

Gli adattamenti della fauna alpina ai cambiamenti climatici: esperienze sulle farfalle diurne



Simona Bonelli
simona.bonelli@unito.it

Università degli Studi di Torino
Dipartimento di Scienze della Vita e Biologia dei Sistemi

14 Aprile 2014 Omegna

I lepidotteri come bioindicatori



- Ciclo vitale rapido

- Tassonomia stabile e ben nota



- Relativamente facili da monitorare, attraverso metodologie standardizzate e ampiamente sperimentate

- Sono rappresentative di altri gruppi di invertebrati (surrogate value)

- Specie bandiera



ECONOMIA

SOCIETA'

CONSERVAZIONE
DELLA
BIODIVERSITA'

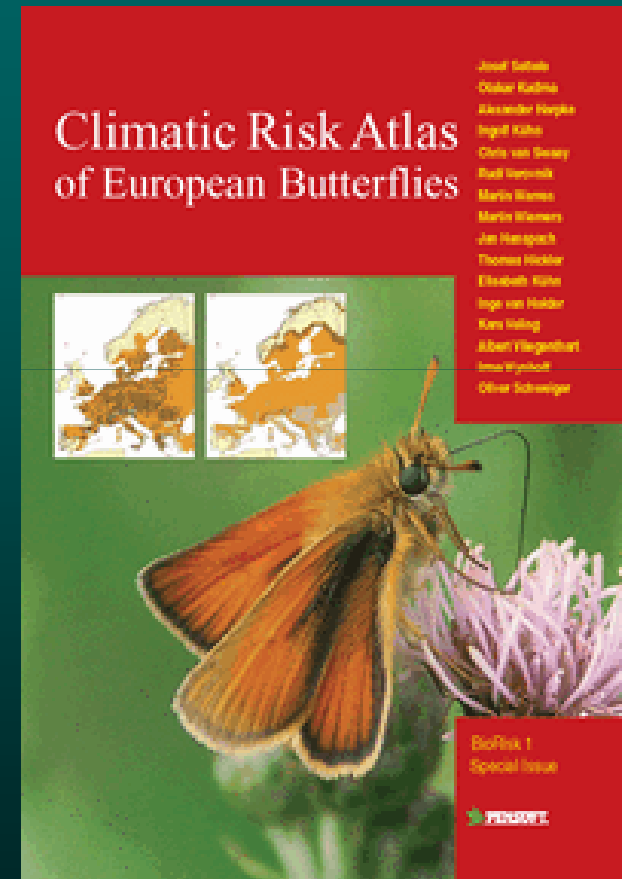
I loro cambiamenti rispecchiano quelli di molti altri invertebrati

Thomas J.A. 2005 - Monitoring change in the abundance and distribution of insects using butterflies and other indicator groups - Phil. Trans. R. Soc. B 360: 339-357

Rispondono più velocemente di altri gruppi tassonomici (piante e uccelli) *Warren M.S. et al. 2001 - Rapid responses of British butterflies to opposing forces of climate and habitat change - Nature 414, 65-69*

Effetti dei cambiamenti climatici sulle farfalle : scenari futuri

Nonostante le limitate evidenze degli effetti del cambiamento climatico sulla sopravvivenza delle farfalle (Parmesan 2006; Franco *et al.* 2006; Wilson & Maclean 2011), gli scenari futuri predicono un serio impatto su molte specie in un futuro prossimo (Settele *et al.* 2008)



Climatic Risk Atlas of European butterflies (Settele *et al.* 2008)

- **Spostamenti di range**

- **Shift altitudinali e latitudinali**

- (Thomas 2005 - *Phil. Trans. R. Soc. B* 360:339-357; Pearman 2011 - *Biol. Cons.* 144: 866-875)

- **Possibile distribuzione disgiunta pianta nutrice/lepidottero**

- (Schweiger et al. 2008 - *Ecology* 89:3472-3479)

- **Vagilità delle specie** (Hill et al. 2006 - *Biol. Let.* 2: 152-154)

- **Shift fenologici**

- **Anticipazione "eventi" primaverili con possibile asincronia con pianta nutrice**

- **Rapporto con i parassitoidi**

- (Stefanescu et al. 2003 - *Glob. Change Biol.* 9:1494-1506)

- **Cambiamenti nelle cenosi**

- **Specie termofile e alloctone e.g.**

- Cacyreus marshalli*** (Quacchia et al. 2008 - *Biodivers. Conserv.* 17:1429-1437)

- **Cenosi vegetali** (Vittoz et al. 2008 - *J. Veget. Sci.* 19:671-680)

- **Estinzioni locali**

- **Probabile causa di estinzioni locali:**

- **specie al margine dell'areale**
 - **specie stenoecie**

- (Bonelli et al. 2011 - *J. Insect. Conserv.* 15: 879-890)

Fauna italiana

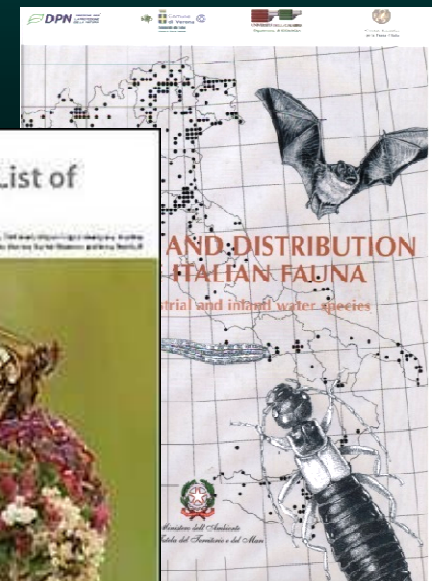
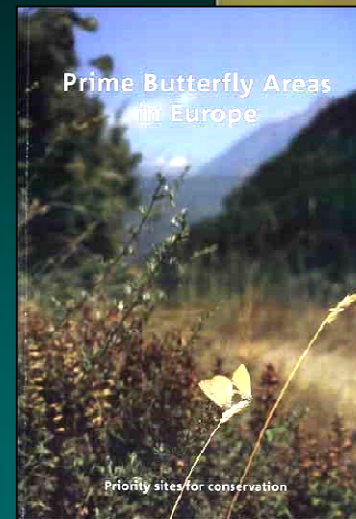
CKmap Project (*Balletto et al. 2007*)

Check list of the Italian Butterflies (Hesperoidea and Papilionoidea)

- Prima edizione: *Balletto Emilio & Cassulo Luigi 1995*
- Seconda edizione: *Balletto Emilio, Cassulo Luigi & Bonelli Simona 2014*
(in stampa *Zootaxa*)

Prime Butterfly Areas in Europe
(van Swaay & Warren 2003)

**Red Data Book of European
Butterflies
(van Swaay et al. 2010)**



La fauna italiana rappresenta il 37% di quella euro-mediterranea

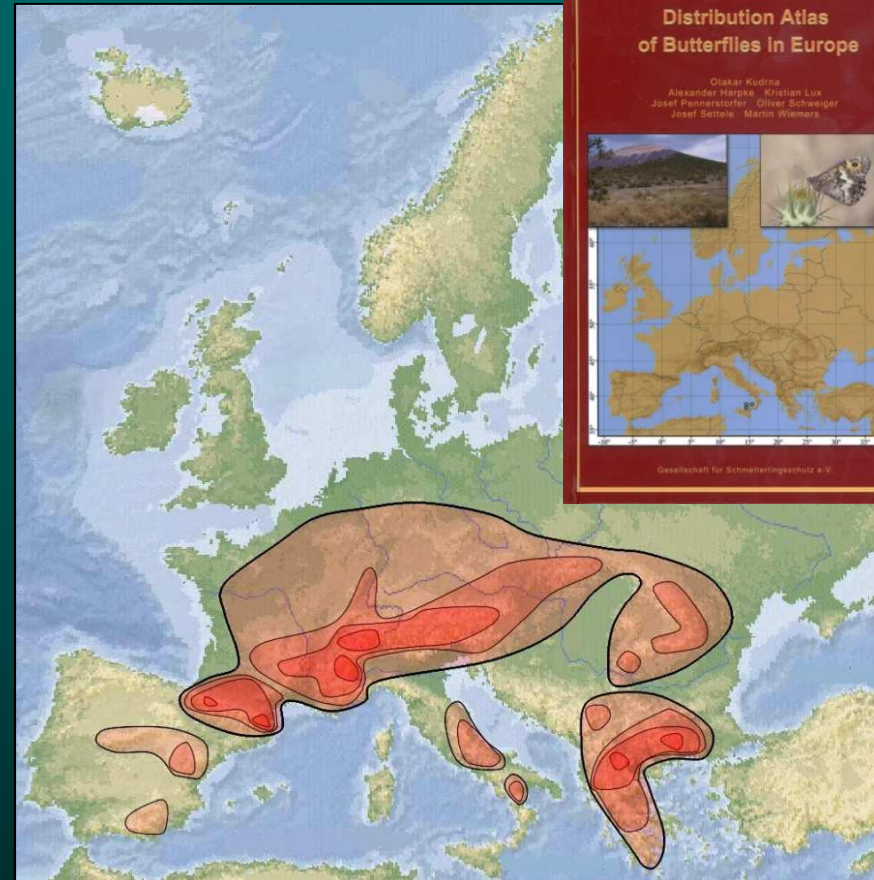
283 specie

106 sulle Alpi

25 strettamente alpine

64 abitano l'orizzonte montano

Hot spot e serbatoio
per il futuro



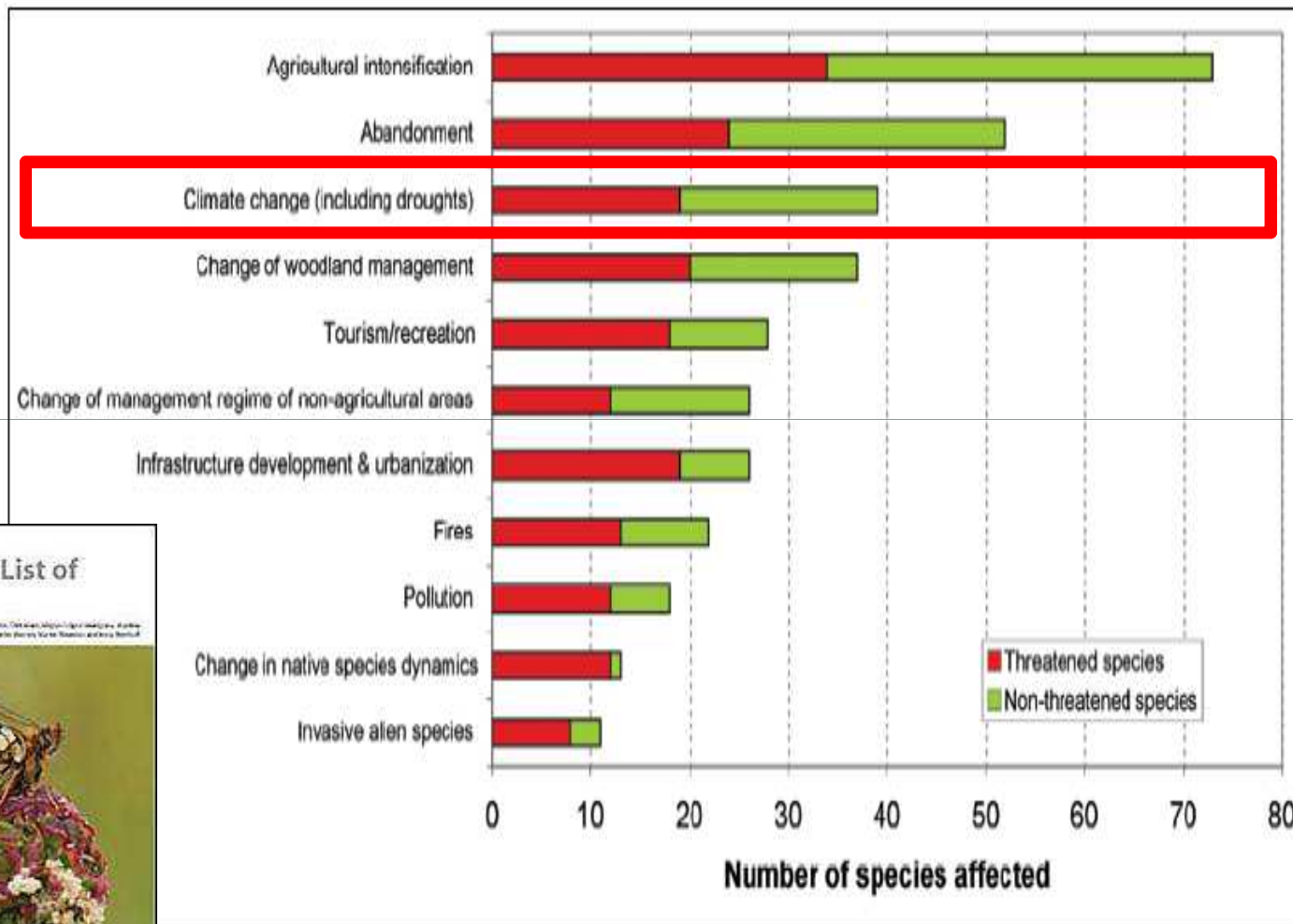
Balletto E., Bonelli S., Cassulo L., 2005 – Mapping the Italian butterfly diversity for conservation. IN Studies on the ecology and conservation of butterflies in Europe. PP: 71 - 76

