

INTRODUZIONE

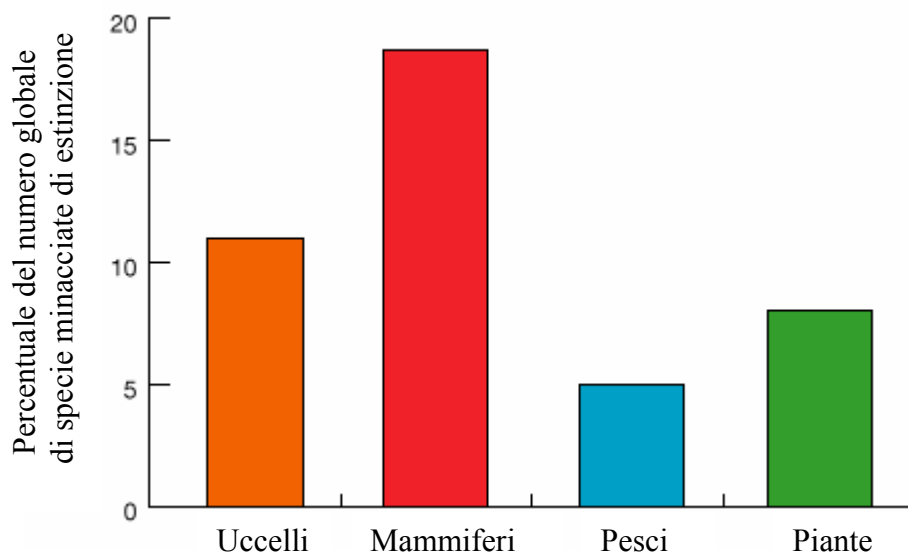
1.1 La perdita di biodiversità

“Life is the one feature that makes our planet unique, and life’s vast diversity is perhaps its most impressive trait” (Dobson, 1995). E', tuttavia, un dato di fatto che questa diversità di forme viventi si trovi ora seriamente minacciata e che molte specie di animali e di piante sono in pericolo o, addirittura, in via di estinzione. L'estinzione è un processo naturale ma ora, a causa delle attività umane, sta avvenendo molto più rapidamente che in passato. L'uomo ha già causato l'estinzione di una percentuale compresa tra il 5% e il 20% delle specie in molti gruppi di organismi (Figura 0.1; Pimm *et al.* 1995) e il tasso attuale di estinzione è stimato essere 100-1000 volte superiore a quello precedente la comparsa dell'uomo (Lawton & May 1995; Pimm *et al.* 1995). Alcuni autori sostengono che il 10-20% delle specie viventi sul pianeta si estingueranno nei prossimi 20-50 anni (Dobson 1995). Si parla spesso di perdita di biodiversità e, sebbene ci sia un ampio dibattito sulla definizione stessa di biodiversità e sul modo di misurarla (Harper & Hawksworth 1994; Jenkins 1992; Purvis & Hector 2000), con questa espressione generalmente si indica non solo la perdita del numero di specie e la variazione della loro abbondanza relativa, ma anche un'alterazione a tutti i livelli di organizzazione della materia vivente, dai geni ai biomi passando per gli individui, le popolazioni, le specie (Rodriguez 2000).

La causa principale di questa alterazione della diversità biologica della Terra è il dominio dell'uomo sull'ecosistema terrestre (Tilman 2000). L'uomo ha alterato profondamente l'ambiente trasformando il suolo, modificando i cicli biogeochimici globali e aumentando la mobilità degli organismi viventi (Chapin III *et al.* 2000).

Anche lo sfruttamento diretto di molte specie, tramite la caccia e la pesca, ha spesso giocato un ruolo fondamentale nel declino di alcune popolazioni.

Figura 0.1 Percentuale del numero globale di specie di uccelli, mammiferi, pesci e piante che sono correntemente minacciate di estinzione (Pimm *et al.* 1995).



