

Giovanni GIOVINE, Samuele GHIELMI, Luca CORNETTI & Cristiano VERNESI

**ANALISI DELLA DISTRIBUZIONE, DEGLI APLOTIPI
E DELLA CONSERVAZIONE DI LUCERTOLA VIVIPARA,
ZOOTOCA VIVIPARA VIVIPARA (JACQUIN, 1787) E DI LUCERTOLA
DELLA CARNIOLA, *ZOOTOCA VIVIPARA CARNIOLICA* (MAYER, BÖHME,
TIEDEMANN & BISCHOFF, 2000) NELLE PREALPI BERGAMASCHE**

RIASSUNTO - In questo studio è stata analizzata la distribuzione delle due sottospecie di lucertola vivipara, *Zootoca vivipara* (Jacquin, 1787) nel comprensorio Prealpi Bergamasche-Alpi Orobie. Il lavoro è stato commissionato dal Parco delle Orobie Bergamasche (Progetto Anfi. Oro. 2008/2011) con lo scopo di approfondire gli aspetti distributivi, ecologici, conservazionistici e genetici relativi a questo sauro. Nel corso dell'indagine si è evidenziata la maggiore diffusione di lucertola vivipara (*Zootoca vivipara vivipara*) rispetto alla sottospecie lucertola della Carniola (*Zootoca vivipara carniolica* Mayer, Bohme, Tiedemann & Bischoff, 2000). *Z. v. vivipara* è diffusa lungo lo spartiacque tra la Val Brembana e la Valtellina, in quasi tutta la Val Seriana ed è la sottospecie esclusiva della Val di Scalve. *Z. v. carniolica* è abbastanza diffusa in media ed alta Val Brembana, è più localizzata in Val Seriana ed è assente dalla Val di Scalve. Si è documentata, per la prima volta in Italia, una zona di sintopia tra le due sottospecie. L'analisi degli aplotipi (mtDNA, cit.b) ha rilevato che sono presenti nelle Orobie 5 aplotipi diversi, di cui 2 appartengono a lucertola vivipara e 3 a lucertola della Carniola. L'uso degli habitat ha evidenziato una maggiore capacità di occupare habitat diversi da parte di lucertola vivipara, che coincide anche con una maggiore escursione altitudinale; lucertola della Carniola al contrario occupa una minore varietà di habitat, ed ha un minore intervallo altitudinale. Le due sottospecie sembrano apparentemente vicarianti, in quanto sono separate spazialmente ed occupano quote mediamente diverse. Viceversa è stata osservata una forte sovrapposizione degli habitat. L'analisi delle problematiche conservazionistiche, ha evidenziato una situazione critica per lucertola della Carniola, minacciata dalla riduzione degli ambienti pascolati e dal progressivo incremento delle superfici boscate.

ABSTRACT - *Analysis of the distribution, haplotypes and conservation of the viviparous lizard, Zootoca vivipara vivipara (Jacquin, 1787) and the oviparous subspecies, Zootoca vivipara carniolica (Mayer, Böhme, Tiedemann & Bischoff, 2000) in the Bergamasque Prealps.*

In this study we analysed the distribution of two subspecies of the viviparous, *Zootoca vivipara* (Jacquin, 1787) in Bergamasque Prealps-Orobic Alps. The project was commissioned by "Parco delle Orobie Bergamasche" (Anfi. Oro. Project 2008/2011); the aim of this project was to further investigate the ecological distributional, conservational and genetic aspects about this lizard. Over the course of the study it emerged that the viviparous subspecies (*Zootoca vivipara vivipara*) shows a broader distributional range in comparison with the oviparous populations (*Zootoca vivipara carniolica*, Mayer, Böhme, Tiedemann. & Bischoff, 2000). *Z. v. vivipara* is present along the watershed between the Brembana Valley and Valtellina, almost entirely throughout the Seriana Valley and it is the only subspecies present in Scalve Valley. *Z. v. carniolica* is quite common in medium to high areas of the Brembana Valley, it is more localised in the Seriana Valley, and absent in Scalve Valley. An area of syntopy between the two subspecies was documented for the first time in Italy. Genetic analysis revealed five different haplotypes of the mitochondrial gene cytochrome b, across Orobie Alps; two haplotypes belong to the viviparous subspecies, and three haplotypes belong to oviparous one. Our results underlined that *Z. v. vivipara* shows a higher capacity to inhabit different types of habitat in a broad altitudinal range, as opposed to *Z. v. carniolica* which occupies fewer types of habitat over a reduced altitudinal range. The two subspecies appear to be vicariant, since they occupy reasonably differing areas and altitudes. The oviparous subspecies (*Z. v. carniolica*) might be considered at risk in term of progressive loss of habitat, mainly due to reduction of grazing activities and consequent increase of woodland. Conversely, a considerable overlap of their habitats has also been observed. An analysis of conservational problems has shown that the oviparous subspecies (*Z. v. carniolica*) might be considered at risk in terms of a progressive loss of habitat, mainly due to reduction of pastures and a consequent increase of wooded areas.

KEYWORDS: Distribution, *Zootoca vivipara vivipara*, *Zootoca vivipara carniolica*, haplotypes, conservation.

INTRODUZIONE

Lucertola vivipara, *Zootoca vivipara* (Jacquin, 1787) è un lacertide con corotipo euroasiatico, in particolare sibirico-europeo (Bologna & Mazzotti, 2006; Sindaco & Jeremcenko, 2008). In Italia è presente nella catena alpina in modo continuo dal Piemonte al Friuli, mentre nella Pianura Padana e in quella Veneto-Friulana, ha distribuzione relitta circoscritta ad alcuni biotopi (Ghielmi *et al.*, 2004). Nelle stazioni planiziali, occupa habitat caratterizzati da condizioni ambientali e climatiche microtermiche (Richard *et al.*, 2006). Presenta riproduzione ovovivipara in gran parte del suo areale, mentre è ovipara nella porzione sud occidentale (Pirenei e Monti Cantabrigi – western oviparous group, Surget-Groba *et al.*, 2002, 2006; recentemente ascritta alla sottospecie *Zootoca v. lousiantzi*, Arribas, 2009), e meridionale corrispondente all'Italia settentrionale, alla Slovenia e a limitate parti dell'Austria. Il gruppo oviparo italo-austro-sloveno (eastern oviparous group, Surget-Groba *et al.*, 2006) è stato descritto come appartenente alla sottospecie *Zootoca vivipara carniolica* in base ad evidenze sia di tipo genetico, sia di tipo biologico (osservazione in cattività della modalità di riproduzione). In particolare *Zootoca vivipara carniolica*, in Italia, presenta distribuzione frammentata nella Pianura Padana, nelle Alpi Occidentali e Centrali (Ghielmi *et al.*, 2004), mentre nel Friuli Venezia Giulia, è diffusa più uniformemente (Lapini, 2007). Per *Zootoca vivipara carniolica* è stato proposto il nome volgare di lucertola vivipara della Carniola (Lapini & Fabian, 2004), e a nostro avviso, visti anche i risultati delle recenti indagini genetiche (Fondazione Edmund Mach, TN), potrebbe essere denominata semplicemente lucertola della Carniola.

La sottospecie *Zootoca vivipara carniolica* è considerata più arcaica (Ghielmi *et al.*, 2001) ed è caratterizzata da un corredo cromosomico femminile $2n=36$, mentre la sottospecie nominale presenta un corredo cromosomico $2n=35$; il cariotipo di “carniolica” (34 autosomi + zw nella femmina) rappresenta il carattere plesiomorfico per la specie, precedente alla fusione cromosomica avvenuta nella sottospecie vivipara (Odierna *et al.*, 2001).

