



**AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI SONDRIO**

*Ambiente Sviluppo Economico  
Servizio Agricoltura Caccia e Pesca*

**STUDIO SULL'ECOLOGIA DELLO  
SCOIATTOLO ROSSO (*Sciurus vulgaris*)  
IN AMBIENTE ALPINO**



*Rapporto finale*

**Luc Wauters, Heidi Hauffe, Guido Tosi**



**DBSF** Università degli Studi dell'Insubria  
**DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA  
STRUTTURALE E FUNZIONALE**  
VARESE  
*Unità di Biologia e Gestione della Fauna*

*Settembre 2001*



**AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI SONDRIO**

*Ambiente Sviluppo Economico  
Servizio Agricoltura Caccia e Pesca*

**STUDIO SULL'ECOLOGIA DELLO  
SCOIATTOLO ROSSO (*Sciurus vulgaris*)  
IN AMBIENTE ALPINO**

*Rapporto finale*

A cura di: **Luc Wauters\*** & **Heidi Hauffe\*\***

Supervisione scientifica: **Guido Tosi\*\*\***

\* Istituto Oikos – Viale Borri 148, 21100 Varese

\*\* Via Retta 22, 22030 Tovo S. Agata (SO)

\*\*\* Dipartimento di Biologia Strutturale e Funzionale,  
Università degli Studi dell'Insubria – Sede di Varese

*Settembre 2001*



## INDICE

Indice .....	I
<b>1 Introduzione .....</b>	<b>1</b>
1.1 Premessa.....	1
1.2 Dinamica di popolazione e organizzazione sociale dello scoiattolo europeo: ipotesi per le foreste alpine.....	3
1.3 Obiettivi .....	5
<b>2 Sistematica e distribuzione dello scoiattolo comune, <i>Sciurus vulgaris</i>.....</b>	<b>7</b>
2.1 Sistematica .....	7
2.2 Distribuzione .....	8
2.3 Ecologia dello scoiattolo europeo .....	9
2.3.1 Lo scoiattolo europeo: organizzazione sociale ed uso dell' <i>habitat</i> .....	9
2.4 Dieta.....	12
2.5 Frammentazione dell' <i>habitat</i> .....	14
2.6 Dinamica di popolazione e produzione di semi.....	15
2.6.1 Meccanismi densità dipendenti in popolazioni con densità elevata .....	16
2.6.2 Effetti della produzione di semi sulla dinamica di popolazione dello scoiattolo .....	17
<b>3 Aree campione.....</b>	<b>19</b>
<b>4 Materiali e metodi.....</b>	<b>21</b>
4.1 Descrizione della vegetazione arborea.....	21
4.2 Disponibilità di cibo: la produttività di semi delle conifere .....	22
4.2.1 Conteggio delle pigne .....	22
4.3 Disponibilità energetica .....	23
4.4 Monitoraggio della consistenza delle popolazioni di scoiattolo con l'ausilio di <i>hair-tube</i> .....	24
4.5 Studio della dinamica di popolazione .....	26
4.5.1 Trappolaggio e manipolazione degli scoiattoli .....	26
4.5.2 Attribuzione di classe d'età e stato riproduttivo .....	28
4.6 Parametri della popolazione.....	30
4.7 Radiotelemetria e analisi dell'uso dello spazio .....	31
4.8 Stima della disponibilità di cibo dell' <i>home range</i> .....	32
4.9 Analisi dei dati.....	33
4.9.1 Ampiezza della nicchia.....	33
4.9.2 Indice di selezione.....	33
4.9.3 Analisi genetiche .....	34
<b>5 Risultati e discussione .....</b>	<b>37</b>
5.1 Disponibilità di cibo .....	37
5.2 <i>Hair-tube</i> .....	40
5.3 Catture.....	43
5.3.1 Cedrasco.....	43

---

5.3.2 Oga .....	43
5.4 Densità.....	45
5.5 Sopravvivenza .....	47
5.6 Composizione della popolazione e immigrazione .....	48
5.7 Analisi della distribuzione e dinamica nelle foreste di conifere: il modello <i>source-sink</i> .....	51
5.8 Dati biometrici .....	52
5.9 Polimorfismo del manto.....	55
5.10 Riproduzione.....	57
5.11 Dati di <i>radiotracking</i> e analisi degli <i>home range</i> .....	58
5.11.1 Sovrapposizione di <i>home range</i> e <i>core-area</i> .....	61
5.12 Uso dell' <i>habitat</i> .....	63
5.12.1 Ampiezza della nicchia: specie di alberi .....	63
5.12.2 Selezione dell' <i>habitat</i> disponibile a livello di macrohabitat.....	63
5.12.3 Microhabitat: selezione delle specie di alberi.....	65
5.13 Diversità genetica delle due popolazioni studiate .....	68
<b>6 Conclusioni.....</b>	<b>71</b>
<b>7 Indicazioni gestionali .....</b>	<b>73</b>
7.1 Premessa.....	73
7.2 Monitoraggio a livello provinciale .....	74
7.2.1 Monitoraggio visivo.....	74
7.2.2 Monitoraggio con <i>hair-tube</i> .....	74
<b>8 Proposte operative e progettazione di nuove indagini .....</b>	<b>77</b>
<b>9 Ringraziamenti .....</b>	<b>79</b>
<b>10 Bibliografia .....</b>	<b>81</b>

## 1 INTRODUZIONE

### 1.1 PREMESSA

Lo scoiattolo comune o scoiattolo europeo (*Sciurus vulgaris* L.) è l'unico scoiattolo arboricolo autoctono in Europa. I tipi di *habitat* da lui preferiti sono:

- boschi misti di conifere;
- boschi misti di latifoglie e conifere;
- foreste alpine;
- boschi mediterranei;
- parchi suburbani.

La maggior parte del suo areale è coperta da estese foreste di conifere, principalmente nell'Europa settentrionale; ciò nonostante, sino ad ora, la specie non era stata ancora studiata nei tipici *habitat* alpini e il suo ruolo nell'ecosistema delle foreste alpine rimane poco conosciuto. Nutrendosi principalmente di semi di conifere ed immagazzinando le loro pigne, lo scoiattolo potrebbe avere un ruolo importante nel rinnovo naturale del bosco, in particolare potrebbe favorire la riproduzione di specie forestali che, per germogliare, necessitano dell'attività di immagazzinamento dei semi da parte degli animali, come ad esempio il pino cembro (*Pinus cembra*).

Inoltre lo scoiattolo risulta ampiamente presente nella dieta di predatori quali l'astore (*Accipiter gentilis*), la martora (*Martes martes*) e la volpe (*Vulpes vulpes*), presenti negli ambienti forestali alpini (Gurnell, 1987; Keith & Cary, 1991; Halliwell, 1997). Una contrazione delle consistenze dello scoiattolo potrebbe in tal senso aumentare la pressione predatoria dei consumatori secondari sopra citati anche su specie quali i Tetraonidi forestali (gallo forcello, francolino di monte, gallo cedrone) di elevato interesse non solo ecologico e conservazionistico, ma anche venatorio.

Non sono presenti, inoltre, dati sulla consistenza e la densità delle popolazioni di scoiattolo nelle diverse tipologie di foreste alpine, mentre i censimenti dei nidi indicano che gli animali sono presenti sia nelle foreste di abete che in quelle dominate dal larice (Biancardi *et al.*, 1998). Purtroppo, tali censimenti non permettono di calcolare la densità di popolazione di scoiattoli, né di confrontare i risultati in termini di abbondanza relativa, poiché questa metodologia non è adatta per tutte le tipologie di foresta.

Un ulteriore motivo per studiare l'ecologia dello scoiattolo in ambienti alpini, trae origine dalla finalità di conservazione a lungo termine della specie. Recentemente è stato dimostrato che, anche in Italia, la sopravvivenza di popolazioni di scoiattolo comune è minacciata dalla presenza dello scoiattolo grigio (Wauters *et al.*, 1997a,b). In Italia lo scoiattolo grigio (*Sciurus carolinensis*), una specie alloctona proveniente dal Nord America, che è stata introdotta in Piemonte (nel 1948) e in Liguria (nel 1966) (Currado *et al.*, 1997). In Piemonte, in tempi ancora recenti, la diffusione dello scoiattolo grigio era ristretta ad un'area di circa 350 km<sup>2</sup> a sud di

Torino, comprendente aree forestali residue, parchi e piantagioni di pioppo (Wauters *et al.*, 1997a,b). Una ricerca condotta nel 1998-1999 con l'ausilio di *hair-tube* ha tuttavia rivelato che la specie è in continua espansione verso le foreste prealpine in prossimità di Pinerolo (Genovesi & Bertolino, 2001). La diffusione dello scoiattolo grigio ha avuto come conseguenza l'estinzione dell'autoctono scoiattolo comune dalle aree di presenza della specie introdotta (Wauters *et al.*, 1997a), sia in Italia che in Gran Bretagna. Analisi compiute sfruttando modelli matematici prevedono inoltre un'ulteriore espansione in Italia (Genovesi & Bertolino, 2001; Lurz *et al.*, 2001).

Per tali motivi, la presenza della specie nordamericana costituisce una seria minaccia per la sopravvivenza a lungo termine dello scoiattolo comune, non solo nell'Italia settentrionale, ma potenzialmente in gran parte del suo areale nell'Europa centrale e occidentale dove l'*habitat* più diffuso risulta essere il bosco di latifoglie, l'*habitat* preferito dallo scoiattolo grigio (Gurnell & Pepper, 1993; Gurnell & Lurz, 1997), e boschi misti di latifoglie e conifere, dove lo scoiattolo grigio è presente in densità uguali o maggiori, rispetto a quelle tipiche per lo scoiattolo comune.

## 1.2 DINAMICA DI POPOLAZIONE E ORGANIZZAZIONE SOCIALE DELLO SCOIATTOLO EUROPEO: IPOTESI PER LE FORESTE ALPINE

In ambienti montani con risorse alimentari limitate e con un alto grado di variazione spaziale nella qualità ambientale, l'uso dell'*habitat* e l'organizzazione sociale degli animali residenti sono principalmente influenzati dalla distribuzione delle risorse "critiche" e dalla possibilità di difenderle (Andrewartha & Birch, 1954; Lomnicki, 1980; Wauters & Lens, 1995).

L'uso dello spazio e dell'*habitat*, specialmente nelle femmine adulte e riproduttive, non hanno influenza solo sulla variazione individuale del successo riproduttivo ma anche, complessivamente, sulla crescita e sulla densità della popolazione (Bujalska, 1973; Zammuto & Miller, 1985; Clutton-Brock *et al.*, 1987; Boyce & Boyce, 1988; Wauters & Dhondt, 1995; Wauters *et al.*, 1995; Wauters & Lens, 1995). Per gli ecologi è perciò molto interessante comprendere le relazioni tra variazione spaziale delle riserve di cibo, uso dello spazio (dispersione) e resa riproduttiva.

Lo scoiattolo comune è una specie che permette lo studio di queste relazioni ecologiche per i seguenti motivi:

- i semi degli alberi, la distribuzione e la disponibilità delle risorse "critiche", possono essere analizzati accuratamente a livello di ogni singolo *home range*;
- la dimensione corporea dell'animale, le abitudini diurne, la durata media della vita e il livello di densità delle popolazioni di scoiattolo (circa 0.2-2 ha<sup>-1</sup>), permettono analisi dettagliate della loro dinamica di popolazione e della loro organizzazione sociale, ovvero della loro vita (*life history*) (Smith, 1968; Havera & Nixon, 1978; Farentinos, 1979; Don, 1983; Gurnell, 1984; Wauters & Dhondt, 1992, 1995, 1998; Larsen & Boutin, 1994; Lurz *et al.*, 1997, 2000; Wauters *et al.*, 2000);
- nelle popolazioni di scoiattoli arboricoli oloartici, i processi demografici dipendono largamente dalle variazioni stagionali e autunnali nella produzione di semi degli alberi (Gurnell, 1983, 1987, 1996; Wauters & Dhondt, 1990, 1998; Wauters & Lens, 1995; Lurz & Garson, 1997).

La distribuzione spaziale delle risorse di cibo e il grado di eterogeneità nell'*habitat*, le variazioni temporali e la disponibilità del cibo, influenzeranno perciò fortemente costi e benefici associati alla dispersione e all'uso dello spazio. Le specie appartenenti al genere *Sciurus* hanno un sistema sociale che consiste nella sovrapposizione tra gli *home range* di diversi individui, con estesa sovrapposizione tra maschi e femmine e tra femmine adulte riproduttive. Vi sono anche diversi gradi di difesa intrasessuale di più piccole *core-area*, la cosiddetta territorialità intrasessuale (Donohoe & Beal, 1972; Farentinos, 1972; Havera & Nixon, 1978; Don, 1983; Wauters & Dhondt, 1992; Wauters *et al.*, 1994a, 1995; Wauters & Gurnell, 1999; Lurz *et al.*, 2000). Lo scoiattolo grigio è un'eccezione poiché in boschi decidui di alta qualità forma gruppi sociali con le figlie, che si stabiliscono nello stesso *home range* della madre, o nelle immediate vicinanze (Koprowski, 1996).

Gli scoiattoli arboricoli hanno un sistema di accoppiamento poliginico (Smith, 1968; Koford, 1982; Wauters *et al.*, 1990; Koprowski, 1992, 1993a,b,

1998) e l'uso dello spazio differisce spesso tra i sessi, poiché maschi e femmine, allo scopo di aumentare il successo riproduttivo, adottano strategie comportamentali diverse. In alcuni casi i due sessi mostrano anche un diverso uso delle risorse (Wauters & Dhondt, 1992, 1995; Koprowski, 1992, 1993a,b; Wauters *et al.*, 1994a, 1995).

Questa teoria è stata ben documentata per lo scoiattolo comune, comparando organizzazione sociale, uso dell'*habitat* e comportamento di dispersione. In Belgio, per popolazioni che si trovano in boschi di conifere e in boschi misti decidui (cosiddette "popolazioni stabili", Lurz *et al.*, 1997) e, nel nord dell'Inghilterra, in popolazioni che si trovano in piantagioni di conifere di qualità minore, caratterizzate da un alto grado di variazioni temporali e spaziali nella qualità dell'*habitat*, sono stati trovati riscontri a queste modalità comportamentali (Wauters & Dhondt, 1992, 1993, 1995, 1998; Wauters *et al.*, 1994b, 1995; Lurz & Garson, 1997; Lurz *et al.*, 1997, 2000).

### 1.3 OBIETTIVI

Lo scoiattolo comune viene sostituito dallo scoiattolo grigio verosimilmente a causa della competizione intraspecifica che si instaura tra le due specie per le stesse risorse (cibo e *home range*), che grava soprattutto sugli individui giovani (Wauters & Gurnell, 1999; Wauters *et al.*, 2000) e probabilmente attraverso la trasmissione di malattie, in particolare infezioni di *parapox virus* (Skelcher, 1997; Sainsbury *et al.*, 1997). I dati sulla distribuzione e sulla dinamica di popolazione di entrambe le specie, sembrano indicare che lo scoiattolo comune potrebbe essere favorito dalla presenza di vaste estensioni di boschi di conifere, essendo meglio adattato a nutrirsi dei semi di piccole dimensioni e difficili da estrarre di queste specie arboree (Lurz *et al.*, 1995; Kenward *et al.*, 1998).

Date queste premesse, nel caso non venisse intrapreso il processo di eradicazione dello scoiattolo grigio, i boschi alpini di conifere potrebbero costituire un caposaldo per lo scoiattolo comune per contenere una probabile espansione su larga scala di questa specie e rappresentare quindi l'unico *habitat*, in Italia e negli stati adiacenti, in cui lo scoiattolo europeo abbia qualche probabilità di sopravvivenza a lungo termine.

In relazione a tali premesse, gli obiettivi specifici della ricerca sono stati:

- raccogliere il maggior numero di informazioni sulla biologia dello scoiattolo comune, in particolare sull'uso dell'*habitat* e sull'organizzazione sociale (studiate mediante la tecnica del *radiotracking*);
- monitorare la produttività di semi delle varie specie di conifere, valutando nuove tecniche di conteggio;
- raccogliere dati sulla consistenza e la densità delle popolazioni studiate, tramite monitoraggio con *hair-tube* e mediante la tecnica di cattura-marcatura-ricattura;
- analizzare criticamente l'uso della metodologia di monitoraggio con gli *hair-tube*, in relazione alla possibilità di ottenere valori attendibili di densità che permettano di confrontare le stime di densità tra le diverse tipologie forestali alpine.



## 2 SISTEMATICA E DISTRIBUZIONE DELLO SCOIATTOLO COMUNE, *SCIURUS VULGARIS*

### 2.1 SISTEMATICA

***Sciurus vulgaris* Linneaus, 1758**

CLASSE: Mammalia

ORDINE: Rodentia

SOTTORDINE: Sciuomorpha

FAMIGLIA: Sciuridae

SOTTOFAMIGLIA: Sciurini

GENERE: *Sciurus* Linneaus, 1758

SPECIE: *Sciurus vulgaris* Linneaus, 1758

NOME COMUNE: Scoiattolo comune

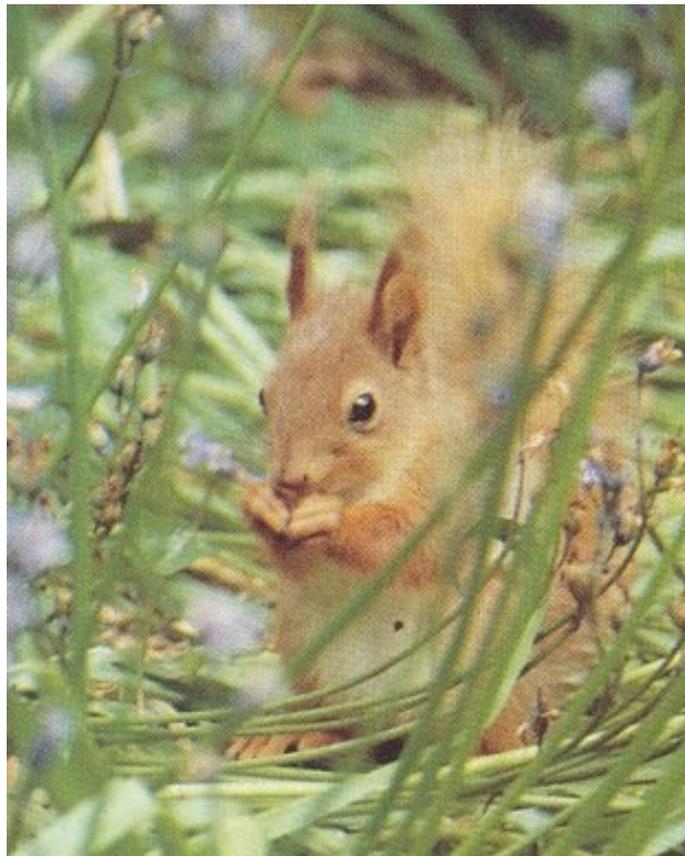


Figura 2.1 - Individuo di scoiattolo comune.

## 2.2 DISTRIBUZIONE

L'areale dello scoiattolo europeo (Figura 2.2) si estende, in direzione ovest-est, dall'Inghilterra al Giappone e in direzione nord-sud, dal Circolo Polare Artico al Mediterraneo, compreso il Caucaso. Questa specie di scoiattolo arboricolo è l'unica autoctona presente in Europa e nella maggior parte del Paleartico. Nella sua forma attuale, lo scoiattolo è comparso in Europa solo nel Pleistocene superiore, prima dell'ultima glaciazione (Gurnell, 1987).

In Italia è diffuso sulle Alpi e sugli Appennini, fino alla Calabria, dove si spinge sino alla fascia collinare. In pianura è pressoché assente a causa dell'eccessiva frammentazione del suo *habitat*; non è presente nelle isole.

L'introduzione in Inghilterra tra il 1876 e il 1930 e in Italia nel 1948 (in Piemonte) e nel 1966 (in Liguria) dello scoiattolo grigio, specie congenere di provenienza nordamericana, ha causato una forte e repentina diminuzione delle popolazioni di scoiattolo europeo ed ha provocato gravi danni a piantagioni di pino, a boschi di latifoglie e alle attività economiche ad essi legate (Gurnell, 1987; Wauters *et al.*, 1997a,b).

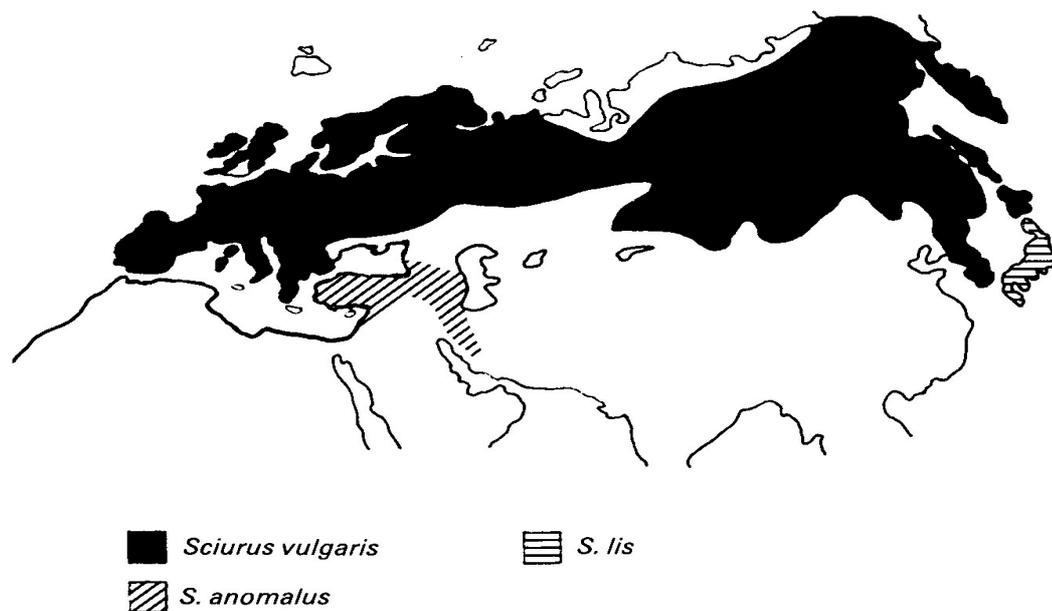


Figura 2.2 - Area di distribuzione dello scoiattolo comune (*Sciurus vulgaris*), indicato in nero.

## 2.3 ECOLOGIA DELLO SCOIATTOLO EUROPEO

### 2.3.1 LO SCOIATTOLO EUROPEO: ORGANIZZAZIONE SOCIALE ED USO DELL'*HABITAT*

Nelle specie con sistemi socio-sessuali promiscui o poliginici l'uso dell'*habitat* è spesso differente nei due sessi. Maschi e femmine non utilizzano le risorse nello stesso modo e adottano strategie diverse per incrementare il loro successo riproduttivo (Wauters *et al.*, 1990).

Lo scoiattolo europeo può essere ritrovato principalmente in tre tipi di *habitat*: boschi puri di conifere, boschi di latifoglie e boschi misti.

I dati ottenuti tramite tecniche di cattura-marcatura-ricattura e di *radiotracking* mostrano come l'ampiezza degli *home range* sia differente nei tre ambienti e come dipenda dal sesso, dalla stagionalità e dall'anno (Wauters & Dhondt, 1992). In letteratura si trovano principalmente dati riferiti a boschi puri.

Le dimensioni medie degli *home range* in *habitat* stabili sono le seguenti (Wauters & Dhondt, 1992):

MASCHI	FEMMINE
Bosco deciduo: 6,4 ha	Bosco deciduo: 4,8 ha
Bosco misto di conifere: 3,9 ha	Bosco misto di conifere: 2,8 ha

La dimensione dell'*home range* è risultata maggiore nei boschi di latifoglie rispetto ai boschi di conifere, e nei maschi rispetto alle femmine.

Nei boschi decidui la disponibilità di risorse alimentari varia in relazione alla zona ed al periodo dell'anno; ciò determina una differenza stagionale dell'ampiezza degli *home range* sia nei maschi sia nelle femmine.

Nei boschi di conifere, dove la dieta durante l'anno è più omogenea, gli individui di sesso maschile non modificano l'ampiezza dell'*home range* in base alle stagioni ma, piuttosto, in base ai diversi anni in relazione alla produttività del bosco. Negli individui di sesso femminile invece si registrano variazioni stagionali: infatti in primavera e in estate, periodo in cui devono assicurarsi cibo sufficiente allo svezzamento della prole, la dimensione degli *home range* risulta maggiore.

In entrambi gli *habitat* lo scoiattolo europeo utilizza una parte del proprio *home range* più frequentemente. Questa zona è chiamata *core-area* e generalmente occupa il 40-50% dell'estensione totale dell'*home range*. Anche l'ampiezza della *core-area* varia in dipendenza del sesso, della stagione e dell'anno.

