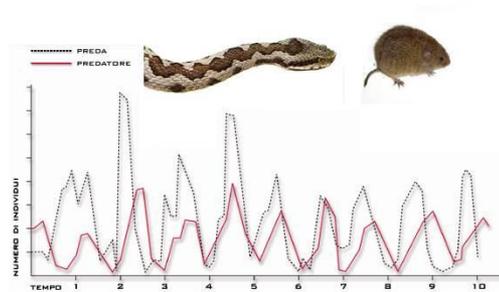


Mangia o è mangiato? Chi la spunterà? Storie di prede e predatori in ambiente montano.



Giovanni Amori
CNR – Istituto di Ricerca sugli Ecosistemi Terrestri

**L'evoluzione di ogni specie non avviene in
maniera indipendente, bensì grazie alle varie
interazioni della singola specie con
l'ambiente in cui vive e di conseguenza con
le altre specie con le quali condivide la
comunità ecologica**



ECOSISTEMA

(breve animazione)

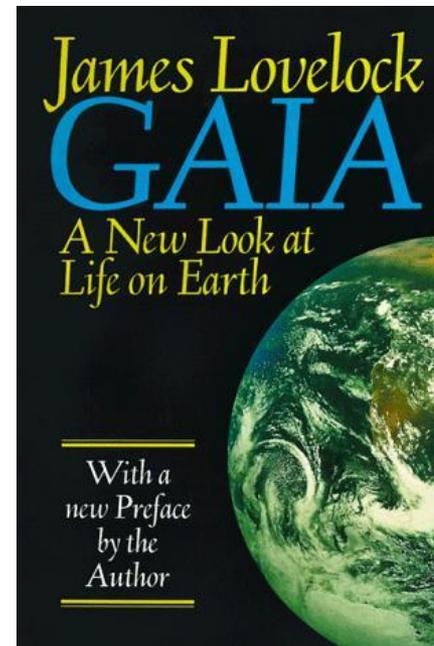
ECOSISTEMA BOSCO: QUERCETA DI CASTELPORZIANO

**L'evoluzione di ogni specie non avviene in
maniera indipendente, bensì grazie alle varie
interazioni della singola specie con
l'ambiente in cui vive e di conseguenza con
le altre specie con le quali condivide la
comunità ecologica**



ECOSISTEMA

**Inoltre l'evoluzione della specie in questione
può arrivare ad influenzare anche l'ambiente
fisico (Ipotesi Gaia, Lovelock, 1979)**



Ci sono molti casi in natura in cui una specie animale si nutre di un'altra specie animale, che a sua volta si nutre di altre cose. La prima specie è chiamata predatore.



e la seconda è chiamata preda.



Una catena alimentare raffigura il flusso di energia e nutrienti dalle piante (**produttori**) agli erbivori (**consumatori primari**) ai carnivori (**consumatori secondari** e di livello maggiore).

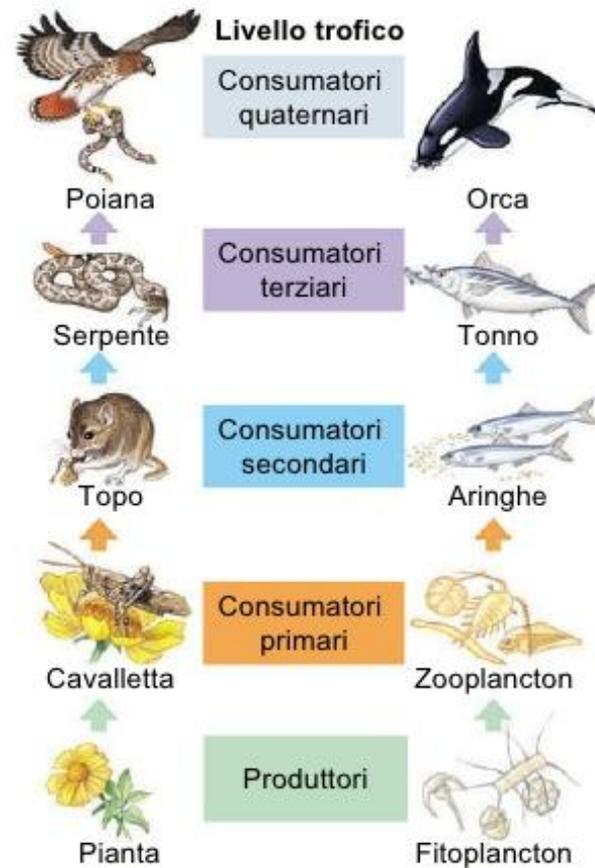
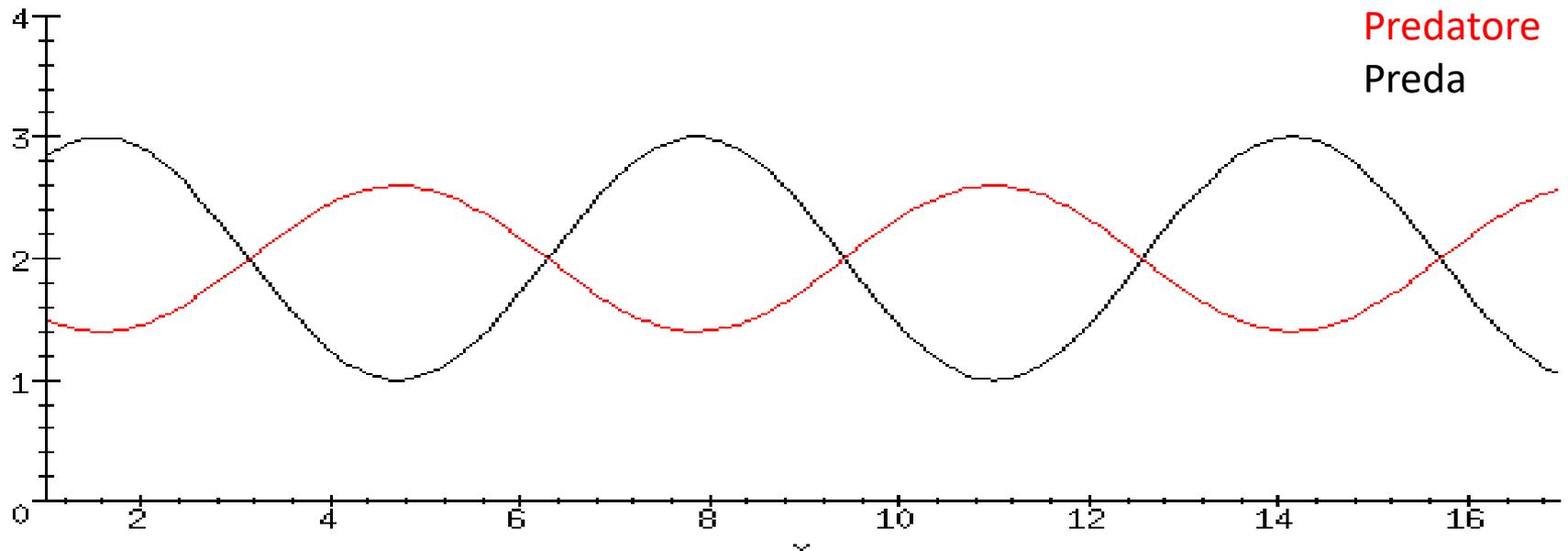


Figura 28.8 Catena alimentare terrestre Catena alimentare marina

Quello che succede in natura è che si sviluppa un ciclo in cui a un certo punto la preda può essere abbondante e i predatori pochi. A causa dell'abbondanza di prede, la popolazione di predatori cresce e riduce la popolazione di prede. Ciò si traduce in una riduzione dei predatori e conseguente aumento di prede e il ciclo continua.

Teoricamente, il predatore può distruggere tutte le prede in modo che quest'ultimo si estinguano. Tuttavia, se ciò accade, anche il predatore si estinguerà poiché, come supponiamo, dipende dalla preda per la sua esistenza.



L'interazione tra preda e predatore può essere descritta da una funzione, quella di **Lotka-Volterra**.



Vito Volterra

-Nasce ad Ancona il 3 maggio 1860.

- a 11 anni inizia a studiare la geometria di Legendre.

- a 18 anni si iscrive all'Università di Pisa e l'anno successivo viene ammesso alla Scuola Superiore Normale e svolge i suoi studi sotto la guida di Enrico Betti e si laurea in Fisica nel 1882 a 22 anni.

-A 23 anni diventa professore all'Università di Pisa e nel 1892 professore a Torino e nel 1900 professore di Fisica Matematica all'Università di Roma.

-Ha ricoperto molte cariche scientifiche importanti tra cui Fondatore della Società italiana di Fisica, Presidente dell'Accademia dei XL, Presidente Accademia dei Lincei, Presidente del CNR.

-Con l'avvento del fascismo è costretto a lasciare tutti gli incarichi.

-Nel 1926 elabora l'equazione preda-predatore.

- Muore a Roma l'11 ottobre 1940.

Il sistema predatore-preda

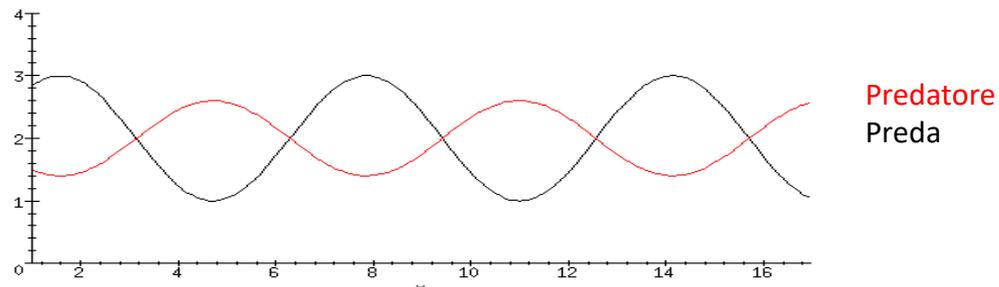
- Lo studio matematico dei sistemi biologici fu suggerito a Volterra da suo genero, il biologo Umberto D'Ancona
- D'Ancona aveva osservato che le popolazioni di piccoli pesci commestibili (sardine...) e quelle di predatori (squali...) dell'alto Adriatico avevano andamenti oscillanti di uguale periodo, ma erano sfasate tra loro
- La popolazione di sardine raggiungeva il suo massimo prima di quella dei predatori
- La diminuzione di sardine era seguita, con un certo ritardo, dalla diminuzione di predatori
- Il ciclo poi riprendeva con nuovi aumenti sfasati

