



MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE
DIREZIONE GENERALE PER LA PROTEZIONE
DELLA NATURA E DEL MARE



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DELLA
Tuscia

DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECOLOGICHE E BIOLOGICHE



Proposta di intervento
per la conservazione ed il recupero
delle popolazioni di ululone appenninico
Bombina pachypus
in Italia peninsulare



MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE
DIREZIONE GENERALE PER LA PROTEZIONE
DELLA NATURA E DEL MARE



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DELLA
Tuscia

DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECOLOGICHE E BIOLOGICHE

A cura di: *Daniele Canestrelli, Mauro Zampiglia, Roberta Bisconti, Giuseppe Nascetti.*
Università degli Studi della Tuscia. Dipartimento di Scienze Ecologiche e Biologiche.

Con il contributo di: Gaetano Aloise, Roberta Bisconti, Daniele Canestrelli, Fulvio Cerfolli, Andrea Chiocchio, Eugenio Dupré, Giuseppe Nascetti, Francesco Pellegrino, Maria Tiziana Serangeli, Mauro Zampiglia.

Citazione consigliata: Canestrelli D., Zampiglia M., Bisconti R., Nascetti G., 2014.
Proposta di intervento per la conservazione ed il recupero delle popolazioni di ululone appenninico *Bombina pachypus* in Italia peninsulare. Dip. DEB Università degli Studi della Tuscia e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Roma.

Foto in copertina e nel documento: D. Canestrelli, M. Zampiglia.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata la memorizzazione, la riproduzione e l'adattamento totale o parziale con qualsiasi mezzo e in qualsiasi forma (elettronica, elettrica, chimica, ottica fotostatica) senza la preventiva autorizzazione del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

Vietata la vendita: pubblicazione distribuita gratuitamente dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e dall'Università degli Studi della Tuscia.

Finito di stampare: Maggio 2014

PREFAZIONE

L'ululone appenninico è un raro e piccolo anfibio endemico dell'Italia tutelato in base alla Direttiva Habitat, si tratta quindi di una delle specie per la cui conservazione abbiamo una particolare responsabilità. Nonostante gli sforzi di tutela negli ultimi anni si è assistito ad una repentina diminuzione del numero degli individui e ad una contrazione delle aree di presenza. Questa evoluzione è stata certificata nel corso del 2013 dal 3° Rapporto sullo stato di conservazione degli habitat e delle specie tutelate dalla Direttiva Habitat e dalla Lista Rossa dei Vertebrati Italiani, che stimano una riduzione della popolazione pari al 50% negli ultimi 10 anni.

Coerentemente con quanto previsto dalle Direttive comunitarie e dalla Strategia Nazionale per la Biodiversità, al monitoraggio sullo stato di conservazione delle specie devono seguire interventi per migliorare le situazioni che risultano in declino o insoddisfacenti.

Il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, conscio della responsabilità esclusivamente italiana della tutela e sopravvivenza dell'ululone appenninico, ha affidato ad un *team* di esperti dell'Università degli Studi della Tuscia l'incarico per un programma di monitoraggio sullo stato di conservazione della specie, la valutazione delle minacce e la formulazione di proposte gestionali concrete, soprattutto nei Parchi e nei Siti di Importanza Comunitaria.

Nel rivolgersi ad amministrazioni locali, aree protette, associazioni ambientaliste, questo volume è quindi un contributo tecnico e scientifico per la conservazione e il recupero delle popolazioni di ululone appenninico in Italia.

Renato Grimaldi

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare
Direzione Generale per la Protezione della Natura e del Mare
Direttore Generale

INDICE

INQUADRAMENTO TASSONOMICO	1
DESCRIZIONE	1
DISTRIBUZIONE GEOGRAFICA	3
HABITAT	3
FENOLOGIA, BIOLOGIA ED ECOLOGIA	4
DIVERSITÀ GENETICA DELLE POPOLAZIONI	6
TREND DEMOGRAFICO	7
OSSERVAZIONI STORICHE	7
OSSERVAZIONI RECENTI	8
AGGIORNAMENTO DELLO STATO DEMOGRAFICO IN ITALIA MERIDIONALE	11
POSSIBILI CAUSE DI DECLINO	15
CAUSE DEL DECLINO A SCALA LOCALE	15
CAUSE DEL DECLINO A SCALA D'AREALE	16
PROPOSTA D'INTERVENTO	20
BIBLIOGRAFIA	29