Lucertola vivipara potrebbe essersi differenziata da lucertola della Carniola sin dai prime oscillazioni fredde del Pliocene circa 4,5 milioni di anni fa (Cornetti *et al.* 2014, 2015). Durante il Pleistocene inferiore (1,3 m.a.) *Zootoca vivipara* era presente in associazione a fauna erpetologica di climi temperato-freddi (*Vipera berus* e *Rana temporaria*) nell'Europa centrale come dimostrano i reperti fossili (Ivanov, 2007). Lucertola della Carniola probabilmente occupava già la catena alpina meridionale dove si sono differenziati i numerosi aplotipi recentemente descritti (Surget-Groba *et al.*, 2006, Cornetti *et al.* 2014, 2015). La Pianura Padana, in cui è presente attualmente l'aplotipo più antico (OS7 Surget-Groba, 2002), si può considerare un centro di origine secondario (La Greca, 1984) della sottospecie *Zootoca vivipara carniolica* e non può essere ritenuto centro d'origine primario dal momento che essa era occupata da un mare piuttosto profondo fino a circa metà del Pleistocene (Ravazzi, 2003). Dall'aplotipo OS7 dovrebbero essere derivati tutti gli altri tra cui quelli osservati nell'area di studio (Surget-Groba, 2002; Cornetti *et al.* 2014, 2015). Pur essendo molto divergenti dal punto di vista genetico le due sottospecie non sono stati evidenziati caratteri morfologici che permettano di distinguerle (Giovine *et al.*, 2010).

In questo lavoro vengono riportati: a) i primi dati relativi alla distribuzione di lucertola della Carniola e di lucertola vivipara nelle Prealpi e nelle Orobie bergamasche; b) la diffusione degli aplotipi presenti nel territorio considerato; c) brevi note ecologiche circa le preferenze ambientali delle due sottospecie e le quote occupate; d) le problematiche conservazionistiche emerse durante l'indagine.

AREA DI STUDIO

Le indagini sono state svolte nelle Alpi Orobie e nelle Prealpi bergamasche, situate al margine meridionale delle Alpi centrali, in Lombardia tra le provincie di Bergamo, Brescia, Lecco e Sondrio. Geologicamente sono caratterizzate da formazioni sedimentarie calcareo dolomitiche, mentre nelle parti più interne predominano litotipi a composizione silicea. La catena ha orientamento da ovest verso est e le cime più elevate sono collocate nella zona orientale (Pizzo di Coca e Pizzo Redorta, 3050 m), la piovosità è elevata e va da valori di 1200 mm fino a 1800 mm (Marconi, 2001). I piani vegetazionali sono ben rappresentati, e l'area è caratterizzata da un ampio mosaico di habitat (Lorenzi & Ferlinghetti, 2006). La zona studiata è compresa quasi interamente nel territorio del Parco delle Orobie Bergamasche.

MATERIALI E METODI

Sono state effettuate nel periodo di studio (2008-2011) 53 uscite di campo della durata variabile dalle sei alle otto ore; una parte di questo tempo è stato adoperato per giungere presso le zone di campionamento, collocate a volte oltre 1600 m e raggiungibili solo attraverso sentieri. Le uscite sono avvenute a quote selezionate, poiché mirate in prevalenza alla ricerca di lucertola della Carniola. Le quote più elevate (oltre 2000 m) sono state meno indagate perché solitamente abitate soltanto dalla sottospecie nominale.

La specie ha un comportamento elusivo soprattutto nelle zone a bassa densità, frequenti nelle Prealpi bergamasche. Le catture sono state effettuate a mano in ambiente erboso, con cappio di nylon su rocce e cespugli e attraverso la rimozione di pietre o tronchi.

Le uscite hanno coinvolto, da una a tre persone esperte. Nel caso di più operatori è stato possibile campionare le zone disponendosi a "pettine": ciò ha consentito una cattura più efficace e un'esplorazione di superfici maggiori. Si considera una buona giornata di cattura nelle Orobie la raccolta (in zone a media densità) di due o tre individui a persona.

Ad ogni individuo catturato è stato prelevato l'ultimo cm di coda circa. Tale tecnica è poco invasiva, in quanto in alcuni casi si è visto che l'asportazione dell'ultimo tratto di coda, non dà reazioni apparenti di dolore, soprattutto negli individui adulti in buone condizioni (Surget-Groba, 2002). A volte durante la cattura si è avuta l'autotomia spontanea. Di ogni lucertola è stato registrato il sesso, le coordinate geografiche del luogo di cattura (in gradi, minuti e secondi -GPS WGS84), l'altitudine, l'habitat, il microhabitat e l'esposizione del versante. Sono state effettuate, per ogni individuo

catturato, alcune fotografie riguardanti l'aspetto generale, la colorazione dorsale, e quella ventrale. Per le femmine è stato rilevato se erano gravide. Dal 2010 si è provveduto inoltre al conteggio delle squame ventrali longitudinali e dei pori femorali il cui rapporto sembra essere discriminante per il riconoscimento delle due sottospecie (Ghielmi & Giovine in prep.).

I campioni prelevati da 63 individui di *Zootoca vivipara*, sono stati analizzati presso il laboratorio del Fondazione Edmund Mach (TN). Pochi milligrammi di tessuto sono stati sufficienti per estrarre il DNA genomico; tramite PCR è stato successivamente amplificato un frammento di 385 bp del gene citocromo b (cit.b) relativo al DNA mitocondriale (mt-DNA). La reazione di amplificazione è avvenuta in un volume totale di 20 µl, contenenti i seguenti reagenti: 1 µl di DNA genomico, 1 µl per ogni primers (MVZ04 e MVZ05 (Smith & Patton, 1991)), 2 µl di HotMaster™ Taq Buffer 25 mM Mg² (Eppendorf), 2 µl di dNTPs e un'unità di HotMaster™ Taq Polimerasi. Il ciclo di amplificazione è avvenuto con una fase di incubazione iniziale a 94°C per 10 minuti, seguita da 35 cicli costituiti da 94°C per 60 secondi, 59°C per 45 secondi e 65°C per 60 secondi, con una estensione finale a 65°C per 10 minuti. Per tutte le amplificazioni, eventuali contaminazioni sono state rigorosamente valutate utilizzando controlli negativi. Il gene citocromo b, già utilizzato come marcatore in grado di discriminare le due sottospecie, è stato sequenziato confrontato con le sequenze depositate in GenBank (Benson *et al.*, 2005). Questo gene viene, solitamente in letteratura, considerato un marcatore neutrale ovvero non soggetto a selezione naturale; tramite esso, quindi, come già avvenuto in indagini precedenti su questa specie (Surget-Groba *et al.*, 2002, 2006) si possono inferire relazioni filogenetiche, evolutive e demografiche tra i campioni analizzati.

Oltre al gene citocromo b, è stato anche amplificato e sequenziato un frammento di un gene relativo al DNA nucleare (C-mos), che è un marcatore biparentale, al fine di osservare se il monofiletismo di *Z. v. carniolica* ottenuto dall'analisi del gene mitocondriale, sia confermato anche a livello di DNA nucleare. Anche in questo caso la reazione di amplificazione è avvenuta in un volume totale di 20 µl, con i seguenti reagenti: 1 µl di DNA genomico, 1 µl per ogni primers (Hcmos3 e L-1zmos (Mayer & Pavlicev, 2007)), 2 µl di HotMaster™ Taq Buffer 25 mM Mg² (Eppendorf), 2 µl di dNTPs e un'unità di HotMaster™ Taq Polimerasi. Il ciclo di amplificazione è avvenuto con una fase di incubazione iniziale a 94°C per 10 minuti, seguita da 40 cicli costituiti da 94°C per 60 secondi, 57°C per 45 secondi e 65°C per 90 secondi, con una estensione finale a 65°C per 10 minuti. Anche in questo caso, per tutte le amplificazioni, eventuali contaminazioni sono state rigorosamente valutate utilizzando controlli negativi. Questa indagine è di estrema importanza visto che è la prima volta in cui un marcatore diploide viene utilizzato per studiare la filogenesi della specie. Nella tabella 1, oltre ai campioni analizzati, sono riportati 19 campioni determinati precedentemente all'indagine e due osservazioni compiute negli anni antecedenti l'indagine relative ad esemplari con caratteri manifesti (le femmine agli ultimi stadi di gestazione sono facilmente riconoscibili a livello sottospecifico) (totale di 84 esemplari).