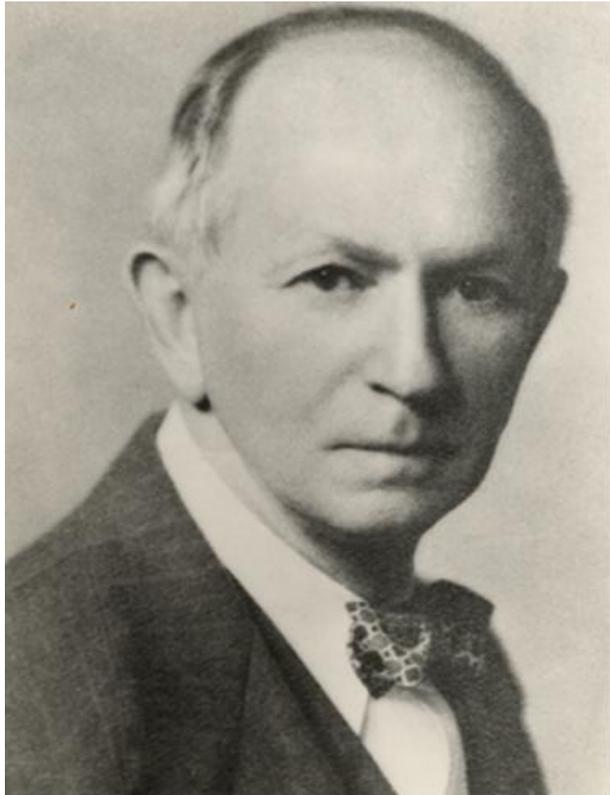
Il modello di Volterra

- Per impostare il problema Volterra parte da un **modello semplificato**, basato sulle seguenti ipotesi:
 - nell'ambiente studiato vivono **due sole specie**: **una** di prede e **una** di predatori
 - le prede hanno a disposizione cibo **illimitato**
 - i predatori possono cibarsi **solo** delle prede

Come funziona il modello

- Se non ci fossero predatori, il numero di prede salirebbe senza limiti, perché il cibo è sempre disponibile
- Se non ci fossero le prede, i predatori si estinguerebbero per mancanza di cibo
- In presenza di entrambe le specie, gli incontri tra prede e predatori porterebbero a:
 - diminuzioni del numero di prede
 - aumento del numero di predatori, che avrebbero cibo a disposizione e potrebbero riprodursi più facilmente
- È quindi possibile che si crei una situazione che consente la sopravvivenza di entrambe le specie





Alfred James Lotka

- Nasce a Leopoli (ora Ukraina) il 2 marzo 1880.
- Muore a New York il 5 dicembre 1949.
- Matematico, statistico e chimico fisico
- Nel 1925 indipendentemente da Volterra elabora il modello preda-predatore

Lotka-Volterra Equations

$$\frac{dP}{dt} = -Pm + bHP$$

$$\frac{dH}{dt} = Hr - aHP$$

$$\begin{cases} P = P(t) & \text{Number of Predators} \\ H = H(t) & \text{Number of Prey} \end{cases}$$

$$\begin{cases} r > 0 & \text{Birth Rate of Prey} \\ m > 0 & \text{Death Rate of Predators} \\ a > 0 & \text{Death Rate of Prey/Predator} \\ b > 0 & \text{Birth Rate of Predators/Prey} \end{cases}$$

La maggior parte delle specie di consumatori si nutre di organismi vivi di altre specie e i **predatori** possono catturare le loro prede in vari modi:

Nuotando



Volando



Inseguendo



Camuffandosi (mimetismo)

Utilizzando sostanze chimiche



Le prede sfuggono ai predatori nei seguenti modi:

Fuga



Utilizzando sostanze chimiche



Atteggiamenti pericolosi



Mimetismo



Comportamenti ingannevoli
(tanatosi)

- Mimetismo batesiano – somiglia ad un animale tossico - **ma non lo è**



Falso corallo
Innocuo



Serpente corallo
Velenoso

- Mimetismo mülleriano - somiglia ad un animale tossico – e **lo è**



Zygaena ephialtes



Amata phegea



Forza nei numeri

Lezione importante da ricordare

Se un organismo è piccolo e bello ... probabilmente è **velenoso**.

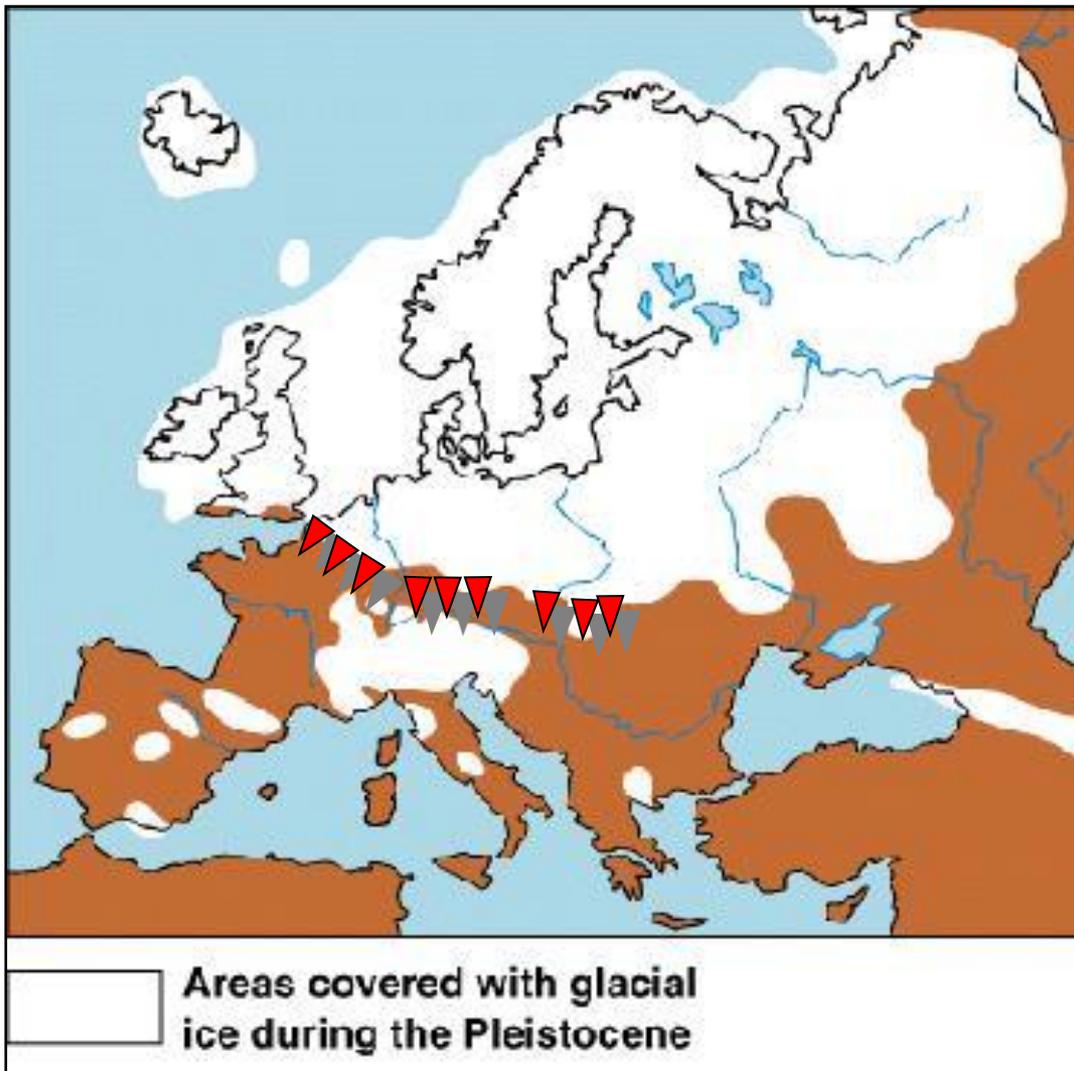
Pesce palla



Se è straordinariamente bello e facile da catturare ... probabilmente è **letale**.

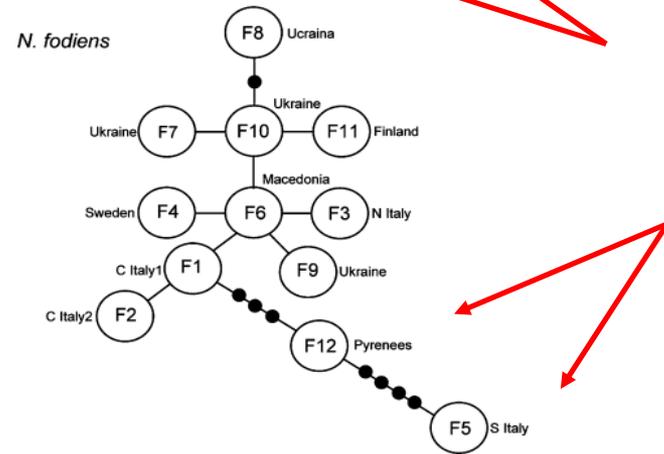
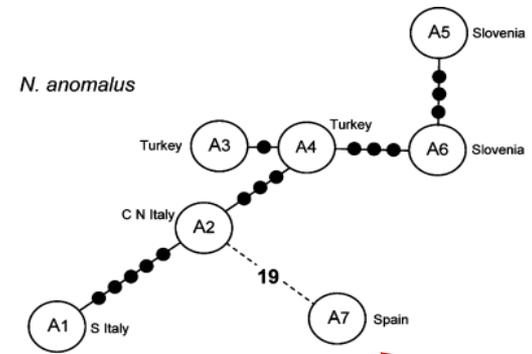
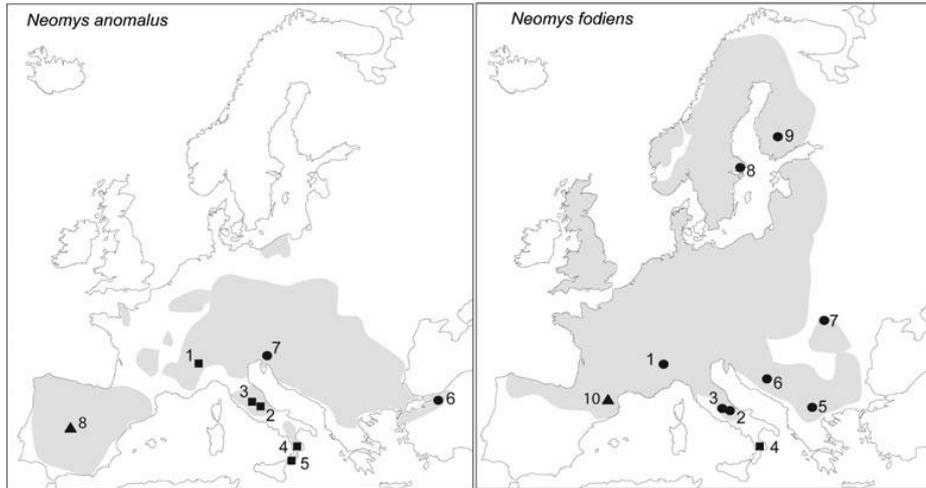


Polpo dagli anelli blu



Hewitt, G. M. 2003 Ice ages: their impact on species distributions and evolution. In *Evolution on planet Earth* (ed. L. J. Rothschild & A. M. Lister), pp. 339–361. New York: Academic Press.

