variabile	Contributo percentuale
Veg_08	34,2
DTM	17,7
Veg_04	15,5
Veg_06	13
IRR_TOT	8,9
Veg_07	6,2
PEN	4,5

Tab. 27. Contributi percentuali delle singole variabili al modello.

I risultati del *Jackknife test* (Fig.46) rappresentano ulteriori parametri su cui valutare l'importanza delle variabili coinvolte. Vengono messi a confronto i valori di *gain* (efficienza) di più modelli. La barra in rosso rappresenta il *gain* del modello costruito con tutte le variabili interessate. Le barre azzurre riferite alle singole variabili rappresentano il *gain* del modello costruito con tutte le variabili meno quella indicata. Le barre blu rappresentano il valore del *gain* del modello costruito con una sola variabile. Confrontando il valore del *gain* del modello complessivo con i *gain* dei modelli costruiti escludendo una variabile, è possibile comprendere quanto peggiora l'efficienza del modello e dunque l'importanza della variabile stessa. Tali confronti permettono di effettuare considerazioni più dettagliate rispetto al singolo contributo percentuale di ogni variabile. Interessante è il caso della variabile Veg_07 che singolarmente non apporta un contributo percentuale alto al modello (6,2 %) ed il *gain* del modello costruito con essa è prossimo a 0. Tuttavia confrontando il *gain* del modello costruito con tutte le variabili ad esclusione della variabile Veg_07 con il *gain* del modello complessivo, è possibile apprezzare un peggioramento di tale valore. Differente è il caso della variabile Veg_08 che mostra il contributo percentuale più alto al modello, tuttavia escludendola il peggioramento del *gain* è basso. Nel complesso il peggioramento del *gain* più marcato si verifica sottraendo dalle elaborazioni le variabili Veg_06, Veg_04 e DTM. Dai risultati del *Jackknife test* è possibile apprezzare meglio l'importanza della variabile IRR_TOT, in cui il *gain* del modello costruito singolarmente con essa è relativamente alto e paragonabile a quello della variabile Veg_08.

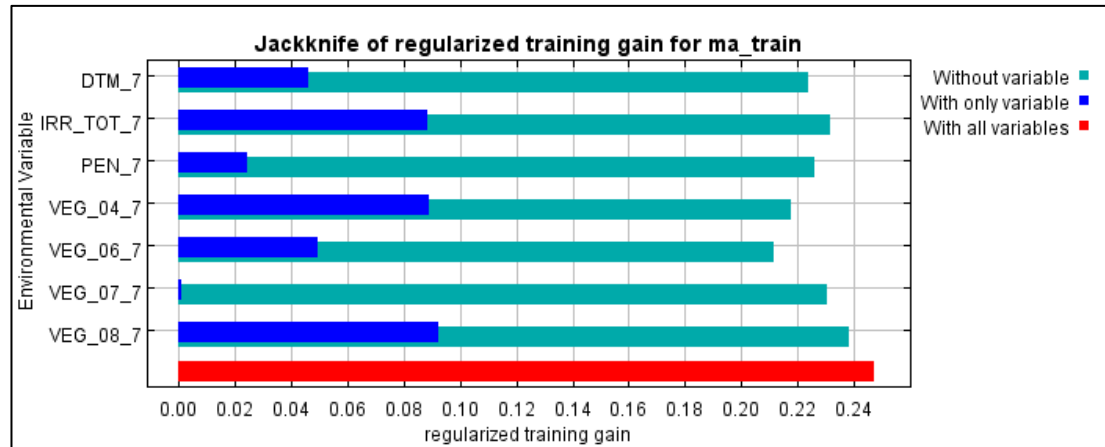


Fig. 46. Risultati del *Jackknife test* relativo alle variabili selezionate nel modello con valore di AICc minore.

Il software *MaxEnt* restituisce delle curve dette “curve predittive” che mostrano in che modo al variare di ogni fattore ambientale varia la predizione del modello. Studiando tali grafici è possibile capire in che modo la variabile influenza la funzione di probabilità di presenza della specie, sia in senso negativo che positivo (Fig.47). In linea generale i valori in cui la curva è al di sopra di 0,5 si può considerare la presenza di una selezione positiva, mentre per valori inferiori negativa. La variabile DTM relativa alla quota ha un effetto positivo sulla probabilità di presenza della specie per valori compresi tra 2000 e 2200 m. Al di sotto e oltre questi valori la probabilità di presenza diminuisce. Riguardo all’irraggiamento, osservando il grafico è possibile osservare per valori maggiori di 1500 MWH/m² la probabilità di presenza della marmotta aumenta. Anche la pendenza ha una relazione positiva con la presenza della specie in particolare fino a valori pari a circa 50°, successivamente l’inclinazione della curva diminuisce, ma la selezione si può definire positiva nel complesso. Strettamente positiva è anche la relazione tra la presenza della specie e la classe di vegetazione 8, esclusiva del settore Dolomiti di Brenta. Nel caso della classe di vegetazione 7, esclusiva del settore Adamello-Presanella, la relazione è anche in questo caso positiva. All’aumentare dei tale copertura erbacea la probabilità di presenza della specie aumenta. Interessante è la relazione tra la classe di vegetazione 4 e la presenza della specie. La probabilità di presenza è massima per una copertura pari a 0,1ha all’interno dell’*home range*, poi diminuisce lentamente. Strettamente negativa è la relazione con la classe di vegetazione 6 (nardeti) e la presenza della specie.