In *habitat* variabili come le piantagioni di conifere, caratterizzate da forti variazioni spaziali e temporali nella disponibilità di semi (Spadeadam Forest, Inghilterra settentrionale) l'uso dell'*home range* e dell'*habitat* da parte dello scoiattolo è molto flessibile. I maschi tendono ad avere *home range* più ampi rispetto alle femmine, e le *core-area* delle femmine riproduttive sembrano essere esclusive (Lurz *et al.*, 2000). È stato riscontrato, inoltre, che una femmina adulta di

scoiattolo aumenta la dimensione del proprio *home range* e della propria *core-area* in zone di foresta dove il cibo è meno abbondante. In queste tipologie forestali la disponibilità di cibo varia considerevolmente da zona a zona, di conseguenza molti scoiattoli hanno *home range* multinucleari (Lurz & Garson, 1997). Al contrario, in boschi di conifere di alta qualità la maggior parte degli scoiattoli occupa *home range* mononucleari (Wauters & Dhondt, 1992).

È chiaro quindi che la disponibilità spaziale di semi influenza pesantemente la posizione e la dimensione dell'*home range*, e che gli scoiattoli tendono ad evitare *habitat* di scarsa qualità ed a concentrare la loro attività in zone diverse contenenti ricche riserve di cibo. In caso di necessità, uno scoiattolo tende a ricollocare il proprio *home range* altrove, in risposta alla presenza di una nuova disponibilità di semi (Lurz *et al.*, 1997).

In *habitat* stabili (pecceta) con elevata densità di animali, spostamenti dell'*home range* sono rari, e si verificano soltanto quando si libera nelle vicinanze un territorio con maggior quantità di cibo del precedente. Le zone occupate non vengono lasciati in eredità alla prole, e le femmine dopo questo spostamento aumentano la loro resa riproduttiva. Questo suggerisce che tale comportamento sia una risposta alle scarse condizioni riproduttive (Wauters *et al.*, 1995a).

In considerazione dei diversi tipi di *habitat* occupati dagli scoiattoli, si possono evidenziare diverse tendenze riguardanti l'immigrazione e lo spostamento della localizzazione dell'*home range* da parte degli individui di sesso femminile.

In un *habitat* variabile composto da conifere, la maggioranza degli animali emigra o sposta la posizione dell'*home range*. Studi tra le femmine adulte della popolazione che viveva in *habitat* variabile, il 38% è stato trovato in condizioni post-riproduttive (con capezzoli chiaramente visibili) e il 67% di quelle che avevano spostato l'*home range* avevano svezzato la prole, o avevano partorito nel precedente *home range*. Questo porta alla conclusione che la dispersione è molto più frequente quando gli scoiattoli si trovano in presenza di un *habitat* ampiamente eterogeneo (Cockburn, 1992).

Considerando i tassi di emigrazione, è stato evidenziato che sono maggiori in zone dove la produttività di cibo diminuisce drasticamente. Solo le femmine che hanno accesso a riserve di cibo continuamente disponibile rimangono nel loro *home range* iniziale; diversamente possono allargare o ricollocare il loro *home range* includendo zone con riserve di cibo più stabili, se zone di questo tipo sono disponibili nelle vicinanze o, ancora, possono abbandonare completamente il loro *home range* e cercare una nuova area. Di conseguenza il maschio ha due alternative per migliorare o assicurarsi il successo riproduttivo: rimanere nell'*home range* iniziale, aumentandone la dimensione durante il periodo riproduttivo, così da poter incontrare un numero maggiore di femmine in estro oppure spostare il proprio *home range*, seguendo gli spostamenti degli animali di sesso opposto.

In un ulteriore studio effettuato in Svezia, in foreste di conifere naturali, è stato evidenziato che le fluttuazioni delle popolazioni di scoiattolo europeo durante l'inverno sono fortemente correlate con la produzione di semi da parte dell'abete rosso (*Picea abies*), nell'anno precedente. Si è quindi dimostrato che le ricche riserve di cibo aumentano prima di tutto il tasso di sopravvivenza invernale e in secondo luogo il successo riproduttivo (Andrén & Lemnell, 1992).

Lo scoiattolo europeo è un animale arboricolo che trascorre la maggior parte del tempo sugli alberi e scende a terra per raccogliere i semi di cui si nutre; quando

due individui si incontrano durante il foraggiamento spesso mostrano comportamenti aggressivi (Wauters & Dhondt, 1989b; Wauters & Gurnell, 1999).

I rapporti sociali tra gli scoiattoli prevedono una scala sociale di dominanze in cui i maschi possono essere o dominanti su tutto o su una parte dell'*home range* di un altro maschio, oppure essere subordinati. Una femmina è dominante nella sua *core-area* rispetto ad altre femmine. Le femmine giovani, che non hanno ancora raggiunto l'età riproduttiva, sono subordinate. Il peso corporeo si è dimostrato un carattere fondamentale nella determinazione dei ranghi sociali, sia nei maschi che nelle femmine. Questo assume una notevole importanza soprattutto in caso di condizioni ambientali non favorevoli (Wauters & Dhondt, 1989a,b).

Per la segnalazione e la marcatura dei limiti territoriali, gli scoiattoli usano l'urina e le secrezioni ormonali.

## 2.4 DIETA

Una parte importante della ricerca viene dedicata alla analisi della disponibilità e alla qualità del cibo all'interno dell'area di studio. Queste caratteristiche dell'*habitat*, infatti, sono fattori determinanti nella vita dello scoiattolo poiché influenzano la biometria dell'animale (peso corporeo, lunghezza) fattore strettamente correlato con il successo riproduttivo, i rapporti sociali e la sopravvivenza dell'animale.

Durante i periodi in cui le risorse sono più abbondanti gli scoiattoli devono accumulare energia sotto forma di grasso e devono assicurarsi delle scorte di cibo per i periodi critici (Wauters & Dhondt, 1989a,b, 1992, 1995).

La dieta varia stagionalmente: in estate e in autunno gli scoiattoli si nutrono di diverse specie di semi di conifere e di latifoglie (Figura 2.3), che raccolgono e immagazzinano sotto terra per nutrirsi durante l'inverno e la primavera (tipo di cibo primario: castagne, nocciole, noci, semi di carpino, e di faggio, semi di pino silvestre e pino strobo, ecc.). In primavera alla dieta di semi immagazzinati vengono aggiunti germogli, gemme, fiori, funghi e larve di insetti (considerati tipi di cibo secondari) (Wauters & Dhondt, 1987).



**Figura 2.3 - Alcuni semi (nocciole, semi di girasole) utilizzati come esca nei punti di cattura.**

Anche il valore nutritivo degli alimenti varia nel corso dell'anno, in dipendenza delle diverse specie vegetali e delle varie aree geografiche. In generale, i diversi semi di cui si nutre lo scoiattolo presentano una elevata concentrazione in azoto seguito dal potassio e dal fosforo. Molto bassa è la concentrazione in sodio e in calcio: a questa carenza gli scoiattoli possono sopperire, integrando la dieta con cibo di derivazione animale (bruchi e larve), funghi e gemme.

La digeribilità dei semi è elevata (88% - 96%) se paragonata a quella delle foglie (60% - 70%). Tuttavia, lo scoiattolo comune ha problemi nella digestione delle ghiande; la loro digeribilità, infatti, varia in base al contenuto di tannino, differente nelle varie specie di quercia. Il tannino è una sostanza che si trova in molti tessuti delle piante e, formando dei complessi con le proteine, rende il gusto del cibo

spiacevole e ne diminuisce la digeribilità (tasso di assimilazione delle proteine) (Moller, 1983).

È stato inoltre dimostrato che la variazione della quantità di scorte di cibo influenza il successo riproduttivo del roditore. In conseguenza del fatto che le risorse energetiche (soprattutto in primavera) sono scarse, la maggior parte dell'energia necessaria alla riproduzione proviene dal cibo raccolto in precedenza. Gli individui che raccolgono e accumulano più risorse alimentari hanno maggior probabilità di sopravvivere e di riprodursi (Wauters & Casale, 1996).

Se le condizioni lo permettono le femmine si riproducono due volte in un anno (primavera ed estate), e da ogni parto nascono da due a quattro piccoli. Il totale delle femmine di una popolazione che entra in estro raggiunge un massimo, in anni favorevoli, del 70-90% e si limita al 30-40% se le risorse e il clima non sono ideali. La probabilità che una femmina entri in estro dipende dal peso corporeo e dal rango. Dopo la nascita della prole, le femmine allocano ancora molta energia per l'allattamento, per questo si stabiliscono in aree con alta disponibilità di cibo e limitano i loro spostamenti (Wauters & Dhondt, 1989a).

Precedenti studi hanno dimostrato che fattori ambientali quali il clima, la temperatura, la disponibilità delle risorse alimentari e la lunghezza del fotoperiodo, influenzano l'attività dello scoiattolo durante il corso dell'anno. Questo roditore diurno, infatti, ha modelli di attività che variano stagionalmente.

Come gli altri piccoli mammiferi lo scoiattolo si ritira nel nido quando è inattivo. Egli sfrutta due tipi di nido: il primo tipo, di forma sferica, viene costruito con materiale vegetale sulla sommità delle piante; il secondo tipo sfrutta le cavità situate sugli alberi (Wauters & Dhondt, 1988). I nidi vengono utilizzati per dormire la notte, per il riposo diurno, in caso di cattivo tempo e per accudire la prole. Ogni scoiattolo utilizza più nidi che ha in comune con altri individui. La variazione stagionale della disponibilità di cibo e della conseguente attività, influenza anche il numero di nidi utilizzati da ciascun animale. È stata rilevata una correlazione positiva tra sovrapposizione dell'*home range* e numero di nidi in comune tra due scoiattoli (Wauters & Dhondt, 1990).

## 2.5 FRAMMENTAZIONE DELL'*HABITAT*

In molti casi l'attività dell'uomo ha seriamente modificato le naturali condizioni dell'ambiente (spazi destinati alle coltivazioni, all'edilizia, alle industrie) provocando la frammentazione dell'*habitat*. In queste aree frammentate, dove al bosco si alternano spazi aperti, l'*home range* degli scoiattoli è caratterizzato dalla presenza di due o più *core-area* (*home range* multinucleare).

La frammentazione dell'*habitat* per un animale generalista, quale è lo scoiattolo, non rappresenta per certi aspetti un grosso rischio, infatti, tra le grandi aree uniformi e quelle frammentate, non ci sono significative differenze nel tasso riproduttivo, nella sopravvivenza e nell'organizzazione sociale. Tuttavia la densità degli scoiattoli adulti, nelle popolazioni delle grandi aree uniformi, è maggiore rispetto a quella della densità dei frammenti ed anche la variabilità genetica è maggiore nelle grandi aree.

È stato dimostrato che queste differenze derivano dal fatto che nelle grandi aree il tasso d'immigrazione è più alto, rispetto a quello delle aree frammentate. Pertanto, le piccole popolazioni isolate, che non ricevono immigrati, ossia nuovi geni, sono quelle che più facilmente possono estinguersi (Wauters *et al.*, 1994c).

## 2.6 DINAMICA DI POPOLAZIONE E PRODUZIONE DI SEMI

Il tasso riproduttivo densità-dipendente potrebbe essere la strategia adottata dagli individui di una popolazione che soffre di ridotta fecondità in caso di aumento della densità (Lack, 1954), o potrebbe essere il risultato di una più bassa proporzione di individui che vivono in ambienti favorevoli in momenti di alta densità (Andrewatha & Birch, 1954). Questo tasso di riproduzione densità-dipendente e la sua relazione con la produzione di risorse alimentari è stato studiato da Wauters e Lens (1995) in due popolazioni di scoiattoli residenti in diversi *habitat*: una foresta di conifere e una foresta decidua.

Il numero di scoiattoli subisce variazioni sia tra gli anni che all'interno dello stesso anno, e le fluttuazioni del numero sono maggiori nelle foreste decidue. Il numero di scoiattoli tipicamente aumenta in aprile-maggio e in settembre-ottobre, come risultato della riproduzione stagionale e dell'immigrazione. Tale numero, invece, diminuisce da giugno ad agosto e durante l'inverno (novembre-marzo) a causa dell'emigrazione e della mortalità.

Sia la densità totale della popolazione, che la densità degli individui adulti di sesso femminile varia più marcatamente nei boschi decidui rispetto a quelli di conifere. Quando le riserve di cibo sono scarse il numero degli scoiattoli nelle foreste composte da quercia e faggio è inferiore rispetto a quello delle foreste miste di conifere ma, dopo un periodo di elevata produzione di semi da parte del faggio diventa più alto.

Anche il tasso riproduttivo non differisce significativamente tra i due *habitat*, e la mortalità totale della prole in alcuni anni è più alta nei boschi decidui e in altri nei boschi di conifere. Questo contraddice l'idea secondo cui i boschi decidui sono *habitat* più poveri per gli scoiattoli europei (Kenward & Holm, 1993).

La diminuzione delle nascite e/o la mortalità della prole possono essere influenzate da diversi fattori:

- femmine adulte che non entrano in estro;
- femmine in estro che non partoriscono;
- femmine che non riescono a svezzare la prole;
- mortalità dei piccoli di femmine che si erano riprodotte con successo.

È stato analizzato l'effetto della disponibilità di cibo e della densità degli adulti su questi diversi fattori. Il fallimento riproduttivo delle femmine in estro, prima o dopo il parto, è il fattore principale che provoca la maggior parte della variazione stagionale e annuale del tasso riproduttivo.

Nei boschi di conifere, il numero di femmine in estro che non hanno partorito è correlato alla densità iniziale delle femmine, quindi è un fattore densità-dipendente.

L'abbondanza di semi di pino è correlata invece solo con la mortalità totale della prole: quest'ultima aumenta quando la produttività dei pini è bassa. Questo fattore è comunque correlato in maniera minore con la mortalità e/o natalità dei giovani rispetto al fattore precedente (femmine in estro non partorienti), suggerendo che per le popolazioni di scoiattolo comune con alta densità residenti in foreste di conifere, la perdita della prole a causa della densità ha un effetto più forte sulla

variazione annuale e stagionale del tasso riproduttivo rispetto alle variazioni legate all'abbondanza e/o scarsità del cibo.

Nei boschi decidui il solo fattore correlato alla densità iniziale delle femmine è il numero di individui femminili che non è entrato in estro (densità dipendente). La variazione di questo fattore è principalmente spiegata dalla variazione della proporzione di femmine occupanti territori poveri. Quando più femmine occupano *home range* con scarsa produzione di semi poche, tra queste, raggiungono la condizione di estro, probabilmente a causa delle non ottimali condizioni fisiche (basso peso corporeo) dovute alla scarsità di cibo (Wauters & Dhondt, 1989a). Quindi in zone con alta densità di femmine, una ridotta fecondità si verifica principalmente in individui che vivono in territori con basse riserve di cibo (Andrewartha & Birch, 1954). Inoltre, nel caso in cui nella stessa popolazione si trovi un elevato numero di femmine confinanti, con una conseguente elevata sovrapposizione degli *home range* (Wauters & Dhondt, 1992), una porzione maggiore di individui allattanti perde l'intera nidiata. Questo non si verifica quando la densità è bassa (quindi la sovrapposizione tra gli *home range* è minore). Nello stesso tempo il numero di femmine che non sono riuscite a partorire e che non hanno portato a termine lo svezzamento dei piccoli diminuisce con l'aumentare delle riserve di cibo.

Si può concludere che, in boschi decidui, la variazione nell'abbondanza di cibo è il fattore principale che causa variazioni stagionali e annuali nel tasso riproduttivo delle femmine di scoiattolo europeo. Anche in boschi di quercia e nocciolo in Gran Bretagna, il numero di piccoli per femmina adulta (tasso riproduttivo totale) di scoiattolo europeo e di scoiattolo grigio aumenta l'anno seguente ad una abbondante produzione di semi, ed è correlato negativamente con la densità delle femmine adulte (Kenward & Holm, 1993; Kenward *et al.*, 1998).

Considerando i rapporti tra individui di sesso maschile e femminile in boschi decidui, solo il numero di femmine adulte che non entrano in estro è correlato con la densità dei maschi. Questo evidenzia il fatto che maschi e femmine rappresentano due entità sociali relativamente separate all'interno della stessa popolazione. Ciò era già stato proposto considerando la differenza nell'uso dello spazio tra maschi e femmine e l'importanza della competizione intrasessuale ma non di quella intersessuale nel comportamento di immigrazione (Wauters & Dhondt, 1992, 1993).

### **2.6.1 MECCANISMI DENSITÀ DIPENDENTI IN POPOLAZIONI CON DENSITÀ ELEVATA**

La proporzione di femmine in estro che partoriscono in boschi di conifere e la proporzione di femmine allattanti che svezzano i piccoli in boschi decidui, diminuisce quando la densità delle femmine aumenta.

Dipendenza dalla densità si troverà se:

- la qualità dell'*habitat* è diversa tra i territori;
- la densità varia in modo tale che gli animali usino i territori più poveri in alcuni anni ma non in altri.

Entrambe queste condizioni sono state riscontrate in femmine di scoiattolo europeo, infatti:

- i loro territori differiscono per la quantità del cibo che contengono, ed inoltre all'interno di un determinato territorio la disponibilità di cibo cambia negli anni (Wauters & Dhondt, 1992; Wauters *et al.*, 1995);
- durante alcuni anni, i territori caratterizzati da scarsa qualità sono evitati da tutte gli individui di sesso femminile, mentre in altri anni può accadere che una percentuale di femmine adulte anche maggiore del 60% si stabilisca in questo tipo di *habitat*.

Nei boschi di conifere, comunque, il numero di femmine in estro che non hanno partorito non è correlato con la variazione nel numero di femmine che occupano i territori più poveri, ma aumenta quando nella popolazione ci sono più femmine erranti senza un *home range* stabile.

Sebbene qualche volta entrino in estro, le femmine adulte erranti (*floaters*) non producono progenie (Wauters & Dhondt, 1992). Così, un incremento nella proporzione di femmine che non riescono a partorire quando molte femmine erranti sono presenti è un effetto diretto della densità delle femmine.

Le femmine adulte erranti possono interagire con quelle territoriali in due modi:

- sovrapponendo il loro *home range* a quello delle femmine territoriali, gli individui cosiddetti *floaters*, potrebbero aumentare la competizione per il cibo, provocando una perdita di energia nelle femmine riproduttive durante l'allattamento (Wauters & Dhondt, 1989a);
- i *floaters*, trovando dei piccoli in un nido potrebbero ucciderli durante il periodo di assenza della loro madre naturale.

Gli studi pregressi non forniscono dati sugli infanticidi tra gli scoiattoli ma, poiché nelle foreste di conifere l'acquisizione di un territorio può avvenire solo quando esso è disponibile (Wauters & Dhondt, 1993; Wauters *et al.*, 1995), si può ipotizzare che la prole di una femmina territoriale e le femmine erranti siano potenziali competitori.

Nei territori caratterizzati da alte densità di individui, quindi, molte delle femmine che hanno un successo riproduttivo nullo o scarso risultano essere *floaters*, oppure occupano territori con scarse risorse di cibo.

### **2.6.2 EFFETTI DELLA PRODUZIONE DI SEMI SULLA DINAMICA DI POPOLAZIONE DELLO SCOIATTOLO**

I dati sulla produzione di semi in foreste della Danimarca suggeriscono che l'indice di abbondanza di scoiattoli comuni è determinato dalla disponibilità di semi di faggio e di abete rosso (Jensen, 1990). Il numero di scoiattoli aumenta in modo significativo l'anno immediatamente seguente ad un periodo autunnale caratterizzato da un'elevata produzione di semi e diminuisce in conseguenza di un anno di bassa produzione. Questa ipotesi è stata anche confermata da studi condotti in Svezia, che hanno riscontrato una forte correlazione tra la densità invernale degli scoiattoli e la produzione di pigne di abete rosso nell'anno precedente (Andrén & Lemnell, 1992).

In uno studio effettuato in Belgio, è stato riscontrato come le femmine di scoiattolo non entrino in estro se la loro massa corporea è inferiore a 300 g (Wauters & Dhondt, 1989a). Un altro studio effettuato in Belgio in foreste di pino

(Wauters & Dhondt, 1990), ha inoltre messo in relazione l'abbondanza di cibo e la densità di animali con la sopravvivenza e la riproduzione. I risultati hanno evidenziato che:

- il numero di individui giovani svezzati da una singola femmina è correlato all'abbondanza di cibo;
- il numero di individui che entrano in estro e il numero di femmine che si riproducono con successo sono dipendenti dalla densità.

### 3 AREE CAMPIONE

Nel corso del primo anno della ricerca sono state identificate due aree campione (Wauters & Hauffe, 1999).

Entrambe le aree sono situate in Valtellina (in provincia di Sondrio) in una fascia vegetazionale di foresta montana.

La prima area campione, denominata con la sigla **SO1**, è situata in località Campelli nel comune di Cedrasco, rientrante nel territorio del Parco Regionale delle Orobie Valtellinesi (C.T.R. C3c3). Essa ha un'estensione di circa 67 ha con una escursione altitudinale che varia tra 1100 m s.l.m. e 1500 m s.l.m. (Figura 3.1). La struttura della vegetazione arborea è quella di una foresta mista matura composta da abete rosso (*Picea abies*) e abete bianco (*Abies alba*), con la presenza di rari individui di pino silvestre (*Pinus sylvestris*) e larice (*Larix decidua*).

La seconda area campione denominata **SO2** è situata in località Le Motte, nel comune di Oga (C.T.R. D1c5). Questa area ha una superficie di circa 63 ha con una escursione altitudinale che varia fra 1250 e 1450 m s.l.m. (Figura 3.2). La struttura è quella di un bosco maturo con dominanza di pino silvestre ed una presenza limitata di abete rosso e larice.

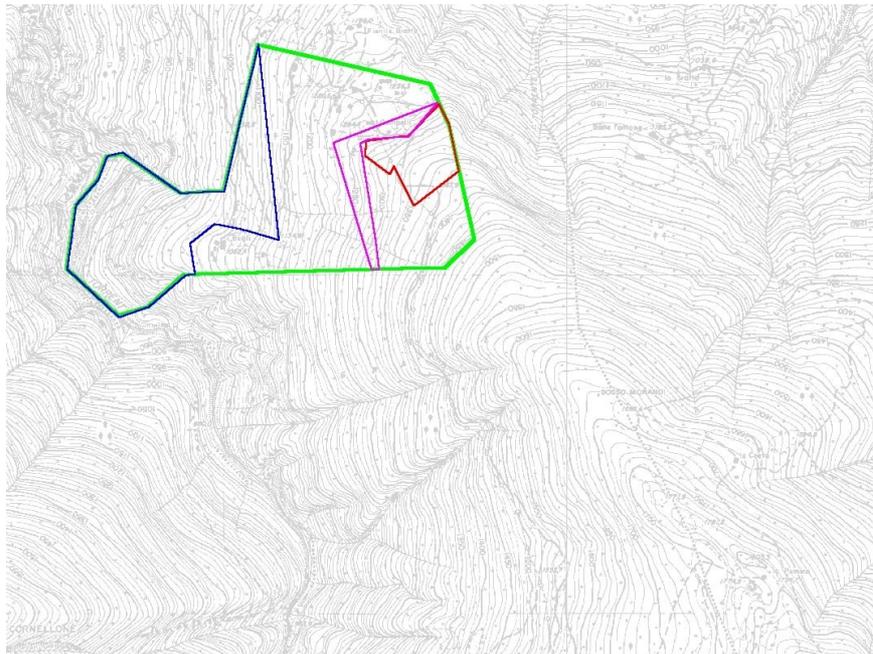
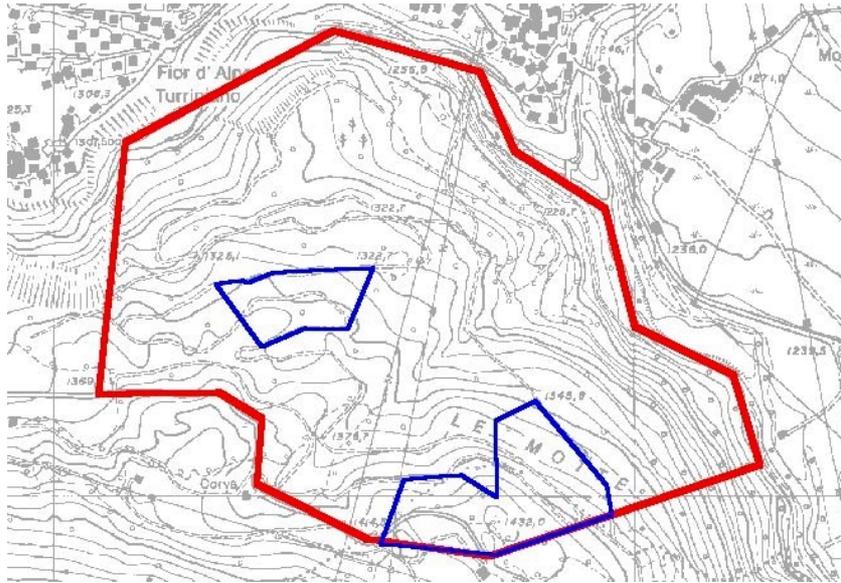


Figura 3.1 - Carta dell'area di studio (SO1) con indicati i confini dell'area campione ed i macrohabitat (vedi Capitolo Materiali e Metodi).