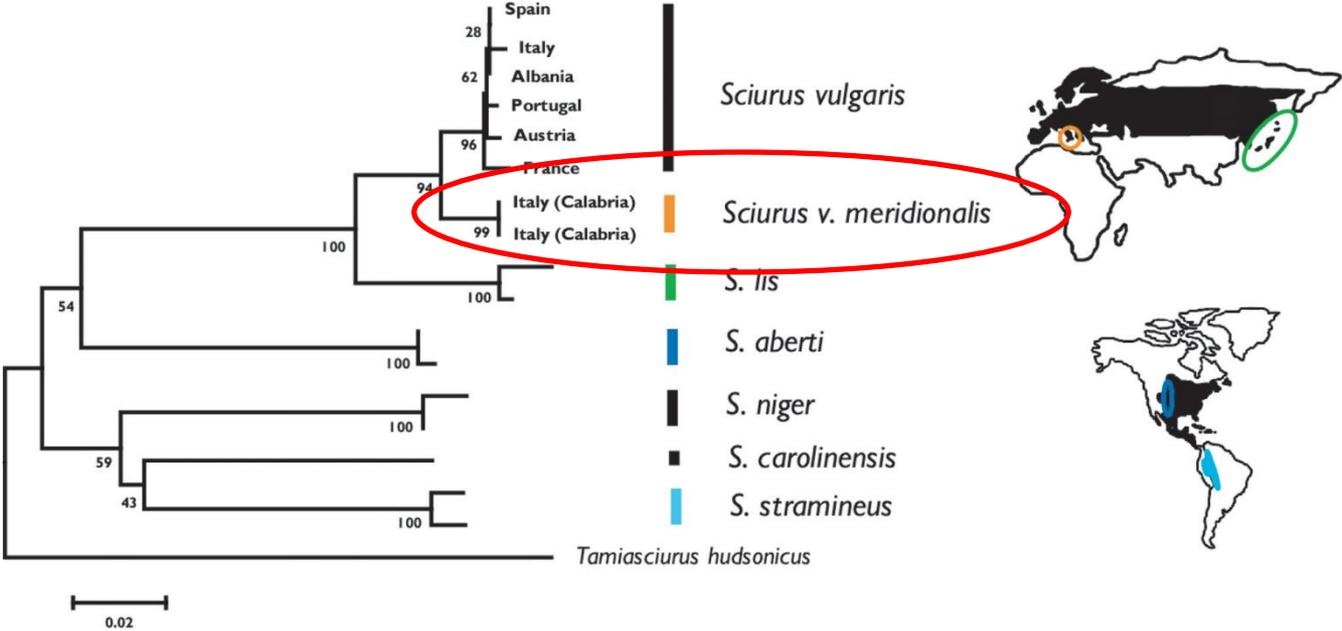
CAMBIAMENTI CLIMATICI E AREALI DI DISTRIBUZIONE DI PIANTE E ANIMALI



Minimum spanning networks of *Neomys fodiens* and *Neomys anomalus* haplotypes (272 bp)

(from Castiglia et al., 2007 – J. Zool. Syst. Evol. Res., 45: 255-262.)

Sciurus vulgaris



Sciurus meridionalis

**ALCUNE SPECIE DI MAMMIFERI CHE NON SONO SOPRAVVISSUTI AL TARDOGLACIALE
IN EUROPA (CIRCA 13.000 – 10.000 ANNI FA)**



Coelodonta antiquitatis



Crocuta crocuta spelaea



Mammuthus primigenius



Ursus spelaeus



Palaeloxodon antiquus



Megaloceros giganteus

Stephanorhinus spp. (rinoceronti varie specie)

Elasmotherium spp. (rinoceronti varie specie)

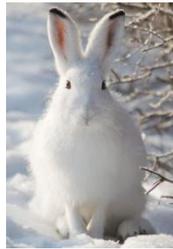
ALTRE SPECIE SONO SOPRAVVISSUTI AL TARDOGLACIALE IN EUROPA (CIRCA 13.000 – 10.000 ANNI FA)



Rangifer tarandus



Bison bonasus



Lepus timidus



Alopex lagopus



Ursus arctos



Ursus maritimus

Chionomys nivalis



Microtus oeconomus

Lemmus lemmus



Lynx lynx

LE PRINCIPALI ATTIVITA' ANTROPICHE RESPONSABILI DELLE ESTINZIONI

Distruzione dell'habitat

Caccia eccessiva

Introduzione di specie esotiche

Introduzioni di malattie

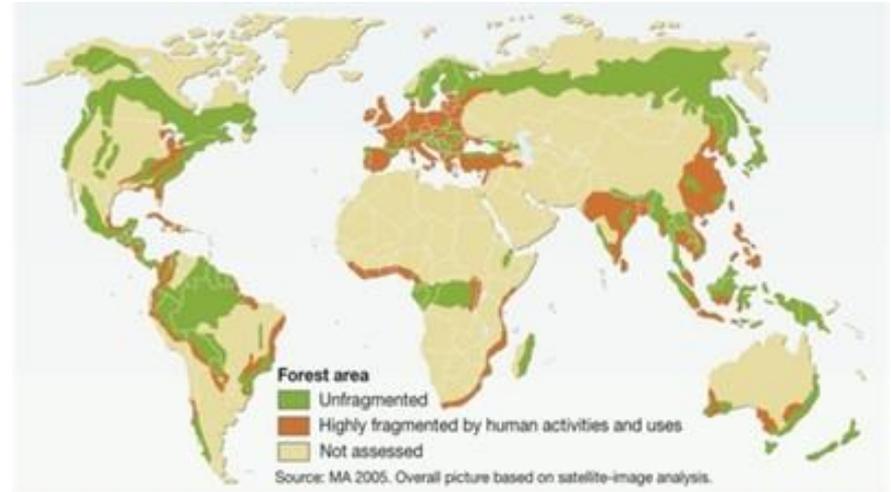
Cambiamenti climatici

DISTRUZIONE/RIDUZIONE DELL'HABITAT

FRAMMENTAZIONE DEI BOSCHI



SUMATRA
Deforestazione
(dal 1932 a metà anni'80)





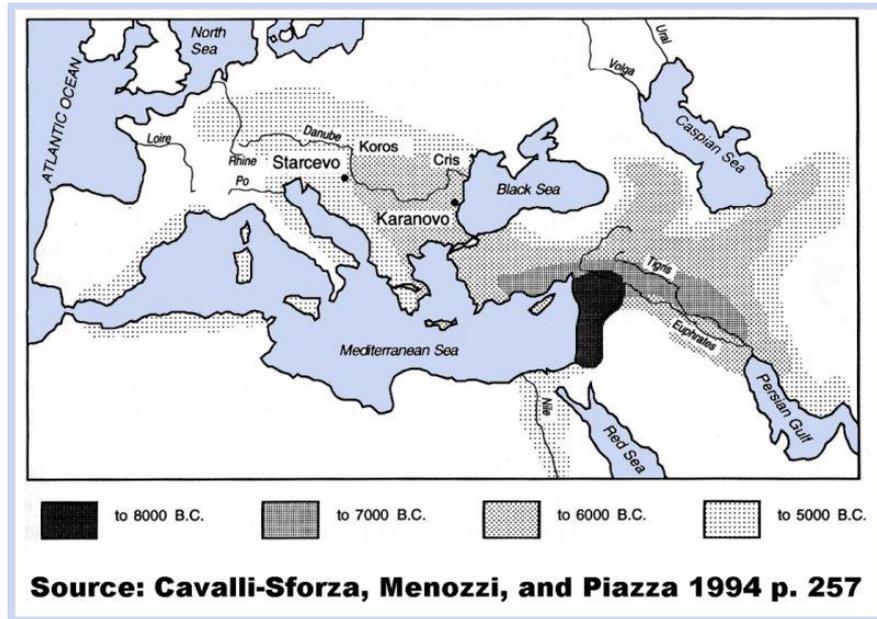
< 20 ha



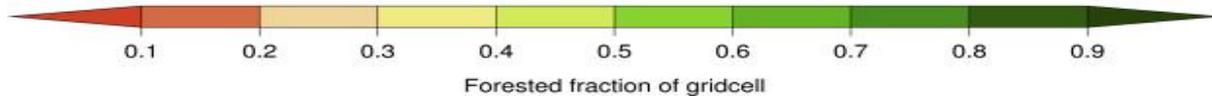
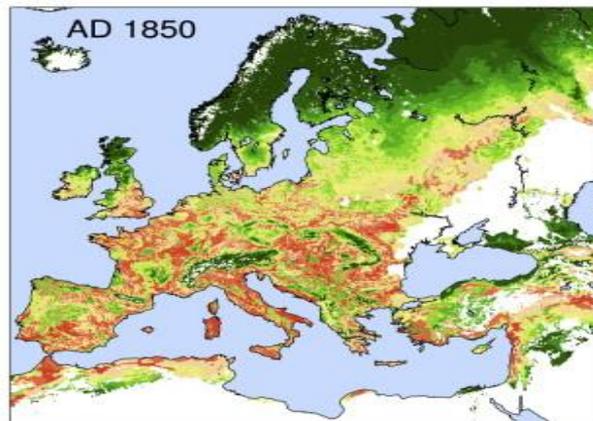
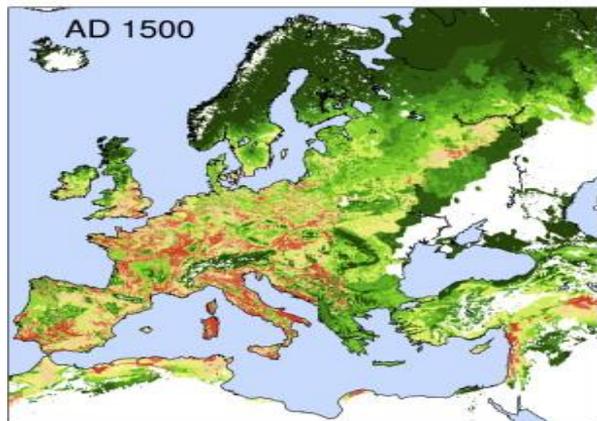
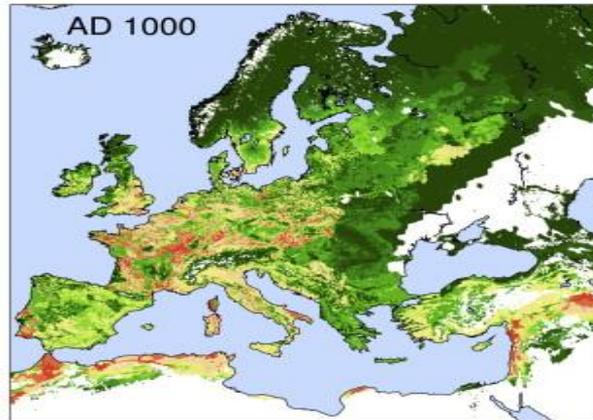
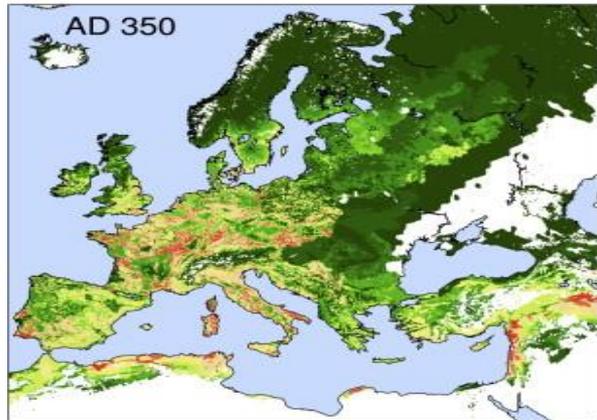
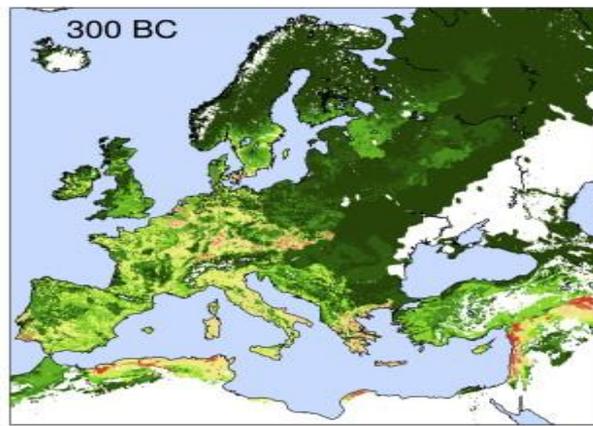
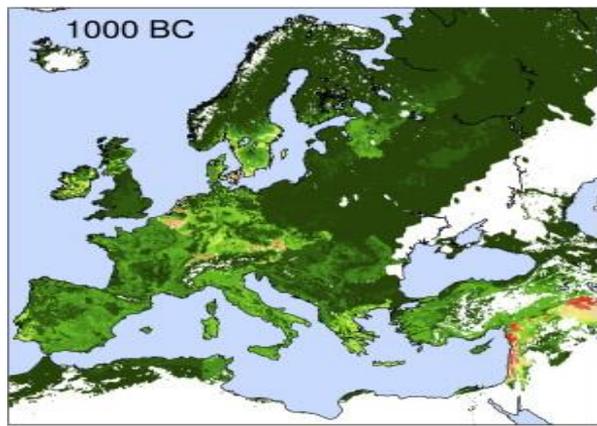
Moscardino (*Muscardinus avellanarius*)