Balletto E., Bonelli S., Borghesio L., Casale A., Brandmayr P., Vigna Taglianti A., 2010 - Hotspots of biodiversity and conservation priorities: A methodological approach. Italian Journal of Zoology, 77(1): 2–13

**16 Specie in Direttiva
Habitat (8 in Allegato II
e IV; 7 in Allegato IV, 1
(*E. aurinia*) in Allegato
II)**

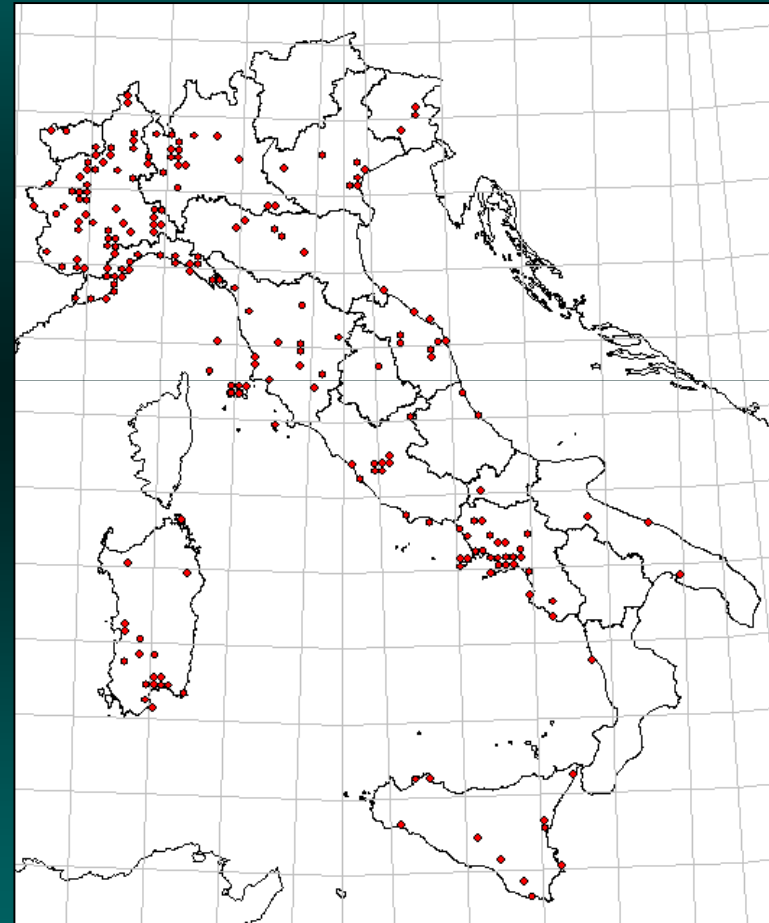


Fig. 8 – Major threats to butterflies in Europe





Can the Geranium Bronze, *Cacyreus marshalli* become a threat for European biodiversity?



Quacchia A., Ferracini C., Bonelli S., Balletto E., Alma A. 2008 - Can the Geranium Bronze, *Cacyreus marshalli*, become a threat for European biodiversity? – *Biodiversity and Conservation* 17, 1429–1437

Changes in alpine butterfly communities in the last 30 years

169 transetti: Arco Alpino - 1978 (Balletto et al. 1982)

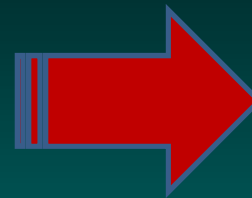
7 transetti: Alpi Marittime - 2009

Radure e prato-pascoli lungo un gradiente altitudinale:
1300 – 1800 m



Dati climatici

Struttura della vegetazione



Cenosi di farfalle

Balletto E, Barberis G, Toso GG (1982) Aspetti dell'ecologia dei lepidotteri ropaloceri nei consorzi erbacei delle Alpi italiane. In quaderni sulla struttura delle zoocenosi terrestri 2(II): 11-96

CAMBIAMENTO NELLA COMPOSIZIONE DELLE CENOSI

Espansione delle specie tipiche degli ambienti boschivi

Erebia ligea: da 1 a 3 stazioni di campionamento

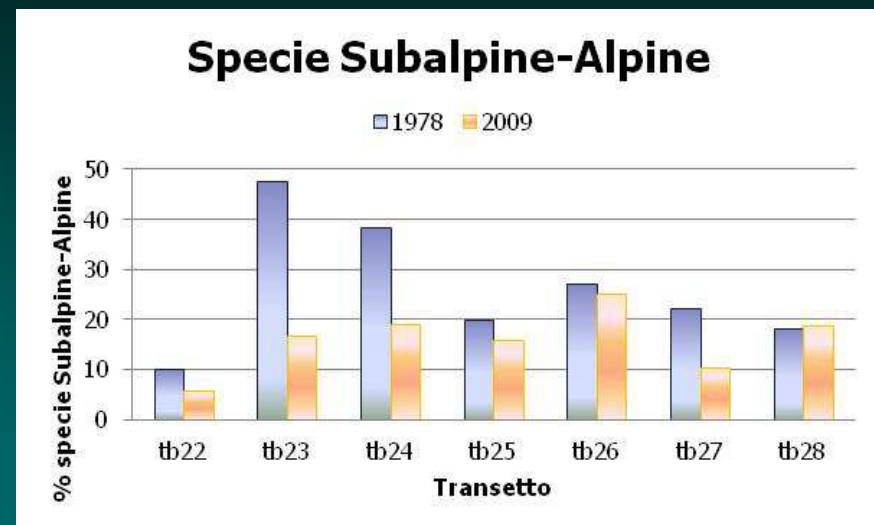
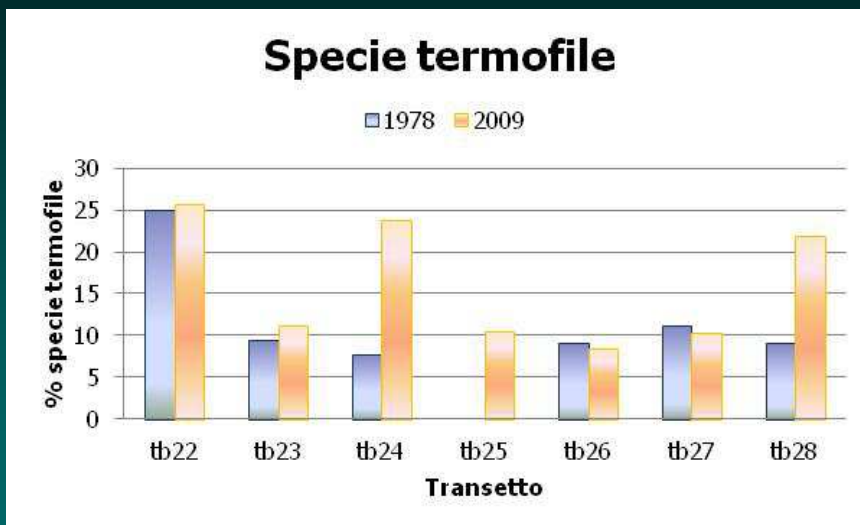
Argynnis paphia: da 0 a 5 stazioni di campionamento

Espansione delle specie termofile

La percentuale di specie termofile è aumentata in 5 su 7 transetti ed è aumentata la loro distribuzione (numero medio di specie per plot, $N=15$, $Z=2.103$, $p=0.020$)

Riduzione del contingente di farfalle specialiste altitudinali

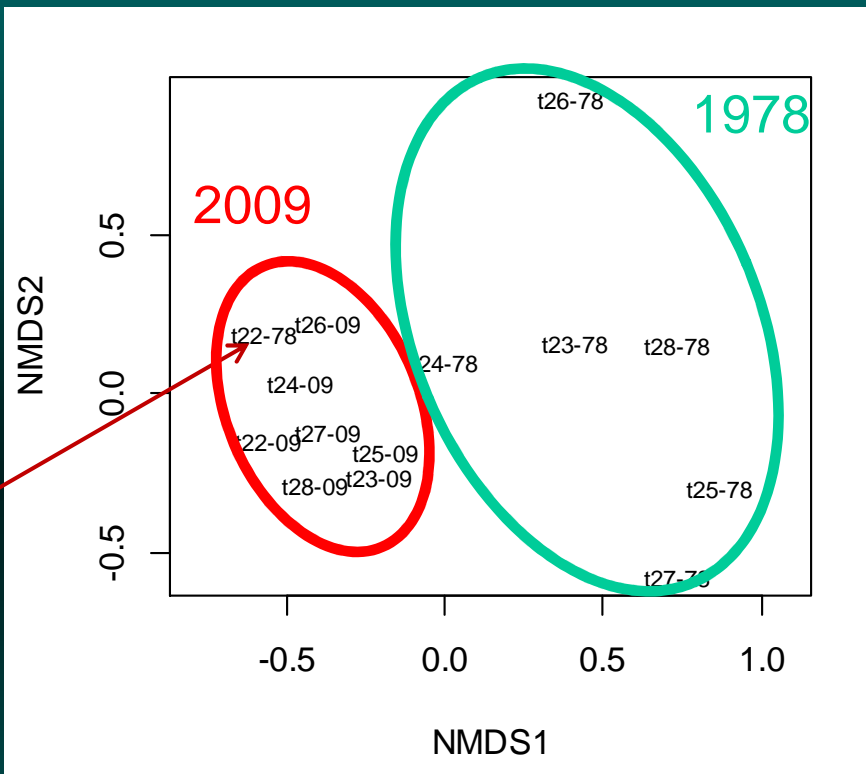
La percentuale di specie si è significativamente ridotta (Wilcoxon, $N=7$, $Z=2.197$, $p=0.028$)