I maggiori cambiamenti dell'uso del suolo riguardano l'aumento delle superfici per l'agricoltura e per l'allevamento, lo sviluppo delle aree urbane e commerciali, il massiccio disboscamento, l'ampliamento delle reti stradali e delle relative infrastrutture, la costruzione di impianti idroelettrici, lo sviluppo della rete idrica e delle opere idrauliche, la cementificazione dell'alveo dei fiumi, lo sfruttamento dei giacimenti del sottosuolo, la costruzione di infrastrutture per le attività ricreative e sportive. Gli ambienti naturali vengono così distrutti, alterati e parcellizzati, causando la perdita e la frammentazione degli habitat. Le conseguenze sono che il territorio non risulta più idoneo a molte specie animali e che le specie sono soggette ad un maggior rischio di estinzione. Le popolazioni che vivono in ambiente frammentato si dividono infatti in sottopopolazioni più piccole e, quindi, più vulnerabili alle fluttuazioni climatiche naturali, alla predazione, alla competizione, a possibili epidemie, ai fattori di disturbo antropico. Inoltre, l'isolamento delle macchie di habitat rende difficile la ricolonizzazione di un areale la cui popolazione si sia estinta. Infine, in ambiente frammentato, l'habitat di una specie risulta maggiormente a contatto con habitat di altre specie e questo provoca l'aumento dei tassi di predazione, di competizione, di parassitismo.

Le attività umane hanno anche alterato profondamente i cicli biogeochimici fondamentali al funzionamento globale dell'ecosistema. La combustione del carbon-fossile e la deforestazione hanno aumentato la concentrazione del biossido di carbonio (CO₂) atmosferico del 30% negli ultimi tre secoli (metà di questo aumento

si è verificato negli ultimi quarant'anni). Sempre per effetto delle attività umane è aumentata notevolmente la concentrazione del metano e di altri gas che contribuiscono al riscaldamento globale del clima (Chapin III *et al.* 2000) e il ciclo dell'azoto ha subito notevoli alterazioni (Dobson 1995).

Anche l'introduzione, volontaria o casuale, di specie esotiche ha alterato l'equilibrio di molti ecosistemi e ha causato l'estinzione di molte specie che sono state eliminate dalla competizione con specie non autoctone (Chapin III *et al.* 2000). Il costo dell'invasione di specie esotiche è molto alto, anche in termini economici: alcuni studi indicano un costo compreso tra 1.1 e 137 miliardi di dollari all'anno negli Stati Uniti (USOT Assessment 1993; Pimentel *et al.* 2000) e di 2.1 miliardi di dollari all'anno in Australia relativamente alle sole piante (Thorp 1997).

Gli effetti della variazione della biodiversità risultano inoltre aggravati dal fatto che ogni specie, all'interno dell'ecosistema in cui vive, interagisce con le altre specie tramite relazioni di competizione, predazione, parassitismo. L'estinzione di una specie può quindi indirettamente alterare l'abbondanza di altre specie causando un ulteriore cambiamento nella composizione della comunità e nella sua vulnerabilità alle invasioni e a episodi critici (quali epidemie, siccità, inverni particolarmente freddi) (Chapin III *et al.* 1998).

La Tabella 0.1 riporta le cause di estinzione o di minaccia per le specie di avifauna presenti sul nostro pianeta (Nilsson 1983). Tra queste le più importanti sono la distruzione dell'habitat, l'introduzione di specie esotiche e il prelievo venatorio. In particolare, la perdita di habitat è di gran lunga il maggior pericolo per le specie a rischio di estinzione. Un dato non confortante riguarda l'ignoranza dei fattori che hanno portato all'estinzione di più di un terzo delle specie di avifauna scomparse finora. Anche lo studio condotto da Wilcove *et al.* (1998) sulle specie minacciate negli Stati Uniti ha individuato nella degradazione e nella distruzione degli habitat le principali minacce alla biodiversità, seguite dalla competizione e dalla predazione con specie non autoctone (Tabella 0.2). Tra le cause di degradazione dell'habitat, oltre alle grosse trasformazioni del suolo causate dall'espandersi delle aree agricole e commerciali e dallo sviluppo delle rete idrica, ha un ruolo tutt'altro che marginale, soprattutto per le specie vegetali, il disturbo causato dalle attività ricreative (Tabella 0.3).