DISTRUZIONE/RIDUZIONE DELL'HABITAT



Origine e diffusione dell'agricoltura in Europa



Historical forest clearance maps for 1000 BC, 300 BC, AD 350, AD 1000, AD 1500, and AD 1850 as generated by the preindustrial anthropogenic deforestation model. (Kaplan et al., 2009)



**Consumo giornaliero
di legna:
circa 10 tonnellate**

**I sotterranei erano
in grado di contenere
2000 tonnellate di legna
cioè il fabbisogno di
circa 7 mesi**

Terme di Caracalla

(Vigne, 1992)

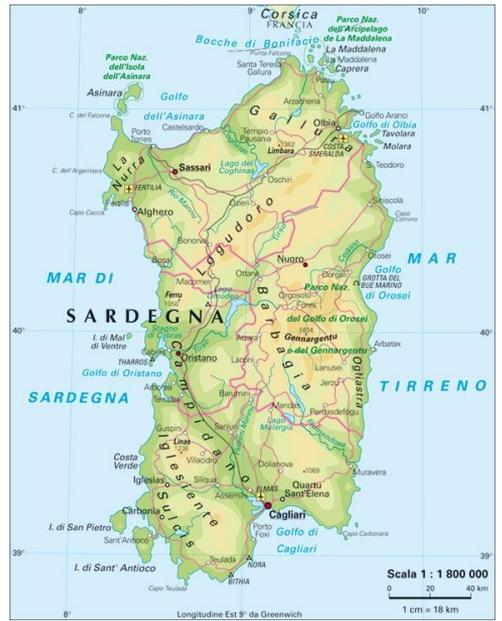
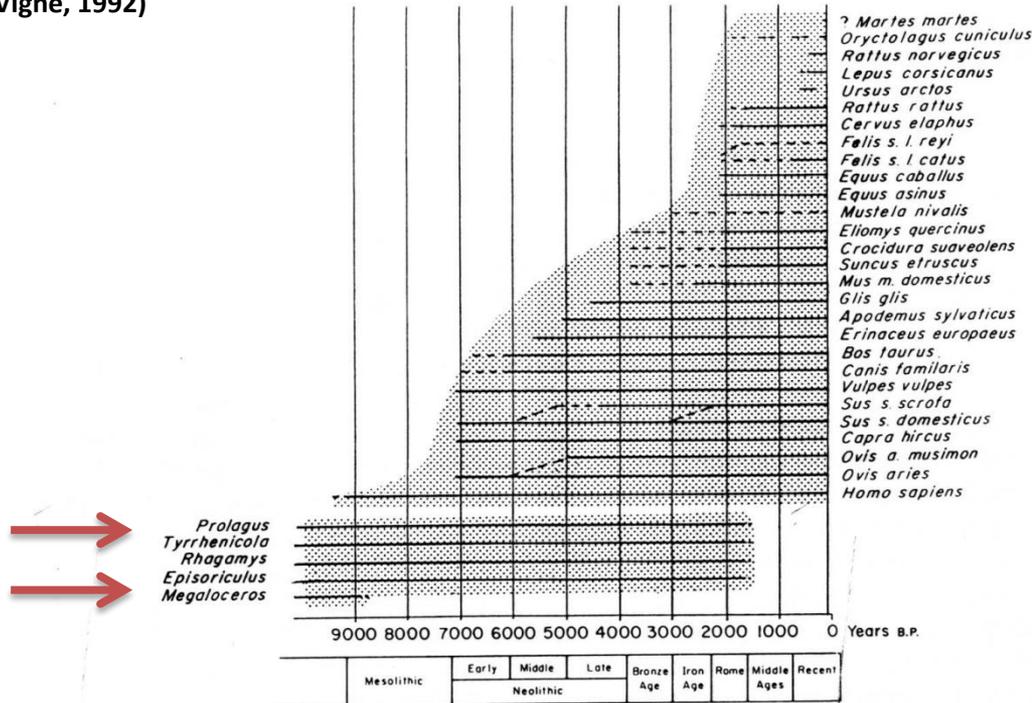
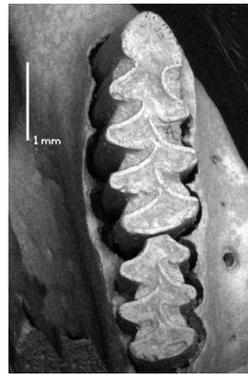


Fig. 2. The chronological distribution of Corsico-Sardinian terrestrial mammals since the beginning of human occupation.



Megaloceros cazioti



Tyrrhenicola sondaari
(da T. Kotsakis)

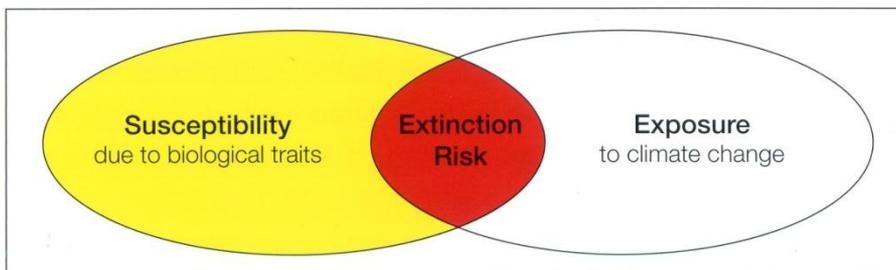
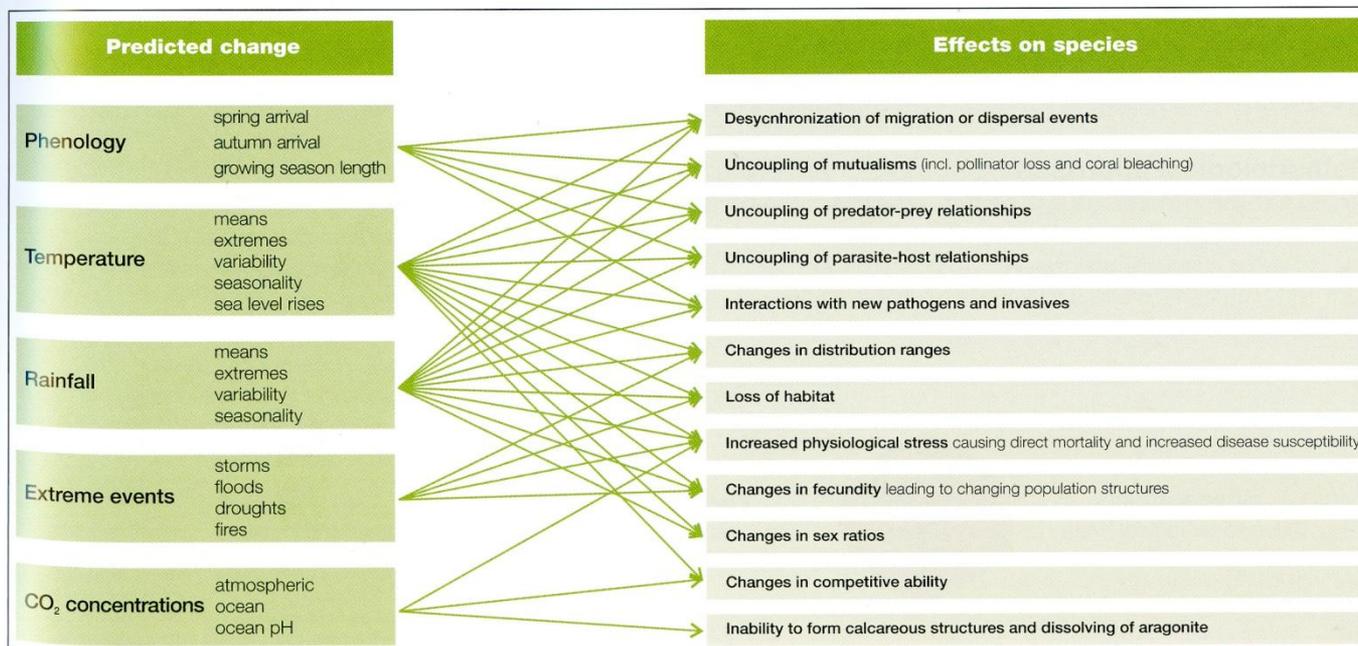