CAMBIAMENTO NELLA COMPOSIZIONE DELLE CENOSI

Omogenizzazione delle cenosi

Quota 1300

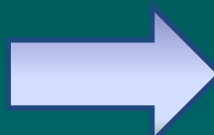


Perdita di specie stenocore

Pieris callidice
Colias phicomone
Coenonympha darwiniana
Coenonympha glycerion

Espansione di specie euricore

Colias crocea
Coenonympha arcania



Dati climatici: ARPA Piemonte

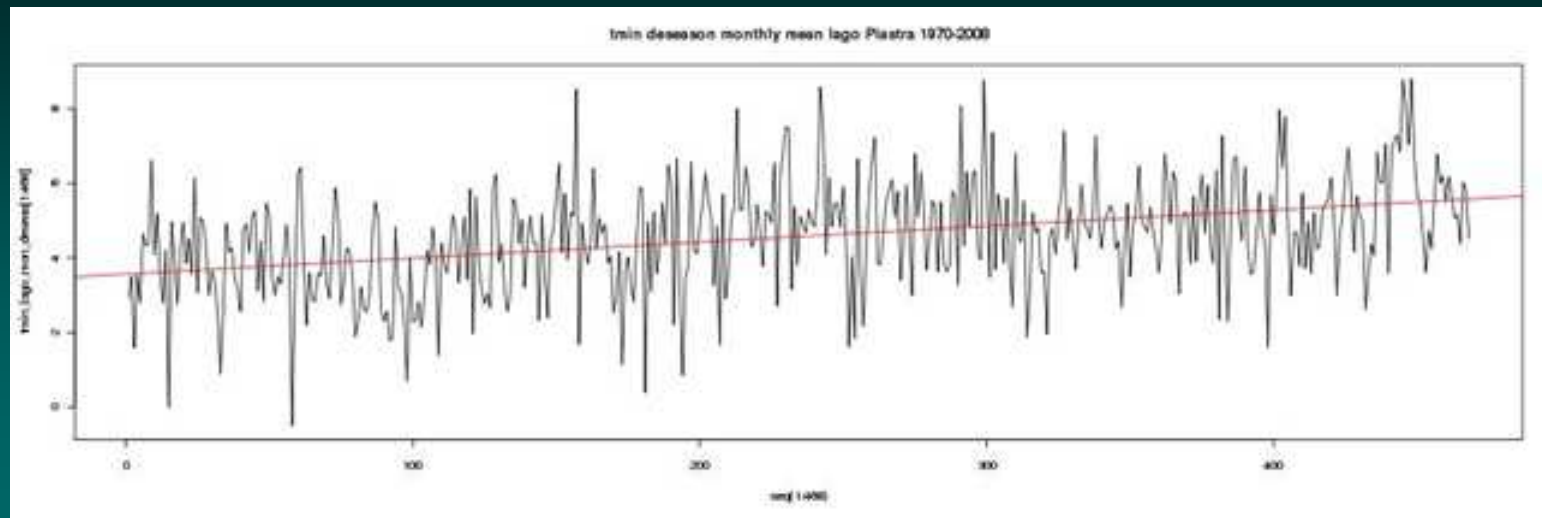
Stazione meteorologica: località Lago della Piastra (Entracque, 950 m)
Periodo analizzato: anni 1970-2008

Temperature massime: Nessun andamento significativo

Temperature minime: Aumento di lieve entità, sia per il segnale grezzo, sia per quello destagionalizzato

Trend lineare di crescita 0.05 °C /anno ($p < 0.05$ del fit lineare)

Precipitazioni: Nessun andamento significativo



Cambiamento nella struttura della vegetazione

Fotografie aeree
1978

Repertorio Cartografico Regione Piemonte



Ortofoto 2000 e 2006

Portale Cartografico Nazionale



Collaborazione: Prof. Giorgio Buffa

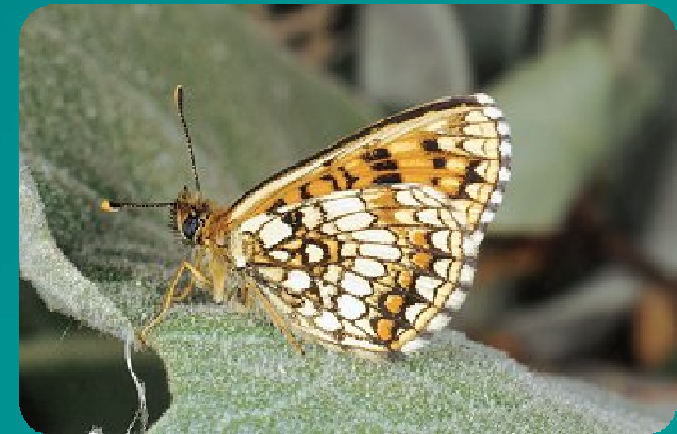
Population extinctions - Analisi di un dataset storico



Obiettivi

- identificare possibili cause
- Identificare eventuali gruppi più vulnerabili

Dataset: 160,000 records (Balletto *et al.*, 2007 e successive integrazioni)



Bonelli S, Cerrato C, Loglisci N, Balletto E (2011) Population extinctions in the Italian diurnal lepidoptera – J Insect Conserv 15: 879-890

BUTTERFLY POPULATION

Lycaena helle



Lopinga achine

Zerinthia polyxena



Nel periodo 1790 -2000 abbiamo perso **727** popolazioni (653 popolazioni di farfalle e 74 di zigenidi, distribuite su 268 quadrati 10x10 UTM (MGRS))

Mentre il declino è un evento **reversibile**, l'**estinzione** di una popolazione è **irreversibile** è poco documentato. Pertanto l'erresto di questo fenomeno dovrebbe occupare una posizione centrale nelle politiche di conservazione a livello regionale e nazionale (Ehrlich & Daily 1993; Thomas & Abery 1995; Hobbs & Mooney 1998).

BUTTERFLY POPULATION EXTINCTIONS



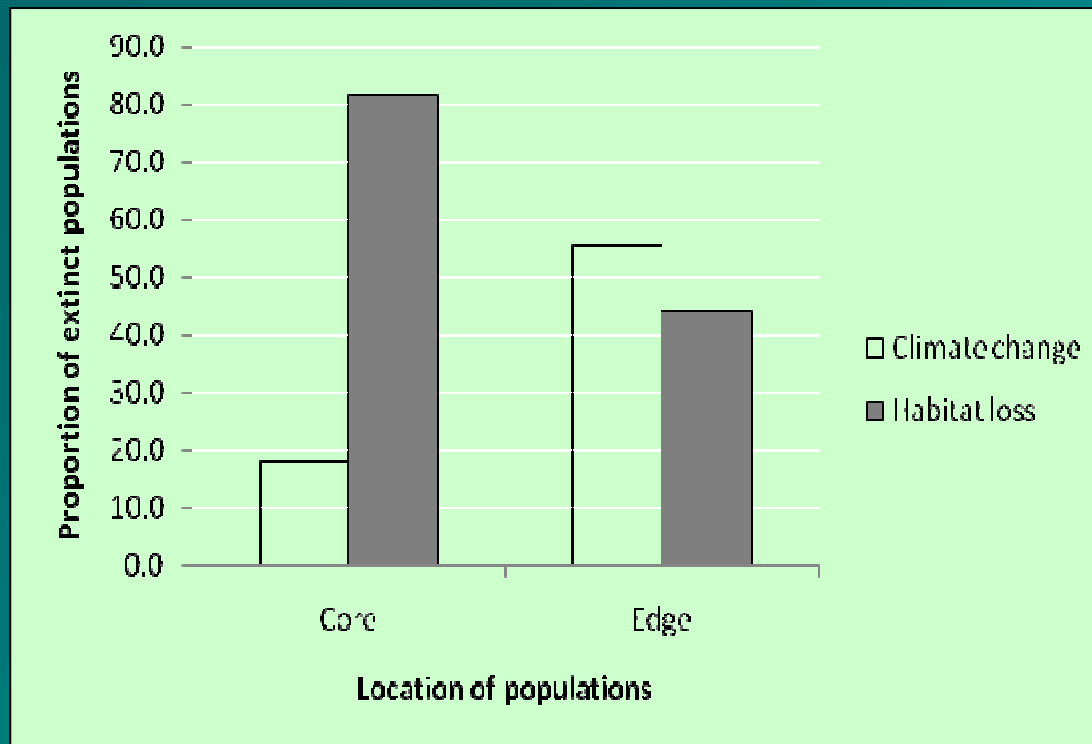
L'estinzione di popolazione interessa **164** species, 142 farfalle (**50.5%** della fauna italiana) e 22 zigenidi (**51.2%** della fauna italiana)

La causa più comune di estinzione è generalmente la **perdita di habitat**

(Tilman et al. 1994; Wilcove et al. 1998; Henle et al. 2004; Ewers & Didham 2006)

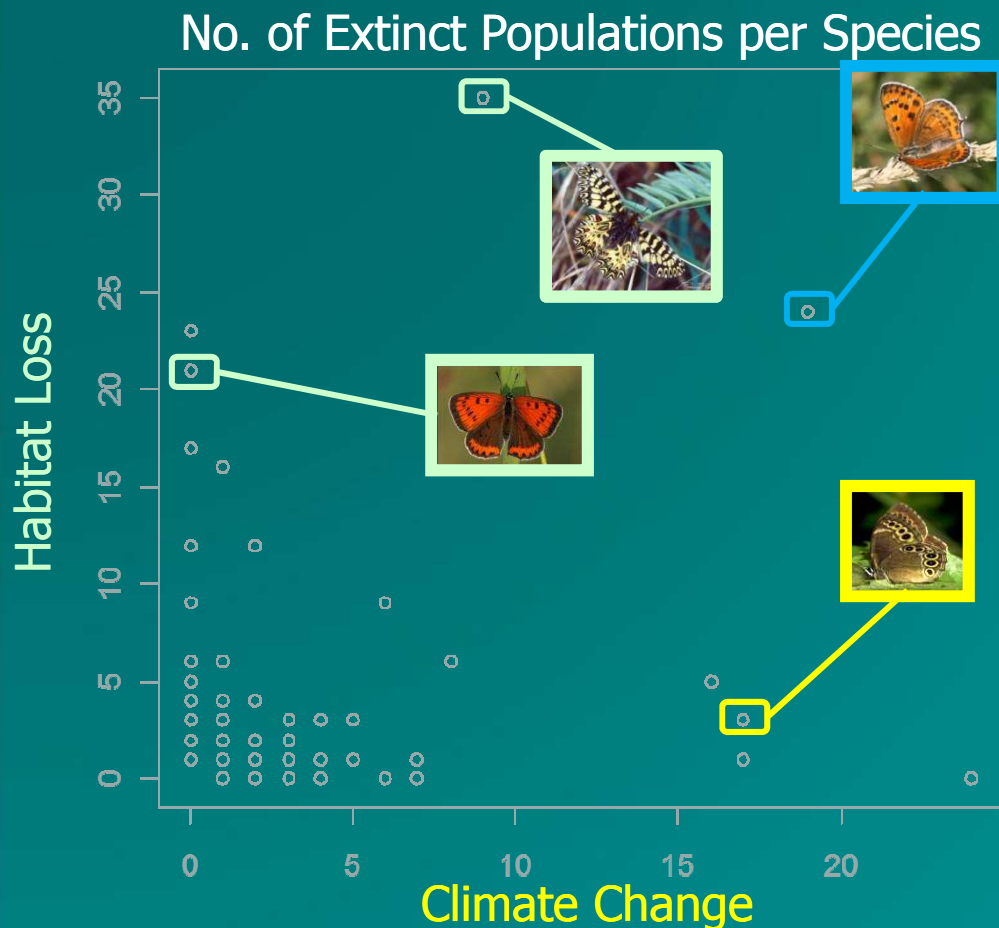
La perdita di habitat ha colpito un numero maggiore di popolazioni (477 – 65.6%) rispetto ai cambiamenti climatici (250 – 34.4%) ($\chi^2=70.879$, $p<0.001$)

