



## Scenari futuri di impatto dei cambiamenti climatici globali tramite l'applicazione di modelli di vocazionalità faunistica ad ungulati alpini

Giulia Fiorese<sup>a,b,\*</sup>, Marino Gatto<sup>a</sup>, Giovanna Ranci Ortigosa<sup>a</sup>, Giulio De Leo<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Dipartimento di Elettronica e Informazione, Politecnico di Milano, Via Ponzio 34/5, 20133 Milano, Italia

<sup>b</sup>Dipartimento di Scienze Ambientali, Università degli Studi di Parma, Parco Area delle Scienze, 43100 Parma, Italia

---

### Abstract

Gli ambienti alpini sono particolarmente vulnerabili alle variazioni climatiche: la salute di questi habitat è, perciò, considerata un importante indicatore dei trend di riscaldamento globale. Si presenta uno studio sugli effetti dei cambiamenti climatici su una specie alpina, lo stambecco (*Ibex ibex*), presente nel Parco dell'Adamello in Lombardia. Sono stati utilizzati, per il medio e per il lungo periodo, gli scenari futuri di emissione A2 e B2 dell'IPCC e la temperatura media mensile stimata dal modello dell'Hadley Center. Per i due scenari, sono state considerate le variazioni locali di temperatura rispetto al periodo 1961-90, le cui serie storiche erano disponibili per stazioni meteorologiche vicine ai siti. Vengono impiegati specifici modelli di vocazionalità faunistica (che legano abbondanze potenziali a variabili geomorfologiche e vegetazionali) e il software VVF per tracciare le mappe di vocazionalità attese per le aree studiate per gli scenari di cambiamento climatico. Utilizzando la quota come variabile "proxy" per la temperatura e un'adiabatica umida, vengono ricalibrate le fasce altitudinali ottimali per la specie. Ne risulta che gli areali potenziali invernali si espandono rispetto a quelli attuali e gli areali estivi si contraggono. Il metodo proposto, alquanto speditivo, potrà essere applicato per identificare in via preliminare le specie e le aree più vulnerabili dell'arco alpino. © 2005 SIIE. All rights reserved

*Keywords:* impatti dei cambiamenti climatici; modelli di vocazionalità faunistica; ungulati alpini; Lombardia.

---

### 1. Introduzione

Gli effetti dei cambiamenti climatici sui sistemi naturali sono molteplici: il clima è infatti uno dei fattori che ne determinano la composizione, la produttività e la struttura. Le condizioni meteo-climatiche influiscono sulla distribuzione geografica delle specie animali, a cui si deve anche aggiungere la disponibilità di risorse, ad esempio alimentari. I

cambiamenti climatici possono di conseguenza modificare direttamente (ad esempio tramite l'aumento della temperatura) o indirettamente (ad esempio tramite la modifica della disponibilità di cibo) gli ecosistemi, nonché gli individui e le popolazioni che li abitano. In questo articolo sono presentate alcune analisi condotte su una specie e un'area campione della regione Lombardia. Lo strumento adottato per l'analisi è quello dei modelli di vocazionalità faunistica.

---

\* Corresponding author. Tel.: +39-02-2399-9630; fax: +39-02-2399-9611; e-mail: fiorese@elet.polimi.it.

Il modello di vocazionalità faunistica dello stambecco (*Ibex ibex*) nel Parco Naturale dell'Adamello (Pedrotti e Tosi, 1996), è stato applicato sia per condizioni climatiche attuali sia per due scenari di cambiamento climatico. In particolare, sono stati utilizzati gli scenari di emissione A2 e B2 dell'IPCC (2000) e l'aumento medio mensile di temperatura simulato dal modello HadCM3 dell'Hadley Center per la cella dell'Italia settentrionale per uno scenario di breve periodo (2020) e uno di medio periodo (2050). Le analisi sono state effettuate mediante l'impiego del software GIS Grassland (L.A.S., Montreal, Quebec, Canada) e del programma VVF (Ranci Ortigosa *et al.*, 2000), specificatamente sviluppato per la gestione di modelli di valutazione ambientale e la produzione di carte di vocazionalità faunistica.