Lo sviluppo umano provoca, quindi, profonde alterazioni della diversità del pianeta sia a livello locale che globale e queste, a loro volta, hanno importanti conseguenze sull'ecosistema e sulla società (Chapin III *et al.* 2000). La biodiversità ha, innanzitutto, un valore diretto costituito dai beni che fornisce alla società e che vengono costantemente sfruttati tramite l'agricoltura, la pesca, la caccia e la raccolta del legname. L'alterazione della funzionalità degli ecosistemi ha quindi un impatto economico: variazioni della diversità biologica possono direttamente ridurre le risorse di cibo, di acqua, di carburante, di materiali da costruzione, e anche di medicinali o di risorse genetiche. Il valore della biodiversità per la salute umana è infatti molto elevato e i seguenti dati ne forniscono un'idea: 21000 sono le specie di piante incluse nella lista della World Health Organization (WHO) tra le piante che hanno un uso medico; l'aspirina, il medicinale più venduto in assoluto, è derivata da una molecola della corteccia di salice (Carlson *et al.* 1997); più del 60% delle

medicines prescritte negli Stati Uniti tra il gennaio e il settembre del 1993 contengono almeno un componente derivato da prodotti naturali (Rodriguez 2000). E' chiaro che la perdita di biodiversità pregiudica l'opportunità futura di conoscere e derivare nuovi benefici per la salute umana dalle specie estinte (Chapin III *et al.* 2000).

Tabella 0.1 Importanza percentuale delle cause di estinzione e di minaccia per le specie di uccelli mondiali (Nilsson 1983).

	Specie estinte	Specie minacciate
Distruzione dell'habitat	20%	60%
Introduzione specie esotiche	22%	12%
Caccia	18%	11%
Cattura per commercio (animali domestici e zoo)	1%	9%
Malattie	1%	1%
Inquinanti e pesticidi	0%	1%
Disturbo umano	0%	2%
Uccisione accidentale	1%	1%
Causa sconosciuta	37%	3%
	100%	100%

Tabella 0.2 Cause di minaccia delle specie in pericolo. Per ciascuna causa è indicata la percentuale delle specie, sottospecie o popolazioni per cui essa costituisce pericolo di estinzione. Le categorie in cui sono suddivise le cause di minaccia non sono mutuamente esclusive e quindi la somma delle diverse percentuali può essere maggiore di 100. Le specie considerate costituiscono il 75% delle specie minacciate negli Stati Uniti (Wilcove *et al.* 1998).

	Tutte le specie (n=1880)	Vertebrati (n=494)	Invertebrati (n=331)	Piante (n=1055)
Degradazione e distruzione dell'habitat*	85%	92%	87%	81%
Introduzione specie esotiche	49%	47%	27%	57%
Inquinamento	24%	46%	45%	7%
Sovrasfruttamento	17%	27%	23%	10%
Malattie	3%	11%	0%	1%

* il disturbo antropico associato alle attività ricreative, sportive e militari è incluso nella degradazione dell'habitat

La biodiversità ha anche un altissimo valore indiretto costituito dai servizi garantiti dalla funzionalità degli ecosistemi. Le popolazioni naturali di piante e di animali infatti, interagendo tra loro, formano ecosistemi che costituiscono la principale fonte di aria, acqua e nutrienti indispensabili per la vita sulla terra. La biodiversità ci fornisce quindi una serie di servizi che assicurano, ad esempio, che l'aria sia pulita e che l'acqua sia potabile. La biodiversità ha infine un valore ricreativo (si pensi alla crescente importanza dell'ecoturismo), culturale, intellettuale, estetico e spirituale

(Chapin III *et al.* 2000) nonché un valore etico o esistenziale indipendentemente dal suo utilizzo (Rodriguez 2000).

Tabella 0.3 Percentuale delle specie, sottospecie o popolazioni che sono minacciate da diversi tipi di degradazione e distruzione dell'habitat. Le categorie in cui sono suddivise le cause di minaccia non sono mutuamente esclusive e quindi la somma delle diverse percentuali può essere maggiore di 100 (Wilcove *et al.* 1998).

	Tutte le specie (n=1207)	Vertebrati (n=329)	Invertebrati (n=155)	Piante (n=723)
Agricoltura	38%	40%	57%	33%
Pascolo bestiame	22%	17%	10%	33%
Estrazione di minerali, petrolio e gas	11%	12%	31%	11%
Taglio del legname	12%	16%	25%	7%
Sviluppo di infrastrutture	17%	16%	12%	20%
Costruzione e manutenzione di strade	15%	15%	10%	17%
Attività militari	4%	2%	1%	5%
Attività ricreative e sportive	27%	16%	19%	33%
Veicoli fuoristrada	13%	6%	12%	16%
Sviluppo rete idrica	30%	47%	66%	15%
Dighe e altre barriere al flusso idrico	17%	28%	54%	5%
Inquinamento	20%	27%	66%	7%
Conversione del suolo per attività commerciali	35%	30%	42%	36%
Alterazione del ciclo dei fuochi	14%	5%	6%	20%