BUTTERFLY POPULATION EXTINCTIONS



Le popolazioni ai margini della loro distribuzione italiana hanno subito un impatto maggiore da parte dei cambiamenti climatici (55.7%) rispetto alla perdita di habitat (44.3%) ($\chi^2=110.707$, $p<0.001$)

BUTTERFLY POPULATION EXTINCTIONS



Molte specie sono maggiormente influenzate dai **cambiamenti climatici**

Araschnia levana (17vs.1)

Argynnis pandora (16vs.5)

Melitaea britomartis (24vs.0)

Lasiommata achine (17vs.3)

...mentre altre dalla **perdita di habitat**

Zerynthia polyxena (35vs.9),

Lycaena dispar (21vs.0)

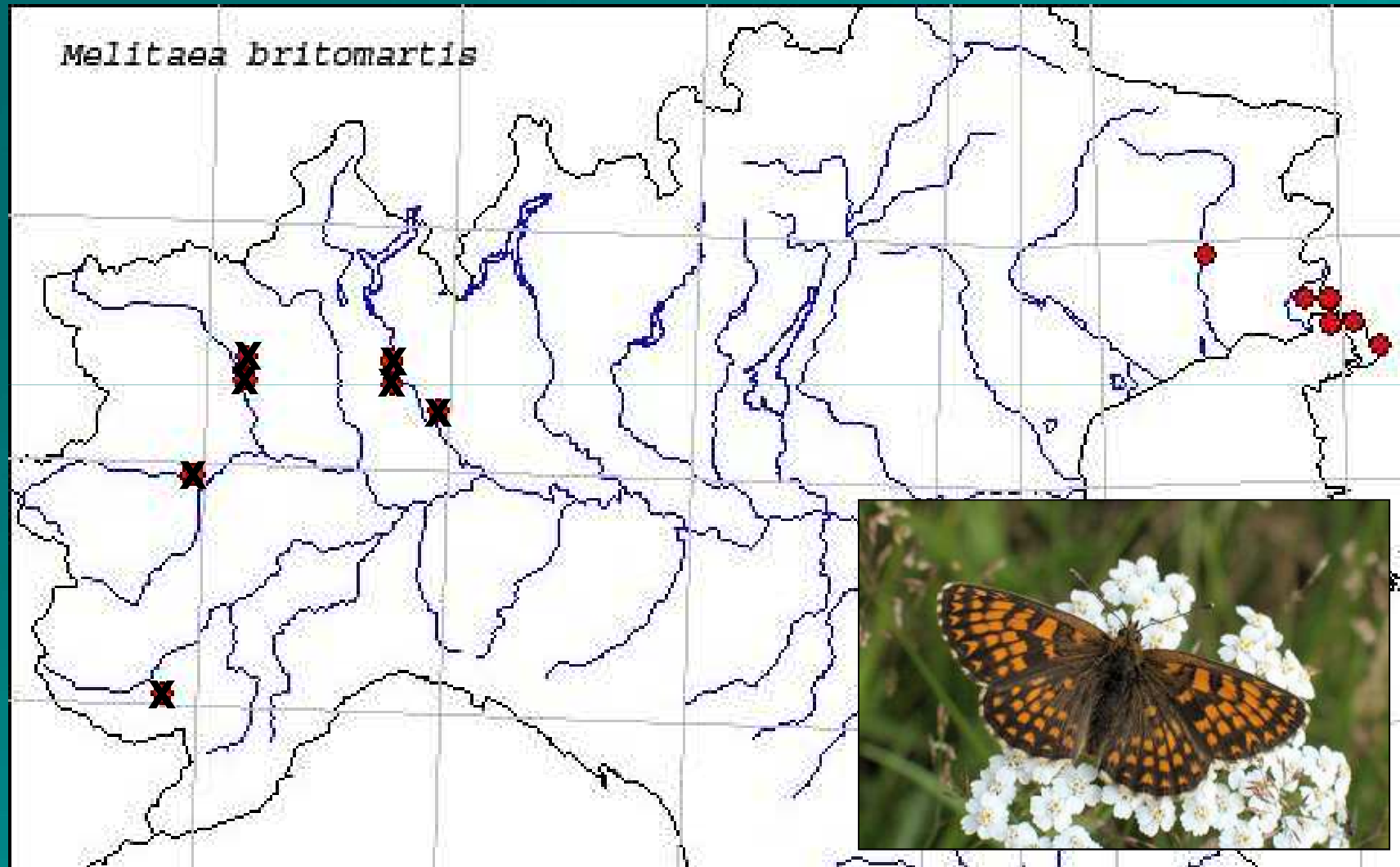
Apatura ilia (23vs.0)

Maculinea arion (17vs.0)

Melanargia arge (21vs.0).

Lycaena thersamon ha perso un elevato numero di popolazioni per entrambe le cause (Clim 19 vs. Hab 24)

L'estinzione di *Melitaea britomartis* è legata a condizioni climatiche sfavorevoli?

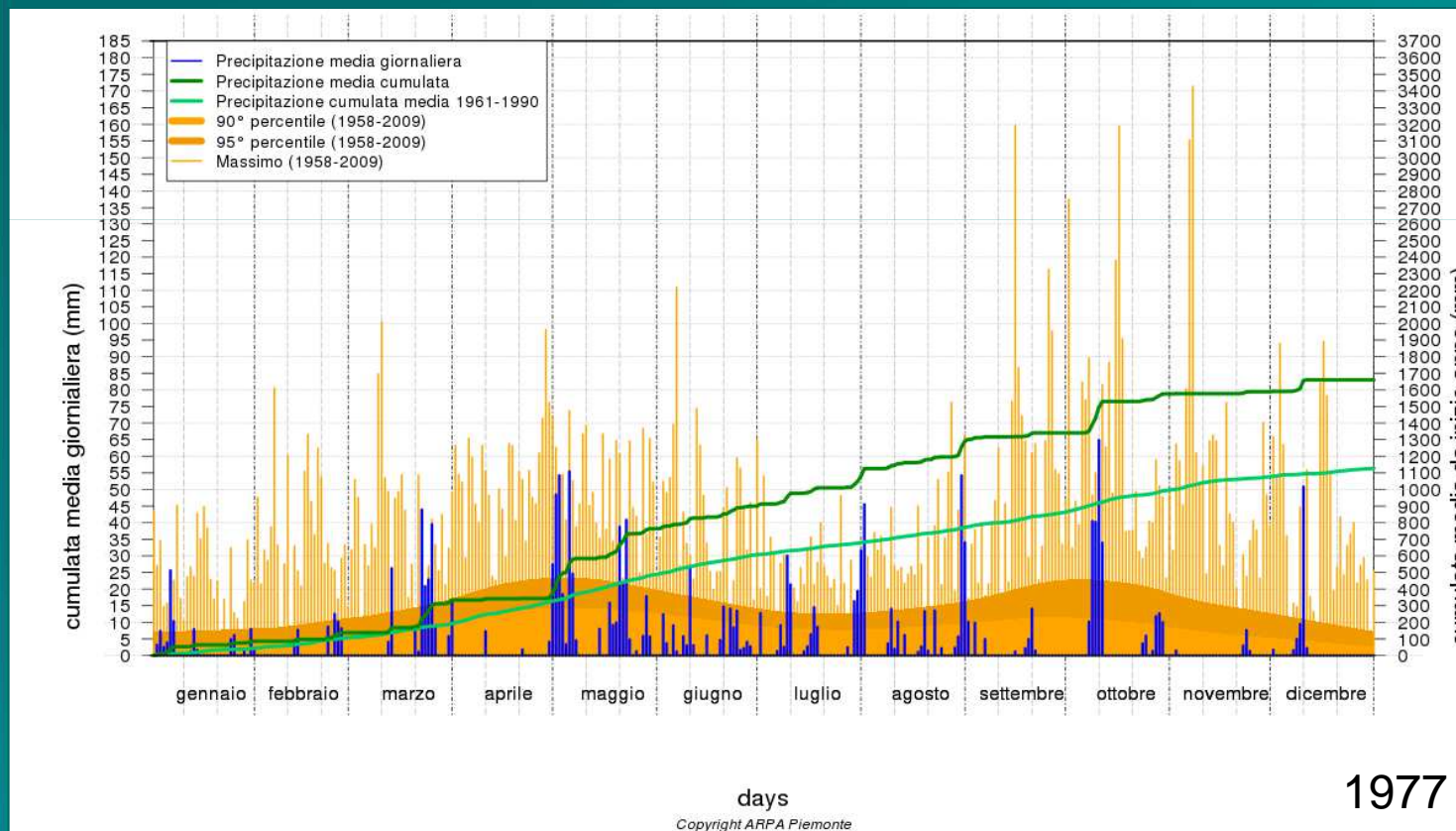


Cerrato C., Bonelli S., Loglisci N., Balletto E. 2013 Can the extinction of Melitaea britomartis in NW Italy be explained by unfavourable weather? An analysis by Optimal Interpolation.

ESTINZIONI E PRECIPITAZIONI

Durante il 1977 ci sono state la primavera e l'estate più fredde dell'intero dataset (1957-2009).

L'estate del '76 e del '77 sono state caratterizzate un elevato numero di giorni di pioggia – specialmente nell'area di presenza di *M. britomartis*.



Progetto Interreg Italia – Svizzera (2009-2012)

Biodiversità: una ricchezza da preservare



Strategie di conservazione degli ecosistemi alpini attraverso taxa guida: le farfalle diurne

"Analysis of current effect of weather climatic parameters are essential for prediction of future impacts on natural populations under global warming scenarios"

PARMESAN 2006 - *The Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 37: 637-669.