## 2. Il caso di studio

Il Parco Regionale dell'Adamello è ubicato al centro della catena alpina, nelle Alpi Retiche, e comprende tutto il versante lombardo del gruppo dell'Adamello, nella porzione nord-orientale della provincia di Brescia. Esso si estende per circa 51.000 ha dal passo del Tonale (Comune di Ponte di Legno) a quello di Crocedomini (Comune di Breno), occupando il versante sinistro orografico della

Vallecamonica. Lo scarto altimetrico di oltre 3.000 m (da 390 a 3.539 m s.l.m.), esistente tra la quota minima e la massima del Parco, determina notevoli variazioni climatiche che, con le differenze litologiche, influenzano struttura, composizione e distribuzione degli ecosistemi del Parco.

Come nella quasi totalità del territorio alpino, sul massiccio dell'Adamello lo stambecco si è estinto attorno alla metà del XVIII secolo a causa dell'intensa attività venatoria e del bracconaggio. Agli inizi degli anni '80 è stato dato avvio al Progetto Stambecco Lombardia, nell'ambito del quale si è individuato il Parco Naturale dell'Adamello come una delle aree di reintroduzione della specie nella regione.

L'ambiente ideale degli stambecchi alpini coincide con le pareti rocciose esposte a sud, oltre il limite della vegetazione arborea, frammiste a prati in ripidi pendii sino all'orizzonte nivale. In inverno e primavera si abbassa sino ai boschi di conifere. Lo stambecco è un arrampicatore ed in estate predilige le quote molto elevate, spingendosi anche al di sopra dei 3.000 m; in inverno sceglie versanti molto ripidi, preferibilmente a sud, tra i 1.800 ed i 2.500 m, dove la neve, data la pendenza, scivola a valle lasciando il terreno scoperto. Durante il periodo primaverile può inoltre compiere una migrazione verso quote più basse, dove cerca l'erba novella all'interno dei boschi.

Tabella 1

Modello di vocazionalità faunistica per lo svernamento dello stambecco (fonte: Pedrotti e Tosi, 1996).

<i>Variabili ambientali</i>	<i>Punteggio Inverno</i>	<i>Variabili ambientali</i>	<i>Punteggio Inverno</i>
<b>Altitudine</b>		<b>Esposizione</b>	
1200-1500	1	180-202 (W)	1
1500-1800	2	202-293 (SW-S)	2
1800-2200	3	293-337 (SE)	3
2200-2400	2	337-360 (E)	1
2400-2600	1	<b>Pendenza</b>	
<b>Vegetazione</b>		30°-35°	1
bosco ad eccezione delle peccate e dei lariceti subalpini; ghiacciai e prati da sfalcio	0	35°-45°	2
altrimenti	1	45°-60°	3

### 3. Il modello di vocazionalità faunistica

Scopo dei modelli di vocazionalità è valutare la vocazionalità di un territorio per una specie in base alle caratteristiche del territorio stesso. I modelli di vocazionalità faunistica descrivono la relazione tra la presenza e l'abbondanza di una certa specie e le caratteristiche (geomorfologiche, climatiche, vegetazionali, antropiche) del suo habitat e individuano, sulla base di queste relazioni e con l'ausilio di software GIS, le aree adatte ad ospitare la specie nell'area oggetto di studio.

Il modello di vocazionalità faunistica utilizzato in questo studio è stato realizzato da Pedrotti e Tosi (1996) per lo stambecco nel Parco dell'Adamello. Il modello individua le zone idonee all'estivazione ed allo svernamento della specie tramite due distinti sottomodelli specifici per le stagioni estiva ed invernale.