**Figura 3.2 - Carta dell'area di studio (SO2) con indicati i confini dell'area campione ed i macrohabitat (vedi Capitolo Materiali e Metodi).**

Nel capitolo Risultati e Discussione vengono presentati i risultati inerenti anche alla composizione e struttura del bosco per entrambe le aree. Si rimanda al capitolo specifico per una descrizione maggiormente dettagliata della composizione percentuale della foresta.

## 4 MATERIALI E METODI

### 4.1 DESCRIZIONE DELLA VEGETAZIONE ARBOREA

Per valutare la compatibilità dell'ambiente con le esigenze biologiche dello scoiattolo sono state effettuate, nelle due aree di studio, analisi della composizione e della struttura della vegetazione arborea. Sia nell'area **SO1**, che nell'area **SO2** sono state scelte 20 stazioni di 20m x 20m (400 m<sup>2</sup>), in modo che gli *hair-tube* e quindi le trappole si trovassero all'interno di questi quadrati. Le coordinate di tutti gli *hair-tube* sono state determinate mediante sistema satellitare GPS (Global Positioning System, modello GPS II plus, Garmin, USA). All'interno delle Stazioni di Rilevamento Vegetazionale (**SRV**) sono stati rilevati i seguenti dati:

- il numero totale di alberi presenti, per tutte le specie presenti;
- la stima della dimensione media degli alberi, effettuata mediante la misura del diametro del tronco all'altezza del petto (in cm), per due esemplari (denominati "alberi campione"), delle seguenti specie arboree: abete bianco (*Abies alba*), larice (*Larix decidua*), abete rosso (*Picea excelsa*), pino silvestre (*Pinus sylvestris*), scelti tra gli alberi di grandezza ed età tipica per quella **SRV**.

Per gli alberi campione è stata stimata la proiezione al suolo dalla chioma dell'albero mediante la misura della lunghezza del ramo più grande, il numero di specie del sottobosco e la proporzione relativa di nocciolo (*Corylus avellana*).

Infine, è stato calcolato l'indice di diversità di Simpson (1-D), che tiene conto dell'abbondanza delle diverse specie arboree:

$$(1 - D) = 1 - \sum_{i=1}^n P_i^2$$

dove  $P_i$  = proporzione della specie  $i$  (numero individui della specie  $i$ /numero individui totale), e

$n$  = numero di specie presenti.

La metodologia qui descritta ci consente di:

1. descrivere la composizione degli *habitat* in tutta l'area di studio e quindi di calcolare la disponibilità delle diverse tipologie di *habitat*;
2. descrivere la composizione dell'*habitat* per ogni **SRV**.

La sovrapposizione delle **SRV** con l'*home range* di ogni scoiattolo è stata usata per calcolare l'*habitat* disponibile in ogni singolo *home range* (**HRHd**),

$$HRHd = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n P_j$$

dove  $P_j$  = proporzione della specie  $j$ ,

$n$  = numero di specie di alberi, e

$m$  = numero di **SRV** nell'*home range*.

## 4.2 DISPONIBILITÀ DI CIBO: LA PRODUTTIVITÀ DI SEMI DELLE CONIFERE

### 4.2.1 CONTEGGIO DELLE PIGNE

All'inizio di agosto 2000 e 2001, in ogni **SRV**, sono state contate, con l'uso di un binocolo (8 x 40), le pigne verdi (che non hanno ancora completato lo sviluppo) degli alberi campione mentre erano ancora sui rami. Le pigne verdi sono quelle prodotte nell'anno in cui si effettua il monitoraggio. Con questo metodo è stata monitorata la produzione totale di pigne di ogni albero campione, per un totale di 66 alberi (27 *Picea abies*, 26 *Abies alba*, 5 *Larix decidua*, e 8 *Pinus sylvestris*) nell'area **SO1** e di 66 alberi (20 *Picea abies*, 8 *Larix decidua*, e 38 *Pinus sylvestris*) nell'area **SO2**. Data l'impossibilità di contare direttamente il numero delle pigne sull'albero, per alcuni individui il conteggio è stato effettuato tracciando a terra un quadrato di 1m x 1m, e contando le pigne al suo interno. In ciascun quadrato sono state contate, con una frequenza bimensile (da agosto dell'anno 2000 fino a ottobre dell'anno 2001) le pigne cadute, sia integre che parzialmente mangiate). Per evitare doppi conteggi, il quadrato veniva ogni volta ripulito da eventuali residui. In questo modo è stata stimata la quantità di pigne mature prodotte per m<sup>2</sup> da ciascuna pianta. Per ognuno di questi alberi campione, è stata calcolata:

- la superficie della chioma:

$$S = (r)^2 \times \Pi,$$

dove r = lunghezza del ramo misurato;

- il numero di pigne prodotte per albero per l'anno t:

$$\text{PIGNE}_{\text{tot}} = S \times (\text{numero totale di pigne dell'anno t in } 1 \text{ m}^2).$$

La produzione di pigne dell'anno 1999, è stata ottenuta per alcune **SRV**, da dati pregressi (Wauters e Hauffe, 1999). Nelle **SRV** per le quali mancavano i dati, sono state contate in agosto 2000, le pigne formate nel 1999, facilmente distinguibili in quanto di colore marrone. Questo metodo ha permesso di calcolare la produttività annuale delle diverse specie di conifere per tre anni: 1999, 2000 e 2001.

### 4.3 DISPONIBILITÀ ENERGETICA

La disponibilità energetica delle risorse alimentari (semi delle conifere) è stata espressa come valore energetico (kJ/ha) consentendo così di sommare la produzione di semi delle diverse specie di albero presenti, di calcolare la produttività di ogni **SRV** e di confrontare la produttività media tra le due aree di studio. Il valore energetico per pigna delle diverse specie di conifere è stato calcolato usando dati presenti in letteratura (Tabella 4.1).

La produttività di una **SRV** è stata stimata come di seguito:

1. produzione di semi in kJ/albero della specie a (in anno t):

$$f_a = (\text{n. medio di semi/pigna di specie a}) \times \text{PIGNE}_i \text{ di specie a} \times (\text{valore energetico per pigna di specie a in kJ});$$

2. produzione di semi della specie a nel **SRV** in kJ:

$$F_a = f_a \times \text{n. alberi della specie a}$$

3. produzione totale nella **SRV** (in kJ su 400 m<sup>2</sup>)

$$F_{SRV} = F_a + F_b + \dots + F_n$$

dove a,b,..., n sono le specie di alberi di cui le pigne sono state contate.

**Tabella 4.1 - Peso fresco e peso secco misurato in mg (media ± dev.st.) e percentuale di acqua contenuta nei semi delle diverse specie di conifere alpine. È stato stimato il peso secco dei semi per ogni pigna (p.s./pigna) e valutato il valore energetico (media ± dev.st. in kJ/g) mediante un calorimetro di Berthelot-Maheler (Lorusso, 1999). È stato inoltre stimato il valore energetico per singola pigna (kJ/pigna). Dati rilevati in natura e dati di letteratura (Grodzinski & Sawicka-Kapusta, 1970; Wauters *et al.*, 1992; Lorusso, 1999).**

Specie	Peso fresco	Peso secco	%Acqua	P.s./pigna	kJ/g secco	kJ/pigna
Pino silvestre	7,2 ± 0,3	6,7 ± 0,3	6,66	167,5	25,8 ± 0,4	4,32
Abete rosso	9,4 ± 1,3	8,8 ± 1,3	9,23	1144,0	26,1 ± 0,2	29,86
Abete bianco	7,1 ± 0,5	5,6 ± 0,6	21,20	761,6	28,2	21,48
Larice	4,2 ± 0,2	3,7 ± 0,1	13,30	85,1	23,1	1,97

#### 4.4 MONITORAGGIO DELLA CONSISTENZA DELLE POPOLAZIONI DI SCOIATTOLO CON L'AUSILIO DI *HAIR-TUBE*

La disponibilità di tecniche di monitoraggio che consentono di valutare la consistenza di una popolazione animale in maniera veloce e accurata è di grande aiuto nell'elaborazione di piani per la gestione di una specie. Gli *hair-tube* sono stati utilizzati in Gran Bretagna (Garson & Lurz, 1998) e Italia (Bertolino *et al.*, 1998; Wauters & Hauffe, 1999) per rilevare la presenza dello scoiattolo comune e dello scoiattolo grigio in diverse tipologie forestali. Il metodo consiste nell'attrarre gli animali all'interno di tubi contenenti un'esca e all'ingresso dei quali sono stati fissati riquadri di nastro biadesivo (Figura 4.1). Quando l'animale si introduce nel tubo, entra in contatto con il nastro adesivo lasciandovi attaccati dei peli che possono essere prelevati e identificati. Il metodo consente di verificare con certezza la presenza della specie indagata, essendo i peli, tra i mammiferi, un carattere tassonomico.



**Figura 4.1 - *Hair-tube* "attivato" con nocchie e semi di girasole e dotato di nastro biadesivo ai due ingressi.**

Sono stati allestiti venti tubi collocati su alberi ad una distanza di 100–200 m l'uno dall'altro nelle due aree di studio. Ogni tubo è stato dotato di un nastro biadesivo alle due estremità ed è stato innescato con nocchie e semi di girasole per attrarre gli animali. I tubi sono stati posizionati nell'agosto 1999 e attivati in stagioni diverse nel 1999, 2000 e 2001 (Tabella 4.2). Sono stati eseguiti dei controlli dopo una, due e quattro settimane. Al momento del controllo sono stati asportati i pezzi di nastro biadesivo che avevano trattenuto campioni di pelo. Successivamente, in laboratorio, sono stati identificati i peli a livello specifico, attraverso il confronto con campioni di riferimento e seguendo le procedure riportate in Teerink (1991). La percentuale dei tubi frequentati dallo scoiattolo comune è stata messa in relazione con il successo di cattura e con la densità riscontrata mediante il programma di cattura, marcatura e ricattura nelle aree di studio **S01** e **S02**.

**Tabella 4.2 - Tipi di monitoraggio nei diversi periodi in entrambe le aree di cattura.**

Periodo	Cedrasco		Oga	
	Date	Monitoraggio	Date	Monitoraggio
Primavera 2000	01/05-31/05	<i>Hair-tube</i>	27/03- 01/05	<i>Hair-tube</i>
	05/06-01/07	Catture	09/05-17/05	Catture
Estate 2000	26/07-28/07	Catture	05/07-13/07	Catture
	06/06-20/09	<i>Radiotracking</i>	10/05-31/05	<i>Radiotracking</i>
Autunno 2000	27/07-28/07	Analisi vegetazione	10/08-11/08	Analisi vegetazione
	01/10-31/10	<i>Hair-tube</i>	01/10-31/10	<i>Hair-tube</i>
			01/11-15/11	Catture
Primavera 2001	11/04-30/04	<i>Hair-tube</i>	01/04-30/04	<i>Hair-tube</i>
	27/04-17/05	Catture	10/04-20/04	Catture
Estate 2001	15/08-17/08	Analisi vegetazione	18/08-20/08	Analisi vegetazione

## 4.5 STUDIO DELLA DINAMICA DI POPOLAZIONE

### 4.5.1 TRAPPOLAGGIO E MANIPOLAZIONE DEGLI SCOIATTOLI

Gli scoiattoli sono stati catturati allo scopo di analizzare i processi demografici (riproduzione, sopravvivenza, immigrazione ed emigrazione), di verificare l'occupazione dello spazio e l'uso dell'*habitat*, di misurare le variabili biometriche, di controllarne lo stato riproduttivo e le condizioni generali di salute. Le catture sono state effettuate tre volte all'anno (primavera, estate, autunno), per almeno dieci giorni, da maggio 2000 a luglio-agosto 2001, su aree di trappolaggio di circa 30 ha con venti punti di cattura (0,66 trappole/ha).

Allo scopo sono state usate trappole incruente del modello normalmente impiegato in questo tipo di studi sugli scoiattoli (Tomahawk tipo 200 e 201; Tomahawk, *live-trap* Co., Wisconsin, USA, Figura 4.2).



Figura 4.2 - Trappola incruenta per le catture "in vivo" di scoiattoli.

Per attirare gli scoiattoli sul luogo di cattura e per abituarli alla presenza delle trappole, è stata utilizzata la tecnica del *pre-baiting*. Un mese prima dell'inizio delle catture negli *hair-tube* venivano poste alcune nocciole ed i tubi erano controllati dopo una, due e quattro settimane. Nel caso le nocciole fossero state mangiate, venivano riposizionate.

Nei giorni di cattura le trappole sono state attivate all'alba, effettuando due controlli al giorno, uno a mezzogiorno e uno nel tardo pomeriggio. Alla sera le trappole venivano chiuse. Una volta catturato, lo scoiattolo veniva stimolato a spostarsi dalla trappola in una sacca ad imbuto dotata lateralmente di cerniera, e fornita di due aperture, una posteriore più larga (posizionata intorno all'apertura della trappola) ed una anteriore più stretta (Figura 4.3). In questa sacca ogni singolo scoiattolo è stato pesato usando una bilancia *Pesola spring* con margine di errore di  $\pm 5$  g (il peso è stato ricontrollato ad ogni ricattura). Successivamente l'animale è stato fatto passare, tolta la parte stretta della sacca, in un cilindro di rete metallica chiuso ad una estremità (Figura 4.4).



**Figura 4.3 - Pesatura di uno scoiattolo mediante sacca ad imbuto.**



**Figura 4.4 - Pesatura di uno scoiattolo in un cilindro di rete metallica mediante bilancia Pesola.**

In questi cilindri gli animali sono stati marcati con targhette auricolari metalliche numerate (tipo 1003 S National Band and Co., USA, Figura 4.5), ed è stata misurata la lunghezza del piede posteriore destro (dal tallone alla punta, omettendo le unghie), con precisione di  $\pm 0,5$  mm (Wauters & Dhondt, 1989, 1983; Wauters & Gurnell, 1999).



**Figura 4.5 - Scoiattolo marcato con targhetta auricolare numerata.**

Per ogni scoiattolo catturato sono stati quindi annotati, su apposita scheda, i seguenti dati:

1. area di studio;
2. numero della trappola;
3. sesso e stato riproduttivo;
4. peso;
5. numero della marca auricolare;
6. frequenza del radiocollare (solo per gli animali marcati con tale tecnica);
7. lunghezza del piede;
8. eventuale campionamento di peli per analisi genetiche e di feci.

Alla fine del campionamento lo scoiattolo veniva immediatamente rilasciato sul posto.

#### **4.5.2 ATTRIBUZIONE DI CLASSE D'ETÀ E STATO RIPRODUTTIVO**

L'attribuzione ad una classe d'età è stata effettuata in base ai seguenti criteri.

##### **Giovani:**

età 10-12 settimane; peso < 230 g;

maschi con scroto molto piccolo o non visibile (classe dimensionale 0 o 1) e testicoli addominali;

femmina con vulva molto piccola e capezzoli non visibili.

##### **Subadulti:**

età 3-10 mesi; peso > 230 g;

maschi con testicoli addominali o semiscrotali, scroto piccolo e non scuro (classe dimensionale 1 o 2);

femmine con vulva piccola non perforata e capezzoli quasi invisibili.

**Adulti:**

età oltre i 10-12 mesi;

organi sessuali completamente formati;

maschi con testicoli scrotali quando sessualmente attivi (classe dimensionale 3), o addominali - ma spesso con scroto scuro - quando sessualmente inattivi (classe dimensionale 1, 2);

femmine nullipare, con genitali esterni e capezzoli simili a subadulti;

femmine primipare o multipare, vulva leggermente più grande, con capezzoli visibili durante o subito dopo l'allattamento (Wauters & Lens, 1995).

In certe stagioni (tarda estate e autunno per i giovani nati in primavera), il peso corporeo non costituisce più un carattere distintivo per gli adulti e i subadulti, perché fortemente influenzato dalle condizioni ambientali (Wauters & Dhondt, 1989a,b, 1993).

Lo stato riproduttivo dei maschi si definisce in base alla posizione (addominale, semiscrotale o scrotale) e alla dimensione dei testicoli, e al colore dello scroto.

Le femmine dello scoiattolo sono in estro per circa 24 h per ogni ciclo riproduttivo, ma nel periodo successivo all'estro (dall'estro al parto: 38-42 giorni) possono essere facilmente riconosciute poiché la vulva rimane leggermente gonfia e ha una cicatrice longitudinale.

Lo stato riproduttivo delle femmine è stato quindi classificato come:

- **anestro:** vulva piccola, senza apertura longitudinale;
- **pre-estro:** vulva debolmente allargata e non perforata;
- **estro:** vulva molto gonfia, rosa e allargata;
- **post-estro:** vulva parzialmente o fortemente gonfia, con apertura longitudinale progressivamente più chiusa, che lascia una sutura fortemente visibile;
- **allattante:** capezzoli grandi, rosa e fortemente rigonfi, in cui si può, in certi casi, stimolare la secrezione del latte;
- **non-allattante:** capezzoli piccoli o non visibili (Wauters & Dhondt, 1989a, 1995; Wauters & Lens, 1995; Wauters *et al.*, 1995a).

Alla maggior parte delle femmine allattanti è stato applicato un radiocollare per localizzare il nido con la prole e per determinare il successo riproduttivo. Questo è stato anche monitorato attraverso regolari catture di femmine precedentemente allattanti per controllare le condizioni riproduttive: la perdita di una cucciolata, per una femmina, è stata considerata possibile quando, precedentemente alla prima possibile data di svezzamento, essa cambiava nido e nessun giovane veniva trovato nel nido stesso e/o quando i capezzoli non rimanevano gonfi a lungo (Wauters & Lens, 1995).

#### 4.6 PARAMETRI DELLA POPOLAZIONE

Per la stima della dimensione della popolazione, durante ogni periodo di cattura, è stato usato il numero minimo di animali vivi, *Minimum Number Alive (MNA)*, ricavato dalle catture, dal monitoraggio mediante *radiotracking* o dalle osservazioni.

Nell'area **SO2** la densità degli scoiattoli è stata calcolata considerando la superficie dell'area di cattura, allargata fino a comprendere i margini del bosco. Quest'area di superficie pari a circa 65 ha, corrisponde come dimensioni all'area totale usata dagli scoiattoli residenti monitorati.

Poiché nell'area **SO1**, il bosco si estende perimetralmente all'area di cattura, la densità degli scoiattoli è stata stimata usando una correzione per l'effetto margine, assumendo che l'area delle catture si estendesse per 100m (media *range radius* di una femmina di scoiattolo) oltre il margine della griglia, con le trappole all'interno di essa.

Il tasso locale di sopravvivenza annuale (da  $t$  a  $t + 1$ ) è calcolato come:

- N. di animali presenti nel luglio dell'anno  $t$  e ancora vivi nel giugno dell'anno  $t + 1$ ;
- N. di animali presenti nel luglio dell'anno  $t$ .

#### 4.7 RADIOTELEMETRIA E ANALISI DELL'USO DELLO SPAZIO

L'uso dell'*habitat* è stato analizzato utilizzando dati ottenuti con la tecnica del *radiotracking*: gli scoiattoli sono stati monitorati per un periodo di quattro mesi (maggio-luglio o luglio-settembre). Tutti gli animali dotati di radiocollare (modello TW-4, Biotrack, Wareham, U.K.) durante il periodo di cattura sono stati monitorati in un solo periodo, permettendo buone stime dei modelli di uso dello spazio e dell'uso dell'*habitat* per il periodo primaverile-estivo.

Le localizzazioni degli animali sono state ottenute mediante un ricevitore Mariner M57 (Mariner Radar, Lowestoft, UK) e un'antenna portatile a tre elementi Yagi (Mariner Radar, Lowestoft, UK), avvicinandosi all'emettitore di segnale radio sino all'avvistamento dell'animale o, in caso l'animale non fosse contattabile visivamente, utilizzando l'intensità e la direzione del segnale per giungere all'identificazione di un'area di presenza (Wauters & Dhondt, 1992).

Per ogni *fix* (o radiolocalizzazione) sono stati rilevati:

- la posizione dello scoiattolo, individuando le coordinate su un mappa con sovrapposta una griglia in scala 1:5000 (errore +/-10m) e usando il GPS;
- l'eventuale attività (1 = attivo; 2 = non attivo; 3 = non nota);
- la sua localizzazione (1 = a terra; 2 = su albero - dove possibile, seguendo la specie arborea; 3 = dentro trappola).

Per l'analisi degli *home range* sono stati raccolti una media di 30 *fix* per ogni scoiattolo, risultati sufficienti per descrivere adeguatamente l'*home range* per gli individui di questa specie (Wauters & Dhondt, 1992).

Come *core-area* è stata considerata la zona che conteneva l'85% del totale dei *fix*. Questo valore deriva dalla media di tutti i valori di variazione dell'inclinazione delle curve nei grafici riportanti il numero di localizzazioni sull'asse delle ascisse e la superficie occupata dall'*home range* sulle ordinate. Tali grafici sono quindi stati utilizzati per descrivere il centro di attività di un animale (Wauters & Dhondt, 1992; Wauters & Gurnell, 1999) e per calcolare le riserve di cibo disponibili per ogni scoiattolo. Tutti i dati sulla dimensione dell'*home range*, sull'uso di questo, e sulla sovrapposizione degli *home range* sono stati analizzati usando il programma RANGES V (Kenward & Hodder, 1995).

Per ogni scoiattolo, in ogni periodo, sono stati calcolati i seguenti parametri:

1. area totale dell'*home range* (100% dei punti di *fix*) usando il metodo del minimo poligono convesso (**MCP**);
2. stime della *core-area*, mono e multinucleari (basate sull'85 % dei *fix*), effettuate con la tecnica della *Cluster Analysis* (**CIAn**) nel caso di *core-area* multinucleari o con la tecnica del minimo poligono convesso (**MCP**) per quelle mononucleari;
3. sovrapposizione delle *core-area*, espressa come percentuale di sovrapposizione della *core-area* di uno scoiattolo con quelle di tutti gli altri scoiattoli (Wauters & Dhondt, 1992).

#### 4.8 STIMA DELLA DISPONIBILITÀ DI CIBO DELL'*HOME RANGE*

Per calcolare la qualità *home range* (**HQ**) degli animali è stata usata la sovrapposizione tra il suo *home range* e le Stazioni di Rilevamento della Vegetazione (**SRV**). Per ogni scoiattolo è stata stimata l'abbondanza di cibo, calcolando la media della produttività di semi di conifere (pigne), in termini energetici, di tutte le **SRV** (kJ/400m<sup>2</sup>) all'interno dell'*home range* (*core-area*) dell'animale. Visto che gli scoiattoli sfruttano maggiormente le *core-area*, la sovrapposizione è stata calcolata su queste porzioni degli *home range*:

$$HQ = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n F_i$$

dove:  $F_i$  = abbondanza di cibo nel **SRV**  $i$  in kJ;

$i$  = n. di **SRV** all'interno dell'*home range*.

I semi e i frutti prodotti nell'estate-autunno dell'anno  $t$  sono stati considerati disponibili per gli scoiattoli dal luglio dell'anno  $t$  al giugno dell'anno  $t+1$  (Wauters & Lens, 1995).

## 4.9 ANALISI DEI DATI

### 4.9.1 AMPIEZZA DELLA NICCHIA

La nicchia ecologica di un singolo animale si definisce tramite le modalità di interazione dell'animale con il suo ambiente, comprendenti anche il cibo che consuma, le modalità di reperimento del cibo stesso, le condizioni chimiche e fisiche tollerabili, le interazioni con i predatori e i parassiti.

La nicchia ecologica di una popolazione può essere analizzata componente per componente (Mitchell *et al.*, 1991). L'ampiezza della nicchia occupata ( $B_A$ ), considerando la componente  $B_t$  (specie di albero), è stata valutata usando la formula di Levin (Krebs, 1989):

$$B_t = \left( \frac{1}{\sum_{j=1}^n p_j^2} - 1 \right) \frac{1}{n-1}$$

dove  $p_j$  è la proporzione di osservazioni (*fix*) su specie di albero  $j$ ;  $n$  = numero totale di specie di albero;  $B_t$  = compreso tra 0 e 1 (Krebs, 1989).