THOMAS et al. 2004 - *Science*, 303: 1879-1881

Comportamento di volo



Asincronia tra i livelli trofici



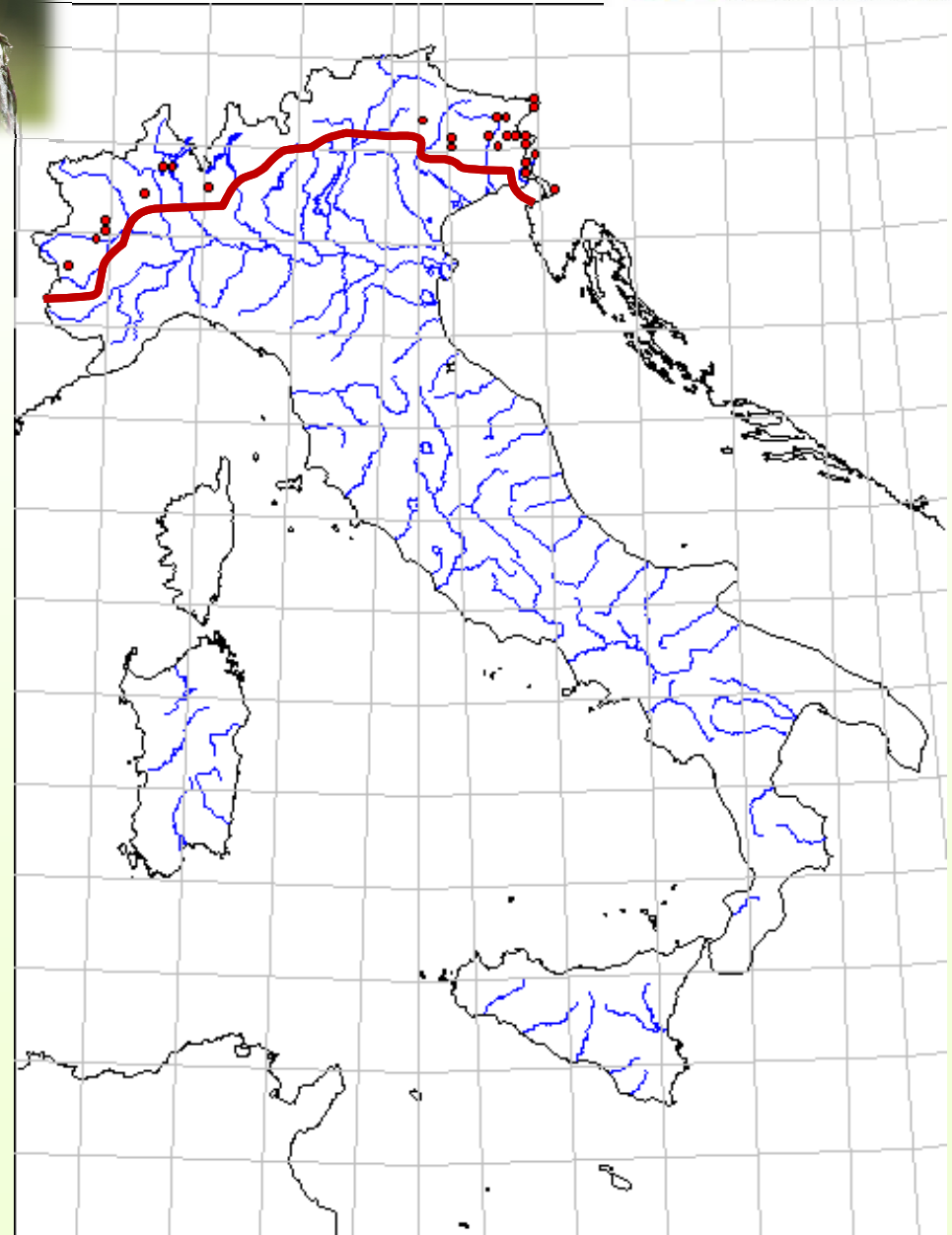
Maculineaalcon



- specie mirmecofila
 - prati umidi
- monofaga: pianta nutrice *Gentiana pneumonanthe*
- Italia è il limite sud dell'areale

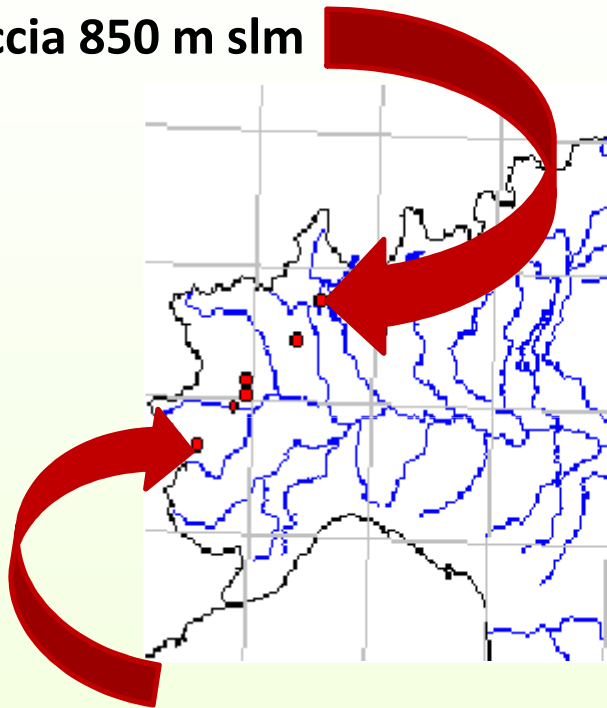
Molte specie hanno nicchie più ristrette nei pressi dei confini del loro range

Hengeveld & Haeck 1982 – *J Biogeog*, 9: 303-316; Bonelli *et al.* 2011 - *J Ins Cons*, 15: 879-890

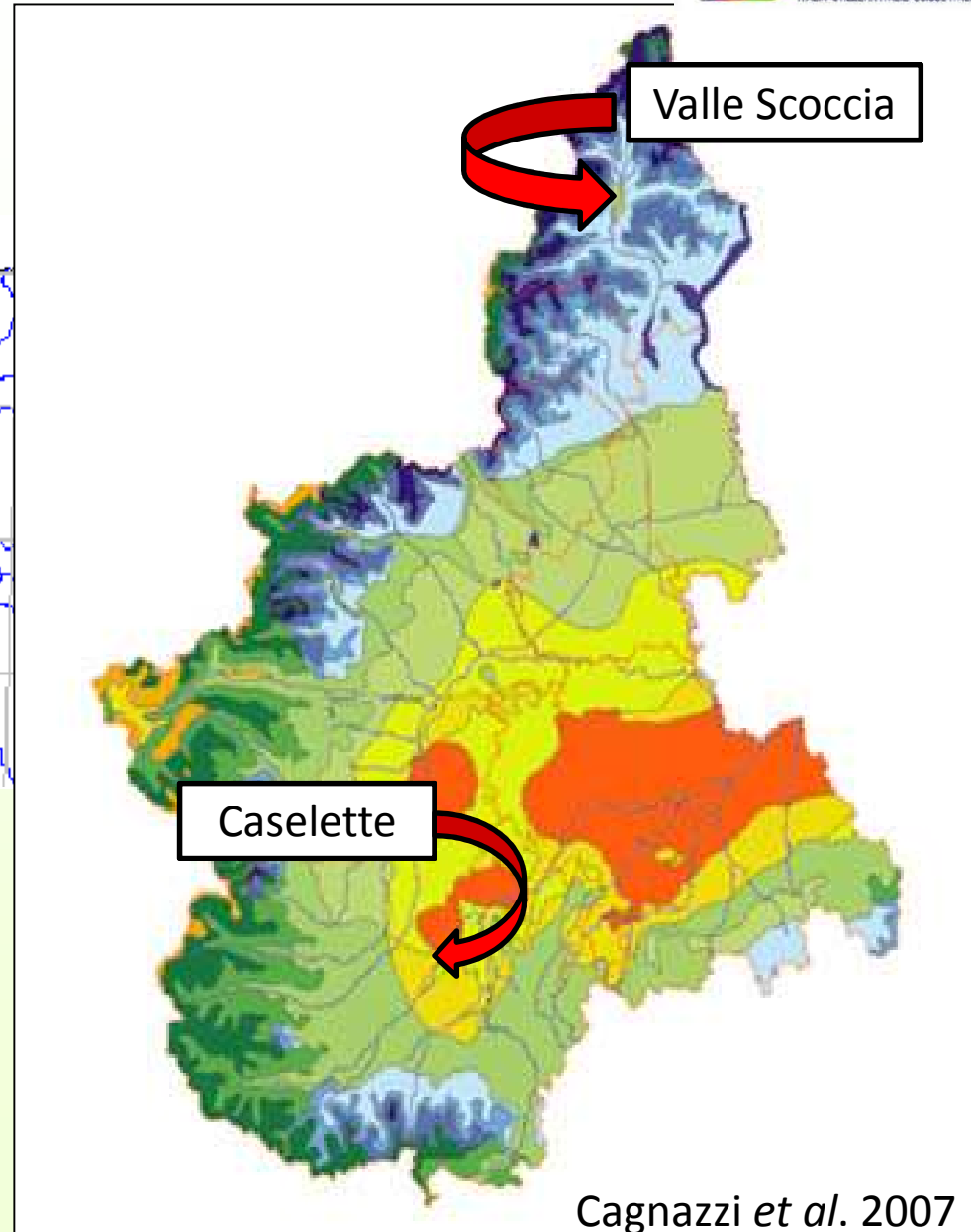


Praterie igrofile dominate da *Molinia coerulea* (Allegato I Direttiva Habitat)

Valle Scoccia 850 m slm



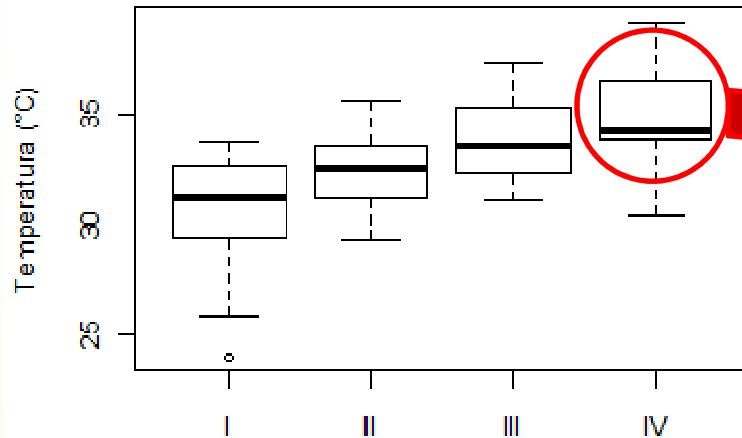
Caselette 350 m slm



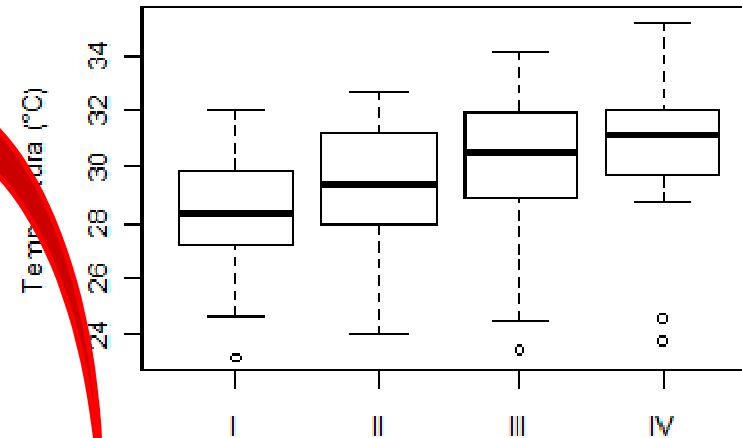
VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DIRETTI



Temperature giornaliere - Caselette 2009



Temperature giornaliere - Caselette 2010

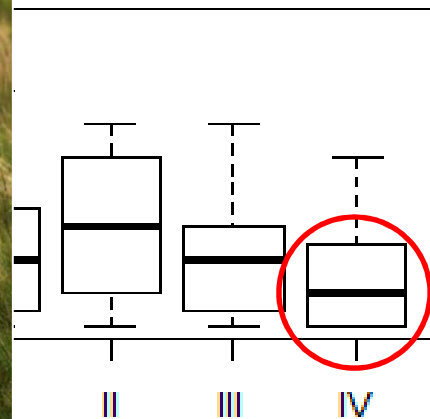


Test di Friedman: $c^2=35.560$; $N=15$; $gdl=3$; $p<0.001$

Test di Friedman: $c=33.392$; $N=20$; $gdl=3$; $p<0.001$

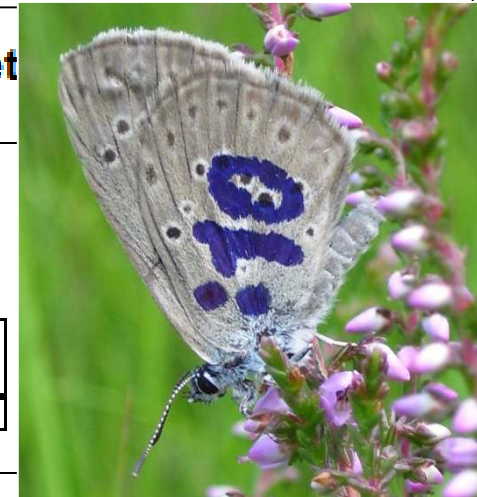
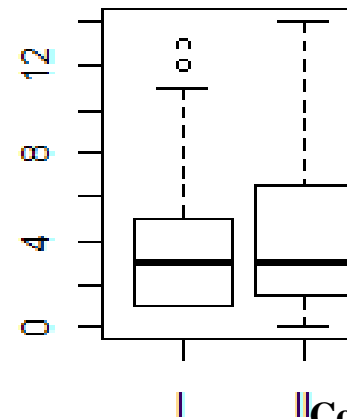