#### 3.1. Il modello invernale

Nella stagione invernale, lo stambecco mostra ampia tolleranza per il fattore altitudine e preferenza per i versanti esposti a sud-sud ovest, dove la neve si scioglie prima. Le zone boscate, ad eccezione delle peccete e dei lariceti subalpini, sono solitamente evitate durante la stagione invernale. Il modello invernale considera le seguenti quattro variabili ambientali: altitudine, pendenza dei versanti, esposizione e copertura vegetazionale secondo i punteggi riportati in tabella 1. Dall'espressione del punteggio totale di vocazionalità per le zone di svernamento si osserva che la mancanza di una copertura vegetazionale adatta rende una zona del tutto non idonea alla presenza dello stambecco. Le quattro variabili ambientali definiscono la funzione di vocazionalità faunistica secondo la seguente formula:

$$\text{Funzione di Vocazionalità} = (\text{Altitudine} + \text{Pendenza} + \text{Esposizione}) * \text{Vegetazione}.$$

Il punteggio della funzione di vocazionalità finale può variare tra 0 e 9. Le classi di vocazionalità cui è associata la densità potenziale di stambecchi sono invece quattro, suddivise come in tabella 2.

#### 3.2. Il modello estivo

Il modello per l'individuazione dell'areale estivo si basa su di una sola variabile ambientale e, precisamente, sull'altitudine. Il punteggio di vocazionalità è funzione della quota ed è pari a 1 (area adatta) se la quota è superiore ai 2.000 m, mentre è pari a 0 (area non adatta) se la quota è inferiore a 2.000 m. La densità potenziale di capi in funzione del punteggio di vocazionalità è mostrata in tabella 2.

Tabella 2

Punteggi di vocazionalità e densità potenziali del modello di vocazionalità faunistica per lo stambecco per lo svernamento e per l'estivazione (fonte: Pedrotti e Tosi, 1996).

Punteggio di vocazionalità	Classe di vocazionalità	Densità potenziale (capi/100 ha)
<i>Modello invernale</i>		
0-3	Non adatta	0
4-5	Adatta	6
6-7	Buona	25
8-9	Ottima	40
<i>Modello estivo</i>		
0	Non adatta	0
1	Adatta	6

#### 3.3. Cartografia tematica

Per poter applicare i modelli di vocazionalità è necessario disporre della cartografia tematica digitale che descriva ognuna di queste variabili sul territorio del Parco. La carta dell'altitudine, della esposizione e della pendenza dei versanti sono disponibili per tutta l'estensione del Parco; la carta della copertura vegetazionale, invece, è disponibile solo per la fascia centrale del Parco con una risoluzione pari a 50 m. Le carte sono in proiezione Gauss Boaga e sono state derivate dalla carta tecnica regionale a scala 1:10.000 e dalla carta delle tipologie fisionomico-vegetazionali in scala 1:10.000.

#### 4. I cambiamenti climatici

Per stimare la variazione di temperatura negli scenari di cambiamento climatico, si è proceduto nel seguente modo: per prima cosa sono stati scelti due scenari di CCG e le relative variazioni di temperatura. Considerando la quota come variabile *proxy* per la temperatura, la variazione di temperatura degli scenari è stata applicata ad una temperatura di riferimento misurata nei pressi dell'area di studio ad una quota definita. Combinando, secondo l'ipotesi dell'adiabatica umida, temperatura di riferimento e variazione di temperatura degli scenari di CCG, sono state tracciate le fasce altitudinali ottimali negli scenari futuri.