La variabile "specie albero" ha avuto le seguenti codifiche:  $j_1$  = abete rosso;  $j_2$  = abete bianco;  $j_3$  = larice;  $j_4$  = pino silvestre;  $j_5$  = latifoglie; il valore di  $n$  varia tra le aree di studio **SO1** ( $n = 5$ ) e **SO2** ( $n = 3$ ).

### 4.9.2 INDICE DI SELEZIONE

Le preferenze nell'uso dell'*habitat* degli scoiattoli europei, sono state stabilite usando il numero di osservazioni attese (*fix*), per ogni tipologia di *habitat*, misurate come numero di osservazioni in un *Goodness-of-fit* by *G-test* (Sokal & Rohlf, 1995):

$$G = 2 \sum_{i=1}^n f_i \ln \left( \frac{f_i}{f_i^e} \right)$$

$f_i$  utilizzato,  $f_i^e$  disponibile. Il metodo assume che tutti gli individui usino l'*habitat* disponibile nella sua interezza, dunque i valori 0 sono sostituiti con 0,01. Il valore della *G* del *Goodness-of-fit test* statisticamente significativo ( $P < 0,05$ , con. g.l. gradi di libertà = numero di tipi di *habitat* - 1) indica un uso non casuale dei vari tipi *habitat* disponibili (Sokal & Rohlf, 1995).

In una fase successiva è stato calcolato l'Indice di Selezione ( $w_i$ ). Questo indice calcola le proporzioni dei rapporti tra *habitat* utilizzato, determinato mediante la radiolocalizzazione, e *habitat* disponibile (Manly *et al.*, 1993). La *ratio* per una specie di alberi  $i$  ( $w_i$ ) è data dalla seguente formula:

$$(w_i) = u_i / a_i;$$

$u_i$  = proporzione di utilizzo della specie  $i$ ;

$a_i$  = proporzione disponibile della specie  $i$ .

L'Indice di Selezione  $w_i$  è stato in seguito utilizzato per stabilire se esistesse o meno una preferenza da parte degli scoiattoli per una determinata specie di albero. Questa analisi dà come risultati valori maggiori, uguali o minori di uno, rispettivamente nei casi di selezione, mancanza di scelta o evitamento per una data specie di albero.

Per verificare se la comparazione fosse statisticamente significativa è stato calcolato il  $\chi^2$  statistico [ $\chi^2 = (w_i - 1)/s.e.(w_i)^2$ ; g.l. = 1; con correzione di Bonferroni per il livello di significanza  $p = 0,05/n$  dove  $n$  = numero di specie di alberi presente] (Manly *et al.*, 1993).

La selezione dell'*habitat* da parte degli scoiattoli è stata studiata sia a livello di macrohabitat, sia di microhabitat:

- A. Macrohabitat: selezione della *core-area* nell'area di studio. Le proporzioni delle categorie di *habitat* nelle *core-area* dell'*home range* di ogni scoiattolo sono state esaminate in relazione alla loro presenza relativa nell'area di studio. La superficie (%) delle categorie di *habitat* è stata calcolata mediante Sistema Informativo Territoriale (ESRI, ArcView GIS 3.1).
- B. Microhabitat: selezione di alberi nell'*home range*. Il numero di *fixes* in ogni specie d'albero è stato esaminato in relazione alle proporzioni degli alberi all'interno dell'*home range* (100% **MCP**) di ogni scoiattolo (**HRHd**, *habitat* potenzialmente disponibili all'interno dell'*home range*).

#### **4.9.3 ANALISI GENETICHE**

Lo studio genetico è un elemento conoscitivo aggiuntivo utile a comprendere la struttura biologica della specie. Inoltre certi aspetti gestionali, e la selezione di individui adatti geneticamente, tali da poter essere utilizzati in progetti di reintroduzione, sono difficili da effettuare senza una conoscenza delle caratteristiche genetiche delle popolazioni naturali.

Per ogni individuo di scoiattolo catturato durante lo studio (circa 10-20 per ciascuna popolazione), sono stati rilevati 20-30 peli dalla coda e mantenuti in etanolo assoluto. Il DNA contenuto nelle cellule epiteliali dei bulbi dei peli è stato estratto dai campioni attraverso la tecnica standard fenolo/cloroformio con precipitazione in alcool. In un secondo passo sono stati applicati due tecniche diverse:

1. **Per studiare la variazione genetica** sono stati messi a punto i protocolli di amplificazione per 7 di 10 microsatelliti di cui:
  - SCV3, SCV8, SCV9, SCV10, SCV23 (Hale *et al.*, in pubblicazione);
  - RS 1, RS 3, RS 4, RS 5, RS 6 (Todd, 2000).

Questo lavoro è attualmente in corso. L'intenzione è di analizzare 10 microsatelliti di almeno 20 individui in ogni popolazione.

La variabilità genetica di ogni popolazione viene definita stimando la variabilità di zone del DNA nucleare chiamate "microsatelliti". Conoscendo la frequenza e forma ("allele") di ogni microsatellite di tutti gli individui catturati in ogni popolazione, e con l'aiuto di programmi di analisi, è possibile stimare valori

per il numero di riproduttori, il grado di isolamento, il flusso genico, e i tassi di migrazione per ogni popolazione.

2. **Per lo studio filogenetico** sono stati disegnati due *primer* (SQL e SQR) per amplificare un frammento di circa 500 paia di basi (bp) della *D-loop* del DNA mitocondriale. Il mtDNA è un pezzo di DNA extranucleare che ha delle zone dove errori nella duplicazione, che si verificano spontaneamente durante le divisioni cellulari, non vengono corretti. Questi errori sono ereditati dalle successive generazioni. Di conseguenza, diversi cambiamenti si accumulano in queste zone del DNA in ogni popolazione, e il numero e il tipo di cambiamento possono essere utilizzati per stimare il periodo di tempo durante il quale due o più popolazioni sono state separate.

Il prodotto di amplificazione è stato purificato con Sephadex G50, e dopo la reazione di sequenza il prodotto è stato nuovamente purificato con QUIAGEN prima di caricarlo su sequenziatore. Le sequenze sono state allineate con il *software* ClustlX ed analizzate con Phylip. L'intenzione è di produrre sequenze genetiche di almeno 5 individui per ogni popolazione.



## 5 RISULTATI E DISCUSSIONE

### 5.1 DISPONIBILITÀ DI CIBO

La struttura del bosco, così come la produzione totale di semi, varia ampiamente tra le due aree di studio, inoltre le analisi rivelano una forte differenza per quanto riguarda la produzione dei semi sia tra le due aree, sia tra i due anni (Tabella 5.1). Può essere ipotizzato che la differenza nella produzione dei semi tra i due anni possa essere dovuta al fatto che le conifere alternano anni di massiccia produzione di semi (anni di pasciona), ad anni di scarsa produzione (Andrén & Lemnell, 1992; Mencuncini *et al.*, 1995). In particolare, nell'area di studio di Cedrasco, la differenza può essere imputata agli alberi del genere *Picea* e *Abies*, che costituiscono la maggioranza della copertura vegetale. Nell'area di studio di Oga, dove il pino silvestre è la specie più abbondante, la variazione tra il 1999 e il 2000, è risultata meno evidente e, comunque, in gran parte da imputare alla differenza di produzione dell'abete rosso.

**Tabella 5.1 - Struttura del bosco e produzione totale di semi espressa in kJ/SRV in entrambi gli anni e per entrambe le aree di studio.**

Parametri	Cedrasco		Oga	
	Media	S.D.	Media	S.D.
Alberi per ha	449	163	778	251
Diversità (1-D)	0,26	0,23	0,16	0,17
Produzione totale di semi (kJ/400m <sup>2</sup> ) 1999	41371	25049	34284	34393
Produzione totale di semi (kJ/400 m <sup>2</sup> ) 2000	1443	1998	8911	8178
<b>DBH</b> + <i>P.abies</i>	(15)* 43,7	9,8	(11)* 29,5	8,5
Pigne per <i>P.abies</i> 1999	153	81	302	222
Pigne per <i>P.abies</i> 2000	2,6	3,9	3,9	10,3
<b>DBH</b> + <i>A.alba</i>	(14)* 36,9	8,3		
Pigne per <i>A.a.</i> 1999	77	34		
Pigne per <i>A.a.</i> 2000	2,2	4,8		
<b>DBH</b> + <i>L.decidua</i>	(4)* 52,3	12,3	(5)* 37,7	15,3
Pigne per <i>L.d.</i> 1999	2603	1304	251	149
Pigne <i>L.d.</i> 2000	290	113	45	101
<b>DBH</b> + <i>P.sylvestris</i>	(3)* 36,5	8,7	(19)* 23,9	7,0
Pigne per <i>P.s.</i> 1999	150	98	128	105
Pigne per <i>P.s.</i> 2000	72	14	73	65

\* numero di **SRV** nelle quale è presente la data specie di albero; + diametro dell'albero misurato all'altezza del petto.

La produzione totale di semi, espressa in kJ, nel 1999 segue una distribuzione normale solo nell'area di Cedrasco (*Shapiro-Wilk test*  $W = 0,96$   $p = 0,58$ ).

Nel 1999 a Oga, e nel 2000, sia a Cedrasco che a Oga, questa produzione non ha seguito una distribuzione normale (*Shapiro-Wilk test*: Oga, 1999:  $W = 0,72$ ;  $p = 0,0001$ ; Oga, 2000:  $W = 0,82$ ;  $p = 0,002$ ; Cedrasco, 2000:  $W = 0,75$ ;  $p = 0,0001$ ). Allo scopo di paragonare la produzione totale di semi, espressa in kJ, tra le due aree campione per entrambe gli anni è stato quindi eseguita una analisi utilizzando un modello di varianza (ANOVA) non parametrica (*test Kruskal-Wallis*), (Sokal & Rohlf, 1995).

Questa analisi non ha rivelato alcuna differenza nella disponibilità di cibo tra le due aree nel 1999 ( $H = 1,74$ ; g.l. = 1;  $p = 0,19$ ), mentre nel 2000 questa disponibilità era significativamente maggiore a Oga, rispetto a quella riscontrata a Cedrasco ( $H = 18,6$ ; g.l. = 1;  $p = 0,0001$ ).

In Tabella 5.2 sono mostrati i risultati della correlazione non parametrica di Spearman effettuata sulla produzione di pigne degli anni 1999-2000.

Essi mostrano che la produzione di pigne nel 1999 è correlata con quella del 2000 solo per il pino silvestre ad Oga, per le altre specie non vi è una correlazione significativa. La produttività totale di ogni singola **SRV** calcolata nei due anni di ricerca non è correlata (Cedrasco:  $r_s = 0,09$ ;  $n = 20$ ;  $p = 0,70$ ; Oga  $r_s = 0,29$ ;  $n = 19$ ;  $p = 0,22$ ).

**Tabella 5.2 - Il coefficiente di correlazione di Spearman ( $r_s$ ) sulla produttività degli alberi e la produzione totale di semi espressa in kJ per SRV (Stazione di Rilevamento Vegetazionale) (400 m<sup>2</sup>) nel 1999 e 2000.**

Parametri correlati	Cedrasco		Oga	
	Coefficiente di correlazione di Spearman ( $r_s$ )	Valore p	Coefficiente di correlazione di Spearman ( $r_s$ )	Valore p
<i>P.abies</i> 99-2000	(15)* 0,21	0,44	(11)* 0,26	0,45
<i>A.alba</i> 99-2000	(14)* 0,38	0,18		
<i>L.decidua</i> 99-2000	(4)* -0,40	0,60	(5)* 0,71	0,18
<i>P.sylvestris</i> 99-2000	(3)* -0,50	0,67	<b>(19)* 0,63</b>	<b>0,004</b>
SEMI 99-2000	(20)* 0,09	0,70	(19)* 0,29	0,22

\* numero di **SRV** nelle quale sono presenti esemplari della data specie di albero.

Le analisi statistiche hanno rivelato che in entrambe le aree di studio la produzione di semi delle conifere non è associata né alla densità degli alberi né alla diversità del bosco (Tabella 5.3).

**Tabella 5.3 - Coefficiente di correlazione di Spearman ( $r_s$ ) su produzione totale di semi espressa in kJ per SRV (Stazione di Rilevamento Vegetazionale) (400 m<sup>2</sup>) nel 1999 e 2000, diversità del bosco e densità degli alberi (alberi/ha).**

Parametri correlati	Cedrasco (N = 20)		Oga (N = 19)	
	Coefficiente di correlazione di Spearman ( $r_s$ )	Valore p	Coefficiente di correlazione di Spearman ( $r_s$ )	Valore p
Densità – diversità	0,31	0,18	-0,38	0,11
Densità – Semi 1999	-0,03	0,89	0,39	0,10
Densità – Semi 2000	0,04	0,88	0,20	0,41
Diversità – Semi 1999	-0,07	0,78	0,445	0,057
Diversità – Semi 2000	0,43	0,06	-0,27	0,27

Utilizzando un modello di covarianza (ANCOVA) sui dati dei singoli alberi, è stato valutato se la produttività di semi è in relazione all'area di studio, alla specie di albero e alla grandezza dell'albero (**DBH**) stesso.

Da questa analisi è emerso che sulla produzione di semi (pigne) nel 1999 hanno un effetto significativo la specie ( $F = 10,1$ ; g.l. = 3, 65;  $p = 0,0001$ ) e la grandezza degli alberi, per cui la produzione è maggiore per alberi grandi (effetto **DBH**:  $F = 4,28$ ; g.l. = 1, 65;  $p = 0,043$ ), mentre l'area di studio non ha un effetto significativo ( $F = 1,38$ ; g.l. = 1, 65;  $p = 0,24$ ). Nel 2000, con lo stesso modello di covarianza, è emerso che hanno effetto significativo la specie (effetto specie:  $F = 16,9$ ; g.l. = 3, 65;  $p = 0,0001$ ) con una buona produzione di semi (pigne) per pino silvestre e larice e una bassa produzione per abete rosso e abete bianco e la grandezza degli alberi (effetto **DBH**:  $F = 4,67$ ; g.l. = 1, 65;  $p = 0,034$ ), mentre non aveva un effetto significativo l'area di studio ( $F = 1,18$ ; g.l. = 1, 65;  $p = 0,28$ ).

La produttività totale dell'area di studio nell'anno 2000 è risultata maggiore ad Oga rispetto a Cedrasco.

Tale risultato è da imputarsi alla massiccia presenza di alberi di pino silvestre nell'area di studio di Oga che anche nel 2000 hanno prodotto un grande numero di pigne. A Cedrasco, invece, le specie più comuni sono l'abete rosso e l'abete bianco, specie che nell'anno 2000 non hanno registrato la massiccia produzione di pigne del 1999. Inoltre è da sottolineare il fatto che l'abete bianco è considerata una specie di bassa qualità per lo scoiattolo, poiché disperde i suoi semi già durante l'autunno (Mencuncini *et al.*, 1995).

## 5.2 HAIR-TUBE

In Tabella 5.4 è mostrato l'Indice Relativo di Densità (**IRD**), esso indica il numero di *hair-tube* positivi/numero totale di *hair-tube*, dopo due (**IRD2**) e dopo quattro (**IRD4**) settimane dall'inizio del monitoraggio nelle due aree, durante tutto il periodo di studio. Nella tabella questo indice viene messo in relazione sia con la densità degli scoiattoli (n. di animali/ha), sia con l'Indice di Successo di Trappolaggio (**IST**), calcolato come n. di catture/sforzo di cattura (n. di giorni di cattura x n. di trappole usate per giorno).

I valori di **IST**, compresi tra 0,05 e 0,42, mostrano come in nessuna sessione di catture, il numero di trappole occupate dagli scoiattoli ha superato il 50% del totale delle trappole. Questo dato indica che il numero di trappole utilizzate per lo studio della dinamica di popolazione degli scoiattoli e della loro densità, è sufficiente.

**Tabella 5.4 - Proporzione di *hair-tube* positivi dopo due (IRD2) e dopo quattro (IRD4) settimane in entrambe le aree di studio, nei diversi periodi di monitoraggio, densità e indice di successo di trappolaggio (IST).**

Periodo	Cedrasco				Oga			
	IRD 2	IRD 4	Densità	IST	IRD 2	IRD 4	Densità	IST
Settembre 1999	0,05*	0,05*	0,12	0,07	0,58	0,63	0,49°	
Aprile-Giugno 2000	0,11	0,11	0,19	0,05	0,28	0,44	0,22	0,22
Agosto-Ottobre 2000	0,30	0,40	0,22	0,09	0,33	0,44	0,24	0,20
Maggio 2001	0,15	0,30	0,07	0,03	0,39	0,50	0,24	0,21
Altri siti	S. Antonio (Brescia)				Rhemes e Cogne (Gran Paradiso)			
Luglio 2000	0,68	0,80	0,63	0,21	0,87	0,97	0,73	0,42
Ottobre 2000	0,60	0,90	0,47	0,23	0,63	0,87	0,63	0,37
Maggio 2001	0,35	0,50	0,19	0,06				

\* uso contemporaneo di mangiatoie;

° densità estrapolata dal censimento dei nidi (Wauters & Hauffe, 1999).

I grafici in Figura 5.1 mostrano che il monitoraggio delle due aree di studio effettuato con l'ausilio degli *hair-tube* ha avuto successo: sia a Cedrasco che a Oga e in tutti i periodi, la percentuale di *hair-tube* positivi dopo, quattro settimane dall'inizio del monitoraggio, è maggiore rispetto alla percentuale rilevata dopo sole due settimane di foraggiamento dei tubi.

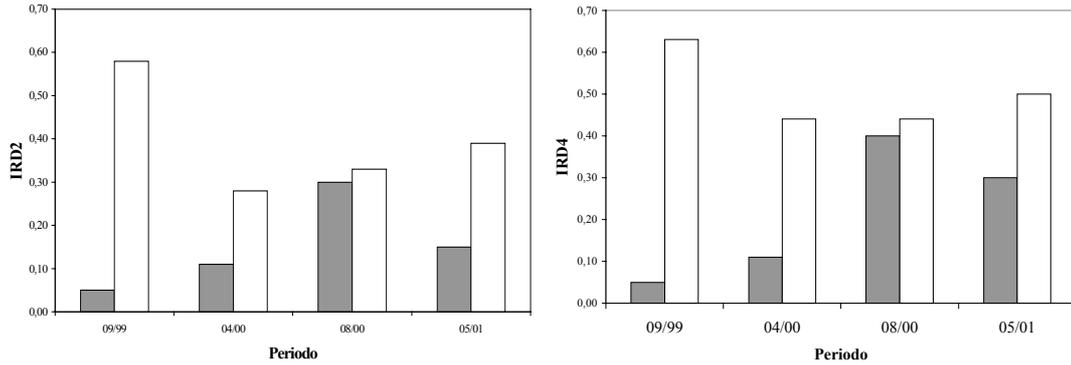


Figura 5.1 - Proporzione di *hair-tube* positivi dopo due settimane (IRD2) (a sinistra) e dopo quattro (IRD4) settimane (a destra) per entrambe le aree di studio (Cedrasco = grigio; Oga = bianco).

Tabella 5.5 - Risultati della correlazione *Spearman rank* effettuata confrontando due parametri diversi alla volta (N = 12).

Parametri correlati	Coefficiente di correlazione di Spearman ( $r_s$ )	Valore p
IRD2 - IRD4	0,958	0,0001
IRD2 - densità	0,912	0,0001
IRD2 - IST	0,760	0,0041
IRD4 - densità	0,873	0,0002
IRD4 - IST	0,821	0,0011
IST - densità	0,889	0,0001

In un primo momento è stata calcolata la correlazione tra gli **IRD**, la densità e lo **IST**, usando una correlazione non parametrica *Spearman-rank* ( $r_s$ ). I dati di Oga dell'autunno 1999 non sono stati usati nell'analisi in quanto mancavano i risultati dell'**IST**; inoltre la stima della densità era basata solo su un censimento dei nidi effettuato nel 1999 (Wauters & Hauffe 1999).

Dai risultati di questa analisi (Tabella 5.5) è emerso che:

- gli indici **IRD2** e **IRD4** degli *hair-tube* sono fortemente correlati e, poiché l'**IRD2** può rivelarsi estremamente basso in caso di bassa densità di animali (Tabella 5.4, Cedrasco, sett. 1999), nell'effettuare l'analisi multivariata è stato preferenzialmente utilizzato l'**IRD4**;
- sia l'indice di successo di trappolaggio, che la proporzione di *hair-tube* visitati dopo quattro settimane (**IRD4**) erano correlati positivamente con la densità di popolazione degli scoiattoli e questo significa che, nel momento in cui la densità degli scoiattoli aumenta, aumenta anche il successo di trappolaggio.

Sono stati poi confrontati (Figura 5.2) i risultati ottenuti per **IRD2** e **IRD4** con la densità degli animali ed è emerso come, tra questi due parametri vi sia una stretta correlazione, in quanto, maggiore è la percentuale di *hair-tube* positivi, maggiore è

la densità degli scoiattoli (Dopo due settimane:  $F = 91,0$ ; g.l. = 1, 10;  $p < 0,0001$ ;  $R^2 = 0,90$ ; Densità =  $-0,005 + 0,85 \text{ IRD2}$ ; dopo quattro settimane:  $F = 40,7$ ; g.l. = 1, 10;  $p < 0,0001$ ;  $R^2 = 0,80$ ; densità =  $-0,02 + 0,66 \text{ IRD4}$ ). Il grafico mette anche in evidenza come gli indici **IRD2** e **IRD4** si avvicinino a 1 quando la densità degli scoiattoli è maggiore a 0,7 animali/ha. Si conclude quindi che il monitoraggio con *hair-tube* può essere utilizzato per stimare la densità assoluta degli scoiattoli, solo in popolazioni di medio/bassa densità ( $< 0,7$  animale/ha).

Per valutare se l'area di studio avesse un effetto sulla relazione tra **IRD4** e densità e per verificare se l'**IRD4** fosse utile come indicatore della densità di popolazione, è stato utilizzato un modello di covarianza (ANCOVA) con **IRD4** come variabile continua e l'area di studio come classe (n = 4 aree di studio, vedi Tabella 5.6).

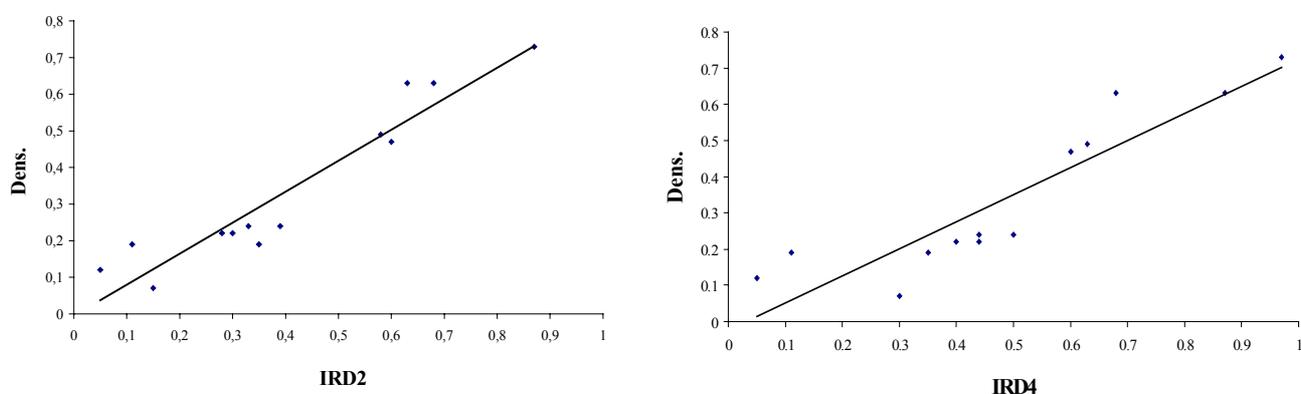


Figura 5.2 - Correlazione tra la proporzione di *hair-tube* positivi dopo due (IRD2) e dopo quattro (IRD4) settimane e la densità in entrambe le aree di studio.

Tabella 5.6 - Analisi di covarianza (ANCOVA) utilizzato per valutare l'effetto di **IRD4** e di area di studio (Tabella 5.4) sulla densità di scoiattolo.

Variabile dipendente = Densità	F	g.l.	p	R <sup>2</sup>
Modello completo	11,4	4, 7	0,0035	0,87
Fattore <b>IRD4</b>	42,2	1, 7	0,0003	0,79*
Fattore Area di studio	1,11	3, 7	0,40	

\* coefficiente di determinazione parziale per il fattore **IRD4**.

I risultati indicano che, indipendentemente dell'area di studio, l'**IRD4** è un indice di densità molto utile: la variazione nella proporzione di *hair-tube* visitati spiega il 79% (parziale R<sup>2</sup>) della variazione di densità degli scoiattoli.