Caselette 2009



31.3°C

Caselette 2010



Test di Friedman: $c^2=8.591$; $N=15$; $gdl=3$; $p=0.035$

Test di Friedman: $c^2=2.643$; $N=20$; $gdl=3$; $p=0.450$

	Coef.	SE	t-value	p-value
Temp	-0.051	0.016	-3.192	0.002

VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI INDIRETTI

Fenologia di *Gentiana pneumonanthe*



Indistinto



Bocciolo I e II



Bocciolo blu



Abbozzo

Fürst & Nash 2009 - *Biology Letters*, 6: 174-176

Bonelli *et al.* 2005 - *Studies on the ecology and conservation of butterflies in Europe*. 65-68

Nowicki *et al.* 2005 - *Polish Journal of Ecology*, 53: 409-417

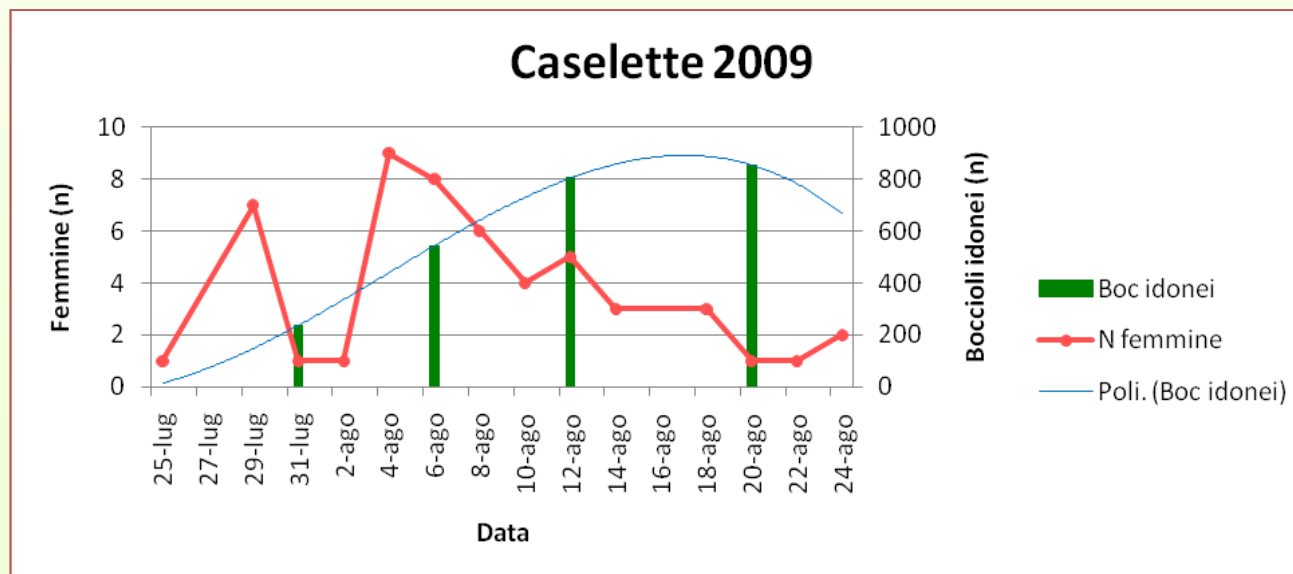
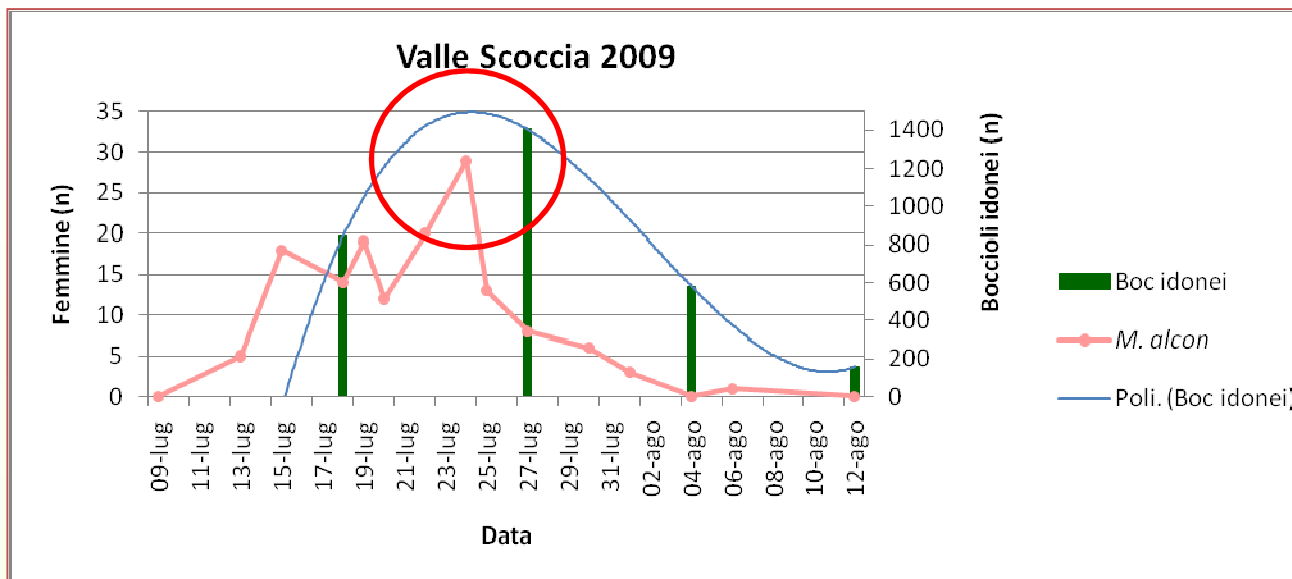
Prondvai *et al.* (2005). *Studies on the ecology and conservation of butterflies in Europe*. 82-83



Fiore

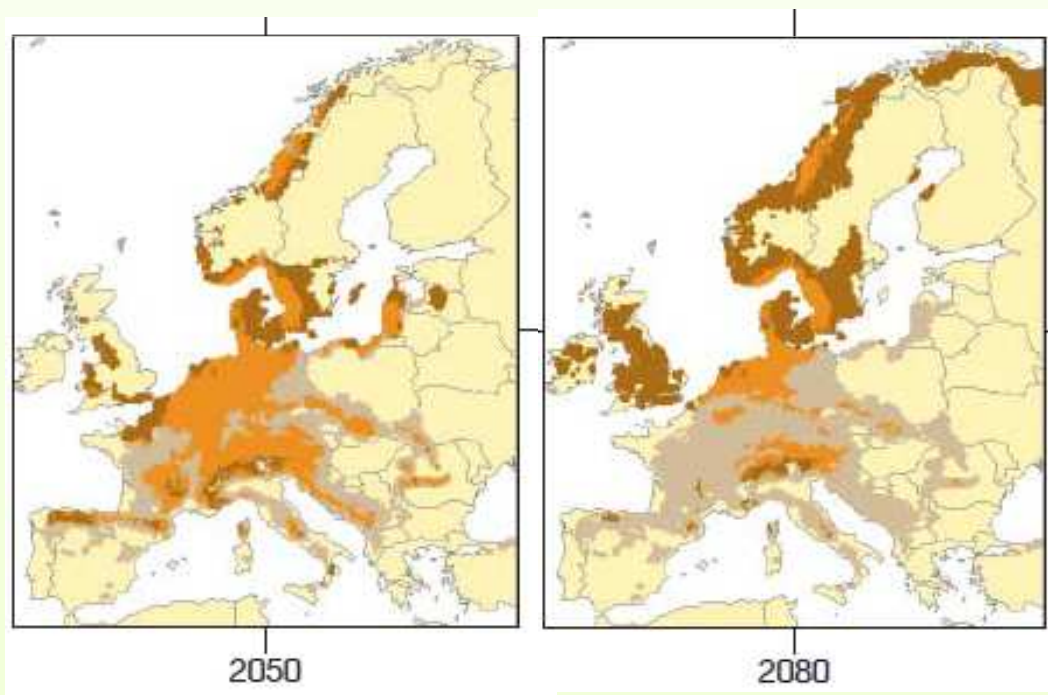
VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI INDIRETTI

Sincronia: farfalla - pianta nutrice



Se le temperature medie estive e le precipitazioni dovessero seguire nei prossimi anni lo stesso trend, dal punto di vista conservazionistico la popolazione di Valle Scoccia avrebbe maggiori probabilità di sopravvivenza.

Cagnazzi *et al.* 2007 - *Il Piemonte nel cambiamento climatico*; IPCC 2007



Scomparsa dell'areale climaticamente idoneo per *M. alcon* dalle aree di Pianura Padana (Settele *et al.* 2008)

Colias palaeno

Monofaga

Pianta nutrice:

Vaccinium uliginosum

Monovoltina

Minacciata in gran parte d'Europa

Forte declino nel Sud della Germania

Perdita del 50% delle popolazioni dal 1990 al 2008



Vaccinium uliginosum



Vaccinium myrtillus

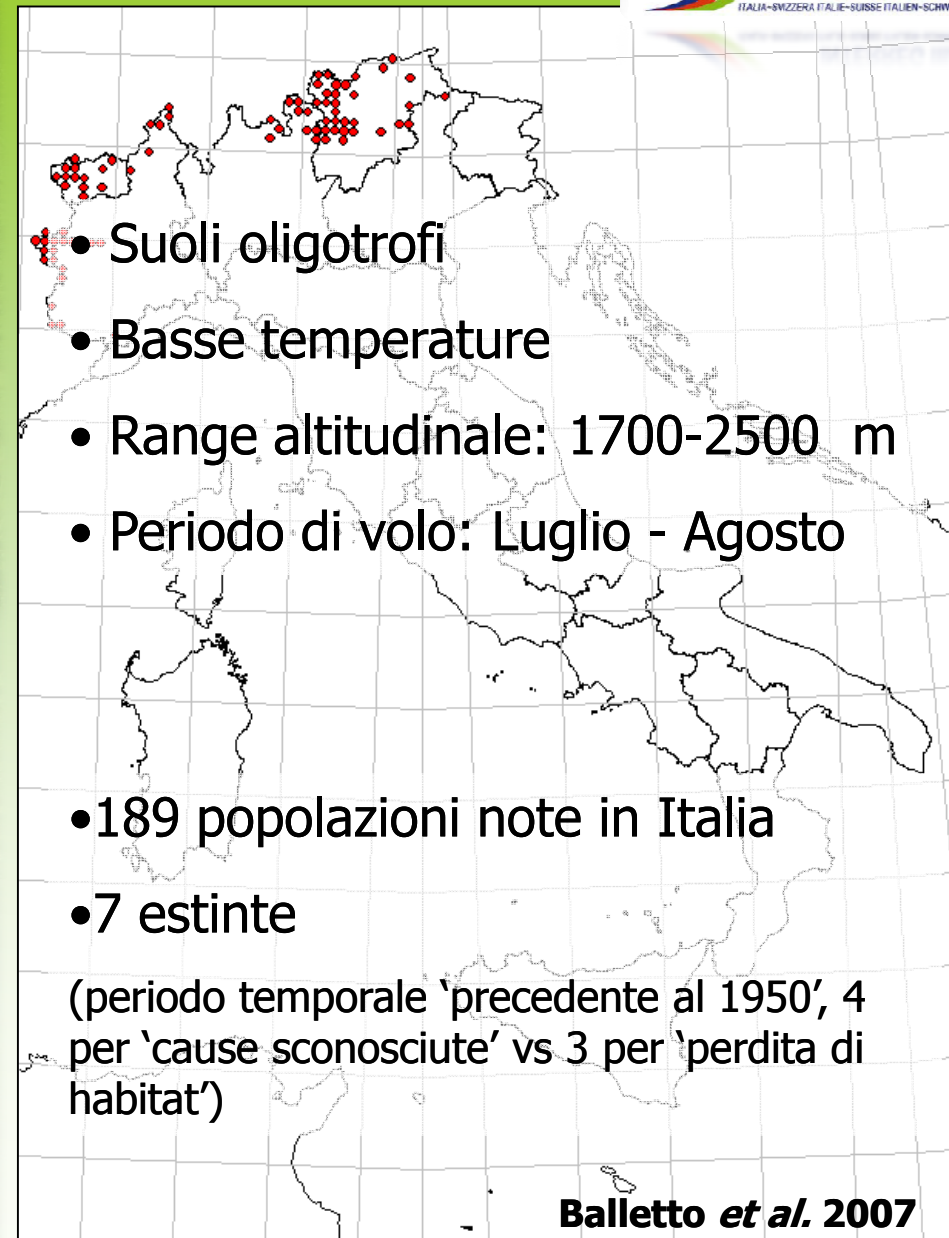


- Torbiere
- < 1400 m
- Suoli acidi
- Oligotrofi



Colias palaeno

Lande alpine e sub-alpine



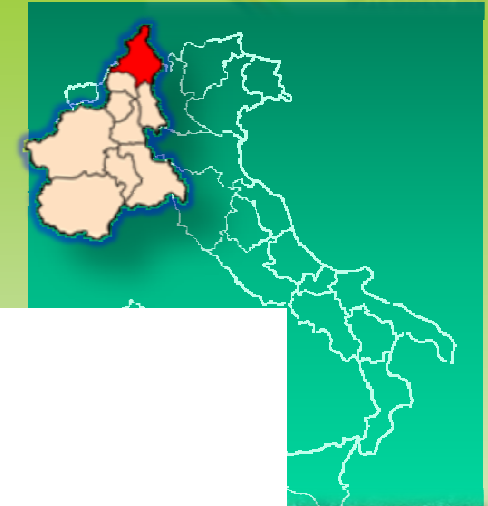
Colias palaeno



Studio degli stadi pre-immaginali

Val Formazza – Val Bognanco

Gradiente altitudinale: 1700 – 2300 m



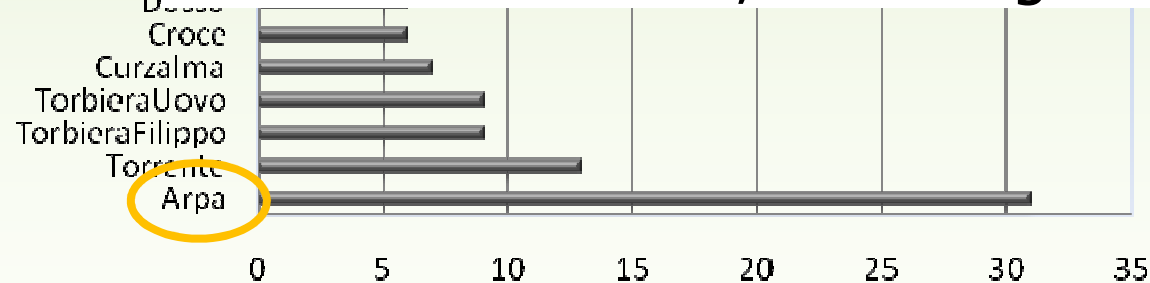
Gradie
torbier

Bassa densità

Presente in diversi habitat
assente limite inferiore gradiente altitudinale e aree
caratterizzate da elevata chiusura della canopea

Densità maggiori nelle **lande subalpine**
aree di ecotono, limite vegetazione arborea

SanBern
Palaeno
LandaGallas
LagoSvi
Provvi
Pr
Sen
Ste
SopraMy
GioveUr
Eric



Colias palaeno



Dr. Christian Stettmer
Dr. Matthias Dolek

Ipotesi testate

1. Elevati livelli di CO_2 atmosferica possono aumentare l'attività fotosintetica, causando una diluizione dell'azoto fogliare (N) e un conseguente aumento del rapporto C:N.
- 2.

Tale aumento può:

3.
 1. Ridurre la qualità nutritiva delle foglie
 2. Aumentare la produzione di metaboliti secondari

Knepp et al. 2005



4 aree di studio

Numero di stadi pre-immaginali osservati: 80-170 per sito

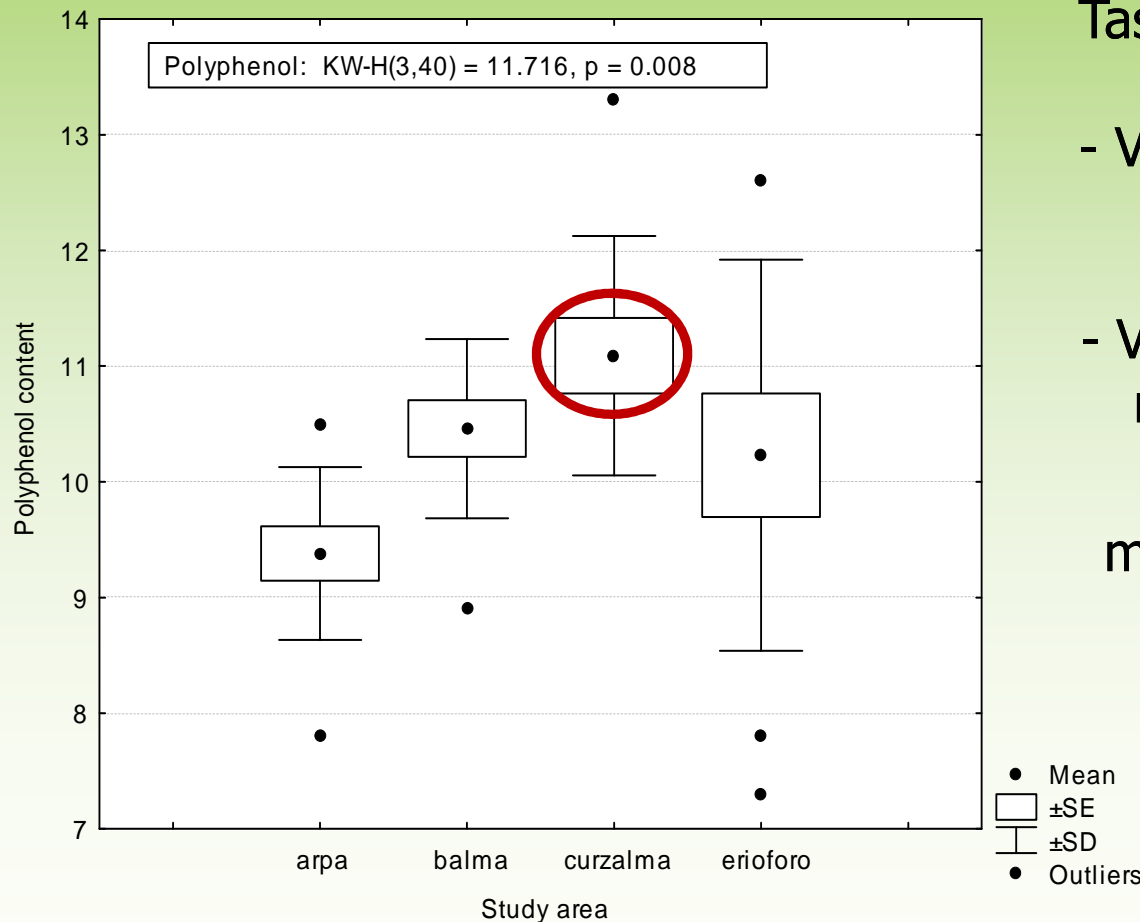
Colias palaeno

Sopravvivenza e sviluppo degli stadi pre-immaginali



Sud Germania
2007: $7.3 \pm 6.4 \%$
2008: $11.2 \pm 13.4 \%$

Habitat	Quota	Uova schiuse	I - II	II - III	Totale
Landa secca	1950 m	59.0%	69.4%	62.9%	25.9%
Torbiera	2000 m	47.1%	68.4%	55.0%	17.7%
Torbiera alta attiva	2000 m	58.8%	67.2%	44.2%	17.5%
Landa secca	2300 m	48.0%	45.5%	36.0%	7.9%



Tassi di sopravvivenza inferiori:

- Valori più elevati di metaboliti secondari (tannini)
- Valori più elevati del rapporto metaboliti secondari/azoto

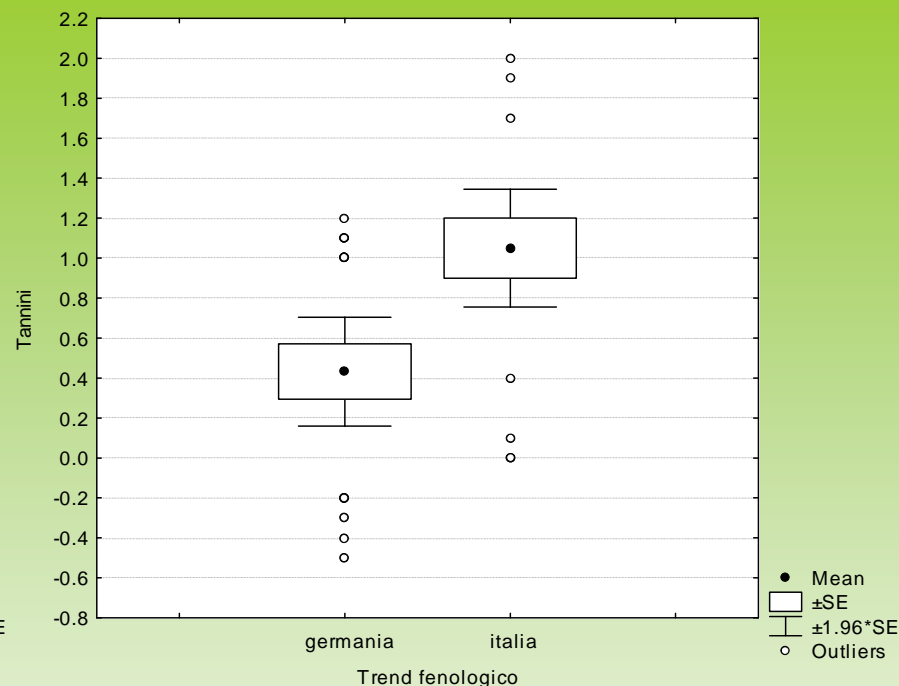
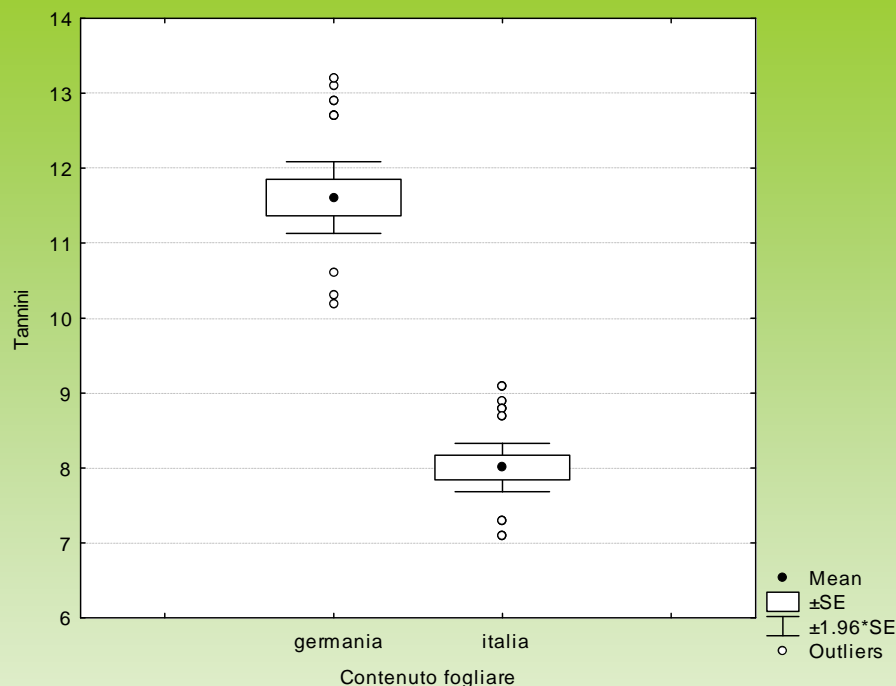
Nessuna differenza nel metabolismo primario (%C, %N)