##### 4.1. Scenari di cambiamento climatico globale

Per valutare come la vocazionalità del Parco dell'Adamello varia in seguito ai CCG, è necessario integrare nelle variabili del modello di vocazionalità (invernale ed estivo) la variabile climatica della temperatura. Sono stati utilizzati gli scenari emissivi A2 e B2, in genere considerati di riferimento per due opposte vie di sviluppo sociale, tecnologico e ambientale (IPCC, 2000). Lo scenario A2 prevede un mondo eterogeneo con crescita della popolazione fino al XXI secolo, sviluppo economico localizzato solo in alcune aree del pianeta e cambiamenti tecnologici, specialmente nel campo dell'energia, lenti e discontinui. Lo scenario B2 ipotizza una crescita della popolazione continua, ma meno pronunciata rispetto allo scenario A2, uno sviluppo economico improntato a principi di sostenibilità in alcune aree del pianeta, con iniziative locali orientate alla protezione dell'ambiente e all'equità sociale. Lo scenario A2 può quindi essere considerato come quello "pessimista", mentre lo scenario B2 come quello "ottimista".

Sono state considerate le simulazioni di temperatura, in funzione degli scenari emissivi A2 e B2, eseguite dal modello dell'Hadley Center (Gondor *et al.*, 2000) che utilizza, per la discretizzazione della superficie terrestre, una griglia abbastanza dettagliata, rispetto a quella usata dagli altri modelli AOGCM (*Coupled Atmosphere-Ocean Global Circulation Model*) di riferimento dell'IPCC (2001). I valori della

temperatura sono disponibili sul sito IPCC Data Distribution Center (IPCC, 2005).

È importante tenere sempre presente che i singoli valori prodotti dai modelli climatici non hanno nessun valore previsionale intrinseco (CESI, 2004): quelle presentate non sono, quindi, previsioni deterministiche della temperatura di una determinata area negli anni 2020 e 2050. Il reale significato dei dati risiede nell'espressione dell'evoluzione temporale prevista dal modello, che esprime la risposta di un aspetto della distribuzione statistica della variabile temperatura ai cambiamenti previsti dallo scenario utilizzato. Per questo motivo, è stata considerata la variazione della temperatura non per il singolo anno (2020 o 2050), ma per due intervalli temporali, gli stessi utilizzati dall'IPCC, quindi:

- la media delle temperature medie mensili dal 2010 al 2039 come rappresentativa dell'anno 2020;
- la media delle temperature medie mensili dal 2040 al 2069 come rappresentativa dell'anno 2050.

In tabella 3 sono riportate le variazioni di temperatura per gli scenari individuati.

Tabella 3

Variazione della temperatura media invernale ed estiva per gli scenari emissivi A2 e B2 al 2020 e al 2050, simulate dal modello HadCM3.

Scenario di CCG e orizzonte temporale	Inverno	Estate
A2 – 2020	0,84	2,38
A2 – 2050	2,02	4,83
B2 – 2020	1,54	3,08
B2 – 2050	1,82	4,42

##### 4.2. Fasce altitudinali negli scenari di CCG

Per integrare la temperatura nel modello di vocazionalità è stato ipotizzato che le fasce altitudinali, presenti nei modelli di vocazionalità invernale ed estivo, dipendano dalla temperatura a quella altitudine. Poiché l'effetto principale dei cambiamenti climatici è l'innalzamento della temperatura, per trovarsi in una fascia compresa nello stesso intervallo di temperature, lo stambecco deve quindi spostarsi a quote maggiori. Rispetto alle condizioni di riferimento, nel modello di vocazionalità faunistica cambia, quindi, la funzione

di vocazionalità dell'altitudine; per ogni scenario di CCG, si avrà una nuova combinazione delle caratteristiche morfologiche e vegetazionali: le carte di vocazionalità faunistica per gli scenari futuri sono quindi diverse dalla carta di vocazionalità attuale.

Il profilo di temperatura (di riferimento e negli scenari di cambiamento climatico) in funzione della quota è stato tracciato secondo l'ipotesi dell'adiabatica umida (tabella 4). In letteratura, in genere si considerano variazioni costanti con la quota: Gottfried *et al.* (1999) utilizzano un gradiente di temperatura pari a  $-0,95^{\circ}\text{C}$  per ogni 100 m; Theurillat e Guisan (2001) suggeriscono una variazione media di  $-0,558^{\circ}\text{C}$  per ogni 100 m.