Le conseguenze della perdita di biodiversità riguardano, quindi, non solo la qualità della vita ma la possibilità della vita stessa sulla terra. Sebbene alcuni meccanismi siano stati abbondantemente studiati e messi chiaramente in relazione con le attività umane, tuttavia molti altri necessitano ancora di essere compresi. L'aspetto più allarmante della perdita di biodiversità è rappresentato proprio dall'ignoranza sulle conseguenze delle nostre azioni e sulla loro reversibilità. Philip Campbell (2000), editore di Nature, nel recente speciale "Nature Insight" dedicato alla scienza della biodiversità afferma: *"Like children playing with fire, we do not fully understand, and therefore cannot predict, the ultimate consequences of tampering with global biodiversity"*.

1.2 La biologia della conservazione

La crisi causata dalla perdita di biodiversità ha dato origine alla biologia della conservazione che, proprio per l'urgenza dei problemi posti, è uno dei campi di maggiore crescita della moderna ricerca scientifica. Si tratta di una disciplina applicata che integra i principi delle scienze naturali e sociali con l'obiettivo di mantenere la persistenza a lungo termine della biodiversità sulla Terra.

Tra i molteplici problemi che la biologia della conservazione si trova ad affrontare è sicuramente importante quello di comprendere i meccanismi che regolano la presenza e l'abbondanza di una popolazione animale in un certo territorio, soprattutto quando essa presenta densità molto basse o è soggetta a prelievo o, ancora, è particolarmente sensibile alle variazioni dell'ambiente. In particolare, se da un lato è necessario rilevare quali sono le caratteristiche ambientali che rendono un territorio adatto alla sopravvivenza della popolazione al fine di gestirlo adeguatamente, dall'altro è fondamentale comprendere i meccanismi principali di regolazione della popolazione (quali fenomeni di dipendenza da densità o da condizioni esogene) per stimare il rischio di estinzione della popolazione ed eventualmente formulare piani di abbattimento che siano compatibili con la sopravvivenza della specie.

Per affrontare questi problemi è utile ricorrere a metodologie quantitative che garantiscano la riproducibilità e la trasparenza del processo decisionale. In particolare, i modelli matematici sono in grado di individuare e sintetizzare le proprietà comuni ad una moltitudine di singoli casi e di esprimerle in un linguaggio simbolico accessibile ai diversi studiosi (Begon *et al.* 1986). Bisogna ovviamente tenere conto che i modelli possono aiutare a fare luce sul mondo reale ma non sono la realtà, anzi ogni modello ne descrive approssimativamente solo alcuni aspetti.

Tra le metodologie quantitative utili alla soluzione dei problemi sopra delineati e, più in generale, alla gestione della fauna selvatica e del territorio sono particolarmente importanti i modelli di valutazione ambientale e le analisi di vitalità di una popolazione. I modelli di valutazione ambientale (MVA o HSI-Habitat Suitability Indices) mettono in relazione la presenza e l'abbondanza di una specie con le caratteristiche dell'habitat in cui essa vive (Morrison *et al.* 1992). Le variabili che caratterizzano l'habitat adatto ad una specie riguardano tutti quei fattori morfologici, vegetazionali, climatici, trofici, antropici, che determinano, o influenzano, la disponibilità di cibo e di ripari, la possibilità di riprodursi, la qualità dell'ambiente, l'interazione con altre specie, il disturbo causato dall'uomo. La potenziale presenza e abbondanza della specie è espressa tramite indici di vocazionalità del territorio o in termini di densità potenziale della specie. I risultati di un modello di valutazione faunistica vengono spesso sintetizzati nelle carte di vocazionalità faunistica che forniscono un'indicazione dell'attitudine di un territorio ad ospitare le diverse specie (Spagnesi & Toso 1990). La valutazione del rischio di estinzione di una popolazione può invece essere effettuata tramite un'analisi di vitalità della popolazione (*Population Viability Analysis - PVA*) che tiene conto dei principali processi deterministici e stocastici che ne regolano la consistenza nel tempo (Boyce 1992). I modelli di PVA permettono di simulare l'andamento di una popolazione sotto diversi scenari corrispondenti a diverse politiche gestionali (relative all'uso del territorio e alla regolamentazione del prelievo) in modo da individuare le alternative che minimizzano il rischio di estinzione della popolazione.