Tassi di sopravvivenza superiori: temperature superiori vicino al suolo (5-15 cm)

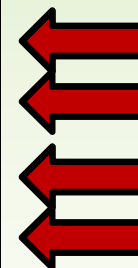


Colias palaeno

Confronto con i siti tedeschi



	Germany		Italy		M-W Test	
	Mean	SE	Mean	SE	Z	p-value
Tannins (First)	11.61	0.24	8.01	0.16	7.455	0.000
Polyphenols (First)	15.55	0.29	10.29	0.20	7.589	0.000
Tannins (Second)	12.04	0.25	9.06	0.22	6.560	0.000
Polyphenols (Second)	15.75	0.29	12.51	0.28	6.242	0.000
Diff Tannins	0.43	0.14	1.05	0.15	-2.961	0.003
Diff Polyphenols	0.20	0.17	2.22	0.20	-6.107	0.000



Metaboliti
Trend
secondari
temporale
(polifenoli):
maggiore in
valori
Italia
superiori in
Germania

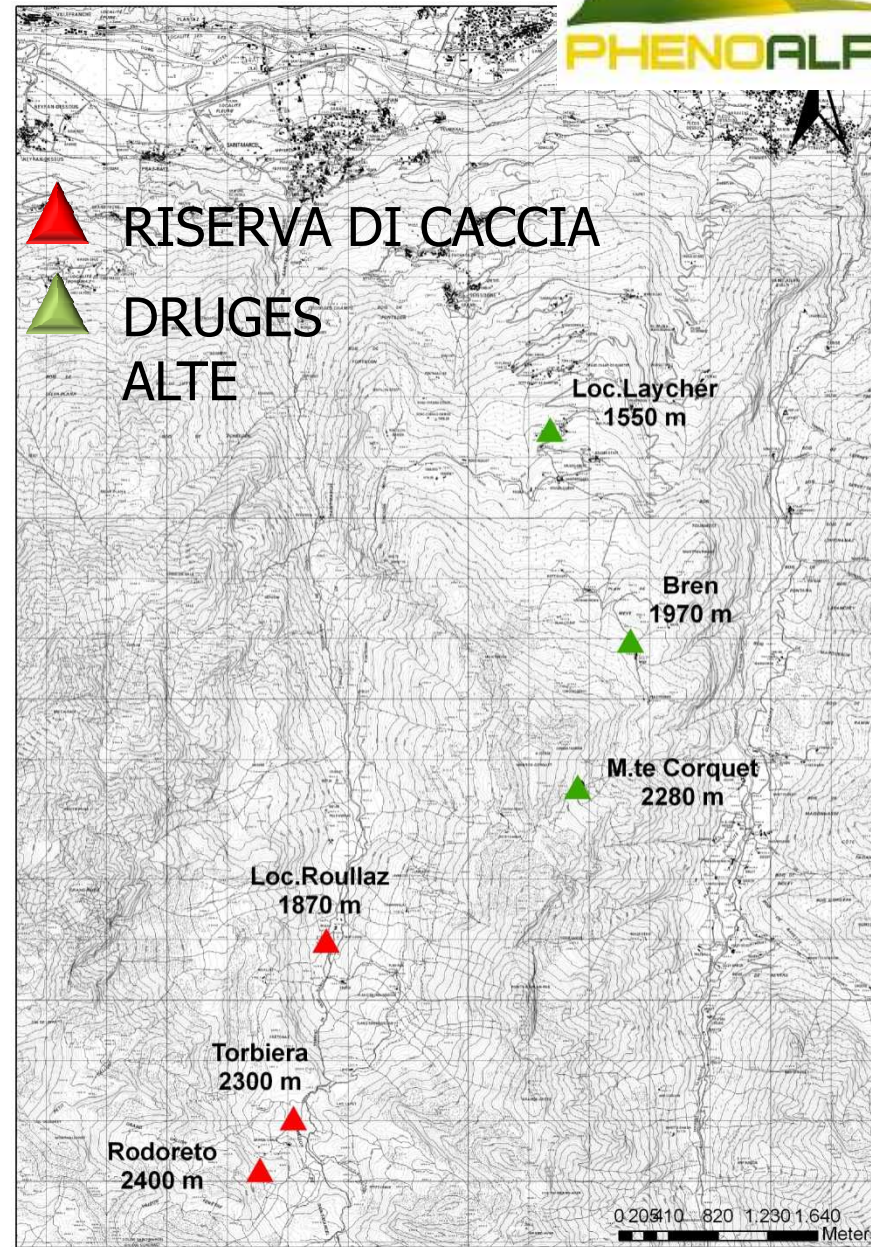
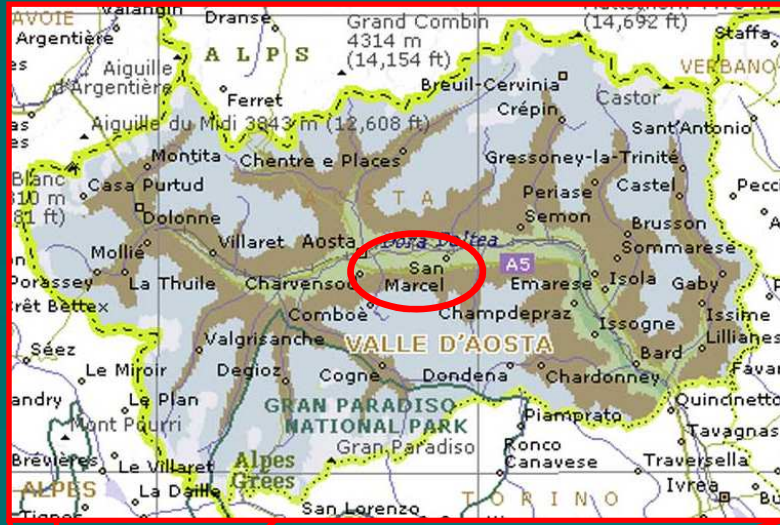


**Phenoalp : Objectif Coopération territoriale européenne France
– Italie (Alpes) 2007 – 2013 Projet de coopération
simple : activité 4 Pheno_zoo - Mise en place d'indicateurs du
changement climatique à partir de la phénologie animale**

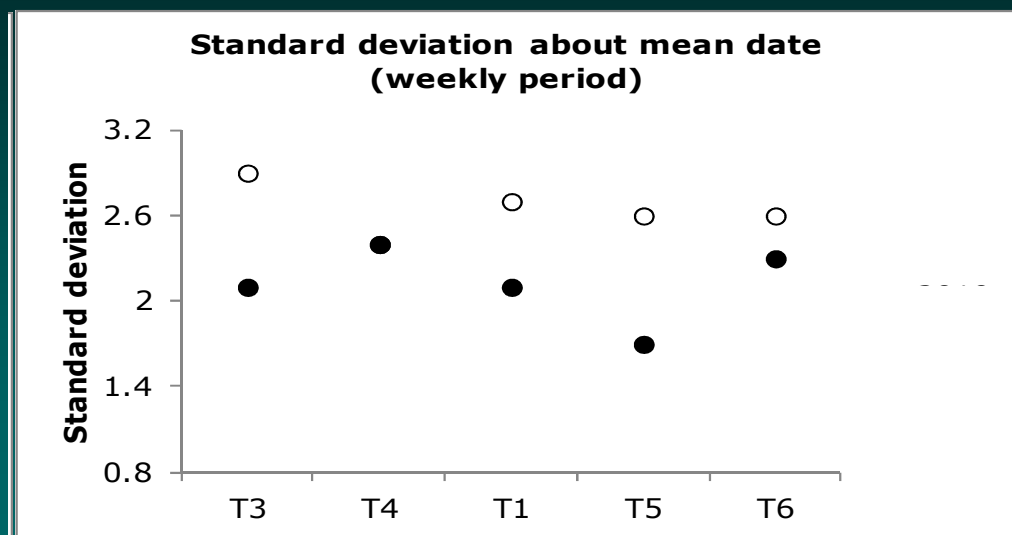
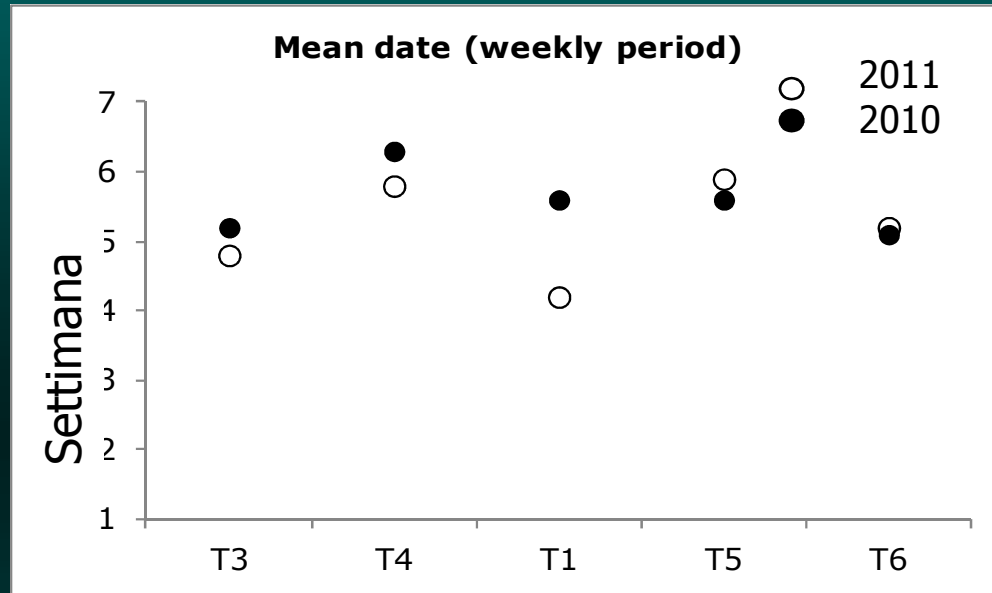
I lepidotteri diurni come mezzo di studio delle variazioni fenologiche in ambiente alpino

1.





I lepidotteri di ambiente alpino non mostrano shift fenologici in risposta alle variazioni climatiche stagionali



La deviazione standard varia tra 1,7 e 2,9 settimane. Nel 2011 anticipo del periodo di volo non statisticamente significativo (paired sample t-test; $t=1.285$; $df=4$; $p=0.268$).