Plectotus sardus

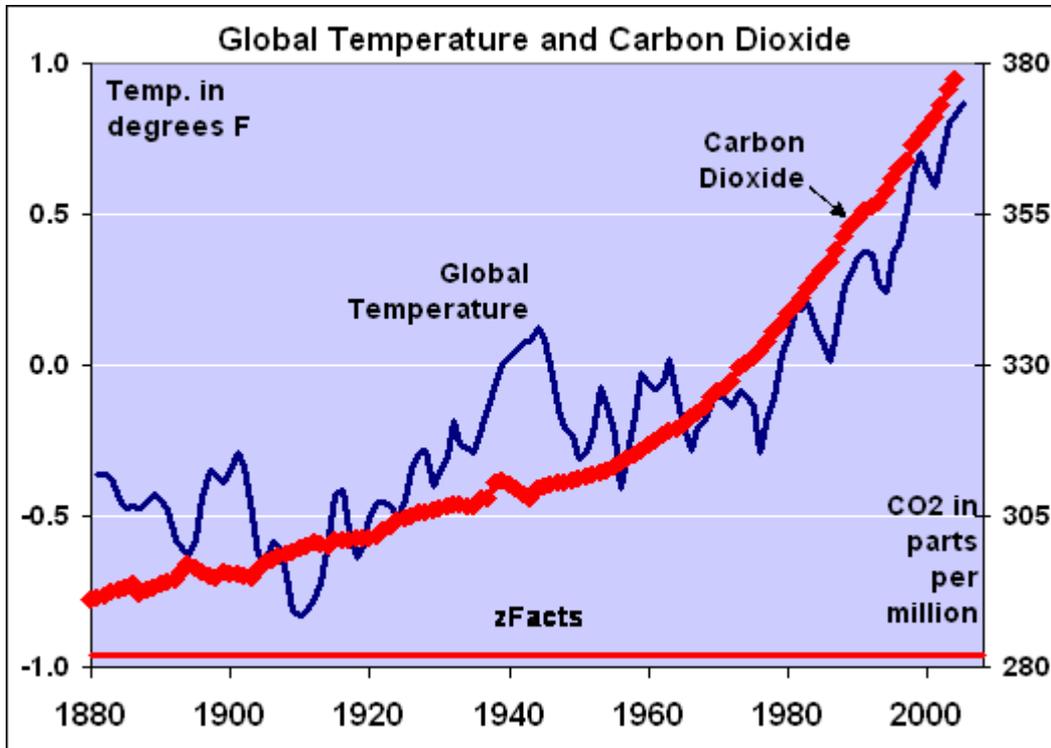
INTRODUZIONE DI SPECIE ESOTICHE/ALLOCTONE

SPECIE SUSCETTIBILI AI CAMBIAMENTI CLIMATICI E CONSERVAZIONE (IUCN, 2008)

Figure 1. A summary of some of the predicted aspects of climate change and examples of the effects that these are likely to have on species.



L'aumento del rischio di estinzione dovuto ai cambiamenti climatici avviene quando una specie possiede tratti o caratteristiche biologiche che le rendono particolarmente vulnerabili ai cambiamenti, e contemporaneamente siano presenti in aree dove i cambiamenti climatici sono più estremi



Sotto l'azione antropica, l'incremento delle temperature e della CO2 è stato molto più rapido a partire dal 1960 circa, e quindi le azioni sia antropiche sia climatiche si sono sommate nel determinare degli effetti (presunti) sulla biodiversità

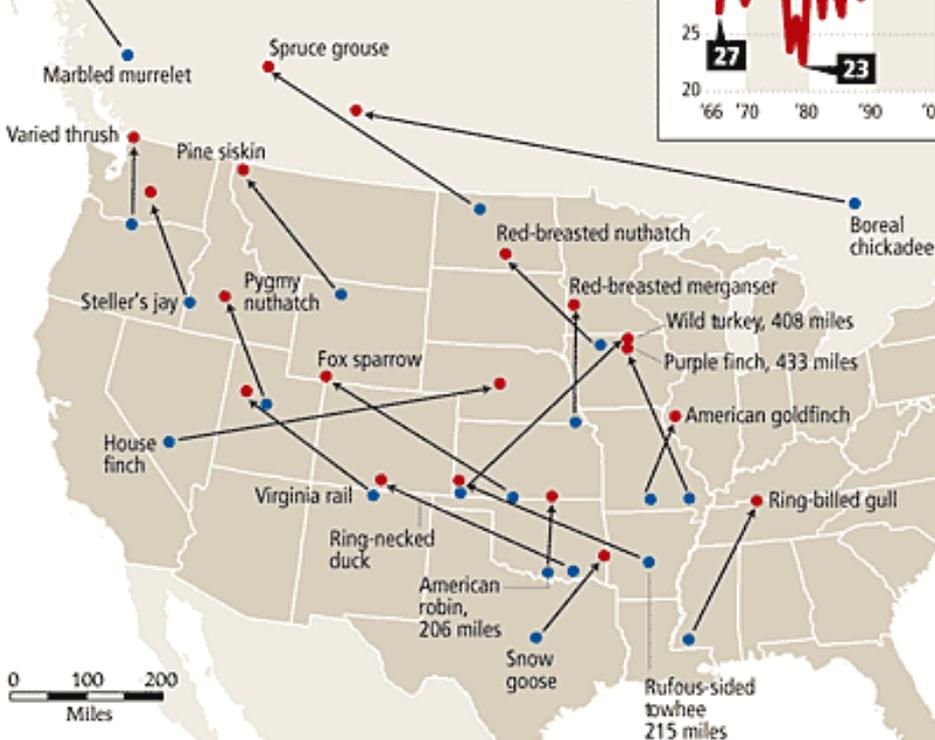
SPENDING WINTER FARTHER NORTH

As the temperature across the U.S. has gotten warmer from 1966 to 2005, many bird species are spending their winters farther north.