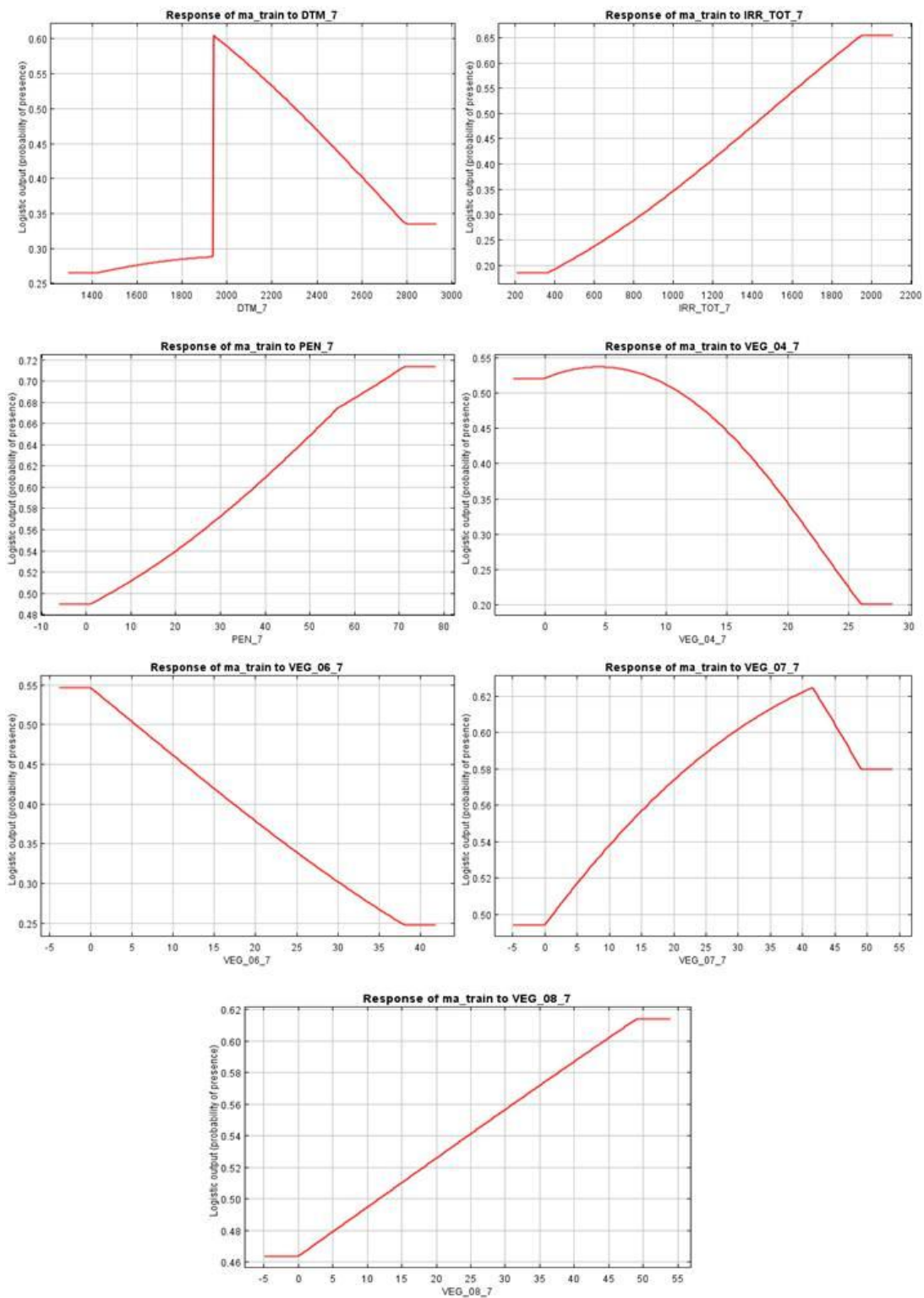


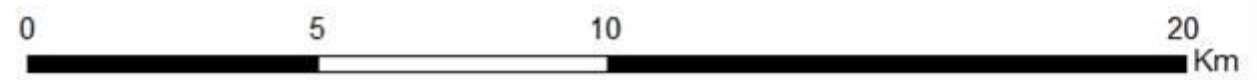
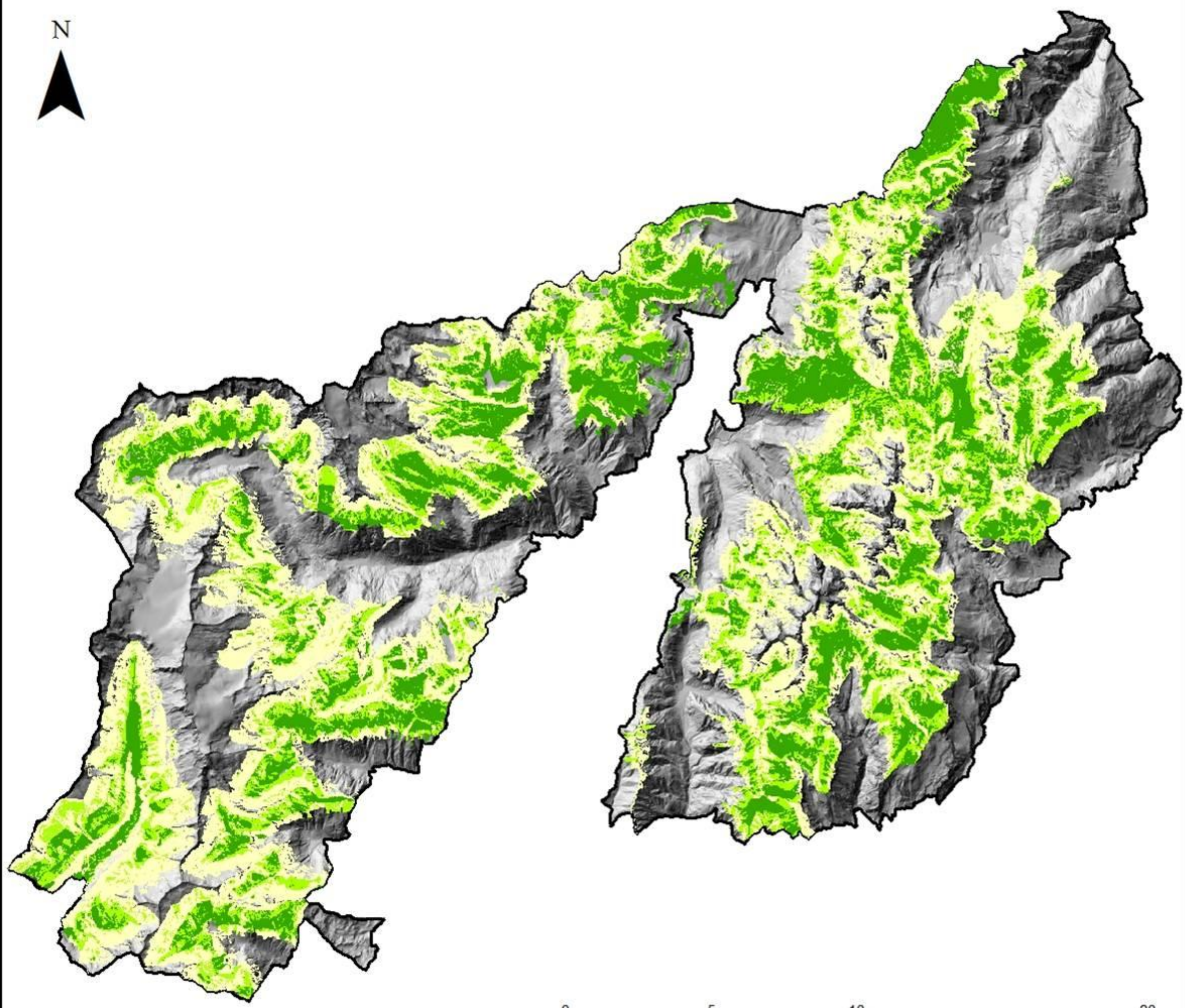
Fig. 47. Curve predittive di risposta della specie al variare dei singoli fattori ambientali.

Riguardo alla rappresentazione cartografica del modello è emerso che il 38 % del territorio del Parco è idoneo per la specie (Tav.5). La ripartizione delle zone idonee in classi di idoneità è riportata nella tabella seguente.

Vocazionalità	Superficie (ha)	Sup. %
Bassa	6774	25
Media	7433	27
Alta	9972	36

Tab. 28. Ripartizione % delle classi di vocazionalità territoriale riferite alle aree classificate generalmente idonee per il modello realizzato con *MaxEnt*.

Il presente modello non rappresenta graficamente i valori di idoneità per le aree in cui le caratteristiche ambientali non sono state campionate nelle aree censite (Laghi di Cornisiello-Rifugio Segantini e Brenta Nord-occidentale). Questo risultato riguarda soprattutto la classe vegetazionale 4, che nelle due aree campione non sale mai al di sopra del valore 26, mentre può avere valori più alti in altre aree del Parco. Visto il tipo di relazione che è stata riscontrata tra presenza della marmotta e classe vegetazionale (Fig.47) pare in effetti problematico definire l'idoneità per la specie di territori ove la copertura di questa classe eccede il citato valore 26; è pertanto preferibile astenersi dal valutare l'idoneità per territori così conformati.





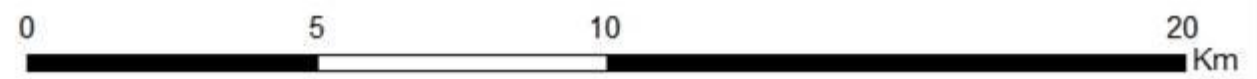
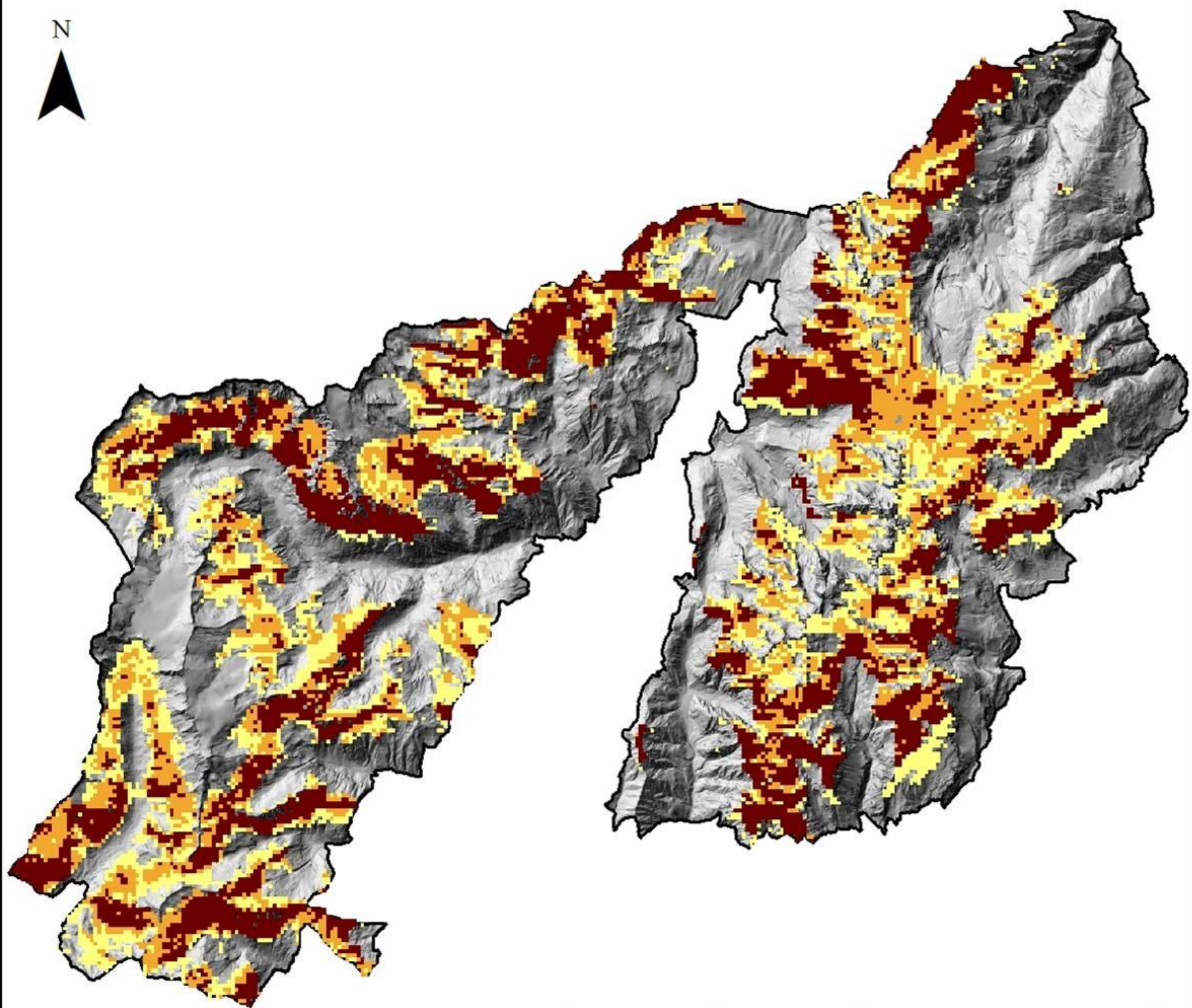
Parco Naturale
Adamello Brenta
Ufficio Fauna