È stato applicato il t-test per il confronto dei dati relativi alle altimetrie occupate dalle due sottospecie (Fowler & Cohen, 1993); a causa del numero non ancora sufficiente di

campioni non è stato applicato nessun test statistico per il confronto degli habitat occupati. Si è optato per l'uso dell'indice simmetrico di Pianka (1973) indicativo della sovrapposizione dell'habitat (che presenta valori compreso tra 0 ed 1; dove il valore più elevato indica la massima sovrapposizione).

RISULTATI

Lo stato delle conoscenze sulla distribuzione è sintetizzato nella figura 1. Dall'analisi dei dati distributivi si può visualizzare la seguente situazione. Lucertola vivipara (*Zootoca vivipara vivipara*) è diffusa in tutta la Val di Scalve, nell'alta Val Seriana è presente sul versante orografico sinistro fino alla Valzurio, mentre su quello destro è stata osservata fino al Cardeto (Gromo). In Val Brembana lucertola vivipara occupa prevalentemente la fascia a cavallo dello spartiacque valtellinese. Lucertola della Carniola (*Zootoca vivipara carniolica*) ha una distribuzione limitata alle zone più meridionali: in Valle Seriana è presente in Valgoglio e nella Valcanale. In Val Brembana è presente nella Valle Stabina, nella valle del Brembo di Carona, nella Val Secca e in Val Parina. È stata raccolta sul Monte Alben sia sul versante seriano che su quello brembano. È assente dalla Valle di Scalve.

Dei campioni analizzati in questa indagine, soltanto quello storico raccolto nel 1986 ha dato problemi durante la fase di amplificazione e sequenziamento; queste difficoltà sono da imputare ai danni provocati dalla degradazione degli acidi nucleici in materiali non raccolti di recente, o conservati in formaldeide. I restanti 62 campioni sono stati analizzati sia per il gene mitocondriale che per il gene nucleare. L'analisi del gene citocromo b (385 paia di basi) ha evidenziato la presenza di 39 campioni appartenenti alla sottospecie *vivipara* e 23 campioni appartenenti alla sottospecie *carniolica*. Tra i 39 di *Zootoca vivipara vivipara* sono stati osservati 2 differenti aplotipi di cui uno mai documentato, mentre tra i 23 campioni di *Zootoca vivipara carniolica* sono stati osservati 3 differenti aplotipi, di cui 2 mai documentati. Nessun aplotipo è condiviso tra le due sottospecie.

L'elevata divergenza genetica tra le due sottospecie osservata per questo marcatore (circa il 5%), permette di attribuire inequivocabilmente ogni campione alla sottospecie di appartenenza, e, allo stesso tempo, permette di ipotizzare un tempo di divergenza delle linee mitocondriali tra le due sottospecie piuttosto elevato, mediamente 4,5 milioni di anni fa (Cornetti *et al.* 2014, 2015).

Suddividendo il dataset in base alla sottospecie di appartenenza, si è poi analizzata la variabilità esistente all'interno dei due gruppi: la sottospecie *carniolica*, nonostante la minore numerosità, mostra una variabilità genetica superiore rispetto alla sottospecie *vivipara*. Nell'ambito della teoria quasi-neutrale dell'evoluzione (Ohta 1992) questo dato può esser interpretato come il segno di una maggiore antichità della sottospecie *carniolica*. In questo caso il dato molecolare conferma il dato relativo alla biologia riproduttiva: le popolazioni ovipare risultano essere la forma ancestrale della specie. È stato amplificato e sequenziato anche un frammento codificante, di 581 paia di basi, del genoma nucleare (C-mos), già precedentemente utilizzato come marcatore per ricostruire la filogenesi di lacertidi (Mayer & Pavlicev, 2007). I risultati confermano la

Comune	data	Località	Es.	H m	lat. N	long. E	Aplot.	S	N
Oltressenda alta	1988	Valzurio Passo di valle Scura	1 f	1700	45° 57' 51.4"	010° 01' 7.22"	?	V	1
Valbondione	27/08/96	Torbiere del Sasna	1 f	1920	46° 01' 58"	010° 04' 16.4"	?	V	1
Valtorta	07/08/02	Piani Bassi	12f.4m.1j	950	45° 58' 19.6"	009° 32' 45.7"	OS3	C	2
Valbondione	30/08/02	Sentiero per Rif. Curò	1 indet	1650	46° 03' 27.5"	010° 02' 45.33"	?	V	2
Valgoglio	30/08/03	Val Sanguigno Baita Fratino	1 f	1560	45° 58' 13"	009° 53' 10.0"	OL11	C	2
Schilpario	04/09/04	Baita Venano superiore	1 f	1850	46° 05' 16"	010° 07' 29"	VBI	V	
Schilpario	04/09/04	Baita Venano superiore	1m	1850	46° 05' 16"	010° 07' 29"	VBI	V	
Averara	01/05/05	Val Moresca	1 m	1415	46° 01' 36.2"	009° 37' 43.6"	OS3	C	
Cusio	28/04/05	Chiesa S Giovanni	1f	1123	45° 59' 0.76"	009° 36' 08.9"	OS3	C	
Vilminore	25/06/05	Miniere Manina	1f	1642	46° 00' 35.5"	010° 01' 55.6"	VBI	V	
Ornica	15/05/05	Valle d'Inferno	1f	1330	45° 59' 54"	009° 33' 39.3"	OS3	C	
Schilpario	01/07/06	Valle del Venerocolo	1f	1860	46° 02' 36"	010° 09' 26"	VBI	V	
Schilpario	01/07/06	Valle del Venerocolo	1m	1665	46° 02' 16.52"	010° 09' 32.9"	VBI	V	
Branzi	29/07/06	Torbiera del Lago Marcio	1f	1798	46° 00' 10.5"	009° 47' 06"	OS3	C	
Schilpario	27/07/07	Malga Liffretto inferiore	1 m	1400	46° 01' 05"	010° 12' 58"	VBI	V	
Schilpario	27/07/07	Strada per i Campelli	1 juv	1160	46° 00' 45"	010° 10' 40"	VBI	V	
Mezzoldo	03/08/08	Torbiera presso Cà S Marco	1f	1800	46° 02' 33"	009° 37' 03.2"	VBI	V	
Valgoglio	21/08/08	Malga Salina di sotto	1 m	1420	45° 57' 57.4"	009° 52' 17.5"	OL11	C	
Valgoglio	21/08/08	Malga salina di sotto - dint	1f	1420	45° 57' 57.4"	009° 52' 17.0"	OL11	C	
Ardesio	24/05/09	Baita Zulino di mezzo	1sub	1600	45° 52' 00.0"	009° 50' 57.1"	OL11	C	
Valbondione	21/06/09	Lizzola	1f gr	1291	46° 01' 21.8"	010° 00' 39.8"	VBI	V	
Valbondione	21/06/09	Lizzola	1f gr	1291	46° 01' 21.8"	010° 00' 39.8"	VBI	V	
Valbondione	21/06/09	Rif. Campel	1 m	1498	46° 01' 11.0"	010° 00' 11.8"	VBI	V	
Roncobello	19/07/09	Baite di Campo	1 indet	1880	45° 57' 55.4"	009° 47' 30.6"	OL11	C	
Vilminore	26/07/09	Teveno Sentiero 407	1f gr	1410	45° 59' 26.3"	010° 02' 30.5"	VBI	V	
Vilminore	26/07/09	Teveno Sentiero 407	1f gr	1406	45° 59' 26.3"	010° 02' 30.5"	VBI	V	
Vilminore	26/07/09	Teveno Sentiero 407	1f gr	1406	45° 59' 26.3"	010° 02' 30.5"	VBI	V	
Vilminore	26/07/09	Teveno Sentiero 407	1m	1406	45° 59' 26.3"	010° 02' 30.5"	VBI	V	
Oneta	10/08/09	Madonna del Frassino	1f	1322	45° 51' 49.8"	009° 47' 37.8"	OL12	C	
Valleve	05/09/09	S Simone Baita Fontanini	1 m	1833	46° 03' 06.9"	009° 41' 49.3"	VBI	V	
Gandellino	06/09/09	Lago basso di Cardeto	1 f	1710	46° 00' 18.9"	009° 54' 43.3"	VBI	V	
Gandellino	06/09/09	Lago basso di Cardeto	1neo	1720	46° 00' 18.9"	009° 54' 43.3"	VBI	V	
Gandellino	06/09/09	Lago basso di Cardeto	1m	1720	46° 00' 18.9"	009° 54' 43.3"	VBI	V	
Gandellino	06/09/09	Lago basso di Cardeto	1m sub	1720	46° 00' 18.9"	009° 54' 43.3"	VBI	V	