Tabella 4

Variazione della temperatura in funzione dell'altitudine secondo l'ipotesi dell'adiabatica umida.

Quota (m s.l.m.)	$\Delta$ temperatura ( $^{\circ}\text{C}/100$ m)
0 – 2.000	-0,66
2.000 – 2.500	-0,72
2.500 – 3.000	-0,76
3.000 – 4.000	-0,80

Poiché non ci sono stazioni di misurazione della temperatura all'interno del Parco dell'Adamello, è stata utilizzata la temperatura rilevata nella stazione meteorologica di Villazzano di Trento a 370 m s.l.m.. Per questa stazione sono disponibili le medie mensili della temperatura dal 1979 al 2004. Rispettando, per quanto possibile, il periodo di riferimento 1969-1990 stabilito dall'IPCC, sono state considerate solo le misure dal 1979 al 1990. Per l'applicazione dei modelli di vocazionalità invernale ed estivo, interessano rispettivamente la temperatura media dei mesi invernali (dicembre, gennaio e febbraio), pari a  $2,36^{\circ}\text{C}$ , e dei mesi estivi (giugno, luglio e agosto), pari a  $20,34^{\circ}\text{C}$ . A queste temperature sono state sommate le variazioni di temperatura degli scenari di CCG riportate in tabella 3. Le fasce altitudinali per gli scenari di CCG sono riportate in tabella 5.

Tabella 5

Quote altitudinali nello scenario di riferimento e negli scenari di cambiamento climatico.

Riferimento (m s.l.m.)	A2 2020 (m s.l.m.)	A2 2050 (m s.l.m.)	B2 2020 (m s.l.m.)	B2 2050 (m s.l.m.)
<i>Modello invernale</i>				
1200-1500	1327-1627	1506-1806	1434-1734	1475-1775
1500-1800	1627-1927	1806-2098	1734-2031	1775-2069
1800-2200	1927-2317	2098-2481	2031-2414	2069-2452
2200-2400	2317-2516	2481-2671	2414-2608	2452-2644
2400-2600	2516-2711	2671-2866	2608-2803	2644-2839
<i>Modello estivo</i>				
Oltre 2000	2331	2661	2427	2608

## 5. Risultati

### 5.1. Modello invernale

Con l'aumento della temperatura, aumenta l'estensione delle aree adatte agli stambecchi. Anche il numero di capi potenzialmente sostenibile dal territorio durante la stagione invernale di conseguenza aumenta, secondo i valori riportati in tabella 6. In figura 1 sono riportate le mappe di vocazionalità attuale e future per lo scenario A2 al 2020 e al 2050. Si osserva un aumento generale dell'estensione delle aree e uno spostamento verso altitudini maggiori. Le mappe di vocazionalità di figura 1 sono infatti sovrapposte alla mappa di elevazione del suolo (DEM): a colori scuri corrispondono quote basse, a colori chiari quote elevate. L'area bianca sulla sinistra della mappa corrisponde al ghiacciaio dell'Adamello.

### 5.2. Modello estivo

I risultati del modello estivo risultano più semplici da analizzare poiché il modello è composto dalla sola funzione dell'altitudine. Si osserva, per entrambi gli scenari A2 e B2, una sostanziale diminuzione dell'area adatta e la progressiva drastica riduzione nel passare dal 2020 al 2050. La diminuzione delle aree adatte ad ospitare gli stambecchi varia, ad esempio nello scenario A2, dal  $-41\%$  del 2020 al  $-75\%$  del

2050; dalla stessa figura 2 si può infatti vedere che si perde tutta la superficie adatta nella parte meridionale del Parco. Di conseguenza, anche il numero potenziale di individui che possono abitare queste aree decresce considerevolmente (tabella 6).

Anche in questo caso, come in quello invernale, l'area adatta si sposta verso la parte destra del Parco, dove si trovano le quote più elevate. Le mappe rappresentate in figura 2 riportano il confronto tra l'area adatta ad ospitare stambecchi nei quattro scenari futuri (in giallo) e l'area attuale (in rosa).