MODELLO DI
VALUTAZIONE
AMBIENTALE PER
CARATTERIZZAZIONE DI
UNITA' TERRITORIALI
(CUT) PER LA MARMOTTA
ALPINA
(*Marmota marmota* L.)

Tav. 4

Legenda

-  Vocazionalità bassa
-  Vocazionalità media
-  Vocazionalità alta





Parco Naturale
Adamello Brenta
Ufficio Fauna

MODELLO DI
VALUTAZIONE
AMBIENTALE SULLA BASE
DI ALGORITMI DI
MASSIMA ENTROPIA
(MaxEnt) PER LA
MARMOTTA ALPINA
(*Marmota marmota* L.)

Tav. 5

Legenda

-  Vocazionalità bassa
-  Vocazionalità media
-  Vocazionalità alta

CAPITOLO 5

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Negli ultimi trenta anni la marmotta alpina ha mostrato un forte aumento numerico e un'espansione geografica nelle praterie di alta quota di tutti i settori alpini (Minelli, 2002). Tale tendenza è stata confermata all'interno del territorio del Parco Naturale Adamello Brenta. Agli inizi del '900 la specie era presente con poche unità familiari esclusivamente nel settore Adamello-Presanella. Alla fine degli anni '90 del secolo scorso, in seguito ad una naturale espansione territoriale e ad interventi di immissione, la marmotta era diffusa più o meno omogeneamente all'interno del territorio del Parco. Sulla base delle indagini condotte nel 2013-2014 nell'ambito del Progetto Marmotta la specie negli ultimi anni ha mostrato un importante incremento numerico. Nelle aree campione indagate nei due settori del Parco (Adamello-Presanella e Dolomiti di Brenta) erano presenti nel 1997 rispettivamente 19 e 48 nuclei. Senza conteggiare i nuclei attualmente censiti e riconfermati storici, nell'area campione nel settore Adamello-Presanella i nuclei sono aumentati di 94 unità, mentre nell'area del settore Dolomiti di Brenta di 144 unità. Tale *trend* è in linea con quanto mostrato anche in altri studi in ambito alpino (Borgo, 2009; Priori e Scaravelli, 2011), tuttavia ad esclusione del Parco Nazionale del Gran Paradiso, sono poche le zone che possono avvalersi di studi storici a fini comparativi. In linea generale le cause di tale incremento possono essere dovute alla diminuzione della pressione venatoria a partire dal secondo dopoguerra, alla forte diminuzione delle attività di alpeggio e all'abbandono di pascoli di alta quota. Tuttavia anche le complesse relazioni ecosistemiche possono avere avuto un effetto nel graduale aumento della marmotta, ma tale aspetto non è stato approfondito nell'Arco Alpino.

All'interno del territorio del Parco Naturale Adamello Brenta la marmotta alpina è ben distribuita seppur con densità ineguali. Nel settore Adamello-Presanella la specie è diffusa più o meno omogeneamente lungo l'intero massiccio. Nel settore Dolomiti di Brenta la specie ha una distribuzione spaziale minore nei confronti dell'intero massiccio ma con zone con elevata densità locale. Fra quest'ultime di particolare rilievo è l'altopiano denominato "Spinale" che registra valori massimi di densità. Queste caratteristiche sono in accordo con quanto rilevato negli studi storici

e dalle attività di monitoraggio svolte tradizionalmente dal Parco.

La differente distribuzione della specie tra i due Massicci può avere molteplici cause, tra cui la marcata difformità fisico-morfologica tra i due settori del Parco e il differente peso delle attività antropiche. Riguardo alle attività di alpeggio, queste si sono ridotte all'interno di tutto il territorio, ed in maniera più marcata nel settore Adamello-Presanella. Tuttavia un esame approfondito delle malghe attive, del carico animale e una cartografia delle aree effettivamente utilizzate per tali attività potrebbe permettere considerazioni più mirate sulla questione.

Per capire l'importanza della differenza fisico-morfologica tra i due settori del Parco, l'utilizzo dell'ambiente è stato confrontato con l'effettiva disponibilità.

Tra i due Massicci del Parco Adamello-Presanella e Dolomiti di Brenta sono state evidenziate delle differenze distributive in termini di quota e pendenza. Nel primo risultano selezionate positivamente quote comprese tra 2250 e 2500 m e pendenze fino ai 30° ed escluse le aree pianeggianti (0°). Nel settore Dolomiti di Brenta invece sono selezionate positivamente quote inferiori comprese tra 2000 e 2500 m e pendenze comprese tra 0° e 20°. Una possibile spiegazione è verosimilmente dovuta alla differente presenza di acqua tra i due settori. Il Massiccio Adamello-Presanella è infatti ricco di laghi, fiumi, torrenti, ghiacciai e torbiere. In questo contesto vengono evitati dalla marmotta luoghi con elevato rischio di allagamento e terreni saturi e poco drenati. Per questi motivi zone a quote inferiori e con terreni pianeggianti o lievi pendenze non vengono utilizzate dalla marmotta. La distribuzione a quote relativamente maggiori comporta una preferenza verso zone con pendenze maggiori che favoriscono un minor accumulo di neve.

I Modelli di Valutazione Ambientale basati sulla Caratterizzazione per Unità Territoriali prodotti si sono dimostrati robusti. È stato possibile concludere che la variabile relativa all'irraggiamento non contribuisce in modo significativo alla robustezza dei modelli stessi. I modelli ritenuti più efficienti sono dunque quelli costruiti con le variabili quota, pendenza, esposizione e vegetazione (Mod_cfr e Mod_tot_02) ed in particolare il modello realizzato con i dati di entrambe le aree campione (Mod_tot_02) (Tav.4).

L'utilizzo di due differenti tipologie di Modelli di Valutazione Ambientale:

- quali-quantitativo per Caratterizzazione di Unità Territoriali (Tav.4),
- quantitativo sulla base di algoritmi di massima entropia (*MaxEnt*) (Tav.5),

ha permesso di evidenziare che i fattori che determinano l'idoneità ambientale per la marmotta, e dunque la sua distribuzione, sono gli stessi per entrambi i settori del Parco. Nel primo caso le variabili sono state imposte a priori, nel secondo caso le variabili sono state selezionate secondo una procedura a *step* al fine di escludere dalle analisi variabili ridondanti e poco significative.