INQUADRAMENTO TASSONOMICO

L'ululone appenninico, *Bombina pachypus* (Bonaparte, 1838), è un anfibio endemico dell'Italia peninsulare, appartenente all'ordine degli anuri, famiglia Bombinatoridae. Lo status tassonomico dell'ululone appenninico è tuttora controverso. Infatti, fino a poco tempo fa *B. pachypus* era considerata una sottospecie dell'ululone dal ventre giallo, *B. variegata* (Linnaeus, 1758), specie politipica centro-europea presente anche in Italia settentrionale. Tuttavia, studi a carattere morfometrico hanno messo in luce differenze tra gli ululoni dell'Italia settentrionale e quelli dell'Appennino (Vandoni, 1914; Vaccaneo, 1931); inoltre studi a livello genetico hanno messo in evidenza un cospicuo differenziamento (Nascetti et al., 1982), suggerendo la possibilità di un'elevazione di *B. pachypus* a specie monotipica (Lanza e Vanni, 1991; Lanza e Corti, 1993). Ciò nonostante, l'elevazione al rango di specie richiederebbe un ampliamento dei dati sull'esistenza, la natura e l'entità di barriere di isolamento riproduttivo tra le due forme. Dal momento che ad oggi non risulta ancora chiaro se trattasi effettivamente di unità distinte a livello specifico, in letteratura vi si fa riferimento sia nella forma di sottospecie *B. v. pachypus* che in quella di specie *B. pachypus*. In questo scritto continueremo a riferirci ad essa come specie distinta.

DESCRIZIONE

L'aspetto dell'ululone appenninico adulto è quello di un piccolo rospo delle dimensioni medie di 3-5 cm in lunghezza, che

presenta una colorazione grigio brunastra sul dorso ed estese chiazze gialle su sfondo grigio-bluastro sul ventre. La superficie dorsale si presenta molto verrucosa, per la presenza di numerose ghiandole sierose deputate alla secrezione di una sostanza lattiginosa a scopi difensivi (Lanza, 1983). Il *pattern* di colorazione ventrale è molto variabile a livello interindividuale ed è spesso utilizzato per il riconoscimento degli esemplari durante le ricatture. Gli occhi presentano un'iride giallo-brunastra e la caratteristica pupilla a forma di cuore o triangolo rovesciato. I maschi si distinguono dalle femmine per la presenza di ispessimenti cornei negli arti anteriori, noti come cuscinetti nuziali, che risultano più evidenti durante la stagione riproduttiva (Guarino et al., 2007).



Esemplare di *Bombina pachypus* in visione dorsale (sinistra) e ventrale (destra), rinvenuto in località Bagno di Romagna (FC).

La larva di *B. pachypus* è caratterizzata da colorazione bruna sul dorso e biancastra sul ventre, e dalla presenza dello spiracolo in posizione medio-ventrale (Guarino et al., 2007).

DISTRIBUZIONE GEOGRAFICA

La specie è distribuita su tutta la penisola lungo la dorsale Appenninica (Guarino et al., 2006). Le popolazioni più settentrionali si riscontrano in Liguria (province di Genova e La Spezia; Doria e Salvidio, 1994; Mangini et al., 2002) ed Emilia-Romagna (provincia di Parma; Mazzotti e Stagni, 1993), mentre a sud la specie si spinge fino alla punta meridionale della Calabria (massiccio d'Aspromonte; Caputo et al., 1993). La distribuzione di *B. pachypus* non è omogenea all'interno dell'areale e il maggior numero di segnalazioni proviene dall'Appennino romagnolo-marchigiano e dall'area calabrese (Guarino et al., 2006).

L'ululone appenninico predilige le fasce altitudinali collinari e montane, sebbene lo si possa trovare a partire da pochi metri sul livello del mare (ad esempio in Emilia Romagna; Mazzotti et al., 1999) fino a oltre 1900 metri (nel Parco Nazionale del Pollino; Sperone et al., 2006).

HABITAT

B. pachypus frequenta sia ambienti acquatici che terrestri, è una specie eliofila e prevalentemente diurna. La tipologia di habitat dove si rinviene più frequentemente e dove si riproduce è quella costituita da raccolte di acqua di modeste dimensioni e poco profonde, sia in campo aperto che in ambiente boschivo. In questa tipologia rientrano pozze temporanee, piccoli stagni, acquitrini, risorgive, pozze fangose, canali di scolo, solchi allagati ai margini di strade

sterrate, fontanili, abbeveratoi, anse stagnanti di torrenti e corsi d'acqua a debole scorrimento.



Esempi di habitat riproduttivi di *B. pachypus* in Italia meridionale.

FENOLOGIA, BIOLOGIA ED ECOLOGIA

Il periodo di attività per questa specie va mediamente da aprile a ottobre, sebbene vari con la latitudine e l'altitudine, ed in determinate condizioni possa iniziare alla fine di febbraio e protrarsi fino a novembre (Guarino et al., 1998; Sperone et al., 2006). Durante la stagione fredda l'ululone sverna a terra, in

fessure o sotto rocce ricoperte da vegetazione, generalmente non lontano dai siti riproduttivi (Di Cerbo e Ferri, 2000).