Valbondione	17/08/86	Le Piane di Lizzola	1 m	1350	46° 01' 21,3"	010° 01' 47,7"	VBI		3
Ardesio	22/05/10	Baite Neel	1 ind	1610	45° 57' 13,81"	009° 48' 43,7"	OL11	C	
Averara	02/06/10	Val Mora strada	1 m	1625	46° 02' 19,9"	009° 37' 20,4"	VBI	V	
Santa Brigida	02/06/10	casera Ponteranica	1 f	1597	46° 02' 15,1"	009° 37' 00,9"	VL26	V	
Santa Brigida	02/06/10	casera Ponteranica	1 m	1597	46° 02' 15,1"	009° 37' 00,9"	VL26	V	
Santa Brigida	02/06/10	Diga Valmora	1 f	1524	46° 01' 50,2"	009° 37' 35,5"	VL26	V	
Averara	02/06/10	Val Mora	1 m	1419	46° 01' 37,8"	009° 37' 43,0"	OS3	C	
Averara	02/06/10	Val Mora	1 m	1419	46° 01' 37,8"	009° 37' 43,0"	OS3	C	
Averara	02/06/10	Val Mora strada	1 f	1618	46° 02' 13,5"	009° 37' 28,8"	VL26	V	
Averara	06/06/10	Val Mora strada	1 m	1615	46° 02' 17,9"	009° 37' 15,1"	VBI	V	
Averara	27/06/10	Dosso Gambetta	1 f	1782	46° 01' 36,8"	009° 38' 01,9"	VL26	V	
Averara	27/06/10	Dosso Gambetta	1 m sub	1782	46° 01' 36,8"	009° 38' 01,9"	VL26	V	
Averara	27/06/10	Dosso Gambetta	1 f	1782	46° 01' 36,8"	009° 38' 01,9"	VL26	V	
Mezzoldo	27/06/10	Foppa Butis	1 f	1724	46° 01' 42,9"	009° 37' 38,4"	VL26	V	
Averara	27/06/10	Val Mora	1 m	1440	46° 01' 36,8"	009° 37' 38,4"	OS3	C	
Averara	27/06/10	Val Mora	1 f	1440	46° 01' 36,8"	009° 37' 38,4"	OS3	C	
Averara	27/06/10	Val Mora	1 m	1440	46° 01' 36,8"	009° 37' 38,4"	OS3	C	
Cusio	17/07/10	Piani dell'Avaro	1 f	1810	46° 00' 43,5"	009° 35' 46,6"	VL26	V	
Valbondione	24/07/10	Le Piane di Lizzola	1 sub	1409	46° 01' 26,5"	010° 02' 15,4"	VBI	V	
Santa Brigida	04/08/10	Lago Val Mora	1 juv	1575	46° 02' 03,7"	009° 37' 18,6"	VL26	V	
Santa Brigida	04/08/10	Lago Val Mora	1 juv	1575	46° 02' 03,7"	009° 37' 18,6"	VL26	V	
Santa Brigida	04/08/10	Lago Val Mora	1 juv	1558	46° 02' 01,5"	009° 37' 19,3"	VBI	V	
Santa Brigida	04/08/10	Diga Val Mora	1 f	1524	46° 01' 50,2"	009° 37' 35,5"	VL26	V	
Santa Brigida	04/08/10	Torbiera diga Val Mora	1 f	1510	46° 01' 44,0"	009° 37' 35,5"	OS3	C	
Santa Brigida	04/08/10	Torbiera diga Val Mora	1 m	1510	46° 01' 43,6"	009° 37' 35,3"	VBI	V	
Serina	19/08/10	Pian della Mussa	1 juv	1290	45° 52' 46,0"	009° 45' 37,0"	OS3	C	
Serina	19/08/10	Pian della Mussa	1 juv	1290	45° 52' 46,0"	009° 45' 37,0"	OS3	C	
Serina	19/08/10	Pian della Mussa	1 ad ind	1300	45° 52' 46,6"	009° 45' 38,4"	OS3	C	
Ornica	11/10/10	Valle d'inferno	1 juv	1269	45° 59' 53,5"	009° 33' 53,5"	OS3	C	
Carona	26/08/11	Laghetti del Diavolo	1 juv	2070	46° 02' 28,8"	009° 51' 53,9"	VBI	V	
Santa Brigida	28/08/2011	Diga di Valmora	1 f	1512	46° 01' 47,4"	009° 37' 35,5"	VL26	V	
Oltre il Colle	08/05/11	Cascinetto di Menna	1 m	1405	45° 54' 24,5"	009° 45' 10,7"	OS3	C	

Tab. 1. Elenco dei campioni analizzati in questo studio e nei precedenti (n=82). 1- Femmine gravide contenenti embrioni; 2 - campioni analizzati da Surget Groba 2002/03; 3 - non riuscito, ma attribuito a Z. v. vivipara poiché ricadente in una zona in cui è presente esclusivamente la sottospecie nominale.

caratteristica intrinseca del DNA nucleare codificante di essere molto meno variabile rispetto a marcatori neutrali: infatti su 62 campioni analizzati si sono osservati soltanto 5 genotipi.

Oltre a confermare il monofiletismo della sottospecie *carniolica*, i risultati del DNA nucleare sembrano convalidare l'esito delle analisi ottenute dal gene mitocondriale anche per quanto riguarda la variabilità genetica all'interno delle sottospecie; difatti i 39 campioni della sottospecie *vivipara* presentano un singolo genotipo, mentre i restanti campioni di *carniolica* presentano 5 differenti genotipi. Per la prima volta, quindi, si dimostra che le due sottospecie sono differenziate anche a livello di genoma nucleare.

I 62 campioni analizzati afferiscono esclusivamente ai cladi E ed A, rispettivamente, in base alle definizioni di Surget-Groba (2002), Surget-Groba *et al.* (2006), relativi a *Zootoca vivipara vivipara* e *Zootoca vivipara carniolica* (Fig. 2). È possibile osservare come sia marcata la distanza genetica tra il gruppo di popolazioni viviparo ed il gruppo di popolazioni oviparo, nonostante spesso si tratti di campioni raccolti a pochi chilometri di distanza.

Tra i campioni analizzati afferenti al clade E sono stati evidenziati 2 differenti aplotipi: 1. VB1: (n=26) il più frequente nella area centrale dell'arco alpino; presente con certezza dalla Val Ridanna, fino alla provincia di Verbania; 2. VL26: (n=13) aplotipo nuovo (non depositato in banche dati), osservato esclusivamente nei pressi della Val Mora. L'aplotipo VB1 è distribuito principalmente nell'Europa nord-occidentale (è presente nella penisola scandinava, in Gran Bretagna, in Olanda, Belgio, Danimarca, fino in Francia centrale); in Italia soprattutto nel Trentino occidentale (destra orografica del fiume Adige) (Surget-Groba 2002; Surget-Groba, *et al.*, 2006).