### 5.3 CATTURE

#### 5.3.1 CEDRASCO

Le tre sessioni di cattura effettuate a Cedrasco (Tabella 5.7) hanno portato alla cattura di 17 diversi individui di *Sciurus vulgaris*, dei quali tredici maschi (tre subadulti e dieci adulti) e quattro femmine (due subadulti e due adulti). Il successo medio di trappolaggio, in questa area di studio, è stato del 5,5 %, molto più basso rispetto a quello di Oga. Per quanto riguarda la *sex-ratio* (Tabella 5.8), in tutte le sessioni di cattura essa è risultata essere in favore ai maschi, con un grosso squilibrio, sempre in favore dei maschi, che si evidenzia nell'ultima sessione di catture nella primavera del 2001.

**Tabella 5.7 - Animali catturati e successo di trappolaggio nelle diverse sessioni di cattura a Cedrasco.**

Periodo	N. totale di catture	N. totale di trappole	Successo di catture (%)
05/00	18	351	5,1
07/00	6	69	8,7
04/01	7	273	2,6

**Tabella 5.8 - *Sex-ratio* calcolata durante le diverse sessioni di cattura a Cedrasco.**

Periodo	Totale maschi	Totale femmine	<i>Sex-ratio</i>
05/00	9	4	2,3
07/00	11	4	2,8
11/00	5	3	1,7
04/01	4	1	4,0

#### 5.3.2 OGA

A Oga sono state effettuate quattro sessioni di cattura (Tabella 5.9) durante le quali sono stati catturati un totale di 27 diversi scoiattoli, di cui tredici maschi (sette subadulti e sei adulti) e undici femmine (5 subadulti e 6 adulti), con un successo di trappolaggio medio del 21 %.

La *sex-ratio* durante tutte le sessioni di cattura è mostrata in Tabella 5.10.

**Tabella 5.9 - Animali catturati e successo di trappolaggio nelle diverse sessioni di cattura ad Oga.**

Periodo	N. totale di catture	N. totale di trappole	Successo di catture (%)
05/00	33	147	22,4
07/00	26	134	19,4
11/00	20	100	20,0
04/01	24	114	21,1

**Tabella 5.10 - *Sex-ratio* calcolata durante le diverse sessioni di cattura a Oga.**

Periodo	Totale maschi	Totale femmine	<i>Sex-ratio</i>
05/00	7	7	1,0
07/00	9	7	1,3
11/00	8	6	1,3
04/01	7	6	1,2

## 5.4 DENSITÀ

Le aree di studio di Cedrasco e di Oga occupano una superficie di 67 ha e 63 ha rispettivamente. Le densità sono risultate molto simili nelle prime due sessioni di cattura, con numeri riferiti alla popolazione di entrambe i sessi (Tabella 5.11), superiori o comunque molto vicini agli 0,2 animali per ettaro.

A Cedrasco, dalla seconda metà del 2000 (Figura 5.3) si è verificato un brusco calo del valore di densità degli animali, che ha raggiunto indici molto bassi ( $N = 0,07$ ) nell'ultima sessione di catture di maggio 2001.

Nell'area di studio di Oga la fluttuazione della densità di animali, durante tutto il periodo di monitoraggio, è stata molto bassa. Il numero di scoiattoli per ettaro, in questa area di studio, si è mantenuto sempre sopra il valore di 0,2 animali per ettaro.

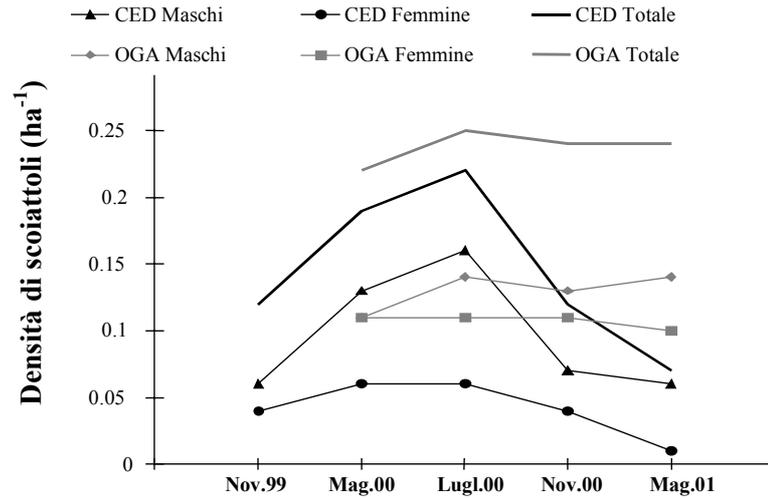
**Tabella 5.11 - Fluttuazione nella consistenza delle popolazioni di scoiattolo durante il periodo di ricerca a Cedrasco ed Oga. I dati sono presentati prima per i sessi separati e poi per entrambi i sessi (totale).**

Data	Cedrasco			Oga		
	Maschi	Femmine	Totale	Maschi	Femmine	Totale
Novembre '99	4 (0,06)	3 (0,04)	8* (0,12)			
Maggio '00	9 (0,13)	4 (0,06)	13 (0,19)	7 (0,11)	7 (0,11)	14 (0,22)
Luglio '00	11 (0,16)	4 (0,06)	15 (0,22)	9 (0,14)	7 (0,11)	16 (0,25)
Novembre '00	5 (0,07)	3 (0,04)	8 (0,12)	8 (0,13)	7 (0,11)	15 (0,24)
Maggio '01	4 (0,06)	1 (0,01)	5 (0,07)	9 (0,14)	6 (0,10)	15 (0,24)

\* animale di sesso non noto;

tra parentesi sono mostrati i valori di densità (animale/ha).

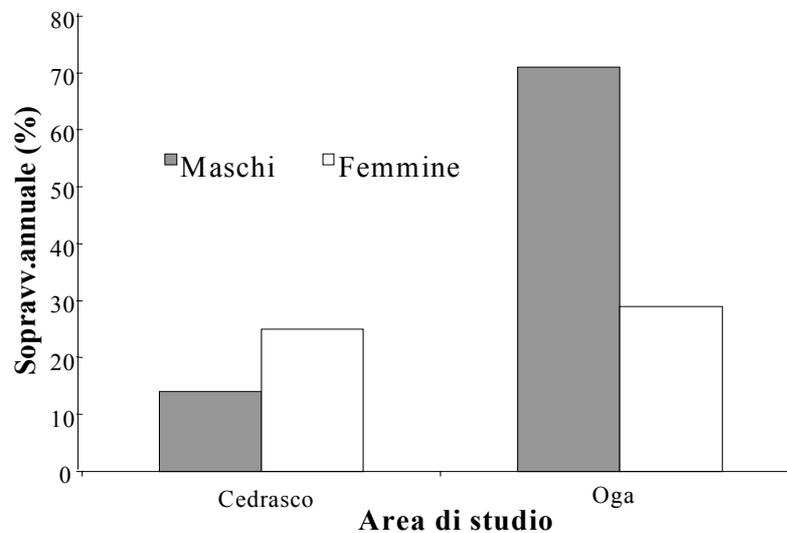
Paragonando questi, con i dati ottenuti in studi effettuati in Inghilterra (Wauters *et al.*, 2000), si può notare (Tabella 5.11) come la densità dello scoiattolo comune in questa tipologia di *habitat* alpino sia abbastanza simile nell'area di studio di Oga.



**Figura 5.3 - Grafico di fluttuazione della densità degli scoiattoli durante i periodi di monitoraggio a Cedrasco (CED) e a Oga (OGA). Sono mostrate singolarmente le linee di tendenza relative ai due sessi; in aggiunta viene mostrato l'andamento della densità della popolazione totale.**

## 5.5 SOPRAVVIVENZA

La sopravvivenza degli animali nelle due aree di studio è stata calcolata per un periodo di un anno, a partire dalla primavera 2000 sino alla primavera 2001. Nessuno dei test statistici effettuati è risultato significativo (*Fisher-Exact test* a due code, confrontando la proporzione di animali sopravvissuta). La causa principale di questo risultato è il limitato numero di animali che è stato possibile monitorare; ne consegue che i risultati che vengono presentati sono tendenze, statisticamente non significative. La sopravvivenza annuale registrata, si è rivelata più elevata a Oga (50%) che a Cedrasco (18%) (*Fisher-Exact P* = 0,21).



**Figura 5.4 - Percentuale di sopravvivenza annuale degli scoiattoli monitorati in entrambe le aree di studio.**

Nell'area di studio di Cedrasco la sopravvivenza annuale si è rivelata uniforme per entrambi i sessi (Figura 5.4: maschi: 14%; femmine: 25%; *Fisher-Exact p* = 1,0). Ad Oga, i maschi hanno mostrato una sopravvivenza maggiore delle femmine (maschi: 71%; femmine: 29%; *Fisher-Exact p* = 0,29). Considerando separatamente i sessi, gli individui di sesso maschile hanno evidenziato una maggiore percentuale di sopravvivenza ad Oga rispetto che a Cedrasco (*Fisher-Exact* a una coda:  $p = 0,051$ ); la sopravvivenza delle femmine invece è molto simile in entrambe le aree di studio (*Fisher-Exact p* = 1,0).

## 5.6 COMPOSIZIONE DELLA POPOLAZIONE E IMMIGRAZIONE

La composizione della popolazione in termini di classe di età è illustrata in Tabella 5.12 e in Figura 5.5.

Nell'area di studio di Cedrasco, dal mese di maggio al mese di novembre dell'anno 2000 e nel mese di maggio 2001, l'avvenuta diminuzione degli scoiattoli la cui classe di età era compresa tra "giovani" e "subadulti" può essere imputata a diversi fattori. Uno di questi è il basso successo riproduttivo registrato per la stagione estiva e autunnale dell'anno 2000, contemporaneo all'esigua produzione di semi di abete rosso. Un altro motivo è anche la ridotta immigrazione di scoiattoli subadulti che si è verificata in quel medesimo periodo. A Cedrasco, infatti, tutti gli scoiattoli immigrati erano maschi adulti: due esemplari, tra giugno e agosto 2000 e due esemplari tra aprile e maggio 2001. Questa situazione, cioè la principale presenza di maschi adulti tra gli scoiattoli in dispersione, è stata riscontrata anche nelle grandi piantagioni di conifere nel nord dell'Inghilterra, che rappresentano un *habitat* di bassa qualità, composto da conifere aventi dispersione autunnale dei semi oppure da boschi di abete rosso negli anni in cui la produzione di semi era bassa. (Lurz *et al.*, 1995, 1997, 2000; Wauters *et al.*, 2000).

Ad Oga, la proporzione di individui, rappresentanti nella popolazione le classi di età sopra citate, è rimasta quasi invariata durante i due anni di monitoraggio e questo dato è in accordo con la similarità del tasso riproduttivo, paragonabile per tutte e tre le stagioni in cui gli scoiattoli sono stati controllati. Per quanto concerne l'immigrazione, dei dodici scoiattoli, 8 (67%) erano "subadulti" e 4 (33%) "adulti" (Tabella 5.12). La *sex-ratio* totale, riscontrata durante il monitoraggio, si avvicina al rapporto 1:1 con 7 scoiattoli su 12 (58 %) di sesso maschile e 5 su 12 (42 %) di sesso femminile. Nella stagione primaverile ed estiva la *sex-ratio* è favorevole per i maschi (5 maschi, 2 femmine), mentre nella stagione autunnale ci sono, relativamente, più femmine (2 maschi, 3 femmine). A differenza della precedente, questa situazione di dispersione è simile a quella riscontrata in *habitat* stabili di alta qualità come quelli presenti in Belgio. Boschi dominati da pino silvestre e pino nero (*Pinus nigra*), dove la maggior percentuale di immigranti è rappresentata da subadulti e dove non sono state riscontrate differenze, nel comportamento di dispersione, tra i maschi e le femmine, tranne per il periodo di massima dispersione (Wauters *et al.*, 1993, 1995; Lurz *et al.*, 1997).

Date queste premesse, si può concludere che l'area di studio di Cedrasco, il cui bosco è composto principalmente da abete rosso e abete bianco, rappresenta un *habitat* instabile di bassa qualità, dove la variazione nella produzione di semi delle conifere può influenzare largamente il successo riproduttivo degli animali residenti.

Il bosco presente ad Oga, con predominanza di pino silvestre, rappresenta, per gli ambienti alpini, un *habitat* stabile di alta qualità per il quale è possibile ipotizzare un tasso riproduttivo annuale abbastanza omogeneo.

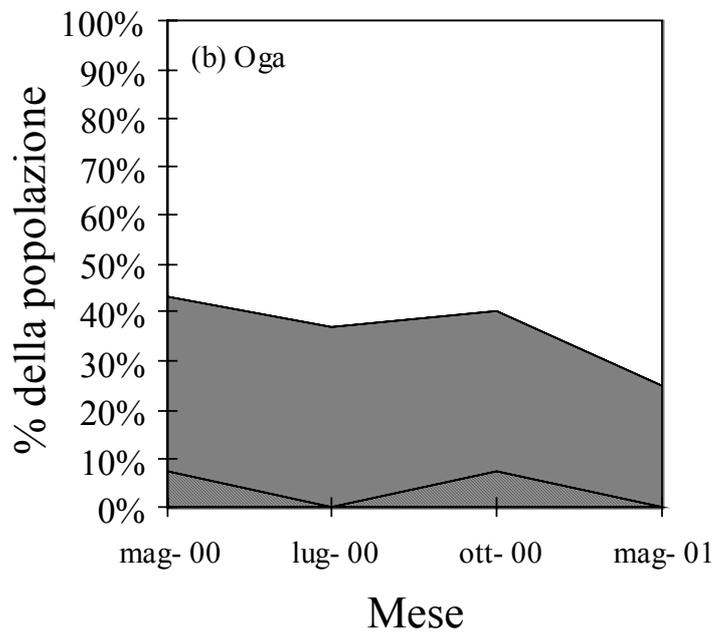
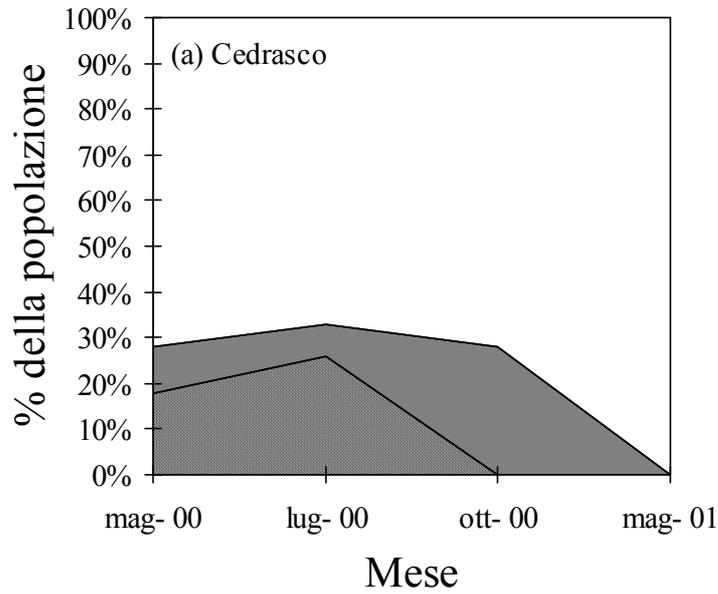


Figura 5.5 - Composizione della popolazione di scoiattoli nelle diverse stagioni, espressa come percentuale per ogni classe d'età. Giovani = barrato, subadulti = grigio; adulti = bianco. (a) Cedrasco; (b) Oga.

**Tabella 5.12 - Presenza degli scoiattoli da aprile-maggio 2000 a maggio 2001, nelle due aree di studio. "Età" indica l'età dell'animale rilevata durante la prima cattura; in "Presenza" è indicato lo stato riproduttivo, Maschi: TS = testicoli scrotali (condizione riproduttiva), TSS = testicoli semiscrotali (condizione non riproduttiva), TA = testicoli addominali (condizione non riproduttiva); Femmine: LACT = in allattamento, GEST = gravida, NR = non riproduttiva, X: condizione riproduttiva non chiara.**

Area	Sesso	Età	I.D.	Presenza			
				mag-00	lug-00	nov-00	mag-01
Cedrasco	Femmina	Adulto	1563	LACT	GEST		
Cedrasco	Femmina	Adulto	771	NR	NR		
Cedrasco	Femmina	Giovane	1552	NR	NR	NR	GEST
Cedrasco	Femmina	Giovane	736	NR	NR	NR	
Cedrasco	Maschio	Adulto	726	TS	TS	TA	TS
Cedrasco	Maschio	Adulto	1562	TS	TS		
Cedrasco	Maschio	Adulto	1554	TS	TS		
Cedrasco	Maschio	Adulto	765	TS	TS	TA	
Cedrasco	Maschio	Adulto	794	TS	TS	TA	
Cedrasco	Maschio	Adulto	708		TA		
Cedrasco	Maschio	Adulto	795		TS		
Cedrasco	Maschio	Adulto	749	TS	TS	TA	
Cedrasco	Maschio	Adulto	787				TS
Cedrasco	Maschio	Adulto	776				TS
Cedrasco	Maschio	Giovane	735		TA	TA	TSS
Cedrasco	Maschio	Giovane	710		TA		
Cedrasco	Maschio	Subadulto	797	TA	TA		
Oga	Femmina	Adulto	1594	LACT	NR		
Oga	Femmina	Adulto	1556	NR	LACT	NR	NR
Oga	Femmina	Adulto	1588	LACT	LACT	X	LACT
Oga	Femmina	Adulto	1587	LACT	LACT	NR	LACT
Oga	Femmina	Adulto	704		LACT		
Oga	Femmina	Giovane	1566	NR	NR		
Oga	Femmina	Giovane	705			NR	NR
Oga	Femmina	Subadulto	1557	NR	NR		
Oga	Femmina	Subadulto	1565	NR			
Oga	Femmina	Subadulto	779			NR	
Oga	Femmina	Subadulto	714			NR	LACT
Oga	Femmina	Subadulto	783			NR	NR
Oga	Femmina	Subadulto	1564				NR
Oga	Maschio	Adulto	1589	TS			
Oga	Maschio	Adulto	1595	TS	TS	TA	TS
Oga	Maschio	Adulto	1555	TS	TS	TA	TS
Oga	Maschio	Adulto	1571	TS	TS	TA	
Oga	Maschio	Adulto	731		TS		
Oga	Maschio	Adulto	790		TS		
Oga	Maschio	Adulto	768				TS
Oga	Maschio	Subadulto	725	TS	TSS	TA	TS
Oga	Maschio	Subadulto	1590	TS	TS	TA	TSS
Oga	Maschio	Subadulto	1569	TA	TA	X	TS
Oga	Maschio	Subadulto	729		TA		
Oga	Maschio	Subadulto	751			TA	TA
Oga	Maschio	Subadulto	707			TA	TS
Oga	Maschio	Subadulto	764				TA

## 5.7 ANALISI DELLA DISTRIBUZIONE E DINAMICA NELLE FORESTE DI CONIFERE: IL MODELLO *SOURCE-SINK*

Il modello *source-sink* (Pulliam, 1988; Dias, 1996) implica una variazione nella qualità degli *habitat* disponibili legata, nella maggior parte dei casi, all'abbondanza delle risorse alimentari. Per quanto riguarda lo scoiattolo, questo è sicuramente il caso delle foreste alpine indagate in questo studio. Oga rappresenta un *habitat* ad alta qualità (potenziale *source*) mentre Cedrasco, almeno durante gli anni di scarsa produzione di semi (pigne) dell'abete rosso, rappresenta un *habitat* di bassa qualità (potenziale *sink*).

Teoricamente, in un *habitat* "sorgente" (*source-habitat*) la crescita della popolazione è maggiore di 1 (natalità > mortalità), ma la capacità portante è relativamente bassa, spesso a causa del comportamento territoriale o parzialmente territoriale (come nel caso dello scoiattolo) degli animali, che determina un'emigrazione più forte della immigrazione. In un *habitat* di "estinzione" (*sink-habitat*), invece, la crescita della popolazione è minore di 1 (mortalità > natalità) e l'estinzione è evitata solo grazie all'immigrazione di animali provenienti dai *source-habitat* (Pulliam, 1988; Dias, 1996).

Una situazione intermedia è rappresentata dal cosiddetto *habitat pseudo-sink* che può, in certi casi, presentare una crescita maggiore di uno, per esempio quando la densità è già bassa e la qualità dell'*habitat* aumenta temporaneamente. L'area di studio di Cedrasco potrebbe rappresentare uno *pseudo-sink* di buona qualità negli anni in cui l'abete rosso produce molti semi (anni di pasciona), come è accaduto nel 1999.

La nostra ricerca ha evidenziato che in ambienti alpini lo scoiattolo comune, come diverse altre specie animali, è distribuito in un mosaico di *habitat* di diverse qualità. La distribuzione nello spazio e la dinamica di popolazione in un ambiente con variabilità nella qualità dell'*habitat* sono trattate, da un punto di vista teorico, in diversi modelli tra cui il modello sorgente-estinzione (*source-sink*) (Pulliam, 1988; Dias, 1996). I dati analizzati consentono di evidenziare che la distribuzione, l'uso degli *habitat* e la dinamica di popolazione dello scoiattolo sono in accordo con le predizioni del modello sorgente-estinzione.

L'esistenza di una dinamica *source-sink* ha importanti implicazioni, sia a livello ecologico-evolutivo, influenzando per esempio sull'adattamento locale e sulla diversità genetica (Dias, 1996), sia a livello conservazionistico. La distruzione di *habitat source* o la loro frammentazione provocata dalla costruzione di barriere, provocano una diminuzione radicale della dispersione tra *habitat source* e *sink* e possono condurre all'estinzione di popolazioni che occupano *habitat* di bassa qualità (*sink*). Ciò può accadere anche se questi *habitat* sono protetti. È dunque di cruciale importanza poter individuare i *source habitat* di una specie a rischio di estinzione locale, come lo scoiattolo comune.

## 5.8 DATI BIOMETRICI

Le analisi biometriche sono state effettuate utilizzando solo i dati riguardanti gli scoiattoli adulti e subadulti, mentre i giovani, poiché non hanno ancora raggiunto la dimensione corporea definitiva, sono stati esclusi dall'analisi (Wauters & Dhondt, 1989a,b; Wauters *et al.*, 1993).

Come misura per la grandezza dell'animale è stata usata la lunghezza del piede destro (**LP**), poiché strettamente correlata con la lunghezza corporea (testa-corpo) dell'individuo (Wauters & Dhondt, 1989b).

A Cedrasco la variazione di **LP** mostra una distribuzione normale ( $N = 11$ ; media  $\pm$  d.s. =  $59,4 \pm 2,0$  mm; range = 57,0 – 63,0 mm; *Shapiro-Wilk test*  $W = 0,93$ ;  $p = 0,37$ ), mentre ad Oga, la stessa misura, non segue una distribuzione normale ( $N = 22$ ; media  $\pm$  d.s. =  $59,0 \pm 1,4$  mm; range 56,0 – 63,0 mm; *Shapiro-Wilk test*  $W = 0,88$ ;  $p = 0,012$ ).

La variazione individuale di peso corporeo (massa corporea, **MC**), rilevato durante le catture, in giugno-agosto (estate) e ottobre-novembre (autunno), segue una distribuzione normale in entrambe le aree di studio (Cedrasco: media  $\pm$  d.s. =  $313 \pm 27$  g; range 275 – 360 g; *Shapiro-Wilk test*  $W = 0,96$ ;  $p = 0,78$ ; Oga: media  $\pm$  d.s. =  $310 \pm 33$  g; range 255 – 360 g; *Shapiro-Wilk test*  $W = 0,96$ ;  $p = 0,41$ ).

Le analisi non hanno evidenziato differenze di grandezza e peso corporeo né tra scoiattoli di sesso diverso, né tra scoiattoli appartenenti alle due aree di studio (Tabella 5.13 e Tabella 5.14), dunque maschi e femmine non presentano polimorfismo sessuale per quello che concerne il peso.