1.3 Le Alpi e lo sconvolgimento dei loro habitat

Nel panorama mondiale di profonda alterazione degli habitat, un ruolo particolare riveste la regione alpina. Si tratta di un'area montuosa di circa 278000 km² (Figura 0.2) che raggiunge l'altezza di 4800 m s.l.m. (la cima più elevata è il Monte Bianco, 4807 m s.l.m.), abbraccia 7 stati diversi (Italia, Svizzera, Francia, Germania, Austria, Slovenia, Liechtenstein) e rappresenta in Europa il più ampio spazio vitale per la sopravvivenza di un eccezionale numero di specie altrove scomparse ad opera dell'uomo (Centro di Ecologia Alpina & Coordinamento Nazionale Parchi 1995).

Figura 0.2 L'arco alpino

Malgrado tale importanza, le Alpi, nel corso dell'ultimo secolo e, soprattutto, dopo il secondo conflitto mondiale, hanno subito profonde modifiche in conseguenza dello sviluppo economico e tecnologico. La costruzione di nuovi impianti per la produzione d'energia elettrica e l'ampliamento della rete viaria per facilitare gli scambi commerciali con i paesi transalpini hanno alterato il territorio creando spesso barriere alla mobilità della fauna selvatica e aumentando l'inquinamento. La crescita del benessere economico e la disponibilità di mezzi di trasporto sempre più veloci ha portato anche ad una nuova concezione di tempo libero e allo sviluppo del turismo di massa. A fronte di una popolazione di circa 7 milioni di abitanti, le Alpi vengono visitate annualmente da circa 120 milioni di turisti (un quarto del turismo mondiale). La pressione turistica annuale è più che triplicata negli ultimi 20 anni e, in Italia, il flusso turistico invernale negli ultimi 10 anni è passato da 1.5 milioni di visitatori

all'anno a 5 milioni. Alberghi, residence e supermercati sorgono laddove vi erano piccoli villaggi di pastori (in Trentino, una regione prevalentemente alpina, più di un terzo del patrimonio immobiliare è rappresentato da seconde case); strade ed autostrade sostituiscono carrarecce e sentieri; strisce di bosco vengono tagliate per lasciare posto a piste ed impianti sciistici; gli equilibri idrogeologici vengono scombusolati per costruire impianti per l' innevamento artificiale; negli ambienti incontaminati di alta quota nascono località per lo sci estivo. Queste trasformazioni, distruggendo molti habitat o rendendoli maggiormente frammentati e disturbati, provocano sensibili variazioni nella distribuzione della fauna selvatica. Anche la presenza turistica, sia estiva che invernale, è una notevole fonte di stress per gli animali che, sottoposti ad un maggiore disturbo, subiscono alterazioni fisiologiche/metaboliche (aumento del ritmo cardiaco, disturbi digestivi) e alterazioni comportamentali (allargamento degli "home ranges", ricerca di nuovi territori). Queste alterazioni provocano un aumento del consumo energetico di ciascun animale e, quindi, un minor successo riproduttivo ed una maggiore mortalità. La diminuzione dei tassi di riproduzione e sopravvivenza si riflette in un calo delle popolazioni e nell'abbandono delle aree maggiormente disturbate.

A fronte di una pressione turistica elevatissima, si assiste all'abbandono delle montagne, soprattutto da parte della componente più giovane e dinamica della popolazione umana, e alla conseguente scomparsa del pascolo, della mietitura, del governo del bosco e, quindi, di tutte le attività che contribuivano alla manutenzione del territorio. L'abbandono della montagna e delle relative pratiche colturali tradizionali interessa circa un terzo del territorio alpino e costituisce motivo di significativi cambiamenti ambientali nonché di rinaturalizzazione di vaste porzioni di territorio interessate da un processo di ricolonizzazione delle superfici agricole abbandonate da parte del bosco. La contrazione dell'attività agro-silvo-pastorale determina una riduzione dell'areale di distribuzione di alcune specie alpine di notevole interesse che vivevano in ambienti resi a loro favorevoli dalla manutenzione del territorio praticata dall'uomo da secoli (primo fra tutti il gallo cedrone, specie oggi a rischio di estinzione).