Nel caso del Modello di Valutazione Ambientale quali-quantitativo per Caratterizzazione di Unità Territoriali le variabili ambientali che hanno permesso di

realizzate il modello più efficiente secondo il criterio di Akaike (AICc):

- quota;
- pendenza;
- esposizione;
- vegetazione.

Nel Caso del Modello di Valutazione Ambientale quantitativo sulla base di algoritmi di massima entropia (*MaxEnt*) le variabili ambientali che hanno permesso di elaborare il modello più efficiente secondo il criterio di AICc sono:

- quota;
- pendenza;
- irraggiamento;
- classe di vegetazione 4,
- classe di vegetazione 6,
- classe di vegetazione 7,
- classe di vegetazione 8,

Confrontando gli indici di Jacobs con le curve predittive delle singole variabili restituite dal *software MaxEnt* è possibile affermare che c'è accordo tra le due metodologie. Riguardo alla variabile quota tale accordo è evidente confrontando i valori degli indici di Jacobs e i valori della curva predittiva restituita da *MaxEnt* (Fig.48). Per la variabile pendenza tale accordo non è apprezzabile se si confrontano i valori dell'Indice di Jacobs con la curva predittiva della variabile prodotta considerando simultaneamente anche le altre variabili. L'accordo risulta evidente, invece, se si confronta la curva predittiva della variabile prodotta considerando singolarmente la variabile stessa (Fig.49).

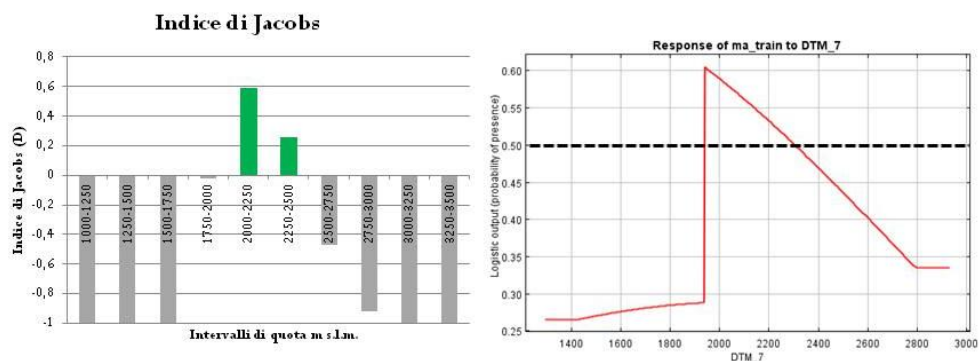


Fig. 48. Confronto tra valori di selezione riguardo alle varie classi di quota, in alto sono riportati i valori degli indici di Jacobs (le colonne in verde indicano selezione positiva) ed in basso la curva predittiva restituita dal *software MaxEnt* (valori al di sopra di 0,5 indicano una selezione positiva).

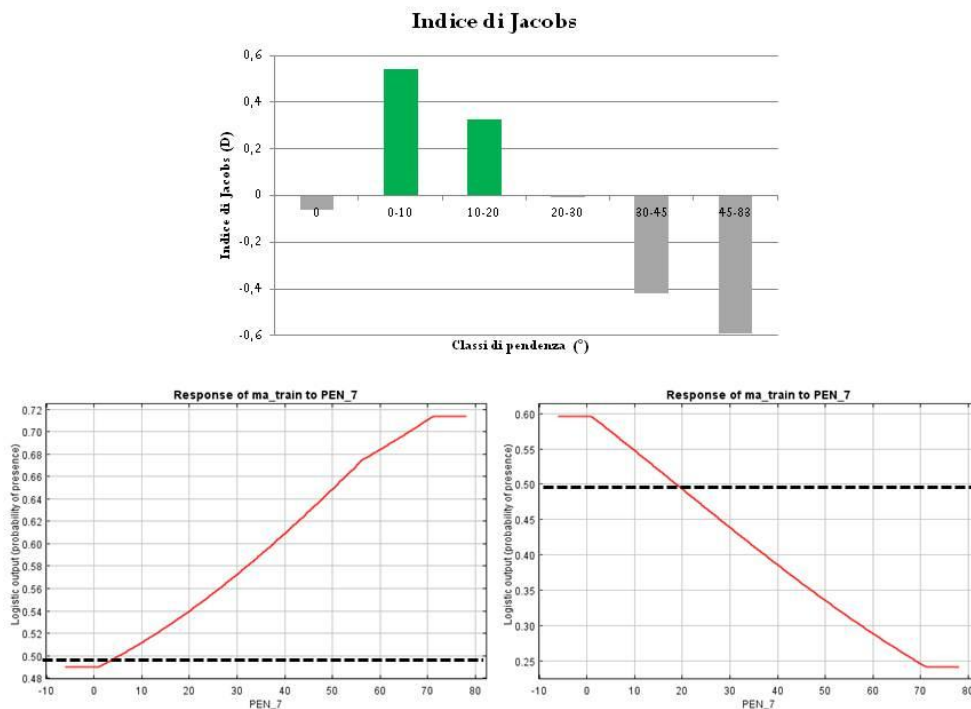


Fig. 49. Confronto tra valori di selezione riguardo alle varie classi di pendenza. In alto sono riportati i valori degli indici di Jacobs (le colonne in verde indicano selezione positiva). In basso a sinistra la curva predittiva restituita dal software *MaxEnt* della variabile calcolata considerando contemporaneamente tutte le variabili (valori al di sopra di 0,5 indicano una selezione positiva). In basso a destra la curva predittiva restituita da *MaxEnt* considerando la variabile singolarmente (valori al di sopra di 0,5 indicano una selezione positiva).

Riguardo alla vegetazione non è possibile confrontare le due metodologie come per le precedenti in quanto nel modello realizzato con *MaxEnt*, le classi vegetazionali sono state valutate singolarmente sulla base del loro valore di copertura all'interno dell'*home range*. Tuttavia è possibile ipotizzare che le due metodologie siano in accordo. Le classi selezionate dalla specie, secondo la Carta della Vegetazione redatta da Pedrotti (1997), sono risultate essere:

- classe 4, arbusteti e brughiere a prevalenza di *Rhododendro* sp., *Empetrum* sp. e *Vaccinion* sp.;
- classe 6, vegetazione a prevalenza di *Nardus* sp. con elevata ricchezza di specie;
- classe 7, vegetazione erbacea su substrato siliceo a prevalenza di *Festuca* sp., e *Carex* sp.;
- classe 8, vegetazione erbacea su substrato calcareo a prevalenza di *Sesleria* sp., *Carex* sp. e *Poa* sp.;
- classe 9, vegetazione a prevalenza di *Dryas octopetala*.

Le classi di vegetazione selezionate in seguito ai vari *step* tramite il software *MaxEnt* sono le stesse individuate tramite gli indici di selezione con la metodologia quali-quantitativa, ad esclusione della classe 9. Di interesse è la relazione trovata tra la marmotta e la presenza di arbusteti e brughiere a prevalenza di *Rhododendro* sp., *Empetrum* sp. e *Vaccinion* sp. (classe 4) (Fig.47, Par.4.4.2). Una presenza non troppo

abbondante (7% circa) di questo tipo di vegetazione all'interno dell'*home range*, risulta essere preferita dalla specie. Ciò può essere dovuto non tanto alla preferenza in termini alimentari, quanto alla possibilità di avere un ulteriore "rifugio" o schermatura da eventuali predatori, e in particolare rapaci.

L'utilizzo del Modello Digitale delle Chiome (CHM) selezionando *pixel* con valori compresi tra 0 e 2 m non ha permesso di mettere in evidenza preferenze nei riguardi di praterie miste a macereti e ambienti rocciosi, non evidenziati dalla carta delle vegetazione utilizzata realizzata da Pedrotti (1997). Tuttavia la preferenza di praterie miste a macereti descritta in altri studi (Allainé *et al.*, 1994; Giboulet, 2000; Borgo, 2003; Priori e Scaravelli, 2011) è stata messa in evidenza anche dalle indagini di campo condotte nell'area campione Laghi di Cornisiello-Rifugio Segantini. La presenza di macereti alternati a praterie e arbusteti è una caratteristica tipica del Massiccio dell'Adamello-Presanella ed arrivare a quantificare l'importanza di tale tipologia potrebbe portare a elaborare considerazioni riguardo alla differente distribuzione della specie nei due settori del Parco.