**Tabella 5.13 - Lunghezza del piede (LP) e massa corporea (MC) degli scoiattoli in relazione all'area di studio e al sesso (media  $\pm$  d.s.).**

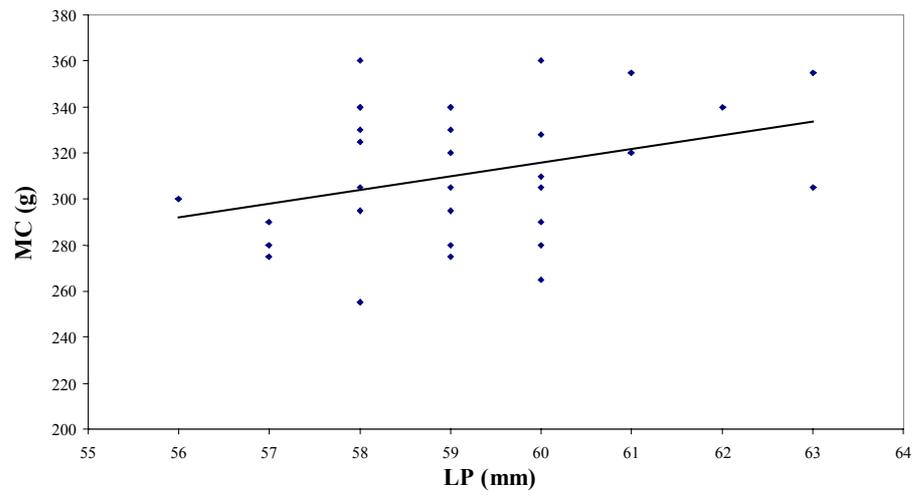
	Area di studio					
	Cedrasco		Oga		Tutti gli individui	
	LP (mm)	MC (g)	LP (mm)	MC (g)	LP (mm)	MC (g)
Maschi	(7) $60,0 \pm 2,0$	$318 \pm 26$	(11) $59,2 \pm 0,9$	$302 \pm 26$	(18) $59,5 \pm 1,4$	$308 \pm 27$
Femmine	(4) $58,5 \pm 1,9$	$304 \pm 31$	(11) $58,7 \pm 1,8$	$317 \pm 37$	(15) $58,7 \pm 1,8$	$314 \pm 35$
Maschi*	(11) $59,5 \pm 2,0$	$313 \pm 27$	(22) $59,0 \pm 1,4$	$310 \pm 33$		
Femmine*						

Tra parentesi il numero di individui.

**Tabella 5.14 - Analisi di varianza (ANOVA) a due vie per analizzare l'effetto dell'area di studio e del sesso sulla lunghezza del piede (LP) e sulla massa corporea (MC) dello scoiattolo europeo (n = 33).**

Fattore	F	g.l.	P
<b>LP</b> come variabile dipendente			
Area di studio	0,23	1, 29	0,64
Sesso	2,51	1, 29	0,12
Area*sesso	0,72	1, 29	0,40
Fattore	F	g.l.	
<b>MC</b> come variabile dipendente			
Area di studio	0,01	1, 29	0,93
Sesso	0,01	1, 29	0,95
Area*sesso	1,55	1, 29	0,22

Al fine di spiegare la variazione di peso individuale registrata tra gli scoiattoli, è stato utilizzato un modello di covarianza (ANCOVA) con: peso corporeo (**MC**) come variabile dipendente; lunghezza del piede (**LP**) come variabile indipendente; area di studio e sesso sono stati utilizzati come classi. I risultati, ottenuti dall'analisi con questi parametri, nel loro insieme spiegano solo il 14% della variazione nel peso di scoiattoli ( $F = 3,29$ ; g.l. = 3, 29;  $p = 0,23$ ;  $R^2 = 0,14$ ). Inoltre risulta come, sia l'effetto portato dall'area di studio ( $F = 0,01$ ; g.l. = 1, 29;  $p = 0,92$ ), sia quello portato dalla differenza di sesso ( $F = 1,14$ ; g.l. = 1, 29;  $p = 0,29$ ), non siano significativi, come mostrato dalla analisi della varianza (ANOVA) sopra citata. I grafici (Figura 5.6) ottenuti dai dati riguardanti **MC** e **LP** dello stesso animale, raccolti durante le sessioni di cattura, mostrano che la massa corporea (**MC**) dei maschi e delle femmine di entrambe le aree di studio tende ad aumentare con la lunghezza del piede (**LP**), ma la variazione in grandezza spiega solo il 10% della variazione di peso corporeo degli scoiattoli (regressione lineare: **MC**:  $F = 3,54$ ; g.l. = 1, 31;  $p = 0,069$ ).



**Figura 5.6 - Correlazione tra peso corporeo (MC) e lunghezza del piede (LP) degli scoiattoli nelle due aree di studio ( $MC = -43 (\pm 188) + 6,0 (\pm 3,2)LP$ ).**

## 5.9 POLIMORFISMO DEL MANTO

In ambienti alpini, lo scoiattolo europeo presenta polimorfismo per quanto concerne il colore del manto. Grazie a questa differenza, è possibile distinguere tre diverse tipologie di colorazione.

Una prima tipologia denominata "rossa", una "marrone" (caratterizzante animali di colore marrone scuro sul dorso e sulla coda, con le zampe e i fianchi più rossicci) e una terza tipologia "scura", con animali di un marrone-grigio molto scuro tendente al nero.

A Cedrasco, sui 17 scoiattoli catturati, 14 (82%) erano della forma "scura", 2 (12%) della forma "rossa" e solo uno (6%) della forma "marrone"

Ad Oga, 22 su 27 scoiattoli (81%) erano della categoria "scura", un solo animale apparteneva alla classe "rossa" (4%) e 4 (15%) "marrone" (Figura 5.7).

Durante le sessioni di cattura, in entrambe le aree il numero di scoiattoli che presentavano morfismo del pelo "scuro" era molto maggiore rispetto agli animali di entrambe le altre tipologie (Figura 5.7) (modello log-lineare: fattore colore  $G = 73,3$ ; g.l. = 2;  $p < 0,0001$ ). Per valutare se la frequenza relativa delle tre tipologie di pelo sia influenzata dal sesso o dall'area di studio, è stato effettuato un G-test a due vie (o Modello log-lineare) (Sokal & Rohlf, 1995). Questa analisi ha rivelato che la frequenza relativa delle tre forme di colore del pelo è indipendente dal sesso (modello log-lineare: interazione colore\* sesso  $G = 0,04$ ; g.l. = 2;  $p > 0,8$ ) e dalle aree di studio (modello log-lineare: interazione area di studio\* colore  $G = 1,94$ ; g.l. = 2;  $p > 0,2$ ).

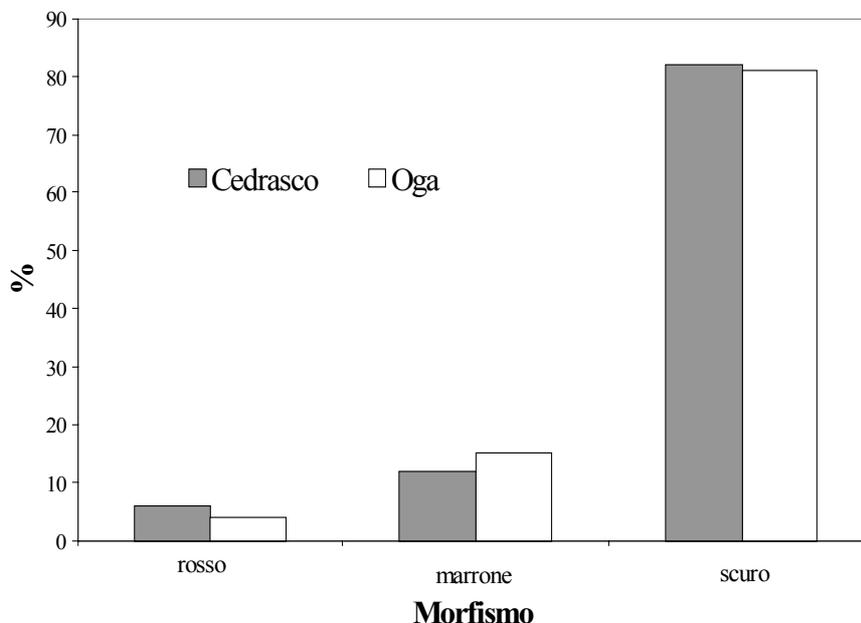


Figura 5.7 - Percentuale di scoiattoli appartenenti alle diverse morfologie di pelo nelle due aree di studio.

La netta prevalenza di individui a pelo scuro può essere spiegata mettendo in relazione questa tipologia del manto con la maggiore densità di peli caratteristica di questa fase, rispetto alle altre fasi di colore (Voipio & Hissa, 1970). Questo, in considerazione dell'ambiente montano nel quale vivono questi scoiattoli, rappresenta un grande vantaggio energetico per l'individuo. Lo scoiattolo, avendo il corpo maggiormente isolato, può diminuire la dispersione di calore nell'ambiente, durante la stagione invernale, evitando maggiori consumi energetici per il mantenimento della temperatura corporea.

Altro fattore da tenere in considerazione è rappresentato dalla densità vegetazionale caratteristica dell'ambiente boschivo montano che costituisce l'*habitat* di questi scoiattoli.

Tali ambienti costituiscono un *habitat* che seleziona positivamente gli individui con morfotipo "scuro" grazie al miglior effetto mimetico. La loro conseguente minore individuabilità da parte di predatori che usano la vista per la caccia (come l'astore, *Accipiter gentilis* o la poiana, *Buteo buteo*), consente agli scoiattoli di avere più tempo a disposizione per il foraggiamento.

## 5.10 RIPRODUZIONE

Il numero degli animali di sesso femminile catturati nell'area di studio di Cedrasco si è rivelato troppo esiguo per poter effettuare un confronto in grado di mettere in relazione il successo riproduttivo nelle due diverse aree di studio.

A Cedrasco, un solo animale adulto di sesso femminile (AF 1563) dei due presenti nella sessione di cattura effettuata nei mesi di maggio-luglio 2000, si è riprodotto. Le analisi effettuate sul DNA hanno messo in luce la stretta parentela (madre-figlia) che intercorre tra questo individuo e i due giovani esemplari di sesso femminile catturati e monitorati nella sessione effettuata nei mesi di giugno-ottobre 2000 (YF 736, YF 1552). Nella sessione estiva, coincidente con il periodo di gravidanza, lo scoiattolo AF 1563 non è mai stato catturato.

L'altro esemplare di *Sciurus vulgaris* adulto di sesso femminile (AF 771), nell'anno 2000, non si è riprodotto.

Nell'anno in corso, il solo scoiattolo di sesso femminile sopravvissuto a Cedrasco era l'animale identificato con la targa auricolare 1552. Questa femmina, catturata durante la sessione di maggio 2001, è risultata gravida.

Nell'area di studio di Oga, le analisi riguardanti lo svezzamento dei nuovi nati, hanno dato risultati mostrati in Tabella 5.15. Nel 2000, le femmine adulte che hanno svezzato piccoli sono state il 50% in primavera e il 67%, considerando entrambe le stagioni estiva e autunnale. Nella primavera 2001 le analisi hanno mostrato un netto calo (33%) rispetto alla stagione precedente.

Le osservazioni riguardanti il successo riproduttivo hanno mostrato come, delle cinque femmine presenti sia in primavera che in autunno 2000, una sola non si sia riprodotta, due hanno avuto una sola cucciolata, e due hanno avuto piccoli in entrambe le stagioni. Queste ultime, durante le misurazione effettuate nell'ambito delle catture, hanno mostrato peso corporeo maggiore rispetto alle altre le femmine catturate in primavera (340 e 370 g).

**Tabella 5.15 - Successo riproduttivo stagionale ad Oga ("Estate" riporta una cucciolata intermedia rispetto a quelle tipiche primaverili, con nascite in marzo-inizio aprile, e autunnale, con nascite in luglio-inizio agosto). I dati sono indicati come numero di femmine (tra parentesi il valore espresso in percentuale) con piccoli svezzati sul numero totale di femmine adulte e subadulte presente.**

Anno	Primavera	Estate	Autunno
2000	3/6 (50%)	1/6 (17%)	3/6 (50%)
2001	3/7 (43%)		

### 5.11 DATI DI *RADIOTRACKING* E ANALISI DEGLI *HOME RANGE*

Per ciascuno scoiattolo a cui è stato applicato un radiocollare sono state calcolate le dimensioni dell'*home range* e della *core-area*. I risultati delle analisi dei dati di *radiotracking* (Tabella 5.16 e Tabella 5.17) mostrano come, sia a Cedrasco che a Oga l'*home range* degli scoiattoli maschi sia, in generale, più esteso di quello degli individui di sesso femminile. Le *core-area* dei diversi animali, il cui numero di nuclei sia maggiore di uno, sono il risultato della sommatoria dei singoli nuclei. Un esempio è rappresentato dall'animale AM1595, la cui *core-area*, composto da quattro differenti nuclei, misura 3,56 ha (0,083 ha+ 0,339 ha+ 3,131 ha+ 0,010 ha).

**Tabella 5.16 - Dimensione dell'*home range* (HR100), dimensione dalla *core-area* (CO85) e numero di nuclei dei diversi scoiattoli a Cedrasco.**

I.D.	Sesso	HR100 (ha)	CO85 (ha)	N. di nuclei
AM726	M	13,68	5,11	2
AM1562	M	13,15	2,51	3
AM757	M	6,97	2,35	1
AM794	M	5,78	3,94	1
AM708	M	7,23	2,96	2
YF736	F	4,28	2,54	1
YF1552	F	4,42	2,21	2
AF771	F	12,87	3,39	3

**Tabella 5.17 - Dimensione dell'*home range* (HR100), dimensione dalla *core-area* (CO85) e numero di nuclei dei diversi scoiattoli a Oga.**

I.D.	Sesso	HR100 (ha)	CO85 (ha)	N. di nuclei
YM1569	M	12,29	1,42	1
AM1571	M	19,80	3,75	2
AM1589	M	11,31	3,89	2
AM1557	M	9,48	2,94	1
AM1595	M	23,37	3,56	4
AF1588	F	3,91	1,51	1
AF740	F	5,29	2,27	2
AF1594	F	11,03	3,94	2

È stato valutato se i dati di *home range*, *core-area* e cibo disponibile nel 1999 e 2000, per i diversi animali muniti di radiocollare a Cedrasco (n = 8) e ad Oga (n = 9) fossero distribuiti normalmente utilizzando il test di *Shapiro-Wilk*. Nell'area di studio di Oga, sono stati inseriti anche i dati di *home range* e *core-area* dello scoiattolo identificato con la sigla SM 725. Questo animale, pur non essendo stato dotato di radiocollare è stato catturato un numero elevato di volte, durante le varie sessioni, questo ha permesso di calcolare ugualmente il suo *home range* e la sua *core-area*.

I risultati di questa analisi (Tabella 5.18) indicano che tutte le variabili, tranne la disponibilità di cibo nell'anno 1999, seguono una distribuzione normale. Questo ha consentito di usare dei test statistici parametrici.

**Tabella 5.18 - Valori di media ( $\pm$  d.s.) delle variabili *home range*, *core-area* e cibo disponibile nel 1999 e 2000, per i diversi animali muniti di radiocollare a Cedrasco (N = 8) e ad Oga (N = 9) e risultati del test di *Shapiro-Wilk*.**

	Area di studio					
	Cedrasco			Oga		
	Media	w	p	Media	w	p
<i>Home range</i> *	8,55 $\pm$ 4,02	0,83	0,07	11,23 $\pm$ 6,72	0,90	0,25
<i>Core-area</i> *	3,13 $\pm$ 0,99	0,86	0,14	3,88 $\pm$ 1,71	0,88	0,15
<i>Food</i> 1999 <sup>^</sup>	1100788 $\pm$ 178489	0,93	0,49	1395525 $\pm$ 380345	0,91	0,31
<i>Food</i> 2000 <sup>^</sup>	44451 $\pm$ 55224	0,75	<b>0,0094</b>	324428 $\pm$ 121177	0,94	0,63

\* misure espresse in ettari;

<sup>^</sup> disponibilità di cibo espressa in kJ/ha, per gli anni 1999 e 2000.

È stata in seguito effettuata una analisi della varianza (ANOVA) "a due vie", per controllare se le variabili "area di studio" o "sesso" avessero o meno effetto significativo sulla dimensione dell'*home range* e delle *core-area*. Diversamente dall'analisi svolta in precedenza si è preferito non considerare l'animale SM 725 per evitare che risultati, frutto di una diversa metodica di campionamento, potessero falsare l'analisi stessa.

I risultati di questo test (Tabella 5.19 e Tabella 5.20) evidenziano il fatto che solo il sesso degli scoiattoli ha un effetto significativo sulle dimensioni degli *home range* (N = 16; effetto sesso F = 6,17; g.l. = 1, 12; p = 0,03), mentre l'effetto area non è risultato significativo (Tabella 5.19). Il risultato ottenuto analizzando l'effetto dell'area e l'effetto di sesso sulle dimensioni delle *core-area* non ha dato invece risultati statisticamente significativi (Tabella 5.20).

**Tabella 5.19 - Home range (HR) e core-area (CA) degli scoiattoli in relazione all'area di studio e al sesso (media e deviazione standard, d.s.).**

	Area di studio					
	Cedrasco		Oga		Aree insieme	
	HR (ha)	CA (ha)	HR (ha)	CA (ha)	HR (ha)	CA (ha)
Maschi	(5) <sup>o</sup> 9,36 ± 3,47	(5) <sup>o</sup> 3,37 ± 1,15	(4) <sup>o</sup> 6,69 ± 5,85	(4) <sup>o</sup> 4,69 ± 1,92	(9) <sup>o</sup> 12,62 ± 5,90	(9) <sup>o</sup> 3,96 ± 1,59
Femmine	(3) <sup>o</sup> 7,19 ± 4,92	(3) <sup>o</sup> 2,71 ± 0,61	(4) <sup>o</sup> 7,50 ± 3,47	(4) <sup>o</sup> 3,72 ± 0,92	(7) <sup>o</sup> 7,36 ± 3,76	(7) <sup>o</sup> 3,29 ± 0,93
M*F	(8) <sup>^</sup> 8,55 ± 4,02	(8) <sup>^</sup> 3,13 ± 0,99	(8) <sup>^</sup> 12,09 ± 6,63	(8) <sup>^</sup> 4,21 ± 1,50		

<sup>o</sup> numero di esemplari monitorati per i diversi sessi;

<sup>^</sup> numero di esemplari per i sessi combinati.

**Tabella 5.20 - Risultati dell'analisi di varianza (ANOVA) a due vie effettuata per controllare gli effetti di area di studio e sesso sulla dimensione dell'home range e della core-area per tutti gli scoiattoli monitorati mediante radiotracking.**

	Home range			Core-area		
	F	g.l.	p	F	g.l.	p
Area	2,78	1, 12	0,12	3,16	1, 12	0,10
Sesso	6,17	1, 12	0,03	1,57	1, 12	0,23
Area*sesso	2,36	1, 12	0,15	0,06	1, 12	0,81

In ultima analisi sono stati calcolati due modelli di covarianza (ANCOVA), utilizzando il modello di analisi denominato *backward stepwise*: il primo sulle dimensioni degli *home range*, il secondo sulle *core-area*. Sono stati investigati gli effetti di area, sesso, grandezza del corpo, lunghezza del piede e cibo disponibile nel 1999. I risultati illustrano come, per gli *home range*, hanno un effetto significativamente positivo il sesso dell'animale e la disponibilità di cibo (modello selezionato F = 6,85; g.l. = 2, 13; p = 0,0093; R<sup>2</sup> = 0,51). Per quanto riguarda le *core-area* l'analisi ha rivelato che nessuno dei fattori presi in considerazione ha avuto un effetto significativo (tutti i valori di p > 0,10). Ciò che emerge da questa analisi per quanto concerne la positività del fattore "sesso dell'individuo" su *home range* conferma ciò che era emerso nell'analisi effettuata con il modello di varianza (ANOVA) "a due vie", i cui risultati sono mostrati nei paragrafi precedenti.

I risultati rilevati, riguardanti l'effetto del fattore "sesso" sulla dimensione dell'*home range*, sono in accordo con quelli raggiunti nel nord dell'Inghilterra nelle piantagioni di conifere della foresta di Spadeadam (Lurz *et al.*, 2000): anche in questo studio è stato rilevato che gli *home range* degli scoiattoli di sesso maschile tendono a coprire una superficie maggiore rispetto a quelli dei conspecifici di sesso femminile.

I risultati concernenti la relazione tra dimensione dell'*home range* e disponibilità di cibo, sono invece in contrasto con quelli della letteratura (Grönwall, 1982; Lurz *et al.*, 2000). Essi evidenziano che, anche se in presenza di una maggiore quantità di cibo, nell'area di studio di Oga gli *home range* avevano una superficie leggermente maggiore rispetto a quelli di Cedrasco.

Questo può essere spiegato con la teoria dell'*optimal foraging* (Krebs & Davies, 1977), che stabilisce che un animale dovrebbe scegliere il tipo di preda in base al migliore compromesso tra costi e benefici. Nel caso degli scoiattoli si può ipotizzare che, a Cedrasco, il mantenimento di un *home range* di grandi dimensioni, non sarebbe compensato dalla quantità di energia ricavata e questo porterebbe gli animali a minimizzare l'*home range*. Ad Oga, invece, l'abbondanza di semi di conifere riuscirebbe a compensare lo sforzo energetico richiesto per il mantenimento di un *home range* di ampie dimensioni.

#### 5.11.1 SOVRAPPOSIZIONE DI *HOME RANGE* E *CORE-AREA*

I risultati delle analisi effettuate con Ranges V sulle percentuali di sovrapposizione dell'*home range* delle *core-area* tra i diversi scoiattoli sono mostrate in Tabella 5.21.

In questa specie le manifestazioni territoriali, caratterizzano il sesso femminile e questo fattore determina l'esiguità delle sovrapposizioni dell'*home range* e della *core-area* tra animali di questo sesso. Al contrario, sono presenti sovrapposizioni intrasessuali maschi-maschi e sovrapposizioni intersessuali maschi-femmine, femmine-maschi (Figura 5.8, Figura 5.9, Figura 5.10). Questi risultati possono essere interpretati ricordando che gli individui della specie che manifestano comportamenti territoriali sono le femmine. Ne consegue che un individuo di sesso maschile, allo scopo di cercare l'animale del sesso opposto con cui riprodursi, deve obbligatoriamente far coincidere parte del suo territorio (*home range* e *core-area*) con quello di una più femmine (Wauters *et al.*, 1990; Wauters & Dhondt, 1992; Lurz *et al.*, 2000).

L'organizzazione sociale osservata nelle nostre aree di studio riproduce in maniera abbastanza fedele quella osservata in altri studi condotti in Inghilterra, in Belgio e in ambienti di alta pianura dell'Italia del nord (Wauters & Dhondt, 1992; Lorusso, 1999; Lurz *et al.*, 2000).

**Tabella 5.21 - Sovrapposizione media dell'*home range* (calcolato con il metodo del *Minimum Convex Polygon*, MCP) e della *core-area* (calcolata con il metodo della *Cluster Analysis*, CIAn85) dei diversi esemplari per entrambe le aree di studio.**

	Cedrasco		Oga	
	MCP (%)	CIAn85 (%)	MCP (%)	CIAn85 (%)
Maschi-maschi	16,27	3,00	46,20	23,26
Maschi-femmine	16,90	7,14	18,80	11,46
Femmine-maschi	23,24	7,86	40,50	17,26
Femmine-femmine	1,00	0,00	4,72	1,00

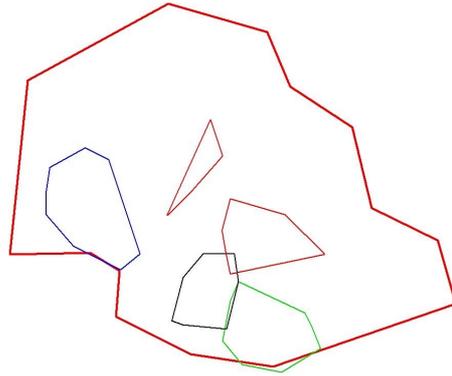


Figura 5.8 - *Core-area* di 4 femmine differenti (indicate dai quattro colori diversi). La femmina indicata con il colore marrone presenta una *core-area* binucleare. La linea esterna rossa indica l'area di studio.

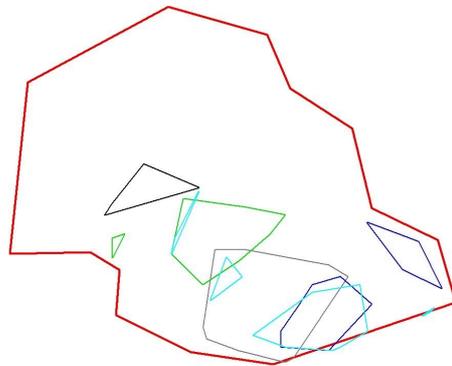


Figura 5.9 – *Core-area* di 5 maschi differenti (indicate dai cinque colori diversi). La linea esterna rossa indica l'area di studio.