Malgrado la creazione nelle Alpi di numerose zone protette e di nuovi parchi naturali (14 sono i parchi nazionali e 36 quelli regionali, di cui rispettivamente 4 e 29 in Italia), la distruzione e la frammentazione di molti habitat è già avvenuta e continua a riproporsi. Questa degradazione dell'ambiente, associata ad una presenza turistica elevatissima e ad un'attività venatoria talvolta sconsigliata, sta seriamente danneggiando e mettendo in costante pericolo la salute e la sopravvivenza di molte specie della fauna selvatica alpina. Nel passato la mancanza di una gestione razionale del patrimonio faunistico alpino ha portato alla drastica riduzione o addirittura all'estinzione di molte specie, quali il lupo, l'orso bruno alpino, la lince, lo stambecco, il gallo cedrone, il gipeto. Alcune di queste specie, grazie soprattutto a politiche di protezione e a interventi di reintroduzione, stanno ora tornando a ripopolare le Alpi ma per altre specie, spesso meno carismatiche, la situazione è meno promettente o pericolosamente poco conosciuta.

1.4 Obiettivi della tesi

Data l'importanza dell'ambiente alpino e i profondi cambiamenti a cui esso è soggetto, scopo del presente lavoro di tesi è stato quello di applicare e approfondire in modo critico le metodologie della biologia della conservazione (modelli di valutazione ambientale e *Population Viability Analysis*) a popolazioni di fauna selvatica presenti sul territorio alpino italiano. L'attenzione è stata rivolta a popolazioni di fagiano di monte (*Tetrao tetrix*) e di camoscio alpino (*Rupicapra rupicapra*), specie particolarmente importanti come indicatori ecologici dell'ambiente alpino (perché sensibili alle variazioni dell'ambiente e all'impatto antropico) e che rivestono notevole importanza da un punto di vista sociale sia come valore "simbolico" della montagna sia perché soggette a prelievo venatorio.

La tesi ha quindi un triplice valore: biologico, metodologico e gestionale. Da un punto di vista biologico essa approfondisce alcuni aspetti della biologia delle specie, soprattutto del fagiano di monte, portando un contributo allo stato attuale delle conoscenze. In particolare, per le popolazioni studiate, indaga le caratteristiche dell'ambiente preferite dalla specie e la scala a cui sono selezionate, l'influenza delle condizioni meteorologiche sul successo riproduttivo, i fenomeni di dipendenza da densità, gli effetti del prelievo venatorio e della stocasticità ambientale sulla dinamica di popolazione e sul suo rischio di estinzione. Da un punto di vista metodologico la tesi contiene un approfondimento degli approcci modellistici usati e di alcuni problemi particolarmente dibattuti. Per quanto riguarda i modelli di valutazione ambientale, discute la scelta della scala spaziale, i metodi statistici per l'analisi dei dati, la validazione con dati di campo, l'applicazione di modelli presenti in bibliografia. Per le analisi di vitalità delle popolazioni (PVA) esamina come valutare il rischio di estinzione basandosi sui dati disponibili (spesso scarsi) e tenendo esplicitamente conto di diversi obiettivi, di diverse soglie di estinzione e di diverse politiche gestionali. Infine la tesi ha un risvolto applicativo fornendo indicazioni utili alla gestione delle popolazioni studiate. In particolare, mette in luce le variabili ambientali che occorre gestire adeguatamente per conservare o ripristinare gli habitat delle specie, individua nei territori studiati aree ad elevata vocazionalità faunistica, confronta diverse strategie di prelievo evidenziando quella ottimale secondo prescelti obiettivi, indica quali dati è necessario raccogliere per una gestione più consapevole.

1.5 Struttura della tesi

Nei primi due capitoli introduco il lavoro di tesi illustrando i principali approcci quantitativi utilizzati e descrivendo l'ecologia e i metodi di monitoraggio delle specie oggetto di studio. In particolare, il **capitolo 2** è dedicato alla illustrazione dei modelli di valutazione ambientale e dei modelli per la Population Viability Analysis.

Per ciascuno di questi modelli, oltre alla definizione, ne analizzo lo scopo, i dati necessari per applicarlo e i principali vantaggi e problemi di utilizzazione.

Nel **capitolo 3** tratto l'ecologia delle due specie alpine oggetto di tesi: il fagiano di monte (*Tetrao tetrix*) e il camoscio alpino (*Rupicapra rupicapra*). Per ciascuna specie, oltre ad un inquadramento tassonomico, ne descrivo la distribuzione, l'habitat, l'alimentazione e il ciclo biologico; ne analizzo lo status e le principali minacce di origine antropica; ne espongo le tecniche di censimento utilizzate in ambiente alpino.