A livello cartografico i due modelli mostrano in alcune aree delle incongruenze sia rispetto alla distribuzione reale della specie, sia tra di loro (cfr. Tav.4 e Tav.5). In particolare, nel caso del modello elaborato sulla base di algoritmi di massima entropia (MaxEnt) si evidenzia uno scostamento rispetto alla distribuzione reale in quanto le caratteristiche ambientali non sono state campionate nelle aree censite e mancano quindi alcuni valori di idoneità. Alcune di queste aree sono classificate come altamente idonee nel modello per Caratterizzazione di Unità Territoriali con il quale si riscontrano delle incongruenze dovute ad un differente "utilizzo" della variabile vegetazione. Il modello quantitativo (MaxEnt) è stato realizzato con i valori di vegetazione presenti all'interno dell'*home range* della specie. Il modello per caratterizzazione di Unità Territoriali (CUT) invece è stato realizzato con valori di presenza assenza della classe vegetazionale.

I risultati ottenuti sulla base dei primi due anni di studio della marmotta alpina nel Parco Naturale Adamello Brenta hanno confermato che più fattori ambientali concorrono a spiegare la selezione ambientale della specie stessa. La distribuzione spaziale e la selezione ambientale della marmotta sono influenzate dalla presenza di aree idonee per il "sistema tana", ed in particolare per la tana invernale (Allainé *et al.*, 1994; Borgo, 2003). Secondo quanto affermato da Allainé (1994) la marmotta è sensibile ad una complessa combinazione di fattori per cui a seconda del contesto alcune variabili ambientali possono avere più peso di altre. I dati raccolti all'interno del Parco sono in accordo con le preferenze ambientali della specie descritte in letteratura riguardo a quota, pendenza ed esposizione (Bassano *et al.*, 1992; Allainé *et al.*, 1994; Borgo, 2003; Priori e Scaravelli, 2011). In linea generale all'interno del Parco la marmotta è distribuita dai 1750 m fino ai 2750 m s.l.m.. ed in particolare le quote comprese tra 2000 e 2500 m risultano essere selezionate positivamente dalla specie. Al di sopra dei 2700 m è stato censito un solo nucleo all'interno dell'area campione Laghi di Cornisiello-Rifugio Segantini. Sono altresì selezionati

positivamente versanti con pendenze comprese tra 0° e 20°, con esposizioni rivolte a sud, sud-est e sud-ovest e con un irraggiamento compreso tra 1424 e 1851 MWH/m².

Riguardo alla vegetazione le classi utilizzate dalla specie, secondo la Carta della Vegetazione redatta da Pedrotti (1997), sono risultate essere:

- classe 4, arbusteti e brughiere a prevalenza di *Rhododendro* sp., *Empetrum* sp. e *Vaccinium* sp.;
- classe 6, vegetazione a prevalenza di *Nardus* sp. con elevata ricchezza di specie;
- classe 7, vegetazione erbacea su substrato siliceo a prevalenza di *Festuca* sp., e *Carex* sp.;
- classe 8, vegetazione erbacea su substrato calcareo a prevalenza di *Sesleria* sp., *Carex* sp. e *Poa* sp.;
- classe 9, vegetazione a prevalenza di *Dryas octopetala*;
- classe 11, ghiacciai, ghiaioni e pareti rocciose con vegetazione pioniera;
- classe 12, vegetazione igrofila.

Tuttavia la possibilità di utilizzare una carta della vegetazione più aggiornata e di maggior dettaglio per le zone di alta quota potrebbe consentire di descrivere meglio le esigenze ambientali della specie.

I Modelli di Valutazione Ambientale si configurano come strumenti gestionali utili per prevedere un'ulteriore espansione territoriale della specie. Tuttavia approfondire le indagini sulla distribuzione reale della marmotta permetterebbe di sfruttare al meglio i modelli prodotti ed effettuare eventuali scelte gestionali mirate. Queste considerazioni non interessano solamente la marmotta ma anche altre entità faunistiche ad essa connesse tra cui due importanti specie di interesse comunitario: pernice bianca e aquila reale. A titolo di esempio si pensi che la pernice bianca negli ultimi anni ha mostrato un *trend* negativo diffuso su tutto l'Arco Alpino e solo in tempi recenti è stata accertata la predazione delle uova di pernice da parte della marmotta (Scherini e Tosi, 2003). Conoscere la distribuzione reale e potenziale della marmotta può quindi permettere di agire più efficacemente e prevenire l'impatto su specie a rischio di conservazione. Studi condotti nelle Alpi Orientali hanno evidenziato una relazione positiva tra marmotta e aquila reale, la quale è aumentata gradualmente negli ultimi anni anche grazie all'accrescimento delle popolazioni di marmotta (Borgo, 2009). Ulteriori indagini potrebbero inoltre consentire di approfondire le cause della differente distribuzione della specie tra due Massicci del Parco.

In sintesi i risultati ottenuti rappresentano un contributo per la conservazione e gestione della marmotta e delle specie ad essa connesse. Ciò sopra tutto in un'ottica di lungo periodo in relazione ai cambiamenti ambientali e alle attività antropiche che interessano l'Arco Alpino e il suo ecosistema.

ALLEGATO

Scheda di campo

Id scheda (solo ufficio fauna) _____

DISTRIBUZIONE DELLA MARMOTTA ALPINA NEL PARCO NATURALE ADAMELLO BRENTA: SCHEDA DI RILEVAMENTO

Data: _____ Rilevatore: _____

Innevamento dell'area: 0/4 1/4 2/4 3/4 4/4

Vento: assente; debole; medio; forte Nebbia: assente; debole; a banchi; fitta

Precipitazioni: assenti; pioggia; nevischio; neve

Descrizione del nucleo familiare

Coordinate GPS (specificare quale GPS è stato usato e nome del waypoint preso) o nome del punto in carta (carta monitoraggio occasionale): _____

Ora di avvistamento: _____

Distanza di avvistamento: _____

Tipo di indice rilevato (barrare anche più elementi):

emissioni sonore; osservazione diretta; tane utilizzate tane in disuso

Le marmotte individuate sono state allarmate?

<input type="checkbox"/> sì, dalla nostra presenza	<input type="checkbox"/> no
<input type="checkbox"/> sì, da altri fattori (specificare nelle note)	

Struttura del nucleo familiare individuato (solo nel caso si abbia al certezza di avere osservato tutti gli individui della famiglia)

N adulti: _____; N subadulti: _____; N piccoli: _____; N indeterminati: _____

% Clasti: _____; Quota rilevata: _____

Breve descrizione della tipologia ambientale nell'intorno di 100 m² dalla tana:

Altre specie osservate (indicare indice rilevato: fatte, osservazione diretta, segni di presenza, tracce):

uccelli (rapaci diurni, rapaci notturni, tetraonidi, corvidi):

_____	→ Coordinate GPS (o punto in carta): _____
_____	→ Coordinate GPS (o punto in carta): _____
_____	→ Coordinate GPS (o punto in carta): _____
_____	→ Coordinate GPS (o punto in carta): _____
_____	→ Coordinate GPS (o punto in carta): _____

mammiferi (mustelidi, canidi):

_____	→ Coordinate GPS (o punto in carta):	_____
_____	→ Coordinate GPS (o punto in carta):	_____
_____	→ Coordinate GPS (o punto in carta):	_____
_____	→ Coordinate GPS (o punto in carta):	_____
_____	→ Coordinate GPS (o punto in carta):	_____

Note comportamentali e/o caratteristiche morfologiche (relative ad altre specie):

Note generiche (comportamento, relazioni inter/intra specifiche, interazione con l'ambiente, particolarità della tana o ambientali):

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., 2006. La reintroduzione della marmotta alpine nel Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi, Sintesi dello studio di fattibilità. Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi.
- AA.VV., 2007. Piano faunistico. Parco Naturale Adamello Brenta, Strembo, (TN). [online] URL: http://www.pnab.it/fileadmin/parco/documenti/pf_testo.pdf (19/01/2015).
- AGNELLI P., 2009. *I Chiroteri di Sasso Fratino*. In: Bottacci A. La Riserva Naturale Integrale di Sasso Fratino: 1959-2009. 50 anni di conservazione della biodiversità. Corpo Forestale dello Stato, Ufficio Territoriale per la Biodiversità di Pratovecchio, pp. 202-206.
- ALLAINÉ D., BRONDEX F., GRAZIANI L., COULON J., TILL-BOTTRAUD I., 2000. Male-biased sex ratio in litters of alpine marmots supports the helper repayment hypothesis. *Behav. Ecol.*, 11(5): 507-514.
- ALLAINÉ D., RODRIGUE I., LE BERRE M., RAMOUSSE R., 1994. Habitat preferences of Alpine marmots *Marmota marmota*. *Canadian Journal of Zoology*, 72: 2193-2198.
- AMORINI G., CONTOLI L., NAPPI A., (a cura di) 2008. *Fauna d'Italia - Mammalia - Erinaceomorpha, Soricomorpha, Lagomorpha, Rodentia*. Vol. II. Edizioni Calderini (BO).
- ARMITAGE K.B., 1962. Social behavior of a colony of the yellow-bellied marmot (*Marmota flaviventris*). *Anim. Beha.*, 10: 319-331.
- ARMITAGE K.B., 1981. Sociality as a life-history tactic of ground squirrels. *Oecologia*, 48: 36-49.
- ARMITAGE K.B., 1988. Resources and social organization of ground-dwelling squirrels. In: Slobodchikoff C.N. (a cura di), *The ecology of social behavior*. Acad. Press., New York, 131-155.
- ARMITAGE K.B., 2014. *Marmot Biology, Sociality, Individual Fitness, Population Dynamics*. Cambridge University Press. Cambridge (UK).
- ARNOLD W., 1988 Social thermoregulation during hibernation in alpine marmots (*Marmota marmota*). *Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology*, 158: 151-156.