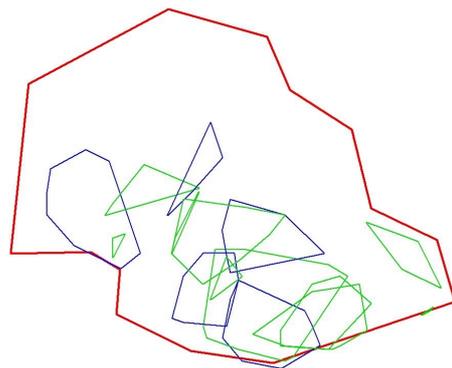


Figura 5.10 – Sovrapposizione delle *core-area* degli scoiattoli marcati. In blu sono indicate le *core-area* delle femmine e in verde quelle dei maschi. La linea esterna rossa indica l'area di studio.

## 5.12 USO DELL'HABITAT

### 5.12.1 AMPIEZZA DELLA NICCHIA: SPECIE DI ALBERI

Le successive analisi statistiche sulla variazione individuale nell'ampiezza della nicchia mostrano come essa segua una distribuzione normale in entrambe le aree di studio (*Shapiro-Wilk test*: Cedrasco:  $W = 0,87$ ;  $p = 0,14$ ; Oga:  $W = 0,94$ ;  $p = 0,65$ ). L'ampiezza media della nicchia, calcolata sulla frequenza di uso delle diverse specie di alberi presenti, è maggiore ad Oga rispetto a Cedrasco (Figura 5.11: *t-test*  $t = 2,74$ ; g.l. = 14;  $p = 0,016$ ).

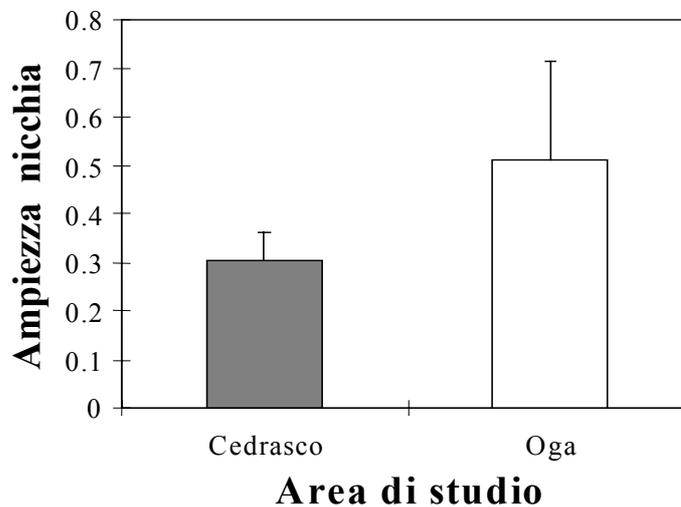


Figura 5.11 - Ampiezza media della nicchia calcolata per tutti gli scoiattoli, per entrambe le aree di studio.

### 5.12.2 SELEZIONE DELL'HABITAT DISPONIBILE A LIVELLO DI MACROHABITAT

#### Cedrasco

A livello di macrohabitat, le analisi mostrano come, nell'area di studio di Cedrasco l'uso dello spazio da parte degli scoiattoli non è casuale (*Goodness-of-fit test*  $G = 137,5$ ; g.l. = 3;  $p < 0,0001$ ): la selezione, pur se non statisticamente significativa, indica che gli animali tendono a inserire le proprie *core-area* nelle zone in cui la vegetazione presenta abete rosso o abete bianco puro. Il fatto che questa selezione non sia statisticamente significativa è causa della forte variazione individuale nell'uso dell'*habitat* da parte degli scoiattoli e delle ridotte dimensioni di questi tipi di *habitat* (Tabella 5.22). Il bosco misto con latifoglie, composto principalmente da faggio (*Fagus sylvatica*), viene usato in rapporto alla disponibilità. La zona di conifere miste, che occupa, in proporzione, una superficie maggiore, rispetto al totale dell'area di studio, zona caratterizzata dalla presenza

delle specie *Picea abies* e *Abies alba*, è usata meno in relazione la sua disponibilità (Tabella 5.22 e Tabella 5.23).

**Tabella 5.22 - Sovrapposizione (%) delle *core-area* (CA85%) degli scoiattoli con i diversi macrohabitat a Cedrasco.**

Id animale	CA 85% (ha)	Abete rosso	Abete bianco	Conifere miste	Latifoglie miste
AM 726	5.11	0	0	65,4	34,6
AM 1562	2.51	0,3	0	40,7	59,0
AM708	2,96	1,7	48,4	49,9	0
AM 757	2,35	30,7	13,5	55,8	0
AM 794	3,94	13,0	50,5	36,4	0,01
AF 771	3,39	0	0	68,9	31,1
YF 1552	2,21	37,0	24,6	38,4	0
YF 736	2,54	40,5	6,3	53,2	0
Media		15,4	17,9	51,1	15,6
Disponibile		4,8 (3,18 ha)	6,0 (4,05 ha)	62,8 (42,07 ha)	26,4 (17,70 ha)

**Tabella 5.23 - Indice di selezione ( $w_i$ ) del macrohabitat per le *core-area* degli scoiattoli a Cedrasco: (-) indica che  $w_i$  è significativamente  $< 1$ , quindi che il macrohabitat corrispondente è evitato.**

Macrohabitat	Disponibile	Utilizzo (media $\pm$ s.e.)	$w_i$ ( $u_i/a_i$ )
Abete rosso	0,05	0,15 $\pm$ 0,06	3,21
Abete bianco	0,06	0,18 $\pm$ 0,08	2,99
Conifere miste	0,63	0,51 $\pm$ 0,04	0,81 (-)
Misto con latifoglie	0,26	0,16 $\pm$ 0,08	0,59

### Oga

Le analisi fatte a livello di macrohabitat nell'area di studio di Oga, rivelano che l'uso dello spazio da parte degli scoiattoli non è casuale (*Goodness-of-fit test*  $G = 185,8$ ; g.l. = 1;  $p < 0,0001$ ). La selezione mostra (Tabella 5.25) come gli animali preferiscano stabilire la propria *core-area* nelle due zone caratterizzate da pino silvestre puro. Il bosco misto di conifere, caratterizzato dalla presenza di pino silvestre, abete rosso e larice, pur essendo la maggior parte del disponibile è meno usata (Tabella 5.24 e Tabella 5.25).

**Tabella 5.24 - Sovrapposizione (%) della *core-area* degli scoiattoli (CA 85%) con i diversi macrohabitat ad Oga.**

Id animale	CA 85% (ha)	Pino silvestre puro	Conifere miste
AM 1571	3,75	55,6	44,4
AM 1557	4,74	11,9	88,1
AM 1589	3,89	0	100
AM 1595	3,56	68,5	31,5
SM 725	1,27	91,6	8,4
SM 1569	7,57	57,0	43,0
AF 1594	3,94	4,3	95,7
AF 740	3,73	78,0	22,0
AF 1588	2,46	6,2	93,8
<b>Media</b>		41,6 ± 1	58,4
<b>Disponibile</b>		12,7 (7,98)	87,3 (55,08)

Tra parentesi è indicata la superficie occupata dal macrohabitat espressa in ettari.

**Tabella 5.25 - Indice di selezione ( $w_i$ ) di macrohabitat per la *core-area* dagli scoiattoli ad Oga: (+) indica che  $w_i$  è significativamente  $> 1$ , dunque che il macrohabitat è selezionato; (-) indica che  $w_i$  è significativamente  $< 1$ , il macrohabitat è evitato.**

Macrohabitat	Disponibile	Utilizzo (media ± s.e.)	$w_i$ ( $u_i/a_i$ )
Pino silvestre puro	0,13	0,42 ± 0,12	3,20 (+)
Conifere miste dominate da pino silvestre	0,87	0,58 ± 0,12	0,67 (-)

### **5.12.3 MICROHABITAT: SELEZIONE DELLE SPECIE DI ALBERI**

Ad un livello più fine si è calcolato l'uso dello spazio in rapporto alle singole specie di albero per ogni scoiattolo dotato di radiocollare.

#### **Cedrasco**

A livello di microhabitat, nell'area di studio di Cedrasco, l'uso delle specie forestali da parte degli scoiattoli non è casuale (*Goodness-of-fit test*  $G = 165,1$ ; g.l. = 4;  $p < 0,0001$ ).

Come si evince dalle analisi (Tabella 5.26 e Tabella 5.27) gli scoiattoli evidenziano una preferenza per tre delle cinque specie di alberi presenti in questa area di studio, e precisamente per l'abete rosso, il larice e il pino silvestre, mentre è evitato l'abete bianco.

Gli scoiattoli monitorati principalmente in giugno-luglio mostrano una preferenza netta per il pino silvestre e il larice, nutrendosi dei loro semi ancora immaturi,

mentre l'abete rosso e gli alberi di latifoglie sono usati in rapporto alla loro presenza nell'area di studio.

**Tabella 5.26 - Proporzione, media ed errore standard (E.S.) per ciascuna specie di albero presente nell'area di studio di Cedrasco, di utilizzato (u) e disponibile (d) per ogni scoiattolo.**

I.D.	u <i>P.abies</i>	d <i>P.abies</i>	u <i>U.alba</i>	d <i>A.alba</i>	u <i>L.dec.</i>	d <i>L.dec.</i>	u <i>P.sylv.</i>	d <i>P.sylv.</i>	u misto	d misto
M726	0,71	0,96	0,05	0,01	0,14	0,01	0,09	0,01	0,01	0,01
M1562	0,64	0,52	0,08	0,31	0,08	0,01	0,08	0,01	0,12	0,15
M757	0,52	0,24	0,37	0,65	0,04	0,025	0,07	0,05	0,01	0,025
M794	0,35	0,25	0,56	0,68	0,07	0,05	0,01	0,01	0,01	0,02
M708	0,6	0,07	0,12	0,85	0,16	0,04	0,08	0,01	0,04	0,03
F736	0,62	0,24	0,27	0,7	0,07	0,01	0,03	0,025	0,01	0,025
F1552	0,61	0,01	0,08	0,96	0,12	0,01	0,12	0,01	0,08	0,01
F771	0,71	0,52	0,11	0,31	0,07	0,01	0,07	0,01	0,04	0,15
Media	0,60	0,35	0,21	0,56	0,09	0,02	0,07	0,02	0,04	0,05
E.S.	0,04	0,11	0,06	0,11	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02

**Tabella 5.27 - Indice di selezione ( $w_i$ ) per le singole specie di alberi a Cedrasco; valori maggiori di 1 indicano selezione da parte degli scoiattoli per la data specie; valori inferiori a 1 indicano non selezione. Abbreviazioni come Tabella 5.26.**

	$w_i$ <i>P. abies</i>	$w_i$ <i>A. alba</i>	$w_i$ <i>L. dec.</i>	$w_i$ <i>P. sylv.</i>	$w_i$ <i>mixed</i>
Media	9.888(+)	0.952 (-)	6.875(+)	5.950(+)	1.588
E.S.	7.36	0.584	1.606	1.483	0.925

### Oga

Anche le analisi fatte a livello di microhabitat nell'area di studio di Oga, rivelano che l'uso delle specie di alberi da parte degli scoiattoli non è casuale (*Goodness-of-fit test*  $G = 178,1$ ; g.l. = 2;  $p < 0,0001$ ). Sono stati selezionati il larice e l'abete rosso (Tabella 5.28 e Tabella 5.29). Per quanto riguarda la prima specie, questo risultato è artificiale a causa della sottostima della sua disponibilità (il larice non risultava presente nelle **SRV** utilizzate per calcolare l'abbondanza relativa nell'*home range* di ogni singolo scoiattolo, vede Tabella 5.28). Per quanto riguarda l'abete rosso, invece, si tratta di una preferenza biologica, con gli scoiattoli, monitorati nel periodo maggio-giugno 2000, nutrendosi ancora con i semi trovati nelle pigne di abete rosso prodotte l'anno precedente. Anche se l'indice di selezione per il pino silvestre è negativa (Tabella 5.29), suggerendo l'evitarsi di questa specie, tutti gli scoiattoli utilizzano principalmente questa specie e si nutrono, durante la tarda primavera, con fiori maschili, gemme e germogli, mentre da metà giugno vengono usati già i semi immaturi delle pigne verde.

Si può quindi concludere che i dati indicano, quale risorsa alimentare primaria per lo scoiattolo nelle foreste di conifere dove è stato svolto lo studio, semi e, all'inizio della primavera, anche fiori e gemme di abete rosso e di pino silvestre. Un'importanza simile di questi fonti alimentari è stata riscontrata anche in boschi misti dell'Italia Settentrionale, del Belgio e nelle foreste boreali della Scandinavia (Wauters & Dhondt, 1987; Andrén & Lemnell, 1992; Wauters *et al.*, 1992; Gioia 2000; Wauters *et al.*, 2001).

**Tabella 5.28 - Proporzione, media ed errore standard (E.S.) per ciascuna specie di albero presente nell'area di studio di Oga, di utilizzato (u) e disponibile (d) per ogni scoiattolo.**

I.D.	u <i>P.abies</i>	d <i>P.abies</i>	u <i>L.dec.</i>	d <i>L.dec.</i>	u <i>P.sylv.</i>	d <i>P.sylv.</i>
M 1569	0.26	0.11	0.13	0.01	0.61	0.88
M 1571	0.32	0.11	0.01	0.01	0.67	0.88
M 1589	0.18	0.07	0.27	0.01	0.55	0.92
M 1595	0.18	0.09	0.01	0.01	0.81	0.90
F 1588	0.23	0.09	0.09	0.01	0.68	0.90
F 740	0.21	0.14	0.01	0.01	0.78	0.85
F 1594	0.20	0.06	0.20	0.01	0.60	0.93
F1557	0.46	0.10	0.14	0.01	0.40	0.89
<b>Media</b>	0.26	0.10	0.11	0.01	0.64	0.89
<b>E.S.</b>	0.03	0.01	0.03	0.00	0.05	0.01

**Tabella 5.29 - Indice di selezione ( $w_i$ ) per le singole specie di alberi a Oga; valori maggiori di 1 indicano selezione da parte degli scoiattoli per la data specie; valori inferiori a 1 indicano non selezione. Abbreviazioni come Tabella 5.28.**

	w <i>P. abies</i>	w <i>L. dec.</i>	w <i>P. sylv.</i>
<b>Media</b>	2.729(+)	10.750(+)	0.715(-)
<b>E.S.</b>	0.331	3.417	0.055

### 5.13 DIVERSITÀ GENETICA DELLE DUE POPOLAZIONI STUDIATE

Una popolazione è considerata in buone condizioni se il numero di riproduttori è sufficientemente alto da garantire la stabilità della popolazione nel tempo. Da un punto di vista genetico, le buone condizioni di una popolazione sono garantite se la variabilità genetica è alta: una variabilità ridotta significa infatti che la popolazione può risultare vulnerabile a diversi fattori. Inoltre, anche il fenomeno della migrazione, se sufficiente a garantire un adeguato scambio a livello genetico tra popolazioni, contribuisce al mantenimento delle condizioni idonee alla conservazione delle specie.

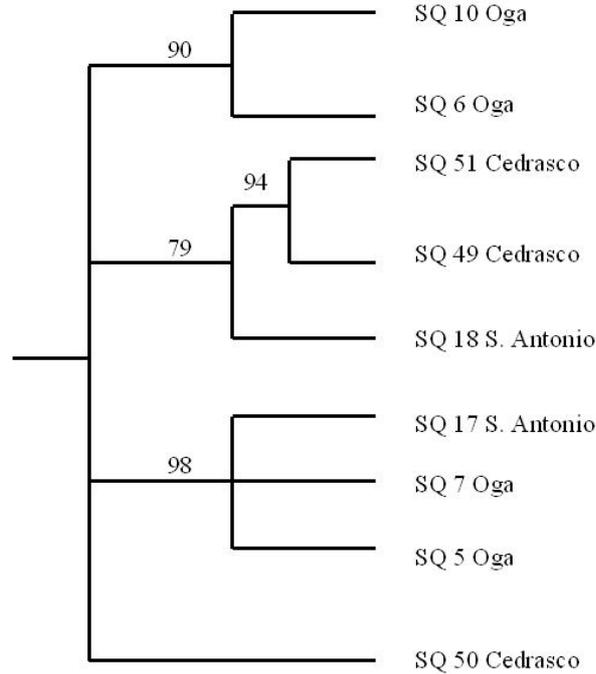
Date tali premesse, gli obiettivi principali di questo lavoro sono:

1. La determinazione precisa della variabilità genetica di ogni popolazione (eterogeneità) e dei livelli di flusso genico fra popolazioni. Inoltre è previsto di stimare il numero di riproduttori per ogni popolazione. Per la valutazione del livello medio di variabilità genetica complessiva è stata scelta la tecnica dell'amplificazione genica di specifici loci nucleari con segregazione di tipo mendeliano ed elevato livello di varianti alleliche (microsatelliti).
2. Lo studio filogenetico con la finalità di definire l'origine e l'evoluzione delle popolazioni di scoiattolo comune studiate. Per questo tipo di studio, è spesso utilizzato un gene del DNA mitocondriale (*D-loop*).

Purtroppo, nel corso del primo anno di studio, i bulbi piliferi di parecchi campioni sono risultati insufficienti e/o il DNA è risultato degradato ed inutilizzabile. Nuovi campioni di 30 bulbi sono stati raccolti durante il secondo anno (2001, analisi in corso). Fino ad oggi, è stato possibile estrarre il DNA da campioni di 61 individui, dei quali 10 dall'area di Cedrasco, 26 da Oga, e 25 da S. Antonio, area situata sulle Alpe Orobie in provincia di Brescia (per una descrizione dell'area, vedi Cauwelier, 2001).

Per quanto riguarda la variabilità genetica, sono state rilevate 5 sequenze microsatellite in 29 individui. Poiché i microsatelliti non amplificano quando la quantità di DNA è bassa, questi risultati sono attualmente insufficienti per effettuare inferenze statistiche.

Per quanto riguarda lo studio filogenetico invece, sono state rilevate le sequenze di 9 individui. La Figura 5.12 illustra l'albero filogenetico (*unrooted*) fornito dal programma *consensus tree* utilizzando un algoritmo *neighbor-joining* e 100 ripetizioni *bootstrap*. Solo i rami significativi (quelli trovati in più del 70% delle ripetizioni) sono inclusi. Ogni individuo mostra un aplotipo (sequenza) diverso. Sei sequenze su nove sono più simili tra loro (vedi gruppi 2 e 3 di Figura 5.12) e non provengono della stessa popolazione, ma da popolazioni diverse.



**Figura 5.12 - Albero filogenetico in base al *D-loop* di 9 individui di scoiattolo rosso.**

I dati suggeriscono che uno scambio genetico fra le popolazioni di Oga, Cedrasco e S. Antonio è ancora in corso oppure che la separazione tra queste popolazioni è un fenomeno recente. Le analisi attraverso i microsatelliti potranno confermare se questo flusso genico è attualmente in corso. Inoltre, in relazione ai differenti aplotipi rilevati per ciascun individuo, è possibile affermare che la variazione genetica è abbastanza alta. Se le popolazioni fossero state isolate da parecchio tempo oppure avessero subito una drastica riduzione nel passato, la variabilità genetica sarebbe molto meno elevata. Dunque questi dati indicano che, nonostante i risultati siano da considerarsi preliminari (Figura 5.12) lo scoiattolo rosso in Provincia di Sondrio è in buone condizioni di conservazione.



## 6 CONCLUSIONI

Innanzitutto questa ricerca ha consentito di raccogliere informazioni sulla biologia dello scoiattolo comune in un ambiente per il quale non esistevano studi pregressi. Infatti, in *habitat* costituiti da foreste di conifere in aree alpine, non erano mai state condotte ricerche volte all'approfondimento dell'uso dell'*habitat*, dell'organizzazione sociale e della dinamica di popolazione, conoscenze indispensabili per progettare ed attuare corrette strategie di conservazione e gestione della specie.

Un dato di particolare interesse che è emerso dallo studio è la bassa densità della specie, rispetto ad aree dell'alta Pianura Padana lombarda, in relazione alla disponibilità alimentare. Questo fenomeno è stato evidenziato in particolar modo per l'area di studio di Oga, ove una produzione di semi di pino silvestre risultata relativamente costante in tutto il periodo di studio, potrebbe sostenere popolazioni con densità significativamente superiori. Una possibile spiegazione è da porsi in relazione con una presumibile presenza elevata di predatori, che potrebbero costituire un fattore limitante di grande impatto.

L'organizzazione sociale è risultata simile a quella riscontrata per altre popolazioni in aree differenti come pure la dimensione degli *home range*, risultati mediamente più ampi in relazione alla ridotta densità degli individui residenti della specie.

Per quanto riguarda l'utilizzo dell'*habitat* degli individui muniti di radio collare, è emersa una selezione positiva per le aree con la presenza di specie arboree che fornissero risorse trofiche alternative ai semi, quali fiori e gemme, specialmente durante il periodo primaverile. Durante il periodo estivo la scelta dell'*habitat* è invece determinata dalla disponibilità sia di semi in maturazione (pino silvestre e larice) sia da semi permanenti sul territorio dall'anno precedente (abete rosso).

Uno dei risultati maggiormente significativi, in particolar modo per quanto concerne gli aspetti applicativi legati al monitoraggio delle popolazioni di scoiattolo comune, è legato alla messa a punto ed alla validazione di tecniche di campionamento dell'abbondanza relativa della specie mediante l'impiego di *hair-tube*. Tale tecnica si dimostra infatti notevolmente versatile e semplice da utilizzare e, nello stesso tempo, i risultati ottenuti per quanto concerne la stima della densità di popolazione in aree a bassa presenza della specie, sono del tutto comparabili con quelli risultanti da metodologie differenti (es. catture con trappole) che prevedono un maggior dispendio in termini di costi/benefici.

Inoltre, i risultati ottenuti dal presente studio sono stati interessanti anche da un punto di vista teorico in quanto suggeriscono come lo scoiattolo comune sia un buon "modello di studio" utilizzabile per verificare le previsioni teoriche del modello "sorgente-estinzione" (*source-sink*), che consente di interpretare le dinamiche delle metapopolazioni.



## 7 INDICAZIONI GESTIONALI

### 7.1 PREMESSA

La Regione Lombardia, nell'anno in corso, ha approvato, con decreto della Giunta Regionale (D.G.R. n. 7/4345 del 20.04.2001), un programma per gli interventi di conservazione e gestione della fauna selvatica (Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia 1 supplemento straordinario al n. 23 del 23.06.2001) nel quale lo scoiattolo comune risulta inserito tra le specie a elevato valore di priorità di conservazione. Secondo le liste rosse internazionali (IUCN) (Baillie & Groombridge, 1996) lo scoiattolo è altresì individuato come specie per la quale sono noti elementi che inducono a ritenere il *taxon* non immune da rischi. In particolare, nel caso dello scoiattolo comune, il rischio di estinzione locale è elevato nelle aree di insediamento dello scoiattolo grigio (Wauters *et al.*, 1997a,b; Genovesi & Bertolino, 2001).

Le linee guida per la conservazione della fauna, proposte dalla Regione Lombardia, sottolineano l'importanza degli interventi diretti sulla zoocenosi. In particolare, il controllo o l'eradicazione delle popolazioni di specie alloctone che, con la loro presenza, limitino in qualche modo le specie autoctone, per le quali, peraltro, non si può prescindere da una serie di attività di analisi e monitoraggio delle popolazioni.

Tali attività di indagine possono essere sintetizzate in:

- Monitoraggio dello *status* delle popolazioni (consistenze, struttura, patologie).
- Definizione quantitativa delle potenzialità faunistiche del territorio (analisi della capacità portante).
- Verifica della disponibilità di adeguate risorse trofiche.
- Monitoraggio dell'*habitat* (alterazioni fisiche e/o inquinamento; modifiche della struttura degli *habitat* terrestri).

## 7.2 MONITORAGGIO A LIVELLO PROVINCIALE

Per quanto più in dettaglio concerne lo scoiattolo, sono di seguito indicate le metodologie applicabili per l'accertamento della presenza e, a vari gradi, per la stima della densità delle popolazioni del Roditore. Data l'importanza della distinzione tra scoiattolo comune e scoiattolo grigio per qualsiasi progetto di monitoraggio svolto nell'Italia Settentrionale, vengono di seguito presi in esame i primi due metodi citati nella tabella (Tabella 7.1).

**Tabella 7.1 - Metodi per il monitoraggio degli scoiattoli (Gurnell *et al.*, 2001).**

Metodo	Presenza/ assenza	Distinzione s. comune/s. grigio	Stima densità	Tipi di foresta
Monitoraggio visivo	Si	Si	Moderata	Tutti
Monitoraggio con <i>hair-tube</i>	Si	Si	Moderata	Tutti
Conteggio dei nidi	Non sempre	No	Scarsa-moderata	Tutti*
Transetti con cibo	Si	No	Scarsa-moderata	Boschi di pianura

\* difficile in boschi con alberi con chioma molto densa.