L'attività riproduttiva inizia in primavera e si protrae per tutta l'estate. L'accoppiamento è di tipo lombare ed avviene in 2-3 episodi intervallati da periodi di stasi riproduttiva. In seguito a ciascun evento di accoppiamento la femmina depone da alcune decine fino ad un centinaio di uova che attacca, singolarmente o in piccoli gruppi, a vegetazione o rami sommersi, oppure a foglie morte sul fondale. Caratteristico è il richiamo del maschio durante la stagione riproduttiva, che ricorda un ululato (da qui il nome comune della specie). Lo sviluppo larvale è piuttosto rapido e la metamorfosi avviene in 2-3 mesi dalla deposizione. Talvolta i girini possono svernare allo stadio larvale. Il raggiungimento dell'età riproduttiva giunge al terzo anno sia per i maschi che per le femmine. *B. pachypus* è una delle specie di anfibi italiani più longevi, in quanto in condizioni naturali sembrerebbe possa raggiungere i 16 anni di vita (Guarino et al., 1995).

Le larve di ululone appenninico si cibano prevalentemente di microalghe, materiale organico in decomposizione e microinvertebrati. Larve e uova sono a loro volta preda di pesci, uccelli, bisce d'acqua, tritoni e larve di alcuni insetti. Gli adulti di *B. pachypus* si cibano di piccoli invertebrati, tra cui soprattutto insetti e crostacei.

Quando avvertono segnali di pericolo, gli adulti tendono ad immergersi, nascondersi tra la vegetazione o sotto le rocce, oppure si mimetizzano nel fango. Quando invece il sopraggiungere della minaccia avviene fuori dall'acqua e senza possibilità di fuga, l'ululone inizia a secernere una

sostanza fortemente irritante dalle ghiandole sierose cutanee e adotta un modulo comportamentale denominato *unken-reflex*: inarca il corpo e solleva le zampe in modo da mettere in evidenza la propria colorazione aposematica ventrale e dissuadere l'eventuale predatore. Gli adulti di *B. pachypus* hanno pochi predatori, tra i quali varie specie di uccelli e bisce d'acqua.

DIVERSITÀ GENETICA DELLE POPOLAZIONI

La capacità di popolazioni e specie di adattarsi ad un ambiente in continuo mutamento è strettamente legata alla diversità genetica all'interno di esse. La diversità genetica costituisce quindi una risorsa essenziale per la loro persistenza a lungo termine (Spielman et al., 2004a; Frankham, 2005). Da un punto di vista conservazionistico è quindi di fondamentale importanza conoscerne l'entità, la struttura e la distribuzione geografica.

La distribuzione geografica della diversità genetica di *B. pachypus* lungo l'areale è stata oggetto di recente studio (Canestrelli et al., 2006). Le popolazioni con livelli maggiori di diversità genetica sono risultate quelle presenti in Calabria, l'area cioè in cui la specie si sarebbe rifugiata dalle condizioni climatiche ad essa avverse che vigevano durante i periodi glaciali (Canestrelli et al., 2006). In particolare, il maggiore serbatoio di diversità genetica (*hotspot*), e dunque l'area di maggiore interesse conservazionistico, è stato riscontrato nella parte centrale della Calabria. Al contrario, tutte le popolazioni studiate a nord della Calabria presentano ridotti

valori di variabilità genetica e scarso differenziamento, in accordo con uno scenario di recente ricolonizzazione della parte centrale e settentrionale della penisola (presumibilmente dopo la fine dell'ultima glaciazione, c.a. 18000 anni fa) a partire dal rifugio calabrese. Pertanto, dal momento che i dati genetici indicano che le popolazioni settentrionali sono derivate da quelle meridionali e che la loro diversità genetica è per lo più un *subset* di quella riscontrabile in queste ultime, da un punto di vista evolutivo tutte le popolazioni possono considerarsi ascrivibili alla medesima unità evolutivamente significativa (ESU *sensu* Ryder, 1986; v.d. anche IUCN/SSC, 2008).

TREND DEMOGRAFICO

Osservazioni storiche

Almeno fino a circa l'inizio degli anni Novanta del secolo scorso, le popolazioni di *B. pachypus* erano considerate abbondanti lungo tutta la penisola italiana e demograficamente consistenti. Sebbene la distribuzione delle popolazioni non apparisse uniforme lungo l'areale, *B. pachypus* era segnalata in Liguria, Emilia-Romagna, Toscana, Umbria, Marche, Lazio, Abruzzo, Molise, Campania, Puglia, Basilicata e Calabria, dove raggiungeva il maggior numero di segnalazioni (vedi ad es. Doria e Salvidio, 1994; Mazzotti et al., 1999; Bologna et al., 2000; Vanni e Nistri, 2006; Ragni et al., 2006; Sindaco et al., 2006; Capula et al., 2008).