I tre capitoli successivi sono dedicati ai casi di studio affrontati. In particolare, i primi due sono relativi allo sviluppo e all'utilizzo di modelli di valutazione ambientale (MVA), mentre il terzo è relativo ad applicazioni di Population Viability Analysis (PVA).

Nel **capitolo 4** sviluppo un MVA per il fagiano di monte nel Parco Naturale dell'Alpe Veglia e dell'Alpe Devero (Verbania) basato sull'analisi statistica di dati di presenza della specie rilevati sul campo e di cartografia tematica digitale elaborata tramite un sistema informativo geografico (GIS). Un rilievo particolare è attribuito alla descrizione dell'approccio multiscalare adottato, alla validazione del modello eseguita tramite tre diversi metodi e alla creazione delle carte di vocazionalità faunistica per il Parco (contenute nell'Allegato A).

Nel **capitolo 5** tratto un approfondimento metodologico relativo ai problemi connessi all'applicazione di modelli di valutazione ambientali esistenti con particolare attenzione alla questione della scala. Conduco tale studio relativamente al camoscio nel Comprensorio Alpino della Val Chiavenna (Sondrio).

Il **capitolo 6** contiene due studi di PVA per popolazioni alpine di fagiano di monte. Il primo studio riguarda la popolazione di fagiano di monte presente nel Parco Naturale Alpe Veglia - Alpe Devero. Per essa indago eventuali fenomeni di dipendenza dalla densità o dalle condizioni meteorologiche, sviluppo un modello demografico stocastico e valuto il rischio di estinzione al variare della soglia di densità minima della popolazione. La seconda PVA riguarda invece la popolazione presente in Provincia di Sondrio e si focalizza sull'analisi dell'effetto di diverse strategie di prelievo sul rischio di estinzione della popolazione.

Nel **capitolo 7** traggio le conclusioni del mio lavoro discutendo criticamente i principali risultati ottenuti e delineando possibili prospettive di ricerca future.

Parte del lavoro di questa tesi è stato pubblicato su riviste internazionali (Ranci Ortigosa *et al.* 2000a) o presentato ai seguenti convegni:

- Il Convegno Nazionale di Ecopatologia della Fauna Selvatica, Bormio, 8-10 ottobre 1998 (Gatto *et al.* 1998);
- IX Congresso Nazionale della Società Italiana di Ecologia, Lecce, 13-17 settembre 1999 (Ranci Ortigosa *et al.* 1999);
- “Sistemi informativi per la gestione della fauna selvatica alpina”, Seminario organizzato dal CIRITA - Centro Interdipartimentale di Ricerca in Informatica Territoriale e Ambientale, Politecnico di Milano, Milano, 11 ottobre 1999 (relazione non pubblicata);

- Convegno "Gestione degli ungulati selvatici: problemi e soluzioni", Perugia, 31 marzo-2 aprile 2000 (Gatto *et al.* 2000);
- X Congresso Nazionale della Società Italiana di Ecologia, Pisa, 14-16 settembre 2000 (Ranci Ortigosa *et al.* 2000b).