### 7.2.1 MONITORAGGIO VISIVO

L'accertamento visivo prevede un conteggio degli scoiattoli standardizzato nel tempo e nello spazio. Questo tipo di monitoraggio, effettuato in maniera continuata durante tutte le stagioni, per un numero di anni sufficiente, permette di ottenere dati utili per evidenziare eventuali variazioni annuali della popolazione. In rapporto alla scarsa visibilità degli scoiattoli negli ambienti alpini, spesso caratterizzati dalla presenza di alberi con folta chioma, questo metodo è sconsigliato.

### 7.2.2 MONITORAGGIO CON *HAIR-TUBE*

La tecnica di monitoraggio che prevede l'utilizzo degli *hair-tube* si è rivelata, come precedentemente sottolineato, un ottimo metodo di stima per le popolazioni di scoiattolo comune nelle diverse tipologie forestali alpine. Sulla base di tali considerazioni **si suggerisce all'Amministrazione Provinciale di Sondrio di effettuare un monitoraggio annuale delle popolazioni di scoiattolo nelle zone chiave della provincia, usando la tecnica degli *hair-tube*.**

In particolare si suggerisce l'attuazione del seguente piano di monitoraggio, da eseguire una volta all'anno (nella tarda primavera da aprile a giugno) per un numero sufficiente di anni (almeno cinque).

- Monitoraggio da effettuarsi nelle seguenti tipologie forestali:
  - boschi prealpini con dominanza di castagno;
  - boschi misti con castagno;
  - faggio e presenza di Conifere;

- foreste montane dominate da pino silvestre;
  - foreste montane miste con abete rosso e abete bianco;
  - foreste subalpine di abete rosso e larice;
  - lariceto puro, pecceta pura;
  - foreste alpine dominate da pino cembro.
- Individuazione di tre aree di controllo per ogni tipologia forestale dell'estensione, ognuna, di circa 50 ettari.
  - Posizionamento, in ogni area di controllo, di *hair-tube*.
  - Foraggiamento (*pre-baiting*) degli *hair-tube* con nocciole, mais e semi di girasole.
  - Monitoraggio degli *hair-tube*, a distanza di due e quattro settimane dall'inizio del controllo.
  - Registrazione, durante i controlli, degli *hair-tube* "positivi", per i quali risulti evidente l'avvenuta frequentazione da parte di un animale, e posizionamento di nuovo cibo nei tubi visitati.
  - Esame, presso un laboratorio con la adeguata strumentazione e competenza, delle placche positive sulle quali sia stato trovato del pelo, per l'identificazione.



## 8 PROPOSTE OPERATIVE E PROGETTAZIONE DI NUOVE INDAGINI

In rapporto ai risultati ottenuti durante l'intero corso della ricerca ed alle proposte gestionali formulate, di indubbio interesse risulterebbe proseguire nell'indagine, promuovendo un progetto di ricerca volto all'approfondimento dei processi demografici e di uso dell'*habitat* delle popolazioni di scoiattolo comune, al fine di raccogliere sia maggiori informazioni di base sulla biologia della specie in ambienti alpini, sia dati utili per l'elaborazione di una strategia di protezione e conservazione della stessa.

In relazione a quanto già ribadito nel corso del presente rapporto, gli ambienti alpini costituiti da diverse tipologie forestali di Conifere costituiscono un ambiente prioritario poiché essi potrebbero rappresentare l'unico *habitat* di sopravvivenza dello scoiattolo comune di fronte all'invasione della specie alloctona, lo scoiattolo grigio, in un futuro probabilmente non troppo lontano.

Prima di poter sviluppare un piano di azione per la conservazione dello scoiattolo comune nelle zone alpine della Lombardia, come previsto nelle linee guida per il controllo dello scoiattolo grigio in Italia (Genovesi & Bertolino, 2001), e come indicato nel decreto della Giunta Regionale della Regione Lombardia, è dunque **necessario uno studio più approfondito sulla distribuzione e la dinamica delle popolazioni dello scoiattolo rosso nelle diverse tipologie di foreste di Conifere.**

Causa l'inadeguatezza dei dati riguardanti i tassi di riproduzione e di mortalità attualmente disponibili, e la necessità di disporre anche di dati riguardanti la dispersione tra i diversi *habitat*, la struttura e la variazione genetica delle popolazioni (Watkinson & Sutherland, 1995; Dias *et al.*, 1996), si consiglia l'esecuzione di una ricerca multidisciplinare di medio-lungo termine (durata non inferiore a 4-5 anni), finalizzata a colmare tali lacune conoscitive.

In ordine di priorità, vengono di seguito indicati gli *habitat* di maggior rilevanza per questo studio:

1. Foresta a dominanza di pino silvestre: probabile *habitat* "sorgente" (*source*).
2. Foresta mista di abete rosso e abete bianco: probabile *habitat* di "estinzione" (*sink*).
3. Foreste a dominanza di abete rosso: probabile *pseudo-sink habitat*.
4. Foreste a dominanza di pino cembro.

Viene posto l'accento sull'assoluta mancanza di dati riguardanti la biologia dello scoiattolo in foreste di pino cembro, in particolare per quanto concerne:

- La presenza a lungo termine e la dinamica di popolazione dello scoiattolo.
- Il ruolo dello scoiattolo nella dispersione dei semi per la riproduzione di questa conifera, legata alla dispersione zoocora dei semi (Dormont *et al.*, 1996).

Questo tipo di ricerca a medio-lungo termine potrebbe consentire l'individuazione di aree con *habitat* maggiormente idonei allo scoiattolo comune. Verrebbero quindi individuate le zone di maggior interesse per la conservazione della specie dove, nel caso di una ipotizzabile espansione della popolazione di scoiattolo grigio anche in ambienti alpini, si possano pianificare interventi per il controllo dello scoiattolo grigio.



## **9 RINGRAZIAMENTI**

Gli Autori esprimono il loro ringraziamento alla Provincia di Sondrio e in particolare all'Assessore Agricoltura Caccia e Pesca Dott. Antonio Rudini, nonché al Dirigente del Servizio Agricoltura Caccia e Pesca Dott. Daniele Moroni, al Comandante della Polizia Provinciale sig. Vanotti e al Tecnico Faunistico Dr.ssa Maria Ferloni, per aver supportato gli aspetti organizzativi del progetto; al coordinatore degli agenti di vigilanza del Settore di Morbegno Giorgio Gusmerini e a tutti gli agenti che hanno collaborato durante le fasi di posizionamento delle trappole e cattura. Ringraziano inoltre il Parco Regionale delle Orobie Valtellinesi e in particolare la Dr.ssa Gabriella Bianchi per la collaborazione in tutte le fasi dello studio. Infine un ringraziamento a Massimiliano Zaninetti, Ambrogio Molinari e Miriam Gioia che hanno partecipato al lavoro sul campo.



## 10 BIBLIOGRAFIA

- Andrén H. & Lemnell P. A., 1992.** Population fluctuations and habitat selection in the Eurasian red squirrel *Sciurus vulgaris*. *Ecography*, 15: 303-307.
- Andrewartha H. G & Birch L. C., 1954.** The distribution and abundance of animals. University Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Bertolino S., Currado I., Mazzoglio P. J., Pallavicino L., 1998.** L'uso degli hair-tubes nel monitoraggio di roditori arboricoli. Il Congresso Italiano di Teriologia, Varese, Abstract: 172.
- Biancardi C. M., Gnoli C., Rinetti L., Aristarchi C., Dell'Acqua F., Speranza A., Aquilini L., Canu G., Viganò A., 1998.** Densità di popolazione dello scoiattolo (*Sciurus vulgaris* L., 1758) in alcune aree della Lombardia. Il Congresso Italiano di Teriologia (Varese). Riassunti: 75.
- Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia.** Anno XXXI, n. 136 (Deliberazione Giunta Regionale 20 Aprile 2001).
- Boyce C. C. K. & Boyce J. L., 1988.** Population biology of *Mycrotus larvalis* I. Lifetime reproductive success of solitary and grouped breeding females. *J. Anim. Ecol.*, 57: 711-722.
- Bujalska G., 1973.** The role and spacing behaviour among females in the regulation of reproduction in the bank vole. *J. Reprod. Fert.*, 19: 465-474.
- Canu G. & Viganò A., 1998.** Densità di popolazione dello scoiattolo (*Sciurus vulgaris* L., 1758) in alcune aree della Lombardia. Il Congresso Italiano di Teriologia-Riassunti: pp. 75.
- Cauwelier E., 2001.** Populatiodynamiek, habitatgebruik en reproductief succes van de Rode eekhoorn (*Sciurus vulgaris*) in Alpiene naaldwouden. Licentiaatsthesis. UIA.
- Clutton-Brock T. H., Major M., Albon S. D., Guinness F. E., 1987.** Early development and population dynamics in reed deer. Density-dependent effects on juvenile survival. *J. Anim. Ecol.*, 56: 53-67.
- Currado I., Mazzoglio P. J., Amori G., Wauters L. A., 1997.** Rischi biologici delle introduzioni: il caso dello scoiattolo grigio (*Sciurus carolinensis* Gmelin, 1788) in Italia. *Suppl. Ric. Biol. Selvaggina*, 27: 277-284.
- Dias P. C., 1996.** Sources and sinks in population biology. *TREE*, 11: 326-330.
- Dias P. C., Verheyen G. R., Raymond M., 1996.** Source-sink populations in Mediterranean Blue tits: evidence using single-locus minisatellite probes. *J. Evol. Biol.*, 9: 965-978.
- Don B. A. C., 1983.** Home range characteristics and correlates in tree squirrels. *Mammal Rev.*, 13: 123-132.
- Donohoe R. W. & Beal R. O., 1972.** Squirrel behaviour determined by radiotelemetry. *Ohio Fish and Wildl. Rep.*, 2: 1-20.
- Dormont L., Roques A., Trosset L., 1996.** Insect damage to cones and other mortality factors limiting natural regeneration potential of Swiss stone pine (*Pinus cembra* L) in the northern French Alps. *Ann. Sci. For.*, 53: 153-158.
- Farentinos R. C., 1972.** Social dominance and mating activity in the tassel-eared squirrel (*sciurus aberti ferreus*). *Anim. Behav.*, 20: 316- 326.
- Farentinos R. C., 1979.** Seasonal changes in home range size of tassel-eared squirrels. *SWest. Nat.*, 24: 49-62.

- Garson P. J. & Lurz P. W. W., 1998.** Red squirrel monitoring: the potential of hair-tubes for estimating squirrel abundance in conifer plantations dominated by Sitka spruce. Rapporto inedito.
- Genovesi P. & Bertolino S., 2001.** Linee guida per il controllo dello Scoiattolo grigio (*Sciurus carolinensis*) in Italia. Quad. Cons. Natura, 4, Min. Ambiente - Ist. Naz. Fauna Selvatica: pp. 52.
- Gioia M., 2000.** Dinamica di popolazione e organizzazione sociale dello scoiattolo comune (*Sciurus vulgaris*) in un habitat eterogeneo dell'alta pianura lombarda. Tesi di laurea, Università degli Studi di Milano: pp. 109.
- Grodzinski W. & Sawicka-Kapusta K., 1970.** Energy values of tree-seeds eaten by small mammals. *Oikos*, 21: 52-58.
- Grönwall O., 1982.** Aspects of the food ecology of the red squirrel (*Sciurus vulgaris* L.). University of Stockholm, Sweden.
- Grönwall O. & Pehrson A., 1984.** Nutrient content in fungi as a primary food of the red squirrel (*Sciurus vulgaris* L.). *Oecologia*, 64: 230-231.
- Gurnell J., 1983.** Squirrel numbers and the abundance of tree seeds. *Mammal Rev.*, 13: 133-148.
- Gurnell J., 1984.** Home-range, territoriality, catching behaviour and food supply of red squirrel (*Tamiasciurus hudsonicus fremonti*) in a subalpine lodgepole pine forest. *Anim. Behaviour*, 32: 1119-1131.
- Gurnell J., 1987.** The natural history of squirrels. Christopher Helm, London: pp. 201.
- Gurnell J. & Pepper H., 1993.** A critical look at conserving the British Red Squirrel *Sciurus vuaris*. *Mammal Rev.*, 23: 127-137.
- Gurnell J., 1994.** The red squirrel. The Mammal Society.
- Gurnell J., 1996.** The effects of food availability and winter weather on the dynamics of a grey squirrel population in southern England. *J. Appl. Ecol.*, 33: 325-338.
- Gurnell J. & Lurz P. W. W., 1997.** Red squirrel conservation in Britain and Europe – the future. In: *The Conservation of Red Squirrels, Sciurus vulgaris* L. (Gurnell J. & Lurz P. W. W. eds). PTES, London: 161-162.
- Gurnell J., Lurz P. W. W., Pepper H., 2001.** Practical Techniques for surveying and monitoring squirrels. Forestry Commission Practice Note 11. Forestry Commission, Edinburgh.
- Hale M. L., Bevan R., Wolff K., 2001.** New polymorphic microsatellite markers for the red squirrel (*Sciurus vulgaris*) and their applicability to the grey squirrel (*S. carolinensis*). *Molecular Ecology Notes*, 1: 47-49.
- Halliwell E. C., 1997.** Red squirrel predation by pine martens in Scotland. In: *The Conservation of Red Squirrels, Sciurus vulgaris* L. (Gurnell J. & Lurz P. W. W. eds). PTES, London: 39-47.
- Havera S. P. & Nixon H. M., 1978.** Interaction among adult female fox squirrels during the winter breeding season. *Trans. Illinois State Ac. Sc.*, 71: 24-38.
- Jensen T. S., 1990.** The decline of red squirrel in Denmark: a food hypotheses. *Flora og Fauna*, 96: 31-34.
- Keith L. B. & Cary J. R., 1991.** Mustelid, squirrel, and porcupine population trends during a snowshoe hare cycle. *J. Mammal.*, 72: 373-378.
- Kenward R. E. & Holm J. L., 1993.** On the replacement of the red squirrel in Britain: a phytotoxic explanation. *Proc. R. Soc. Lond.*, 251: 187-194.

- Kenward R. E. & Hodder K. H., 1995.** Ranges V: An analysis system for biological location data. Institute of Terrestrial Ecology, Wareham, Dorset, UK.
- Kenward R. E., Hodder K. H., Rose R. J., Walls C. A., Parish T., Holm J. L., Morris P. A., Walls S. S., Doyle F. I., 1998.** Comparative demography of red squirrels (*Sciurus vulgaris*) and grey squirrels (*Sciurus carolinensis*) in deciduous and conifer woodland. *J. Zool., Lond.*, 244: 7-21.
- Koford R. R., 1982.** Mating system of a territorial tree squirrel (*Tamiasciurus douglasii*) in California. *J. Mamm.*, 63: 274-283.
- Koprowski J. L., 1992.** Removal of copulatory plugs by female tree squirrels. *J. Mamm.*, 73: 572-576.
- Koprowski J. L., 1993a.** Alternative reproductive tactics in male eastern gray squirrels: "making the best of a bad job". *Behav. Ecol.*, 4: 165-171.
- Koprowski J. L., 1993b.** Behavioural tactics, dominance, and copulatory success among male fox squirrels. *Ethol. Ecol. Evol.*, 5: 169-176.
- Koprowski J. L., 1996.** Natal philopatry, communal nesting, and kinship in fox squirrels and gray squirrels. *J. Mammal.*, 77: 1006-1016.
- Koprowski J. L., 1998.** Conflict between the sexes: a review of social and mating system of tree squirrels. In "Ecology and Evolutionary Biology of tree Squirrels" (Steele M. A., Meritt J. F., Zegers D. D. eds.). Special Publication of Virginia Museum of Natural History, 6: 33-41.
- Krebs C. J., 1989.** Ecological methodology. Harper & Row Publishers, New York.
- Krebs J. R. & Davies N. B., 1977.** An introduction to Behavioural Ecology, 3<sup>rd</sup> ed., Blackwell Scientific Publication, London.
- Lack D., 1954.** The natural regulation of animal numbers. Clarendon, Oxford, UK.
- Larsen K. W. & Buotin S., 1994.** Movement, survival, settlement of red squirrel (*Tamiasciurus hudsonicus*) offspring. *Ecology*, 75: 214-223.
- Lomnicki A., 1980.** Regulation of population density due to individual differences and patchy environment. *Oikos*, 35: 185-193.
- Lorusso L., 1999.** Ecologia dello scoiattolo europeo (*Sciurus vulgaris* L.) nei boschi misti del Parco Pineta di Appiano Gentile e Tradate. Tesi di laurea, Università degli Studi di Milano: pp. 86.
- Lurz P. W. W., 1995.** The ecology and conservation of the red squirrel (*Sciurus vulgaris* L.) in upland conifer plantations. Unpublished Ph.D. Thesis.
- Lurz P. W. W., Garson P. J., Rushton S. P., 1995.** The ecology of squirrels in spruce dominated plantations: implications for forest management. *For. Ecol. Manage.*, 79: 79-90.
- Lurz P. W. W. & Garson P. J., 1997.** Forest management for red squirrels in conifer woodlands: a northern perspective. In: Gurnell J. & Lurz P. W. W. eds. The Conservation of Red Squirrels, *Sciurus vulgaris*. People's Trust for Endangered Species, London: 145-152.
- Lurz P. W. W., Garson P. J., Wauters L.A., 1997.** Effects of temporal and spatial variation in habitat quality on red squirrel dispersal behaviour. *Anim. Behav.*, 54: 427-435.
- Lurz P. W. W., Garson P. J., Wauters L. A., 2000.** Effects of temporal and spatial variations in food supply on the space and habitat use of red squirrels, *Sciurus vulgaris* L. *J. Zool., Lond.*, 251: 167-178.

- Lurz P. W. W., Rushton S. P., Wauters L. A., Bertolino S., Currado I., Mazzoglio P. J., Shirley M. D. F., 2001. Predicting grey squirrel expansion in North Italy: a spatially explicit modelling approach. *Landscape Ecology*, 16: 407-420.
- Manly B., McDonald L., Thomas D., 1993. Resource selection by animals: statistical design and analysis for field studies. Chapman and Hall, London.
- Mencuccini M., Piussi P., Zanzi Sulli A., 1995. Thirty years of seed production in a subalpine Norway spruce forest: Patterns of temporal and spatial variation. *For. Ecol. Manage.*, 76: 109-125.
- Moller H., 1983. Foods and foraging behaviour of red (*Sciurus vulgaris*) and grey (*Sciurus carolinensis*) squirrels. *Mammal Review*, 13: 81-98.
- Pulliam H. R., 1988. Sources, sinks and population regulation. *Am. Nat.*, 132: 652-661.
- Sainsbury A., Nettleton P., Gurnell J., 1997. Recent developments in the study of parapoxvirus in red and grey squirrels.
- Skelcher G., 1997. The ecological replacement of red by grey squirrels. In *The Conservation of Red Squirrels, Sciurus vulgaris* L. (Gurnell J. & Lurz P. W. W. eds). PTES, London: pp. 67-78.
- Smith C. C., 1968. The adaptive nature of social organization in the genus of tree squirrels *Tamiasciurus*. *Ecol. Monogr.*, 38: 30-63.
- Sokal R. R. & Rohlf F. J., 1995. *Biometry* (3<sup>rd</sup> Edition). W. H. Freeman & Co., New York.
- Teerink B. J., 1991. *Hair of West-European Mammals*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Todd R., 2000. Microsatellite loci in the Eurasian red squirrel, *Sciurus vulgaris* L. *Molecular Ecology*, 9: 2165-2166.
- Voipio P. & Hissa R., 1970. Correlation with fur density of colour polymorphism in *Sciurus vulgaris*. *Journal of mammalogy*, 51: 185, 187.
- Watkinson A. R. & Sutherland W. J., 1995. Sources, sinks and pseudo-sinks. *J. Anim. Ecol.*, 64: 126-130.
- Wauters L. A. & Dhondt A. A., 1987. Activity budget and foraging behaviour of the red squirrel (*Sciurus vulgaris* Linnaeus, 1758) in a coniferous habitat. *Z. Säugetk.*, 52: 341-352.
- Wauters L. A. & Dhondt A. A., 1988. The use of red squirrel dreys to estimate population density. *J. Zool., Lond.*, 214: 179-187.
- Wauters L. A. & Dhondt A. A., 1989a. Body weight, longevity and reproductive success in red squirrels (*Sciurus vulgaris*). *J. Anim. Ecol.*, 58: 637-651.
- Wauters L. A. & Dhondt A. A., 1989b. Variation in length and body weight of the red squirrel (*Sciurus vulgaris*) in two different habitats. *J. Zool., Lond.*, 217: 93-106.
- Wauters L. A. & Dhondt A. A., 1990. Red squirrel population dynamics in different habitats. *Z. Säugetk.*, 55: 161-175.
- Wauters L. A., Dhondt A. A., De Vos R., 1990. Factors affecting male mating success in red squirrels (*Sciurus vulgaris*). *Ethol. Ecol. Evol.*, 2: 195-204.
- Wauters L. A. & Dhondt A. A., 1992. Spacing behaviour of red squirrels, *Sciurus vulgaris*: variation between habitats and the sexes. *Anim. Behav.*, 43: 297-311.
- Wauters L. A., Swinnen C., Dhondt A. A., 1992. Activity budget and foraging behaviour of red squirrels (*Sciurus vulgaris*) in coniferous and deciduous habitats. *J. Zool., Lond.*, 227: 71-86.

- Wauters L. A. & Dhondt A. A., 1993.** Immigration patterns and success in red squirrels. *Beh. Ecol. & Sociobiol.*, 33: 159-167.
- Wauters L. A., Bijmens L., Dhondt A. A., 1993.** Body mass at weaning and juvenile recruitment in the red squirrel. *J. Anim. Ecol.*, 62: 280-286.
- Wauters L. A., Casale P., Dhondt A. A., 1994a.** Space use and dispersal of red squirrels in fragmented habitats. *Oikos*, 69: 140-146.
- Wauters L. A., Matthysen E., Dhondt A. A., 1994b.** Survival and lifetime reproductive success in dispersing and resident red squirrels. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 34: 197-201.
- Wauters L. A., Hutchinson Y., Parkin D. T., Dhondt A. A., 1994c.** The effects of habitat fragmentation on demography and on the loss of genetic variation in the red squirrel. *Proc. Royal Soc. B, Lond.*, 255: 107-111.
- Wauters L. A. & Dhondt A. A., 1995.** Lifetime reproductive success and its correlates in female Eurasian red squirrels. *Oikos*, 72: 402-410.
- Wauters L. A. & Lens L., 1995.** Effects of food availability and density on red squirrel (*Sciurus vulgaris*) reproduction. *Ecology*, 76: 2460-2469.
- Wauters L. A., Lens L., Dhondt A. A., 1995.** Variation in territory fidelity and territory shifts among red squirrel, *Sciurus vulgaris*, females. *Anim. Behav.*, 49: 187-193.
- Wauters L. A. & Casale P., 1996.** Long-term scatterhoarding by Eurasian red squirrels (*Sciurus vulgaris*). *Journal of Zoology*, 238: 195-207.
- Wauters L. A., Currado I., Mazzoglio P. J., Gurnell J., 1997a.** Replacement of red squirrels by introduced grey squirrels in Italy: evidence from a distribution survey. In: *The Conservation of Red Squirrels, Sciurus vulgaris* L. (Gurnell J. & Lurz P. W. W. eds). PTES, London: pp. 79-88.
- Wauters L. A., Gurnell J., Currado I., Mazzoglio P. J., 1997b.** Grey squirrel management in Italy – Squirrel distribution in a highly fragmented landscape. *Wildl. Biol.*, 3: 117-124.
- Wauters L. A. & Dhondt A. A., 1998.** Variation in spacing behaviour of Eurasian red squirrels, *Sciurus vulgaris*: effects of density and food abundance. In: Steele M. A., Merritt J. F., Zegers D. A. eds. *Ecology and evolutionary biology of tree squirrels*. Special publication no 6, Virginia Museum of Natural History: 71-78.
- Wauters L. A. & Gurnell J., 1999.** The mechanism of replacement of red squirrels by grey squirrels: a test of the interference competition hypothesis. *Ethology*, 105: 1053-1071.
- Wauters L. A. & Hauffe H., 1999.** Studio sull'ecologia dello scoiattolo rosso (*Sciurus vulgaris*) in ambiente alpino. *Amministrazione Provinciale di Sondrio & Istituto Oikos*: pp. 27.
- Wauters L. A., Lurz P. W. W., Gurnell J., 2000.** Interspecific effects of grey squirrels (*Sciurus carolinensis*) on the space use and population dynamics of red squirrels (*S. vulgaris*) in conifer plantations.
- Zammuto R. M. & Millar J. S., 1985.** Environment predictability, variability and *Spermophilus columbianus* life history over an elevation gradient. *Ecology*, 66: 1784-1794.