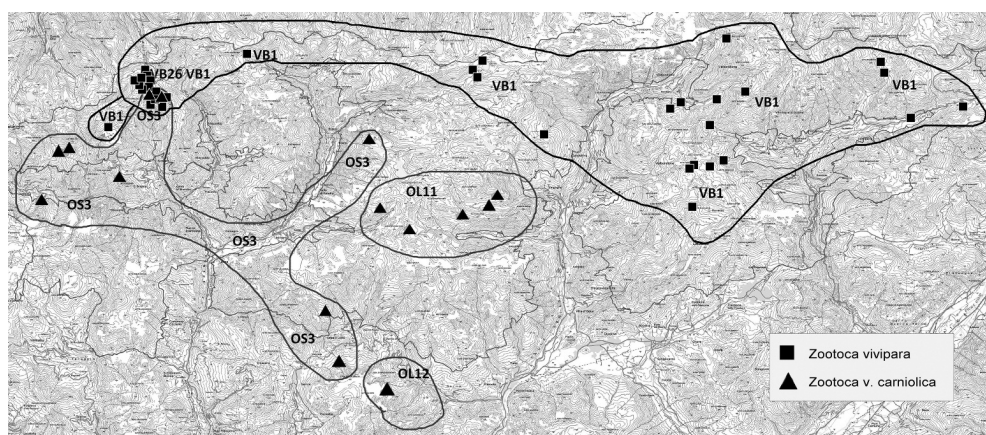


Fig. 1. Distribuzione delle due sottospecie e dei relativi aplotipi.

Lucertola della Carniola è stata osservata prevalentemente nei pascoli montani e nardeti (habitat 6230; 48% del totale) e secondariamente nei pascoli umidi, nelle torbiere e nei margini di formazioni forestali confinanti con vegetazione erbacea (Tab. 2). È importante evidenziare però che nel caso dell'habitat 6230 lucertola della Carniola (così come lucertola vivipara), tende ad occupare le zone in cui risultano presenti micro aree rifugio, quali piccoli arbusti, rocce affioranti o semplicemente appoggiate al suolo. La presenza negli habitat 9110 e 9140 è relativa prevalentemente alle aree marginali. *Zootoca vivipara vivipara* dimostra una certa predilezione per gli ambienti aperti come il 6230 (39% del totale) e per 6170 (12%) (Tab. 3),

Codice Habitat Piano Naturalistico delle Orobie Bergamasche	N° di stazioni <i>Z. v. carniolica</i>	%
6230 – pascoli montani e subalpini nardeti	10	48
6430 – alnete e megaforbieti	2	12
7140 - torbiere	2	12
9110 – faggete acidofile - margini	2	12
9150 – faggete calcofile - margini	3	14
9410 – peccete montane -margini	2	12

Tab. 2. Habitat occupati da *Zootoca vivipara carniolica*.

Codice Habitat Piano Naturalistico delle Orobie Bergamasche	N° di stazioni <i>Z. v. vivipara</i>	%
4060 - rhodorovaccinieti	2	6
6150 – praterie acidofile a <i>Festuca scabriculum</i>	1	3
6170 – praterie calcofile	4	12
6230 – pascoli montani e subalpini nardeti	13	39
6430 – alnete e megaforbieti	3	9
6520 – prati stabili	1	3
7140 – torbiere	3	9
8110 – vegetazione sporadica morene	1	3
9110 – faggete acidofile - margini	2	6
9410 – peccete montane -margini	3	9

Tab. 3. Habitat occupati da *Zootoca vivipara vivipara*.

secondariamente per le torbiere (7140), per i margini arborei e le aree cespugliose. In generale lucertola vivipara presenta una maggiore variabilità ambientale perché è stata rilevata in 10 habitat contro i 6 di lucertola della Carniola. Comparando i dati mediante l'indice simmetrico di Pianka (1973) si ottiene un valore di 0,81, piuttosto elevato (min 0-max 1) indicativo di una forte sovrapposizione di nicchia per la scelta degli habitat.

CONSERVAZIONE: nell'analisi dei dati sono stati evidenziati aspetti differenti relativi alla conservazione delle due sottospecie, che perciò verranno analizzate separatamente.

Lucertola vivipara (*Zootoca vivipara vivipara*) vive a quote più elevate, rispetto alla sottospecie ovipara, risente meno dell'influenza antropica sul territorio. Sono state rilevate tuttavia delle situazioni di deterioramento degli habitat vitali, qui di seguito elencate:

- chiusura delle zone aperte in quota. Il progressivo abbandono dell'attività di pascolo sta provocando la riduzione degli habitat disponibili per *Zootoca vivipara vivipara* soprattutto presso margini altimetrici inferiori. Questo processo sta avvenendo spontaneamente, per cui nella fase di transizione la presenza di arbusti nei pascoli o ai margini di essi favorisce l'insediamento (aumento delle aree rifugio), a lungo termine la situazione è destinata a deteriorarsi per la perdita di aree apriche;
- distruzione dell'habitat ad opera delle modifiche territoriali legate agli impianti sciistici. Questa situazione interessa localmente alcune popolazioni dove l'impatto di macchinari e del relativo spianamento e rimozione della cotica erbosa ha senz'altro eliminato importanti porzioni di habitat potenzialmente idonee per la specie. Larghe strisce di suolo privo di vegetazione e pietroso, tipico delle piste da sci, sono inidonee all'insediamento della lucertola vivipara, che si limita alle aree circostanti. La presenza di zone prive di vegetazione erbaceo-arbustiva rallenta il movimento di colonizzazione della specie, nonché sfavorisce l'insediamento permanente. La sottospecie "vivipara" (rappresentata principalmente da individui con l'aplotipo VB1) non è potenzialmente a rischio, poiché gli interventi in quota non sono estesi a tutto il territorio, ma limitati ad alcune aree, e ciò permette di affermare che la situazione in generale è buona. La situazione dell'aplotipo VB26 non è per ora ben valutabile.

L'analisi relativa alla conservazione di lucertola della Carniola (*Zootoca vivipara carniolica*) nelle Orobie è imprescindibile anche dall'analisi della situazione distributiva dei singoli aplotipi. Attualmente non solo le specie e le sottospecie sono considerate importanti per la conservazione, ma anche le diverse linee genetiche all'interno di queste (Surget-Groba *et al.*, 2002), considerate E.S.U. - Unità Evoluzionarie Significanti e quindi considerabili "Management Unit" MU (*sensu* Moritz, 1994). Relativamente ai vari aplotipi di *Zootoca vivipara carniolica* sono infatti soddisfatte le condizioni sia di separazione geografica, sia la differenziazione genetica dei marcatori neutrali (cit. b) (Paetkau, 1999) per cui sono considerabili E.S.U. .

L'aplotipo OS3 è il più frequente nella provincia di Bergamo, ma le stazioni in cui è presente dimostrano in generale un certo grado d'isolamento dovuto alla presenza di

ampie aree in cui sono presenti boschi e foreste fitti e che non agevolano lo spostamento di individui. In particolare si possono evidenziare le seguenti problematiche:

- alterazione degli habitat ad opera dell'uomo, con distruzione e riduzione degli spazi vitali: è il caso della torbiera alcalina di Valtorta dove la mancata gestione dell'habitat, unita alla recente espansione edilizia ha ridotto gli spazi disponibili per la specie. L'edificazione degli spazi adiacenti ha favorito la colonizzazione di *Podarcis muralis*, che ha recentemente occupato alcune zone adoperate da lucertola della Carniola per termoregolarsi;
- la perdita delle aree pascolate per abbandono dell'agricoltura che dà luogo ad imboschimento spontaneo, è un'altra problematica che interessa questa sottospecie che tende a colonizzare i prati e i pascoli di media quota. Costituiscono degli esempi la Val d'Inferno, S. Giovanni di Cusio e il Pian della Mussa dove si assiste ad una lenta avanzata degli arbusti e cespugli.