Change in winter destination

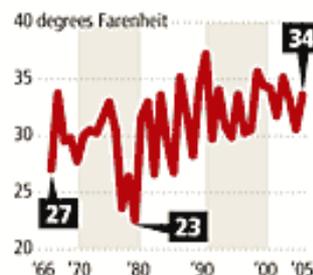
20 species with the most movement

● Winter 1966-67 ● Winter 2005-06



Average U.S. January temperature

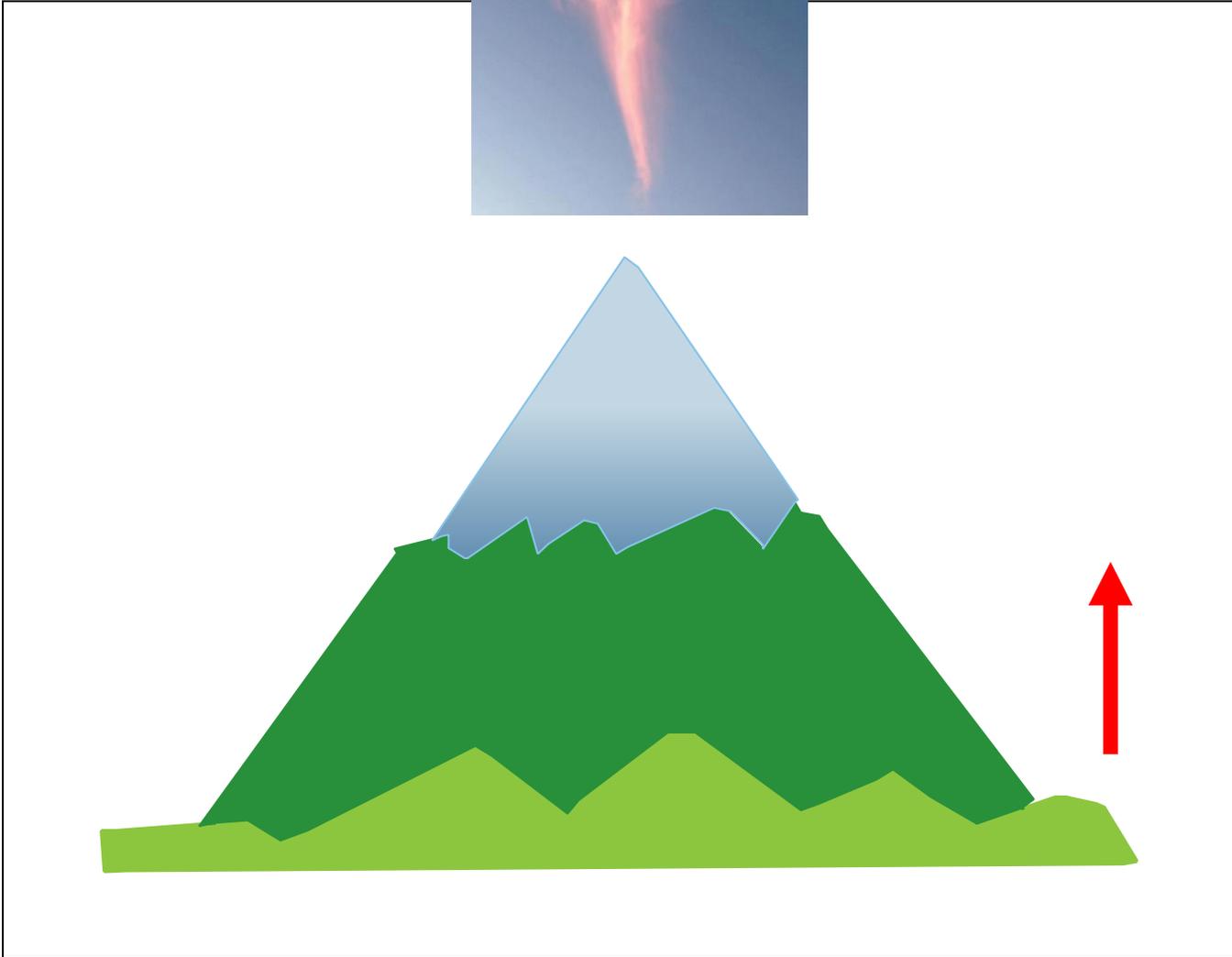
In lower 48 states, 1966-2005

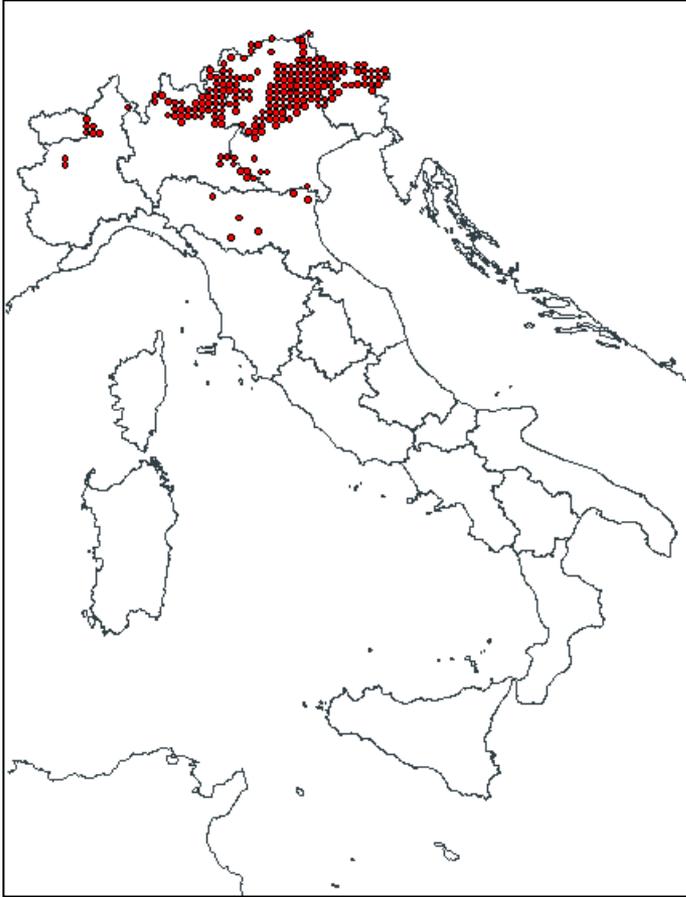


0 100 200
Miles

Sources: Audobon Society; NOAA

SEATTLE P-1



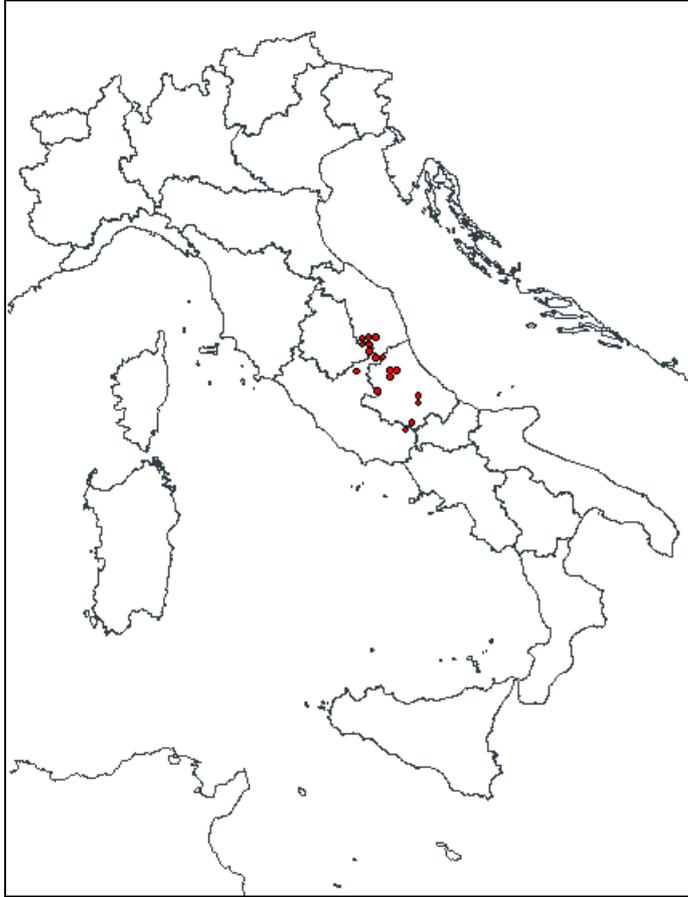


Vipera berus
(Marasso)

Lunghezza del corpo: 60-90 cm

**Habitat: praterie aperte in alta montagna,
e pendii sassosi**

Distribuzione altitudinale: 1100-2700 m.s.l.m

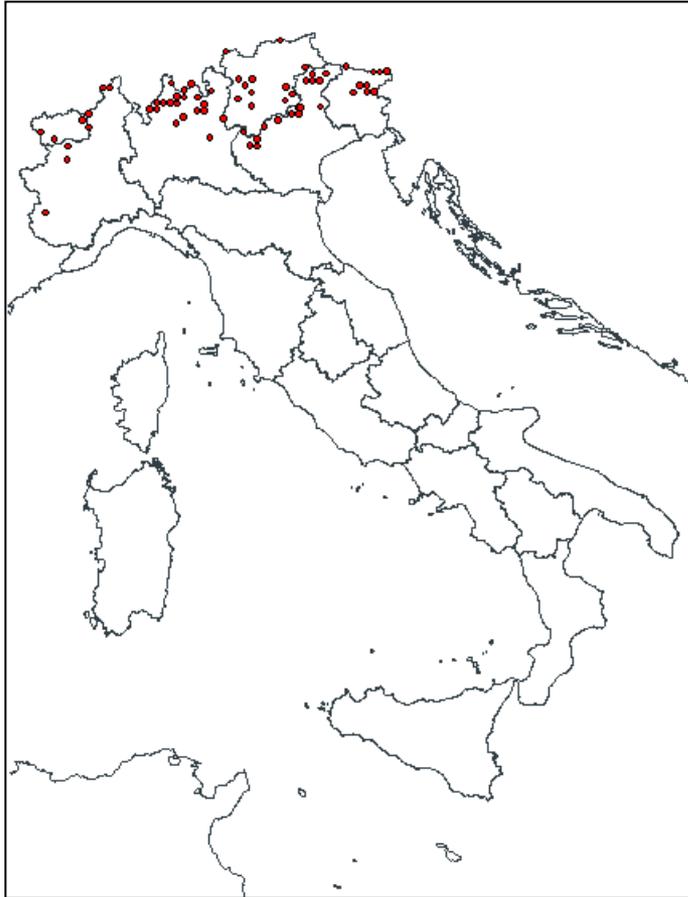


Vipera ursinii
(Vipera di Orsini)

Lunghezza del corpo: 40-50 cm

**Habitat: prati di montagna sassosi e
pascoli oltre la zona boscosa**

Distribuzione altitudinale: 1700-2700 m.s.l.m.



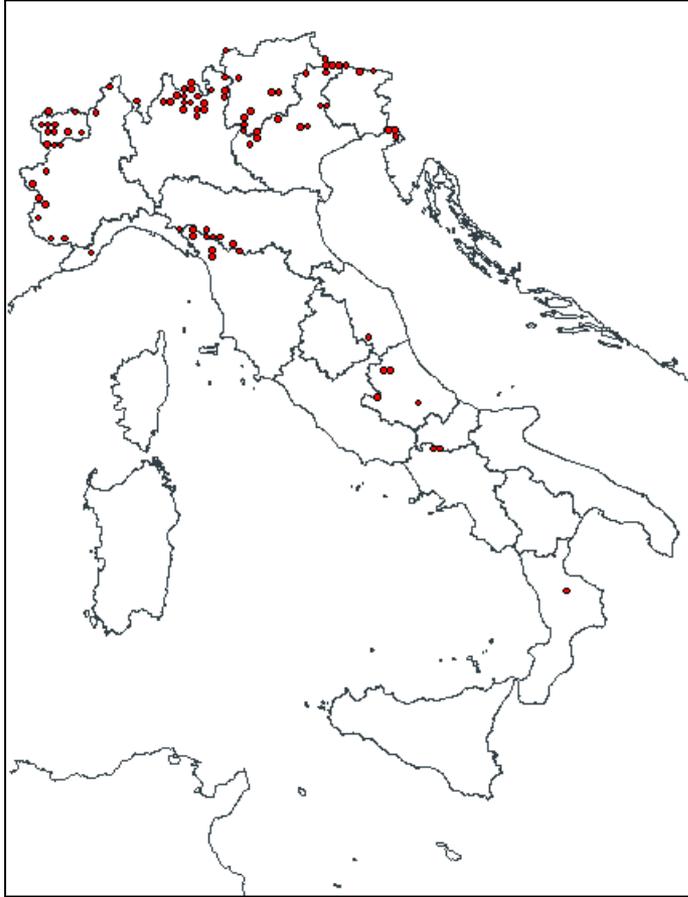
Sorex alpinus
(Toporagno alpino)

Lunghezza del corpo: 55-85 mm

Peso corporeo: 5-12 gr

Habitat: prati alpini e habitat rocciosi

Distribuzione altitudinale: 600-2500 m.s.l.m.



Chionomys nivalis
(Arvicola delle nevi)

Lunghezza del corpo: media 12 cm

Peso corporeo: 25-53 gr

Habitat: pendii rocciosi di montagna

Distribuzione altitudinale: fino a 4000 m.s.l.m.

SCENARIO IPOTETICO

Queste specie vivono esclusivamente tra 1000 and 2500 m s.l.m.

**Possiamo quindi aspettarci una marcata contrazione del loro areale in
relazione al cambiamento climatico?**

**Se si, si potranno verificare effetti addizionali a tale
contrazione dovuti al declino dell' areale delle prede su quello
dei predatori?**

METODI

Sono stati sviluppati otto modelli utilizzando il package BIOMOD (nel R-based; Thuiller, 2003, Marmion et al. 2008, R Development Core Team, 2008), per gli anni 2020, 2050, 2080

- 1) GLM (McCullagh,1989)**
- 2) GAM (Hastie & Tibshirani, 1990)**
- 3) CTA (Breiman et al., 1984)**
- 4) ANN (Ripley, 1996)**
- 5) MDA (Hastie & Tibshirani, 1996)**
- 6) MARS (Friedman, 1991)**
- 7) GBM (Friedman, 2001)**
- 8) RF (Breiman, 2001)**

I modelli utilizzano dati di diverso tipo: PRESENCE-ONLY, PRESENCE vs ABSENCE, e PSEUDOABSENCES

La distribuzione delle specie è stata ricavata dal CK Map database

In BIOMOD, si è usato lo scenario A2a IPCC SRES (il meno estremo), al fine di predire gli effetti dei cambiamenti climatici sugli areali nei siti ove vivono piccoli mammiferi e vipere montane

Si è considerata come idonea per la presenza delle specie ciascuna cella che è stata predetta 'idonea' da almeno il 70% dei modelli

RISULTATI

Tutti i modelli, per tutti i periodi futuri analizzati, sia per le vipere sia per i piccoli mammiferi, hanno mostrato una buona performance ($0.8 < \text{AUC} < 0.97$).