ARNOLD W., 1990. The Evolution of Marmot Sociality: I. Why Disperse Late?. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 4: 229-237.

ARNOLD W., 1993. Social evolution in marmots and the adaptative value of joint hibernation. *Verh. Dtsch. Zool. Ges.*, 86 (2) : 79-93.

ARNOLD W., HELDMAIER G., ORTMANN S., POHL H., RUF R., STEINLECHNER S., 1991. Ambient temperature in hibernacula and their consequences for Alpine marmots (*Marmota marmota*). *Journal of Thermal Biology*, 16: 223-226.

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

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

BARASH D.P., 1989. *Marmots, Social Behavior and Ecology*. Standford University Press. Standford, California.

BARBIERI F., CALDONAZZI M., PEDRINI P., ZANGHELLINI S., 1994. *Gli anfibi ed i rettili del Parco Naturale Adamello Brenta riconoscimento, distribuzione, habitat, abitudini*. Parco Naturale Adamello Brenta, Strembo (TN).

BARBIERI F., CALDONAZZI M., VOLCAN G., TORBOLI C., ZANGHELLINI S., MARSILLI A., 1997. *Distribuzione della marmotta nel Parco Adamello - Brenta*. Parco Naturale Adamello Brenta (TN).

BASSANO B., DURIO P., GALLO ORSI U., MACCHI E., (a cura di) 1992. *Proceedings of 1st Int. Symp. On Alpine Marmot and gen. Marmota*. Torino.

BASSANO B., PERACINO V., MONTACCHINI F., 1996. Composition du régime alimentaire et habitudes alimentaires dans un groupe familial de marmotte alpine (*Marmota marmota*) - Données préliminaires. In : Le Berre M., Ramousse R., Le Guelte L. (a cura di), *Biodiversité chez les marmottes / Biodiversity in marmots*. International Marmot Network, Moscow-Lyon: 276.

BONESI L., LAPINI L., GREGORI G., 1996. Temporal analysis of activities in Alpine marmot (*Marmota marmota* L.). In: Le Berre M., Ramousse R., Le Guelte L., *Biodiversity in Marmots*. International Marmot Network. Mosca-Lione: 149-156.

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

BORGO A., 2009. *L'aquila reale*. Parco delle Dolomiti Friulane. I libri del parco, 5: 191.

BOSELLINI A., CASTELLARIN A., DAL PIAZ G.V., NARDIN M., 1999. *Carta Litologica dei Lineamenti Strutturali del Trentino*. Servizio Geologico della Provincia Autonoma di Trento.

- BURNHAM K., ANDERSON D. 1998. *Model Selection and Inference: a Practical Information-Theoretic Approach*. Springer-Verlag, New York.
- BURNHAM K., ANDERSON D. 2002. *Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach*, second ed. Springer-Verlag, New York.
- CALDONAZZI M., PEDRINI P., ZANGHELLINI S., BARBIERI F., 1994. *Gli uccelli del Parco Naturale Adamello Brenta*. Documenti Parco Adamello Brenta, Strembo (TN).
- CAMPEDELLI T., LONDI G., CUTINI S., TELLINI FLORENZANO G., 2014. *Monitoraggio della chiroterofauna nel Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, analisi della distribuzione e delle esigenze ecologiche delle specie*. D.R.E.Am. Italia, Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi. Inedito.
- CAMPEDELLI T., TELLINI FLORENZANO G., DE CARLI E., BUVOLI L., LONDI G., 2009. Relazioni tra agricoltura e passeri nel paesaggio italiano, desunte dal progetto MITO 2000. *Ecologia Urbana*, 21 (1): 21-25.
- CAMPESTRINI C. 1990. La salvaguardia delle risorse e la scelta ecologica in Trentino. In Flaim S. (a cura di), *Incontri col Parco*. Edizioni Arca, Trento: 15-29.
- CASTIGLIONI R., FAVARON M., 2003. Selezione dell'habitat e caratterizzazione di alcuni sistemi di tana di marmotta alpina (*Marmota marmota*, L. 1758) in Valassina orientale. *Hystrix. It. J. Mamm.* (n.s.) supp.. IV Congr. It. Teriologia.
- CAVEDON M., 2013. *Progetto monitoraggio faunistico mirato: analisi dei dati dal 2005 al 2012*. Ricerche del Parco Naturale Adamello Brenta.
- DAL PIAZ G.B., VETTORI L., VIDI R., 1973. Fauna. In: Tomasi G. (a cura di), *L'ambiente naturale e umano dei parchi in Trentino*. Provincia Autonoma di Trento: 195-289.
- DEL MORAL R., 1984. The Impact of the Olympic Marmot on Subalpine Vegetation Structure. *American Journal of Botany*, 9: 1228-1236.
- ELITH J., GRAHAM C.H., ANDERSON R.P., DUDI'K M., FERRIER S., GUISAN A., HIJMANS R.J., HUETTSMANN F., LEATHWICK J.R., LEHMANN A., LI J, LOHMANN L.G., LOISELLE B.A., MANION G., MORITZ C., NAKAMURA M., NAKAZAWA Y., OVERTON J.M., PETERSON A.T., PHILLIPS S.J., RICHARDSON K., SCACHETTI-PEREIRA R., SCHAPIRE R.E., SOBERO 'N J., WILLIAMS S., WISZ M.S., ZIMMERMANN N.E., 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29: 129-151.
- FERRARI G., 2014. *La marmotta alpina (Marmota marmota) nel Parco Naturale Adamello Brenta: dai rilievi di campo ai modelli predittivi*. Tesi di Laurea Triennale discussa presso la Facoltà di Agraria e Medicina Veterinaria dell'Università degli Studi di Bologna, A.A. 2013/2014.

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

FIELDING A.H., BELL J.F. (1997). A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Cons.* 24: 38–49.

FRANZETTI B., FOCARDI S., 2006 - *La stima di popolazioni di ungulati mediante distance sampling e termocamera a infrarossi*. Min.Politiche Agricole, Alimentari e Forestali – INFS.

GAGLIARDI A., TOSI G. (a cura di), 2012. *Monitoraggio di Uccelli e Mammiferi in Lombardia. Tecniche e metodi di rilevamento*. Regione Lombardia, Università degli Studi dell’Insubria, Istituto Oikos.

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

GARIN I., ALDEZABAL A., HERRERO J., GARCÍA-SERRANO A., REMÓN J.L., (2008) Diet selection of the alpine marmot (*Marmota m. marmota* L.) in the Pyrenees. *Revue d’Écologie (Terre et Vie)* 63: 383– 390.

GIBOULET O., (2000). *Processus de colonisation et de sélection de l’habitat chez la Marmotte Alpine (Marmota marmota L. 1758)*. Thèse de doctorat, Université Claude Bernard, Lyon. [online] URL: <http://marmota.cons-dev.org/marm/MARM/PUBNET/Theses/GIBOULET/giboulet.html> (28/01/2015).

GIBOULET O., CHEVRET P., RAMOUSSE R., CATZEFLIS R., 1997. DNA/DNA hybridization evidence of the recent origin of marmot and ground squirrels (Rodentia: Sciuridae). *J. Mamm. Evol.*, 4(4): 271-284.