Le popolazioni che presentano l'aplotipo OL11 appaiono poco frammentate e occupano un'area apparentemente omogenea a cavallo della Val Canale, della Valle Sanguigno e della Val Secca. Non si esclude inoltre a fronte di questi risultati, che l'aplotipo OL11 possa essere presente anche in Val Vedra, sui versanti N della Val Canale, del Monte Menna, in Valgoglio a Ovest del paese e lungo il sentiero che porta verso i Laghi Cernello. L'aplotipo OL12, è quello maggiormente localizzato poiché raccolto in una sola stazione. Per questo motivo, pur essendo collocato in un'area soggetta a scarse modifiche, a causa dell'apparente isolamento può essere considerato particolarmente minacciato. L'area in cui è stato osservato è collocata su versanti molto acclivi, su Dolomia Principale ed è soggetta ad un lento rimboschimento spontaneo.

DISCUSSIONE

Nel periodo anteriore al progetto Anfi.Oro. le conoscenze relative alla distribuzione di *Zootoca vivipara* erano considerate sufficienti, in quanto derivanti da indagini pregresse; al contrario le conoscenze relative alla distribuzione delle due sottospecie erano da considerarsi lacunose. Lucertola della Carniola fino al 2007, infatti, era conosciuta per due sole località: Valtorta e Valle Sanguigno (Surget Groba det.). Nulle invece erano le conoscenze relative agli aplotipi. Al termine dell'indagine la situazione è da considerarsi più che accettabile.

Analizzando la carta di figura 1, relativa alla distribuzione nelle Orobie, si può osservare che il genere *Zootoca* ha una diffusione montana mentre non è stata osservata nei fondovalle. La mancanza di stazioni di fondovalle è spiegabile con l'assenza di zone umide adatte, attualmente scarsamente rappresentate, ed occupate dalla più adattabile ed antropofila *Podarcis muralis* (ad esempio i laghi di Gaiano, di Endine).

Lucertola vivipara è presente nelle parti più interne delle Orobie e nelle aree prossime allo spartiacque valtellinese. Lucertola della Carniola occupa al contrario le parti medio alte della Val Brembana e quelle analoghe sul versante destro della Val Seriana, non è stata raccolta in Val di Scalve. Entrambe non sono state rilevate, per ora, in media/bassa Val Borlezza e in Val Cavallina. Rispetto alla distribuzione storica riportata da Giacomelli (1896) la specie sembra essere scomparsa dalla pianura (Bergamo,

Caravaggio, Martinengo, Treviglio, Treviolo, Brembate sopra e Marne) dove probabilmente era presente la forma ovipara. *Zootoca vivipara* non è stata più osservata nelle seguenti località: Monte Misma e Monte Ortighera. Rispetto al lavoro del Giacomelli sono state aggiunte nuove stazioni.

Sulla base dei dati raccolti è possibile ipotizzare che le due sottospecie siano arrivate sulle Orobie dopo le ultime fasi glaciali; per quanto riguarda lucertola vivipara è ipotizzabile una colonizzazione da NE, mentre per quanto riguarda lucertola della Carniola è più probabile una colonizzazione da S, provenendo dai rifugi collocati nella Pianura Padana o presso nunataks (Surget-Groba *et al.*, 2002; Surget-Groba *et al.*, 2006). È stata evidenziata la presenza di due nuovi aplotipi di *Zootoca vivipara carniolica* esclusivi delle Alpi Orobie e delle Prealpi Bergamasche non descritti in precedenza: OL11 e OL12. La distribuzione degli aplotipi di lucertola della Carniola presenti nella provincia di Bergamo è visualizzata nella figura 1. Nello specifico si può osservare che l'aplotipo OS3 è tipico della Valle Brembana, dalla Valle Stabina al Lago Marcio (Branzi/Carona), sul versante S del Monte Menna e sul quello NW dell'Alben. L'aplotipo OL11 è esclusivo dell'area che va dalla Val Secca alla Val Canale fino alla Val Sanguigno. Un terzo aplotipo OL12 è localizzato sui versanti orientali dell'Alben. L'aplotipo OS3 fu determinato per la prima volta su campioni provenienti dalla Palude Brabbia (VA) i limiti di diffusione di questo aplotipo sono approssimativamente il Lago di Varese ad occidente, mentre a oriente è diffuso fino al versante orografico sinistro della Val Brembana. Purtroppo mancando campioni intermedi (comasco e lecchese) non è possibile definire con precisione l'areale; si presume l'esistenza di popolazioni intermedie. In Valle Brembana, in particolare, è stato riscontrato nelle seguenti località: Piani bassi di Valtorta, Val d'Inferno (Ornica), S. Giovanni (Cusio), Val Mora (Averara e S. Brigida), Lago Marcio (Branzi), Cascinetto di Menna (Oltre il Colle) e Pian della Mussa (Serina) a quote comprese tra 950 e 1798 m. Probabilmente questo aplotipo ha colonizzato la valle provenendo da aree rifugio meridionali e attestandosi nelle valli laterali della Val Brembana. Il nuovo aplotipo OL11, come è emerso dalle analisi genetiche, è stato osservato in una zona collocata tra la Valle Brembana e Seriana, dove assume una notevole importanza conservazionistica e biogeografica. In particolare è stato riscontrato presso le seguenti località: Baite di Campo (Roncobello), Baite Neel e Baite Zulino (Ardesio), torbiere delle Baite nuove di Preti e Baita Fratino (Valgoglio) tra 1420 e 1880 m. Di particolare interesse è l'aplotipo OL12 (un solo campione raccolto) attualmente noto per una limitata porzione del Monte Alben sopra la località Madonna del Frassino (Oneta 1300 m). Questa stazione, da cui non provenivano più segnalazioni da circa un secolo (Giacomelli, 1896), è stata riscoperta dopo 113 anni (Corbetta A., *legit*).

Di particolare interesse è anche la distribuzione degli aplotipi di lucertola vivipara. Ne sono stati determinati due: l'aplotipo VB1, piuttosto diffuso e già incluso nel cosiddetto gruppo "viviparo occidentale" (Surget-Groba, 2002) e VB26 un nuovo aplotipo osservato per ora solo esclusivamente nella Val Mora e presso i Piani dell'Avaro (Averara, Cusio, Mezzoldo e S. Brigida). L'aplotipo VB1 è originario dei Balcani ed appartiene al gruppo degli aplotipi del clade E che si è differenziato durante gli episodi glaciali. Questo clade è denominato viviparo occidentale, in quanto al termine dell'ultima glaciazione ha ricolonizzato la catena alpina, da cui si era ritirato, e l'Europa

occidentale raggiungendo l'Inghilterra, la Penisola Scandinava e il nord della Francia (Surget Groba, 2002; Surget-Groba *et al.*, 2006). *Lucertola vivipara* perciò è arrivata piuttosto recentemente sulle Alpi italiane, seguendo il ritiro dei ghiacciai, e penetrando la catena alpina da NE. Analoga situazione è osservabile sulla catena delle Orobie: lucertola vivipara è abbastanza comune in val di Scalve mentre è più rara in Val Seriana dove sembra essere più frequente sul versante orografico sinistro mentre è diffusa a spot sul versante orografico destro. In Val Brembana è localizzata lungo il crinale che confina con la Valtellina da cui questa sottospecie è penetrata verosimilmente, attraverso i valichi più bassi. Questi dati sono in accordo anche con recenti studi (Cornetti *et al.* 2014, 2015) che evidenziano come la scarsa variabilità genetica sia giustificabile con una recente e rapida espansione demografica.

Durante le indagini si è riscontrata una particolare situazione in Val Mora. Nello specifico in una piccola area (1 ha ca.) collocata sul versante orografico destro della valle sono stati raccolti un individuo appartenente a *Zootoca vivipara carniolica* (f) e due a *Zootoca vivipara vivipara* (m VB1 e f VB26). Nella stessa località, è presente *Podarcis muralis* e *Anguis fragilis*. Recentemente Lindtke *et al.* (2010) hanno ipotizzato casi di probabile ibridazione in un'area alpina a ridosso del confine Italo-austriaco, attraverso le analisi microscopiche della superficie delle uova, senza peraltro fornire alcuna conferma genetica a queste osservazioni.