### 5.3. Eliminazione delle aree piccole

Per una corretta analisi dei risultati del modello di vocazionalità faunistica, è necessaria un'ulteriore considerazione. Aree che dal punto di vista morfologico, vegetazionale e trofico sono idonee ad ospitare una specie possono in realtà non risultare adatte perché troppo piccole e, quindi, non in grado

di fornire quello spazio minimo necessario alla vita di un individuo della popolazione. La carta di vocazionalità di un'area deve, allora, essere corretta eliminando le aree che, pur presentando caratteristiche morfologiche e vegetazionali idonee, tuttavia risultano di superficie insufficiente. In base a valutazioni sull'ecologia dello stambecco si è posto un valore soglia di 400 ha di estensione per le aree che possono ospitare individui.

In seguito all'eliminazione delle aree piccole, diminuisce anche il numero di capi potenzialmente sostenibili dalle aree adatte. In tabella 6 sono riportati, tra parentesi, i nuovi valori dei capi potenzialmente sostenibili dal territorio del Parco dell'Adamello. Poiché le aree adatte sono molto più compatte nel caso estivo rispetto al caso invernale, la perdita di habitat e di capi dovuta all'eliminazione delle aree piccole risulta più contenuta rispetto al caso invernale.

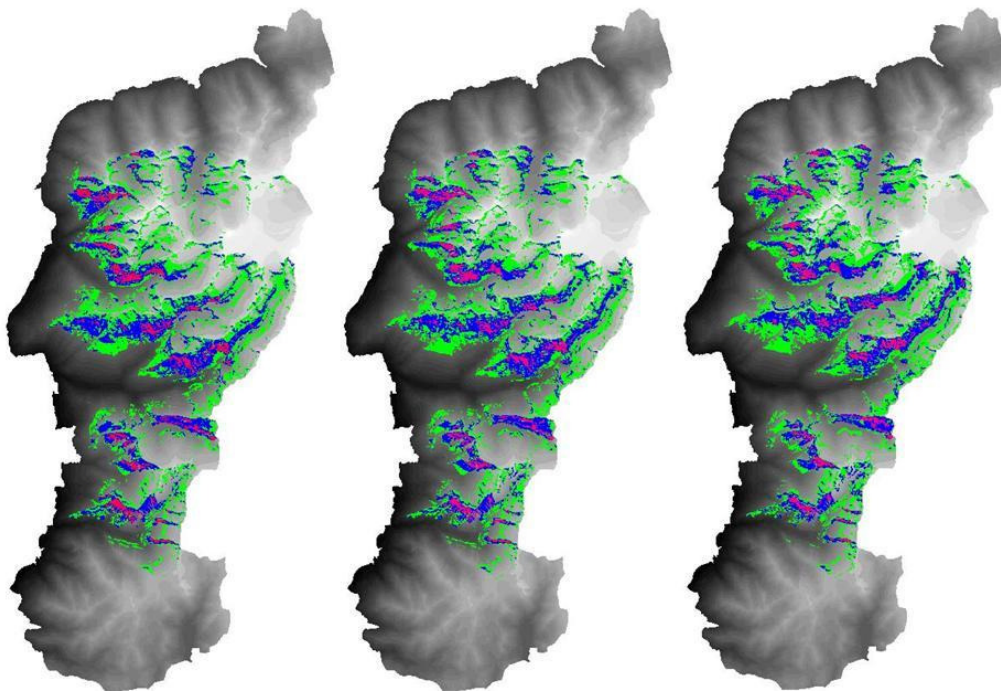


Figura 1:

Vocazionalità faunistica invernale dello stambecco nel Parco dell'Adamello. Da destra verso sinistra: vocazionalità attuale, scenario A2 – 2020, A2 – 2050. Al colore verde corrispondono le aree adatte, al blu le aree buone, al rosso le aree ottime.