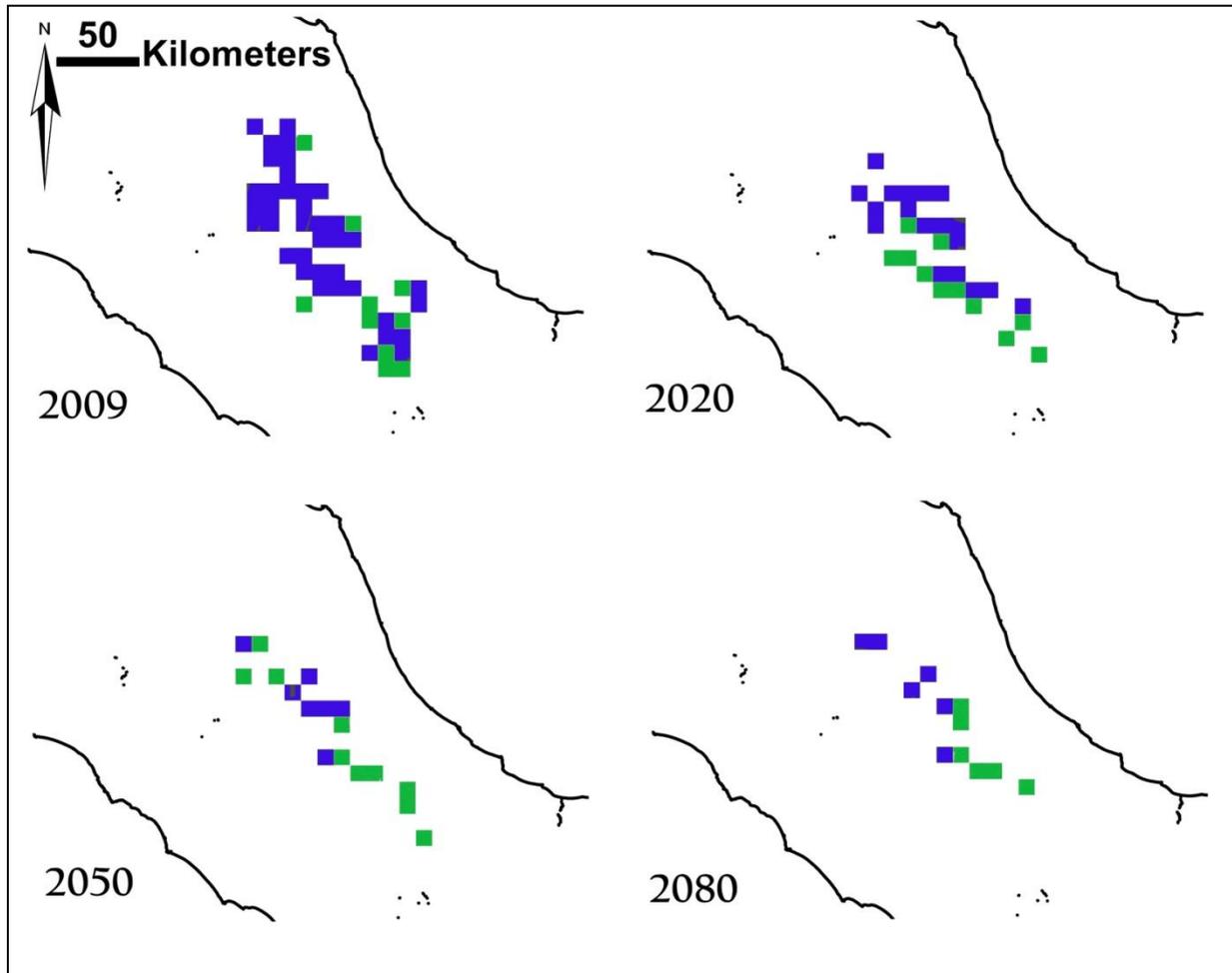


Estinzione potenziale, tasso di colonizzazione e impatto del cambiamento climatico sulla distribuzione delle specie



		Extinction rate (%)	Colonization rate (%)	Tot range change (%)
<i>C. nivalis</i>	2020	51.72	22.72	-29.01
	2050	54.97	25.35	-29.61
	2080	57.20	22.92	-34.28
<i>S. alpinus</i>	2020	30.24	7.32	-22.93
	2050	51.46	3.90	-47.56
	2080	79.02	0.49	-78.54
<i>V. berus</i>	2020	36.02	8.93	-27.09
	2050	36.60	8.07	-28.53
	2080	71.18	2.31	-68.88
<i>V. ursinii</i>	2020	58.33	20.83	-37.50
	2050	79.17	14.58	-64.59
	2080	85.42	10.42	-75.00

Vipera di Orsini – Arvicola delle nevi



2009 > 50 celle
2080 < 10 celle

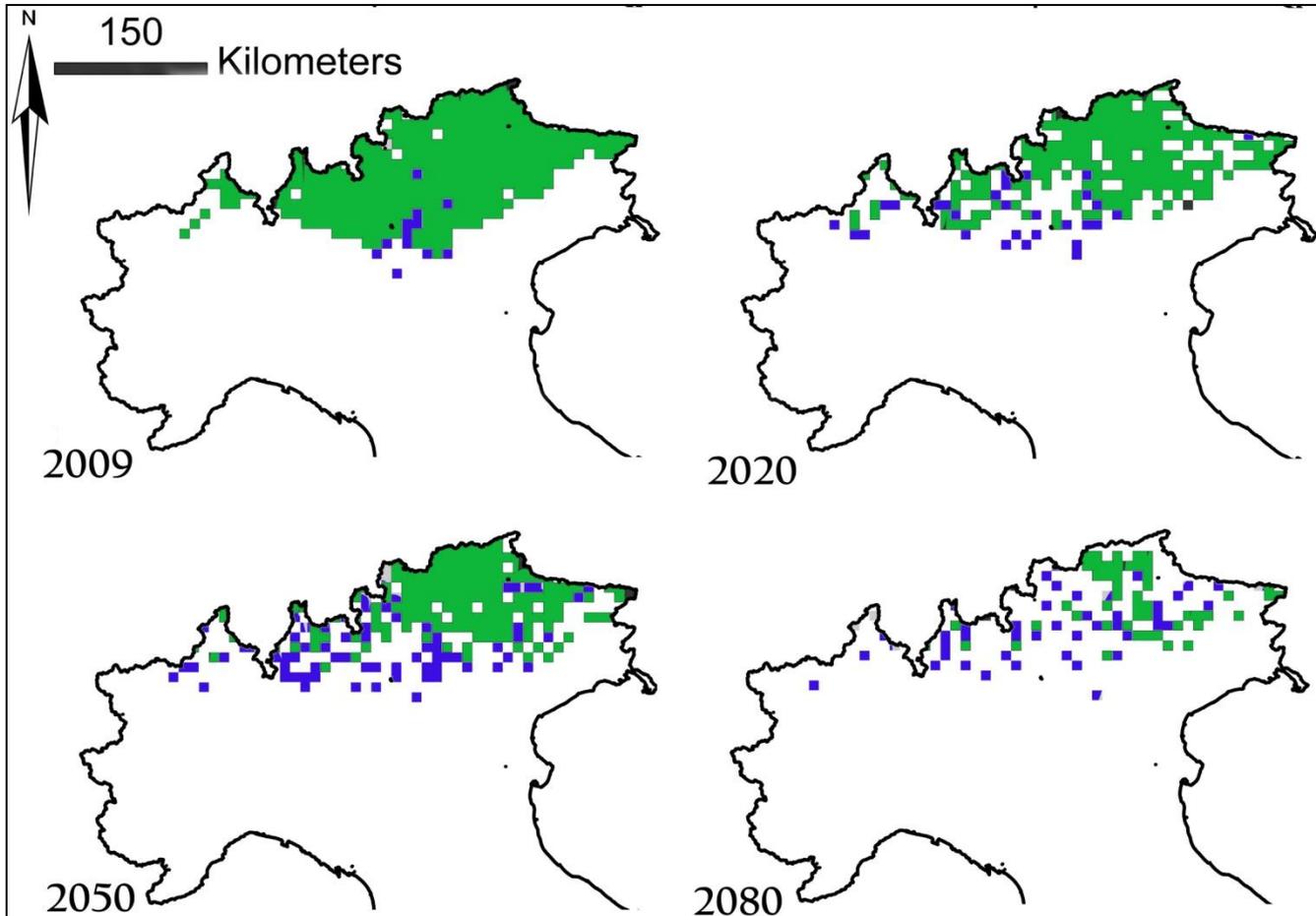


C. nivalis



V. ursinii

Marasso – Toporagno alpino

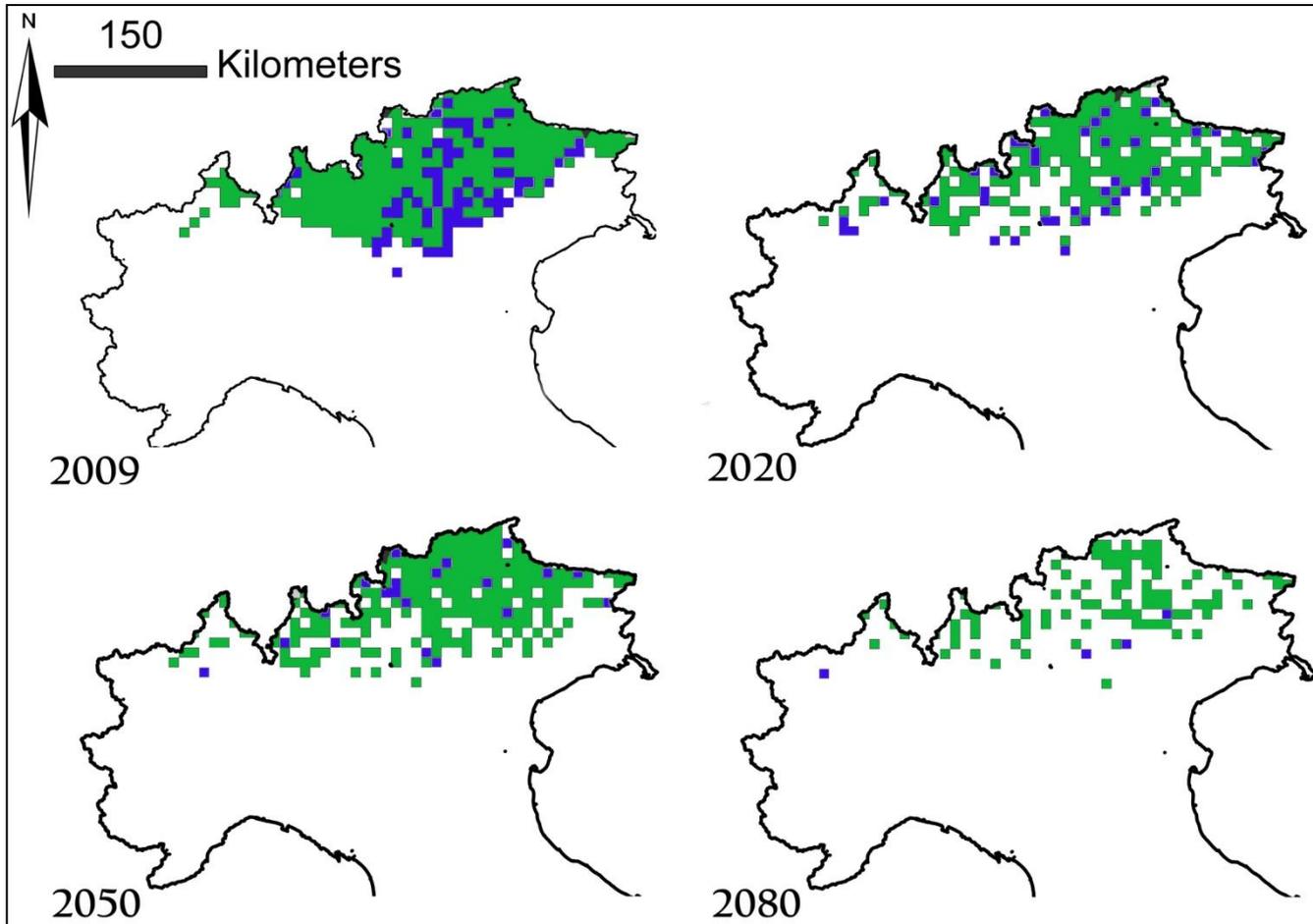


S. alpinus



V. berus

Marasso – Arvicola delle nevi



C. nivalis

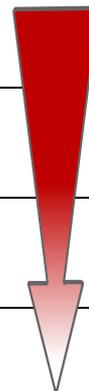


V. berus

% di areale (presente e futuro) in comune tra vipere e piccoli mammiferi



Arco temporale	<i>V. berus</i> - <i>C. nivalis</i>	<i>V. berus</i> - <i>S. alpinus</i>	<i>V. ursinii</i> - <i>C. nivalis</i>
Clima attuale	0.76	0.96	0.79
2020	0.83	0.88	0.62
2050	0.91	0.70	0.59
2080	0.96	0.52	0.50