GROFF C., BRAGALANTI N., RIZZOLI R., ZANGHELLINI P. (a cura di), 2014. “Rapporto Orso 2013 del Servizio Foreste e fauna della Provincia Autonoma di Trento”. [online] URL: http://www.orso.provincia.tn.it/binary/pat_orso/rapporto_orso/rapportoORSO_2013.1393846430.pdf (23/01/2015).

GROFF C., DALPIAZ D., FRAPPORTI C., RIZZOLI R., ZANGHELLINI P., (a cura di), 2011. “Rapporto orso del Servizio Foreste e Fauna della Provincia Autonoma di Trento”. [online] URL: http://www.orso.provincia.tn.it/binary/pat_orso/rapporto_orso/Rapporto_Orso_2010.1362565430.pdf (19/01/2015).

GUISAN A., GRAHAM C.H., ELITH J., HUETTMANN F., 2007. Sensitivity of predictive species distribution models to change in grain size. *Diversity and Distributions*, 13: 332-340.

GUISAN A., ZIMMERMANN N.E., 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135:147-186.

- HERRERO J., ZIMA J., COROIU I., 2008. *Marmota marmota*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. [online] URL: www.iucnredlist.org (22/01/2015).
- ISPRA-ex APAT, 2000. *Uso del suolo CORINE*. Progetto Europeo *CORINE Land Cover*.
- IUCN, 2015. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. [online] URL: www.iucnredlist.org (30/01/2015).
- JACOBS J., 1974. Quantitative measures of food selection. *Oecologia*, 14: 413-417.
- LENTI BOERO D. 2001. Occupation of hibernacula, seasonal activity, and body size in a high altitude colony of Alpine marmot (*Marmota marmota*). *Ethology Ecology and Evolution*, 13: 209-223.
- LENTI BOERO D., 1989. *La comunicazione d'allarme nella marmotta alpina (Marmota marmota): esempio di comunicazione referenziale*. Tesi di Dottorato in psico-biologia, Università degli Studi di Milano, a.a. 1988-1989.
- LEVIN S.S., 2005. Self-organization and emergence of complexity in ecological system. *BioScience*, 55(12): 1075-1079.
- LOCATELLI R., PAOLUCCI P., 1998. *Insettivori e piccoli roditori del Trentino*. Provincia Autonoma di Trento, Parco Naturale Adamello Brenta, Parco Naturale Paneveggio Pale di San Martino, Museo Tridentino di Scienze Naturali. Collana Naturalistica n° 7. Trento.
- LUINI P.V., 1990. Indagine conoscitiva sulla marmotta alpina nel Parco Naturale di Paneveggio-Pale di San Martino. In: Ferrari C., Zoanetti R. (a cura di), Nuovi contributi di ricercasu: aquila reale, gallo cedrone, coturnice alpina, marmotta alpina. Provincia Autonoma di Trento, atti del convegno San Michele all'Adige, 9 novembre: 33-67.
- MANN C.S., JANEAU G, 1988. Occupation de l'espace, structure sociale et dynamique d'une population de marmottes des alpes (*Marmota marmota* L.). *Giber Faune Sauvage*, 5: 427-445.
- MANN C.S., MACCHI E., JANEAU G., 1993. Alpine Marmot (*Marmota marmota*, L.). *Ibex Journal of Mountain Ecology*, 1:17.
- MARTINOLI A., PREATONI D. G., TOSI G., 2001. Presenza e distribuzione dei pipistrelli (*chiroptera*) nel Territorio del Parco Naturale Adamello Brenta. Parco Naturale Adamello Brenta, Strembo (TN). [online] URL: http://www.pnab.it/uploads/media/Relazione_Finale_chirotteri_pnab.pdf (19/01/2015).
- MASSOLO A., MERIGGI A., 2007. I modelli di valutazione ambientale per le potenzialità faunistiche: aspetti metodologici e stato in Italia. In: Lucifero M., Genghini M. (a cura di), *Valorizzazione agro-forestale e faunistica dei territori collinari e montani*. INFS, MIPAF, St.e.r.n.a., Toscanella di Dozza (BO): 43-58.
- MASSOLO, A., MERIGGI, A., 1995. Modelli di valutazione ambientale per la Gestione faunistica. *Ethology Ecology & Evolution*, Suppl. n. 1.

- MERIGGI A., NELLI L. (a cura di), 2012. *Aggiornamento dei modelli di vocazionalità per i galliformi alpini*. Università degli Studi di Pavia. Progetto n°88 Galliformi alpini, Regione Piemonte.
- MINELLI A., 2002. *La fauna in Italia*. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio. Touring Editore (MI).
- MORRISON M.L., MARCOT B.G., MANNAN R.W., 1998. *Wildlife-habitat relationships: concepts and applications*. Second ed. University of Wisconsin Press, Madison.
- MORRISON P., GALSTER W., 1975. Patterns of hibernation in the arctic ground squirrel. *Can. J. Zool.*, 53: 1345-1355.
- MUSTONI A., 2004. *L'orso bruno sulle Alpi*. Litotipo Anaune, Fondo (TN).
- MUSTONI A., 1998 bis. *Indagine sulla capacità faunistica del comprensorio alpino della Valle Sabbia per quattro specie di ungulati – Caratterizzazione per Unità Territoriali*. Relazione finale. Provincia di Brescia, Settore Agricoltura, Caccia, Pesca, Sport e Tempo Libero.
- MUSTONI A., CHIOZZINI S., CHIRICHELLA R., ZIBORDI F., 2008. Distribuzione reale e potenziale di ungulati e galliformi in Provincia di Trento. Relazione interna Servizio Foreste e Fauna, Provincia Autonoma di Trento.
- ODASSO M., 2002. *I tipi forestali del Trentino: catalogo, guida al riconoscimento, localizzazione e caratteristiche ecologico-vegetali*. Centro di Ecologia Alpina (TN).
- OSTI F., 1988. La fauna del Trentino. In: Boato S., Arrighetti A., Osti F., *Parchi e riserve naturali del Trentino*. Temi Editrice (TN).
- PAPES M., GAUBERT P., 2007. Modelling ecological niches from low numbers of occurrences: assessment of the conservation status of poorly known viverrids (Mammalia, Carnivora) across two continents. *Diversity and Distributions*, 13: 890-902.
- PATProvincia Autonoma di Trento, 2010. Prima revisione del Piano faunistico provinciale. (Art. 5 L.P. 9 Dicembre 1991, n°24).
- PEARSON R.G., RAXWORTHY C.J., NAKAMURA M., PETERSON A.T., 2007. Predicting specie distribution from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography*, 34: 102-117.
- PEDROTTI F., 1999. *Carta della vegetazione del Parco Naturale Adamello Brenta*. Studio non pubblicato. Parco Naturale Adamello Brenta, Strembo (TN).
- PEDROTTI F., 2005. Vegetazione. In: Sartori G., Mancabelli A., Wolf U., Corradini F., *Atlante dei suoli del Parco Naturale Adamello Brenta Suoli e paesaggi*. Museo Tridentino di Scienze Naturali, Trento. Pp. 13-15.
- PEDROTTI F., 2008. *Notizie storiche sul Parco Naturale Adamello Brenta*. Tipografia editrice TEMI s.a.s., Trento.