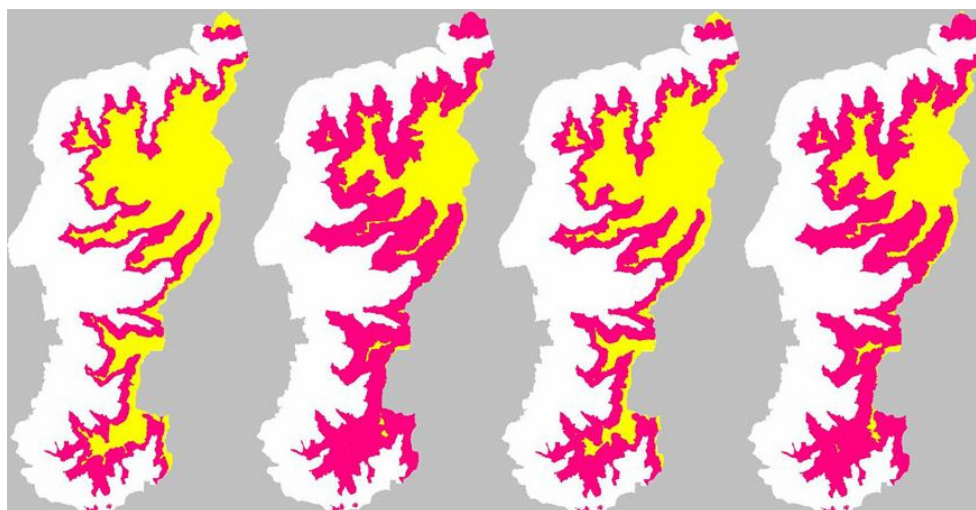


Figura 2:

Confronto tra la vocazionalità faunistica estiva dello stambecco nel Parco dell'Adamello attuale e quella degli scenari di CCG. Da destra verso sinistra, confronto vocazionalità attuale con: scenario A2 – 2020, A2 – 2050, B2 – 2020, B2 – 2050. In magenta sono rappresentate le aree idonee attuali, in giallo le aree idonee future.

## 6. Conclusioni

Dai risultati delle analisi svolte emerge chiaramente che i cambiamenti climatici influenzeranno la distribuzione e la consistenza della popolazione di stambecchi del Parco dell'Adamello. In particolare, la consistenza della popolazione subirà, in funzione dell'aumento di temperatura, una forte contrazione in estate e un leggero aumento in inverno. Infatti, considerando l'eliminazione delle aree troppo piccole per ospitare degli stambecchi, in estate si passa da 1.507 capi a 862 nel caso migliore (A2 – 2020) e a 360 nel caso peggiore (A2 – 2050); in inverno si passa da 1.139 a 1.617 nel caso migliore (A2 – 2050) e a 1.455 nel caso peggiore (A2 – 2020). La stagione critica per lo stambecco è dunque l'estate. Da questo consegue una discrepanza tra la consistenza della popolazione estiva e quella invernale. Rispetto al caso attuale di riferimento, in cui la popolazione estiva ed invernale sono abbastanza confrontabili (1.507 contro 1.139), negli scenari futuri si ha una differenza più marcata e, precisamente, fino al 78% in meno di capi potenziali. La popolazione estiva agisce da collo di bottiglia per il numero di capi presenti all'interno del Parco.

Tabella 6

Numero potenziale di capi per lo scenario di riferimento e per gli scenari di cambiamento climatico; tra parentesi, il numero potenziale di capi in seguito alla eliminazione delle aree piccole.