L'analisi delle quote occupate dalle due forme ha messo in evidenza una certa vicinanza altitudinale. La media per lucertola vivipara è di 1622 m, contro 1424 m di lucertola della Carniola con una differenza di 207 m (Fig. 3). I dati sottoposti al t-test

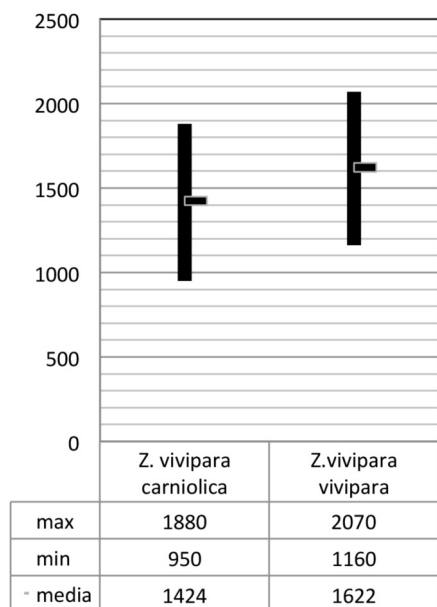


Fig. 3. Confronto tra le quote occupate da lucertola della Carniola e lucertola vivipara.

hanno dato risultato altamente significativo. La differenza potrebbe essere maggiore, se nel corso dell'indagine (mirata soprattutto alla ricerca della forma ovipara), si fosse campionato più frequentemente anche a quote superiori a 2000 m (oltre la quale si trova solo lucertola vivipara). Entrambe le sottospecie occupano un ampio intervallo altitudinale un po' più ristretto per la forma ovipara. La forma ovovivipara vive, dove sussistono habitat idonei, da 1100 m circa fino a 2350 m (sopra il Lago del Diavolo, Patera e Rivellini obs., 2009). Lucertola della Carniola può occupare nella bergamasca quote variabili da 950 m a 1880 m.

Lucertola vivipara è stata riscontrata in un numero maggiore di habitat, probabilmente perché è stata campionata più frequentemente. Questa maggiore capacità di occupare gli habitat disponibili è dovuta anche alla superiore escursione altimetrica (oltre 1200 m). Per ora non si è ritenuto opportuno sottoporre questi dati ai test statistici a causa del numero di stazioni non del tutto sufficiente per un'analisi esaustiva. È stato adoperato perciò un indice che desse un valore sulla sovrapposizione di nicchia (Pianka, 1973) che ha fornito un valore elevato (0,81) evidenziando una scelta nell'uso degli habitat molto simile. Lucertola della Carniola è presente in ambienti più mesofili rispetto all'altra sottospecie, occupando margini di faggete, spesso inoltre si trova associata ad erpetofauna eurizonale (*Bufo bufo*, *Podarcis muralis* e *Vipera aspis*). Lucertola vivipara al contrario è stata raccolta maggiormente in ambienti di alta quota comportandosi da specie microtermica associandosi, spesso, ad elementi tipici di ambienti freddi (*Vipera berus*, *Salamandra atra* e *Rana temporaria*).

Il settore padano, attualmente, riveste un ruolo importante per la conservazione di *Zootoca vivipara carniolica*, poiché sono presenti popolazioni con aplotipo più antico; questi siti sono potenzialmente minacciati dalle modificazioni dell'uomo (Giovine, 1989). I siti planiziali lombardi conosciuti (Milano, Treviglio, Bergamo) ad inizio '900 per documentazione diretta o per riferimenti bibliografici (Vandoni, 1914; Giacomelli 1896) sono andati distrutti. Lapini & Fabian (2004) evidenziano la particolare vulnerabilità della sottospecie in quanto nella Pianura Padana il territorio occupato è di circa 20 Km² e molte popolazioni vivono in habitat di pochi ettari. Situazione analoga è stata rilevata nel Veneto da Semenzato *et al.* (2010), che mettono in risalto il ruolo negativo legato alla mancanza delle pratiche agricole tradizionali nel mantenimento delle paludi di risorgiva, oltre alla generale riduzione dell'area degli habitat occupati.

Durante gli studi compiuti nel progetto Anfi.Oro., sono state identificate una dozzina di stazioni di lucertola della Carniola probabilmente isolate tra loro. *Zootoca vivipara carniolica* è soggetta ad un maggiore numero di minacce: l'abbandono degli alpeggi alle quote intermedie; la conseguente riforestazione spontanea delle ex aree agricole montane (Lapini *et al.* 2007); le alterazioni ambientali operate dall'uomo (edificazioni turistiche, costruzioni di strade, disturbo eccessivo, rimboschimenti). L'effetto più importante di questi tre fattori è la frammentazione degli habitat di media quota (1200-1500 m) che sta influenzando negativamente sulla sopravvivenza della sottospecie. Per tali motivi si può considerare perciò, lucertola della Carniola come una forma minacciata meritevole di programmi di conservazione e in particolare di gestione degli habitat. Al contrario si può affermare che *Zootoca vivipara vivipara* sia mediamente poco minacciata, proprio grazie alla capacità di occupare habitat soggetti a minore alterazione antropica come quelli collocati alle quote più elevate.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano Yann Surget Groba e Benoit Heulin per le analisi antecedenti l'indagine; Gianni Comotti e Andrea Corbetta per i campioni forniti. Lorenzo Laddaga per la preziosa collaborazione relativa alla raccolta dei campioni sul campo. Il presente studio è stato finanziato dal Parco delle Orobie Bergamasche nell'ambito del Progetto Se.Bio., Modulo Anfi.Oro. Per la raccolta campioni Regione Lombardia ha rilasciato deroga ai sensi art. 8 per raccolta a fini scientifici didattici (Deroga per comitato scientifico Stazione Sperimentale Regionale per lo studio e la conservazione degli anfibi in Lombardia Lago di Endine) prot. 1685 C.M. Laghi Bergamaschi.