- PELLICCIOLI F., FERRARI C. 2013. The use of point transects Distance Sampling to estimate the density of Alpine marmot in the Gran Paradiso National Park. *Journal of Mountain Ecology*, 9.
- PERRIN C., ALLAINÉ D., LE BERRE M., (1993). Socio-spatial organization and activity distribution of the Alpine Marmot *Marmota marmota*: Preliminary results. *Ethology* 93, 21-30.
- PETERSEN C.G.J., 1896. *The yearly immigration of young plaice into the Limfjord from the German sea*. Rep. Dan. Biol. Station 1895, 6: 1-77.
- PETERSON A.T., PAPEŞ M., EATON M., 2007. Transferability and model evaluation in ecological niche modelling: a comparison of GARP and Maxent. *Ecography*, 30: 550-560.
- PHILLIPS S.J., ANDERSON R.P., SCHAPIRE R.E., 2006. Maximum entropy modelling of species geographic distribution. *Ecological Modelling* 190: 231-259.
- PHILLIPS S.J., DUDÍK M., 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31: 161-175.
- PHILLIPS S.J., DUDÍK M., SCHAPIRE R.E., 2004. *A Maximum Entropy Approach to Species Distribution Modeling*. Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning, Banff, Canada: 655-662.
- PIGNATTI S., 1998. *I Boschi d'Italia, Sinecologia e Biodiversità*. Ed.UTET, Torino.
- PIGOZZI G., 1984. The den system of the alpine marmot (*Marmota marmota marmota*) in the National Park of Stelvio, Northern Italy. *Z. Säugetierk.*, 49:13-21.
- PREATONI D.G., PEDROTTI L., 1997. I modelli di valutazione ambientale (MVA) come strumento per la pianificazione faunistica. *Suppl. Ric. Biol. Selvaggina*, 27:97-121.
- PRIORI P., SCARAVELLI D., 2011. Variabili paesaggistiche nella scelta territoriale della marmotta alpina (*Marmota marmota*) nel Parco Regionale della Lessinia (VR) (*Rodentia – Sciuridae*). *Boll. Mus. St. Nat. Venezia*, suppl 61: 293 - 299
- RAES N., TER STEEGE H., 2007. A null-model for significance testing of presence-only species distribution models. *Ecography*, 30: 727-736.
- RANGHETTI L., 2009. *Eco-etologia della marmotta alpina (Marmota marmota L.): distribuzione spaziale e temporale delle attività*. Tesi di Laurea in Scienze Naturali, Università degli studi di Pavia, A.A. 2008/2009.
- ROSCIONI F., RUSSO D., DI FEBBRARO M., FRATE L., CARRANZA M.L., LOY A., 2013. Regional-scale modelling of the cumulative impact of wind farm on bats. *Biodiv. Conserv.* 22: 1821-1835.
- SARZO A., 2012. Geologia. In: Degasperis F. (a cura di), *Naturalmente trentino: i paesaggi, la natura, i luoghi*. Società degli Alpinisti tridentini: 225-233, 403-409.

- SCHERINI G.C., TOSI G., 2003. *La pernice bianca in Lombardia, biologia e gestione faunistico-venatoria*. Regione Lombardia, Servizio Faunistico.
- SCOTT J.M., HEGLUND P.J., MORRISON M., HAUFLE J.B., WALL W.A. (a cura di), 2002. *Predicting species occurrences: issues of accuracy and scale*. Island press. Washington, DC.
- SIMONETTA A.M., DESSÌ-FULGHERI F., 1998. *Principi e tecniche di gestione faunistico-venatoria*. Greentime, (BO).
- SMIRAGLIA C. 1992. *Guida ai ghiacciai e alla glaciologia*. Zanichelli, Bologna: 243.
- SPAGNESI M., DE MARINIS A.M. (a cura di), 2002. *Mammiferi d'Italia*. Quad. Cons. Natura, 14, Min. Ambiente - Ist. Naz. Fauna Selvatica.
- STEBBINS R.C., AKHVERDYAN M.R., LYAPUNOVA E.A., FRESER D.G., VORONTSOV N.N., HOFMANN R.S., BRAUN M.J., 1999. Molecular phylogeny of the marmot (*Rodentia: Sciuridae*): test of evolutionary and biogeographic hypotheses. *Syst. Biol.*, 48(4): 715-734.
- STORER T.I., STEBBINS R.C., USINGER R.L., NYBAKKEN J.W., 1982. *Zoologia* (ed. italiana a cura di Brignoli P.). Zanichelli (BO).
- TELLINI FLORENZANO G., CAMPEDELLI T., LONDI G., DESSÌ FULGHERI F., GUSMEROLI E. 2008. *Idoneità ambientale a scala vasta per specie di interesse per la conservazione, ottenuta a partire da dati di sola presenza con algoritmi di massima entropia (MaxEnt)*. Ecologia e Governance del Paesaggio. Esperienze e prospettive. Atti X SIEP-IALE, Bari.
- THORINGTON R.W., HOFFMANN R.S., 2005. Family Sciuridae. In Wilson D. E., Reeder D. M. 2005. *Mammal Species of the World. A Taxonomic and Geographic Reference (3rd ed)*. Johns Hopkins University Press. Baltimora: 754-818.
- TOMASI G., 1973. Laghi. In: Tomasi G. (a cura di), *L'ambiente naturale e umano dei parchi in Trentino*. Provincia Autonoma di Trento: 91-134.
- TOMASI G., 1990. Aspetti naturalistici. In: Flaim S. (a cura di), *Incontri col Parco*. Edizioni Arca, Trento: 31-40.
- WARNG G., 1966. Sounds and communication of the yellowbelied marmot (*Marmot flaviventris*). *Anim. Behav.*, 14: 177-183.
- ZANGHELLINI S., DA TRIESTE F., 1990. Flora del Parco: origine e caratteristiche. In: Flaim S. (a cura di), *Incontri col Parco*. Edizioni Arca, Trento: 55-61.
- ZELENKA G. 1965. Observations sur l'ecologie de la marmotte des Alpes. *La terre et la vie*, 19: 238-256.
- ZIMINA R.P., GERASIMOV I.P., 1973. The periglacial expansion of marmot (*Marmota*) in middle Europe during late pleistocene. *J. Mamm.*, 54(2): 327-340.

RINGRAZIAMENTI

Giunta alla conclusione del mio percorso di studi desidero ringraziare la Prof.ssa Nocentini e il Prof. Tellini che mi hanno seguito durante quest'ultimo anno e questo lavoro. Essi mi hanno dato la possibilità di approfondire le tematiche che sono di mio interesse e mi hanno seguito sia da vicino che da lontano con costante supporto.

Un ringraziamento particolare va all'Ufficio Fauna del Parco Naturale Adamello Brenta. Per primo vorrei ringraziare Andrea Mustoni per avermi accolto come tesista e per avermi dato la possibilità di vivere questa esperienza. Un sincero grazie per gli utili consigli, per avermi sempre indirizzato nel mio lavoro di tesi e per avermi fornito insegnamenti preziosi per il mio futuro professionale. Grazie a Filippo Zibordi per le sue importanti indicazioni, per la sua disponibilità e per la sua allegria e ironia che rendono più leggero il lavoro in ufficio. Grazie in particolare a Marco Armanini per avermi sostenuta, seguita e aiutata durante tutta la tesi. Grazie a Michele Zeni per le belle e interessanti uscite in campo, per i consigli e il sostegno. Un grazie a tutti per avermi accolta, supportata e per avermi fatta lavorare in un clima positivo e sereno!

Grazie anche a Giulia Ferrari per il training di campo e Maria Antonia Serge per aver contribuito alla raccolta dei dati.

Ringrazio la mia famiglia che nonostante le incomprensioni varie, mi ha permesso di studiare e di raggiungere questo traguardo. Grazie a mia nonna dalla quale ho imparato cos'è la forza di volontà e che mi incoraggia ogni giorno a seguire i miei interessi.

Ringrazio Roberta, che mi è stata sempre vicina e dalla quale ho imparato tantissimo..soprattutto a cambiare punto di vista.

Un grazie speciale va a tutti i miei compagni di corso e amici con cui ho condiviso cinque bellissimi anni tra lezioni, esami, esercitazioni e momenti di svago e divertimento. Luca o meglio Lucapoli (il primo "compagno di banco" e amico all'università che mi ha incoraggiato a partire per questa avventura), Samba (che mi è stato vicino nell'ultimo anno), Elisa e Niccolò (con i quali ho preparato tutti gli esami di questa magistrale), Barbara (sempre piena di iniziative, stimoli e voglia di fare), Anna (che sarebbe dovuta arrivare prima), Alessandra, Fabbri, Giuse, Taullo, Moro, Giordano, Raluca, Sofia, Giuditta, Cristina, Neri, Letizia, Sara.

Ringrazio le amiche di sempre Serena e Tiziana, anche se le occasioni di vedersi

sono sempre meno, ogni volta che ci vediamo sembra che il tempo non sia passato.

Ringrazio anche gli amici più recenti con i quali ho condiviso bellissimi momenti ed esperienze. Marco e Michele, per le uscite fuori porta, le discussioni filosofiche, i momenti di svago, relax, serate e risate varie. Enrico, che ha animato ogni minuto delle giornate a Mavignola e “cantato” anche se era senza voce, e Daniele, perché eravamo felicemente convinti che la pallavolo femminile avesse vinto gli ultimi mondiali, e per tutte le volte che ha detto:”pasta al gorgo?”. Ringrazio poi Luca (ahò!!! che ha portato un po’ di aria romana), Alessandro (che ha aspettato con pazienza che Enrico e Luca cambiassero stanza) e Maelle (con la quale ho condiviso il primo periodo in Trentino e le attività di campo).