	Capi potenziali ( <i>rimozione aree piccole</i> )			
	Inverno		Estate	
<b>Riferimento</b>	1.587	(1.139)	1.511	(1.507)
<b>A2 – 2020</b>	1.684	(1.455)	891	(862)
<b>A2 – 2050</b>	1.777	(1.617)	380	(360)
<b>B2 – 2020</b>	1.768	(1.612)	720	(696)
<b>B2 – 2050</b>	1.767	(1.608)	442	(416)

Bisogna comunque aggiungere che queste sono analisi preliminari e che le differenti funzioni di vocazionalità dei modelli estivo ed invernale possono avere influito nel predire un calo così drammatico della popolazione estiva. La distribuzione estiva è, infatti, funzione della sola altitudine. Poiché, a causa dell'aumento della temperatura, è stata innalzata la quota oltre la quale le aree diventano adatte ad ospitare gli stambecchi, è conseguente che l'area complessiva diminuisca, visto che è limitata dalla cima delle montagne. Anche se questa impostazione del modello ne può influenzare i risultati, è evidente

che rispecchia quello che potrebbe succedere nella realtà: ovvero le specie saranno in grado di sopravvivere all'innalzamento di temperatura fino a che potranno trovare a quote più elevate un habitat dalle caratteristiche climatiche (ma non solo) a loro adatte. Il risultato del modello può quindi essere letto nel seguente modo: aspetti critici dei cambiamenti climatici in ambiente alpino si manifestano nel momento in cui le specie sono più sensibili alle temperature elevate, ad esempio nella stagione estiva.

### Ringraziamenti

Il lavoro è stato svolto nell'ambito del progetto di ricerca *Kyoto Lombardia: ricerca sui cambiamenti climatici e il controllo dei gas serra in Lombardia* ([www.flanet.org/ricerca/kyoto.asp](http://www.flanet.org/ricerca/kyoto.asp)), finanziato dalla Regione Lombardia, Fondazione Lombardia per l'Ambiente, ARPA Lombardia e APAT e dal Ministero dell'Ambiente.

### Bibliografia

CESI (2004). *Previsioni a medio e lungo termine delle variabili meteorologiche che influenzano il mercato elettrico: i modelli climatici*, Milano.

- Gatto M., Paris G., Ranci Ortigosa G., Scherini G., (1998), *Metodi quantitativi per la gestione della fauna selvatica in provincia di Sondrio*, in Atti del II Convegno Nazionale di Ecopatologia della Fauna Selvatica, Bormio, 8-10 ottobre.
- Gondor C., Cooper C., Senior C.A., Banks H., Gregory J.M., Johns T.C. *et al.* (2000) The simulation of SST, sea ice extents and ocean heat transports in a version of the Hadley Centre coupled model without flux adjustments. *Climate dynamics*, **16**(2-3), 147-168.
- Gottfried M., Pauli H., Reiter K., Grabherr G. (1999). A fine-scaled predictive model for changes in species distribution patterns of high mountain plants induced by climate warming, *Diversity and Distributions* **5**: 241-252.
- IPCC (2000). *Emissions Scenarios. 2000*, Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC (2001) *Climate change 2001: The scientific basis*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- IPCC (2005). Data distribution center, [http://cera-www.dkrz.de/IPCC\\_DDC/SRES/index.html](http://cera-www.dkrz.de/IPCC_DDC/SRES/index.html) [http://ipcc-ddc.cptec.inpe.br/ipccddc/html/ddc\\_about.html](http://ipcc-ddc.cptec.inpe.br/ipccddc/html/ddc_about.html)
- Pedrotti L., Tosi G., (1996), *Progetto Stambecco Adamello. Studio di fattibilità e progettazione*, Regione Lombardia, Servizio tutela ambiente naturale e parchi.
- Ranci Ortigosa (2000). *Modelli di valutazione ambientale a diversa scala spaziale e temporale per la gestione della fauna alpina*, Tesi per il Dottorato di Ricerca in Ecologia XIII ciclo
- Ranci Ortigosa G., De Leo G.A. e Gatto M. (2000). VVF: integrating modelling and GIS in a software tool for habitat suitability assessment. *Environmental Modelling & Software* **15**:1-12.
- Theurillat J.P. e Guisan A. (2001). Potential impact of climate change on vegetation in the European Alps: A review. *Climatic Change* **50**: 77-109.