BIBLIOGRAFIA

- ARRIBAS O., 2009 - Morphological variability of the Cantabro-Pyrenean populations of *Zootoca vivipara* (Jacquin, 1787) with description of a new subspecies (Squamata: Sauria: Lacertidae) *Herpetozoa*, 21 (3/4): 123-146.
- BENSON D.A., KARSCH-MIZRACHI I., LIPMAN D.J., OSTELL J. & WHEELER D.L., 2005. GenBank. *Nucleic Acids Res* 33: D34-D38.
- BOLOGNA M.A. & MAZZOTTI S., 2006 - Analisi biogeografica, pp. 655-678. In R. Sindaco, G. Doria, E. Razzetti, F. Bernini (eds). *Atlante degli anfibi e dei rettili d'Italia*. SHI, Polistampa, Firenze.
- CORNETTI L., MENEGON M., GIOVINE G., HEULIN B. & VERNESI C., 2014 - Mitochondrial and Nuclear DNA Survey of *Zootoca vivipara* across the Eastern Italian Alps: Evolutionary Relationships, Historical Demography and Conservation Implications. *PLoS ONE* 9(1): e85912. doi: 10.1371/journal.pone.0085912.
- CORNETTI L., BELLUARDO F., GHIELMI S., GIOVINE G., FICETOLA G.F., BERTORELLE G., VERNESI C. & HAUFFE H.C., 2015 - Reproductive isolation between oviparous and viviparous lineages of the Eurasian common lizard *Zootoca vivipara* in a contact zone. *Biological Journal of the Linnean Society*, 114: 566-573. doi:10.1111/bj.12478
- FOWLER J. & COHEN L., 1993 - *Statistica per ornitologi e naturalisti*. Muzio Ed., Padova.
- GHIELMI S., GIOVINE G., MENEGON M., LAPINI L., SURGET-GROBA Y. & HEULIN B., 2004 - Le attuali conoscenze sulla distribuzione di *Zootoca vivipara carniolica*, Mayer, Böhme, Tiedeman, Bischoff, 2000 in Italia (Reptilia: Lacertidae). V° Congresso nazionale SHI, Atti 123-130.
- GHIELMI S., HEULIN B., SURGET GROBA Y. & GUILLAME C. P., 2001 - Identification de populations ovipares de *Lacerta (Zootoca) vivipara* en Italie. *Bulletin Societè. Herpetologique Francaise*, 98: 19-29.
- GIACOMELLI P., 1896 - *Erpetologia orobica*. Atti dell'Ateneo di Scienze lettere ed arti. 13:1-37.
- GIOVINE G., 1989 - Indagine preliminare su *Lacerta (Zootoca) vivipara* nelle Prealpi bergamasche e nelle aree limitrofe. *Boll. R.a.na.* 2: 59-67.
- GIOVINE G., FERRARI S. & MURELLI A., 2010 - Primi dati sulla biometria e sul dimorfismo sessuale di una popolazione prealpina di lucertola vivipara della Carniola *Zootoca vivipara carniolica* Mayer, Bohme, Tiedemann e Bischoff, 2000 nel Parco regionale delle Orobie Bergamasche Atti. VIII Congresso Nazionale Societas Herpetologica Italica 419-424.
- IVANOV M., 2007 - Herpetological assemblages from the Pliocene to middle Pleistocene in Central Europe: palaeoecological significance. *Geodiversitas*. 29 (2): 297-330.
- LA GRECA, 1984 - L'origine della fauna italiana. *Le Scienze*. 99 : 66-79.
- LAPINI L. & FABIAN S., 2004 - Una popolazione di *Zootoca vivipara carniolica* Mayer, Bohme, Tiedemann e Bischoff nelle zone umide dell'Alto Livenza (Italia Nord Orientale, Reptilia: Lacertidae). *Gortania* 26:289-296.

- LAPINI L., 2007 - Stato delle conoscenze sull'erpetofauna attuale. 27-57. In Salvaguardia dell'Erpetofauna nel territorio di Alpe-Adria. Programma di iniziativa comunitaria InterregIII A Italia-Austria.
- LAPINI L., FIORENZA, FABIAN S. & FLORIT F., 2007 - La conservazione dell'erpetofauna. pp. 73-97. In Salvaguardia dell'Erpetofauna nel territorio di Alpe-Adria. Programma di iniziativa comunitaria InterregIII A Italia-Austria.
- LINDTKE D., MAYER W. & BOHME W., 2010 - Identification of a contact zone between oviparous and viviparous common lizards (*Zootoca vivipara*) in central Europe: reproductive strategies and natural hybridization. *Salamandra* 46 (2): 73-82.
- LORENZI M. & FERLINGHETTI R., 2006 - Rete Natura 2000. Provincia di Bergamo, Servizio aree protette. pp. 509.
- MARCONI C., 2001 - Aspetti geologici del territorio bergamasco 26-33. In Orchidee spontanee della provincia di Bergamo. Provincia di Bergamo, Bergamo: 191 pp.
- MAYER W. BOHME W., TIEDEMANN, F. & BISCHOFF, W., 2000 - On oviparous population of *Zootoca vivipara* (Jaquin, 1787) in south-eastern central Europe and their phylogenetic relationship to neighbouring viviparous and south-west European oviparous populations, *Erpetozoa*, 13 (1-2): 59-69.
- MAYER, W. & PAVLICEV, M., 2007 - The phylogeny of the family Lacertidae (Reptilia) based on nuclear DNA sequences: convergent adaptations to arid habitats within the subfamily Eremiinae. *Molecular Phylogenetic Evolution* 44: 1155-1163.
- MORITZ C., 1994 - Defining "Evolutionarily Significant Units" for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 9: 373-375.
- ODIERNA G., HEULIN B., GUILLAME C., VOGGIN N., APREA G., CAPRIGLIONE T., SURGET-GROBA Y. & KUPRIYANOVA L., 2001 - Evolutionary and biogeographical implication of the karyological variations in the oviparous and viviparous forms in the lizard *Lacerta* (*Zootoca*) *vivipara*. *Ecography* 24: 332-340.
- OHTA T., 1992 - The nearly neutral theory of molecular evolution. *Annual Review of Ecology and Systematics* 23: 263-286.
- PAETKAU D., 1999 - Using Genetics to Identify Intraspecific Conservation Units: a Critique of Current Methods. *Conservation Biology* Pages, 13, 6: 1507-1509.
- PIANKA E.K., 1973 - The structure of lizard communities. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4: 53 - 74.
- RAVAZZI C., 2003 - Gli antichi bacini lacustri e i fossili di Leffe, Ranica e pianico-Sellere. Quaderni di Geodinamica Alpina e Quaternaria, C.N.R. Istituto per la dinamica dei Processi ambientali: 176 pp.
- RICHARD J., SINDACO R. & LAPINI L., 2006 - Lucertola vivipara. 508-513. In Sindaco R., Doria G., Razzetti E. & Bernini E. (Eds.). Atlante degli Anfibi e Rettili d'Italia. Societas Herpetologica Italica. Edizioni Polistampa. Firenze :792 pp.
- SEMENTATO M., ROMANAZZI E., BERTOLLO S. & NOVARINI N., 2010 - Nuove indagini su anfibi e rettili dei querceti misti delle risorgive planiziali del veneto orientale. Atti 6° Convegno Faunisti Veneti, Treviso, 15-16 maggio 2010, a cura di M. Bon, F. Mezzavilla, F. Scarton. Supplemento al Bollettino del Museo di Storia Naturale di Venezia, 61: 74- 82.
- SINDACO R. & JEREMCENKO V., 2008 - The Reptiles of the Western Palearctic. Ed. Belvedere : 579 pp.
- SMITH M. F. & PATTON J.L., 1991. Variation in mitochondrial cytochrome b sequence in natural populations of South American akodontine rodents (Muridae: Sigmodontinae). *Molecular Biology and Evolution* 8: 85-103.
- SURGET GROBA Y., HEULIN B., GUILLAME C.P., PUKY M., SEMENOV D., ORLOVA V., KUPRIYANOVA L., GHIRA I. & SMAJDA B., 2006. Multiple origins of viviparity, or reversal from viviparity to oviparity? The European common lizard (*Zootoca vivipara*, Lacertidae) and the evolution of parity. *Biological Journal of the Linnean Society*, 87 : 1-11.
- SURGET-GROBA Y., 2002 - Phylogeographie du lézard *Zootoca vivipara* et evolution de la viviparité. These docteur de l'Université de Rennes, 2771, mention Biologie :74 pp.

SURGET-GROBA Y., HEULIN B., GHIELMI S., GUILLAME C.P. & VOGRIN N., 2002. Phylogeography and conservation of the populations of *Zootoca vivipara carniolica*. *Biological Conservation* 106 (3): 365-372.

VANDONI C., 1914 - I rettili d'Italia. Hoepli Milano: 273 pp.

Indirizzo degli autori:

Giovine Giovanni
Stazione Sperimentale Regionale per lo studio e la conservazione
degli anfibi in Lombardia - Lago di Endine,
via Don Zinetti 1, I-24060 Casazza (BG)
e-mail: giovineg@yahoo.it

Ghielmi Samuele
via Bainsizza 17, I-21046 Malnate (VA)
e-mail: sam.ghielmi@gmail.com

Cornetti Luca
Universität Basel, Zoologisches Institut Evolutionsbiologie
Vesalgasse 1, CH-4051 Basel
e-mail: luca.cornetti@unibas.ch

Vernesi Cristiano
Dept. of Biodiversity and Molecular Ecology
Research and Innovation Centre- Fondazione Edmund Mach
via E. Mach 1, I-38010 San Michele all'Adige (TN)
e-mail: cristiano.vernesi@iasma.it