1.6 Bibliografia

- USOT Assessment. 1993. *Harmful non-indigenous species in United States*. US Government Printing Office, Washington.
- Begon, M., J.L. Harper & C.R. Townsend. 1986. *Ecology. Individuals, populations and communities*. Blackwell Scientific Publications.
- Boyce, M.S. 1992. Population Viability Analysis. *Annual Review of Ecology and Systematics* 23, 481-506.
- Campbell, P. 2000. Biodiversity. *Nature Insight* 405, 207.
- Carlson, T.J., R. Cooper, S.R. King & E.J. Rozhon. 1997. Modern science and traditional healing. *Royal Society of Chemistry Special Publication* 200, 84-95.
- Centro di Ecologia Alpina & Coordinamento Nazionale Parchi. 1995. *I parchi e le Alpi*. Vivalda Editori, Torino.
- Chapin III, F.S., O.E. Sala, I.C. Burke, P. Grime, D.U. Hooper, W.K. Lauenroth, A. Lombard, H.A. Mooney, A.R. Mosier, S. Naeem, S.W. Pacala, J. Roy, W.L. Steffen & D. Tilman. 1998. Ecosystem Consequences of changing biodiversity. *Bioscience* 48, 45-52.
- Chapin III, F.S., E.S. Zavaleta, V.T. Eviner, R.L. Naylor, P.M. Vitousek, H.L. Reynolds, D.U. Hooper, S. Lavorel, O.E. Sala, S.E. Hobbie, M.C. Mack & S. Diaz. 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature* 405, 234-242.
- Dobson, A.P. 1995. *Conservation and Biodiversity*. Scientific American Library, New York.
- Gatto, M., G. Paris, G. Ranci Ortigosa & G. Scherini. 1998. *Metodi quantitativi per la gestione della fauna selvatica in provincia di Sondrio*. Atti del II Convegno Nazionale di Ecopatologia della Fauna Selvatica, Bormio, 8-10 ottobre.
- Gatto, M., G. Paris, L. Pedrotti & G. Ranci Ortigosa. 2000. Problemi di scala nelle carte di vocazione faunistica per il camoscio alpino. Convegno "Gestione degli ungulati selvatici: problemi e soluzioni", Perugia, 31 marzo-2 aprile.
- Harper, J.L. & D.L. Hawksworth. 1994. Biodiversity: measurement and estimation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 345, 5-12.
- Jenkins, M. 1992. Species diversity: an introduction. In *WCMC, Ed. Global biodiversity: Status of the Earth's Living Resources*. World Conservation Monitoring Centre (WCMC), Chapman and Hall.
- Lawton, J.H. & R.M. May. 1995. *Extinction Rates*. Oxford University Press, Oxford.

- Morrison, M.L., B.G. Marcot & R.W. Mannan. 1992. *Wildlife-Habitat Relationships. Concepts and Applications*. The University of Wisconsin Press, Madison.
- Nilsson, G. 1983. *The Endangered Species Handbook*. Animal Welfare Institute, Washington, DC, USA.
- Pimentel, D., L. Lach, R. Zuniga & D. Morrison. 2000. Environmental and economic costs of nonindigenous species in United States. *BioScience* 50, 53-65.
- Pimm, S.L., G.J. Russell, J.L. Gittleman & T.M. Brooks. 1995. The future of biodiversity. *Science* 269, 347-350.
- Purvis, A. & A. Hector. 2000. Getting the measure of biodiversity. *Nature* 405, 212-219.
- Ranci Ortigosa, G., G. Paris, L. Pedrotti & M. Gatto. 1999. Comparazione a diverse scale spaziali di alcuni modelli di valutazione ambientale per il camoscio mediante l'impiego di GIS. IX Congresso Nazionale della Società Italiana di Ecologia, Lecce, 13-17 settembre.
- Ranci Ortigosa, G., G.A. De Leo & M. Gatto. 2000a. VVF: integrating modelling and GIS in a software tool for habitat suitability assessment. *Environmental Modelling & Software* 15, 1-12.
- Ranci Ortigosa, G., M. Gatto, L. Rotelli & R. Bionda. 2000b. Modelli di valutazione ambientale a diversa scala spaziale per il fagiano di monte (*Tetrao tetrix*). X Convegno Nazionale della Società Italiana di Ecologia, Pisa, 14-16 settembre.
- Rodriguez, J.P. 2000. Biodiversity status and trends. Why conserve biodiversity? Lecture for the "Fifth Course on Mathematical Ecology including an introduction to Ecological Economics". The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics, Trieste, Italy, 28 February-24 March.
- Spagnesi, M. & S. Toso (redazione a cura di). 1990. *Carta delle vocazioni faunistiche*. Regione Piemonte, Assessorato Turismo, Sport, Tempo Libero, Caccia e Pesca. Istituto Nazionale di Biologia della Selvaggina.
- Thorp, J. 1997. *The National Weeds Strategy: a strategic approach to weed problems of national significance*. Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand, Canberra.
- Tilman, D. 2000. Causes, consequences and ethics of biodiversity. *Nature* 405, 208-211.
- Wilcove, D.S., D. Rothstein, J. Dubow, A. Phillips & E. Losos. 1998. Quantifying threats to imperiled species in the United States. *BioScience* 48, 607-615.

Capitolo 1 INTRODUZIONE.....	3
1.1 LA PERDITA DI BIODIVERSITÀ	3
1.2 LA BIOLOGIA DELLA CONSERVAZIONE.....	7
1.3 LE ALPI E LO SCONVOLGIMENTO DEI LORO HABITAT	9
1.4 OBIETTIVI DELLA TESI.....	11
1.5 STRUTTURA DELLA TESI	11
1.6 BIBLIOGRAFIA	13