**TUTTI I MODELLI, CON PICCOLE DIFFERENZE,
MOSTRANO COME LE
4 SPECIE SIANO ESPOSTE AD UN SERIO DECLINO NEI
PROSSIMI ANNI**

**(NECESSITANO DI BIOCLIMI PIU' FREDDI
RISPETTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI AI QUALI STIAMO ANDANDO INCONTRO)**

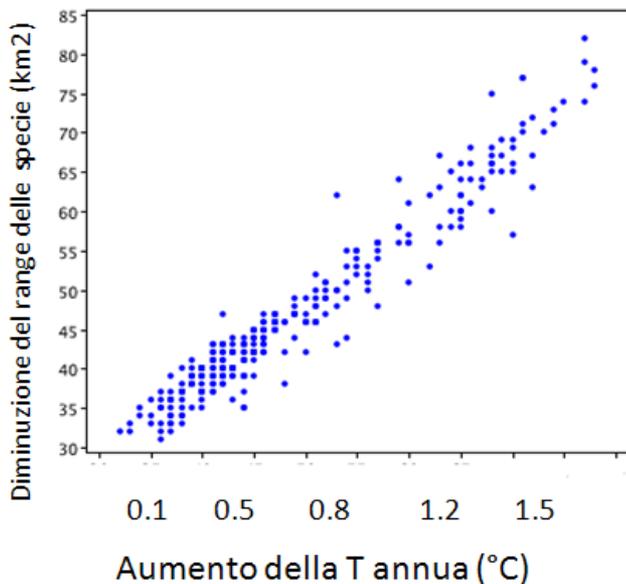
**LA PROPORZIONE DEI SITI DI CO-PRESENZA DELLE VARIE
SPECIE TENDERA' A VARIARE E NON E' POSSIBILE SAPERE
COME QUESTI CAMBIAMENTI POTRANNO INFLUENZARE
LA BIOLOGIA RIPRODUTTIVA DELLE VIPERE**



EFFETTI A CASCATA SUL SISTEMA PREDI-PREDATORE

Risposte lineari a cambiamenti lineari?

- I modelli teorici sulla risposta degli organismi ai cambiamenti climatici presuppongono essenzialmente relazioni di tipo lineare



Tuttavia le norme di reazione degli organismi possono essere non lineari (Barot et al., 2004; *Ecological Applications*, 14(4): 1257–1271)

E gli studi a lungo termine finora fatti ci mostrano che

**Le norme di reazione sono per lo più lineari SOLO negli anni
'non estremi' per quanto concerne le caratteristiche
climatiche (temperatura esterna, piovosità, ecc)**

**Negli anni 'estremi', gli organismi adattano le loro performance alle
nuove condizioni, e le relazioni da lineari divengono curvilinee e/o
caotiche**

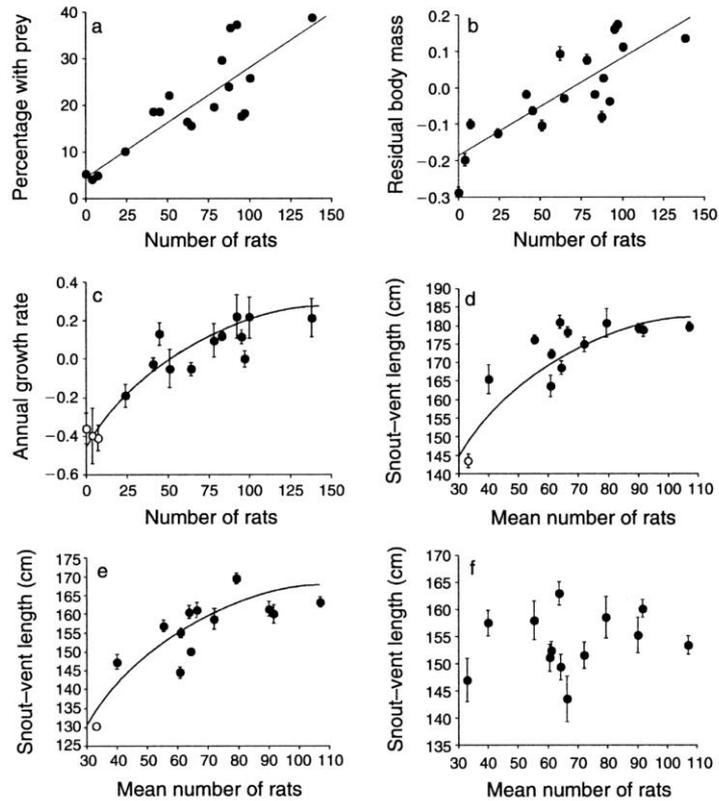
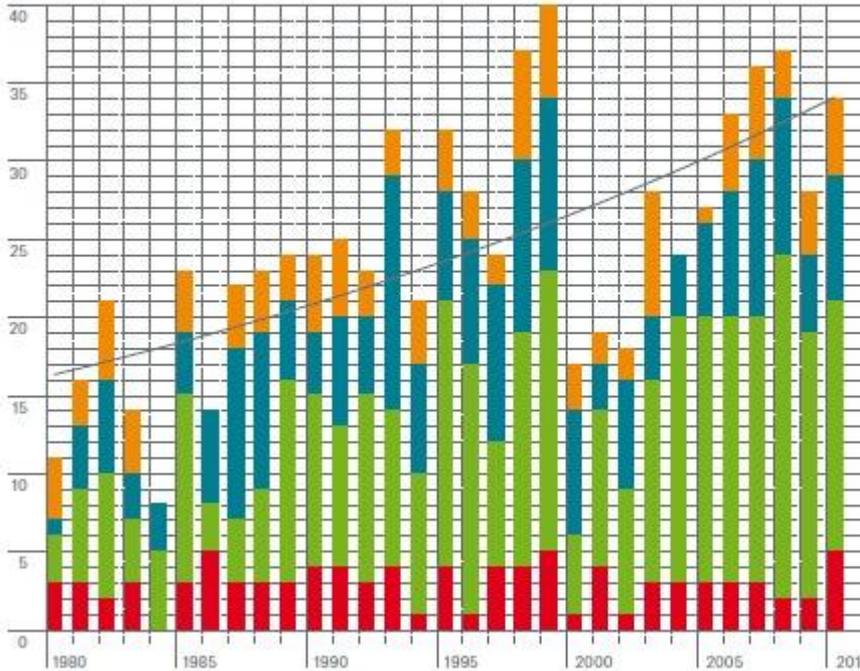


FIG. 2. Norms of reaction for ecological traits of water pythons relative to availability of prey (dusky rats). (a–c) Rat abundance in the current year; i.e., observed in the same year as the three variables depicted in the three panels. A higher annual rat abundance was associated with (a) increased feeding rates, (b) increased residual body mass, and (c) increased annual growth rates of female water pythons. (d–f) Because the average age at which female pythons initiate reproduction is three years (Madsen and Shine 2000), data on mean female snout–vent lengths are plotted against mean rat abundance over the preceding three years. Higher average rat abundance over that period affected mean body sizes of (d) reproductive females overall and (e) the smallest 20% of reproductive females but was not significantly correlated (f) for nonreproductive females. Open circles in panel (c) show rat numbers in 2007–2009, and in panels (d) and (e) they show data for 2010. Error bars in panels (b)–(f) denote SE. See *Results* for statistical analyses of these patterns.

Poichè tutte le predizioni sui cambiamenti climatici suggeriscono un aumento della frequenza degli anni anomali

Number of events

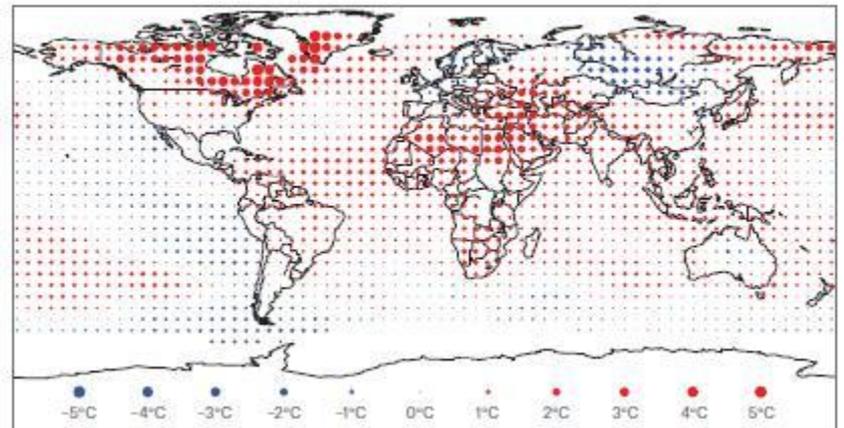
Number



The chart shows for each year the number of "great" and "devastating" natural catastrophes since 1980, divided up by type of event.

- Geophysical events: Earthquake, volcanic eruption
- Meteorological events: Tropical storm, winter storm, severe weather, hail, tornado, local storms
- Unlabeled events

Regional anomalies of annual mean temperature 2010 with respect to the 1971-2000 mean



Diviene chiaro che la frequenza delle risposte non lineari (= non prevedibili con realismo nei modelli) nelle popolazioni naturali tenderà ad aumentare di frequenza nel tempo, rendendo tanto meno attendibili i modelli quanto più intensi sono i cambiamenti climatici (Ujvari et al. 2011).

Quindi, servono studi a lungo termine per comprendere la variabilità delle risposte degli organismi ai cambiamenti climatici

GRAZIE !