Durante i primi anni Novanta, nonostante le popolazioni apparissero in corso di rarefazione e le loro dimensioni fossero

ritenute in diminuzione in alcune aree, la specie veniva ancora riscontrata con frequenza e gran parte delle popolazioni risultavano piuttosto consistenti. Ad esempio, nell'ambito di uno studio sull'ecologia di *B. pachypus* in Abruzzo, Di Cerbo e Ferri (1996) avevano stimato la dimensione della popolazione di Fara San Martino in oltre 60 individui. In un altro studio svolto tra il 1994 e il 1996 in un'area di circa 500m² nel Parco Nazionale della Majella, gli stessi autori stimavano la dimensione di una popolazione di *B. pachypus* in 220 unità (Di Cerbo e Ferri, 2000).

Osservazioni recenti

A partire dalla seconda metà degli anni Novanta, un crescente numero di osservazioni e di pubblicazioni riportano una contrazione diffusa delle popolazioni di ululone appenninico, intesa sia come numero di siti di presenza che come numero di individui riscontrati per sito (Barbieri et al., 2004). Inoltre, con la pubblicazione del “Libro rosso degli animali d'Italia” del WWF nel 1998 (Bulgarini et al., 1998), *B. pachypus* comincia ad essere riconosciuta come specie in declino, sebbene ancora ascrivibile alla categoria “Rischio Minimo”.

Nel corso degli anni successivi, le pubblicazioni e le comunicazioni riguardanti la specie hanno continuato a descrivere una situazione di sostanziale riduzione demografica delle popolazioni. Ad esempio, durante uno studio sulla distribuzione di *B. pachypus* nel Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga, nel 1999, Di Martino e Ferri (2002) verificarono la presenza della specie in 11 siti, riscontrando però un massimo di 6 esemplari per sito. Uno scarso numero di individui per sito è stato riscontrato anche da Angelini et al.

(2004) in 17 località situate sui Monti Lepini (Lazio), nel periodo 1995-2003. Il numero di individui osservato da Colliva et al. (2006) studiando la struttura e la dinamica di popolazione in 3 siti dell'Appennino in Emilia-Romagna, province di Ravenna e Forlì-Cesena, andava da un minimo di 14 a un massimo di 72, in relazione alla tipologia di sito e alle sue condizioni di anno in anno. Osservazioni di un sostanziale declino della specie in Emilia-Romagna vengono riportate da altri autori per quanto riguarda le province di Modena e Bologna (Stagni et al., 2004). Scarsità di individui è stata riscontrata anche nelle Marche nel periodo 2001-2007 da Fiacchini (2007), che in un totale di 43 stazioni, ha rilevato mediamente 4-5 individui per stazione.

Nel 2004 Barbieri et al. (2004) hanno pubblicato un resoconto sullo stato di conservazione delle popolazioni di *B. pachypus* in Lazio, Abruzzo, Campania, Puglia, Basilicata e Calabria. Scopo di questo studio era confermare la presenza della specie in stazioni note dalla letteratura o da altre fonti, ed eventualmente verificarne la presenza in siti idonei ma inediti. Anche in questo caso, durante la ricerca sul campo, gli autori hanno osservato un numero medio di circa 15 individui adulti per sito (Barbieri et al., 2004). Ma il dato più allarmante emerso in tale sintesi è stata la mancata osservazione della specie in molti dei siti storici di presenza in tutte le regioni esaminate ad eccezione della Calabria, dove al contrario sono state segnalate diverse stazioni inedite (Barbieri et al., 2004). In base a questi risultati, gli autori hanno proposto lo stato di "non minacciate" per le popolazioni calabresi e quello di "vulnerabili" per tutte le altre (Barbieri et al., 2004). Il miglior stato di conservazione delle popolazioni della Calabria, veniva

confermato anche dai dati di Sperone et al. (2006) che, dal 1983 al 2006, avevano riportato una distribuzione piuttosto uniforme di *B. pachypus* in Calabria e Lucania meridionale, contando ben 297 siti di presenza. Per quanto riguarda invece le popolazioni centro-settentrionali, ulteriori dati negli ultimi anni ne hanno confermato il *trend* negativo, rilevando ad esempio la scomparsa della specie in molte località precedentemente occupate in Toscana (Vanni e Nistri, 2006), l'estinzione di alcune popolazioni nella provincia di Grosseto (Mori e Giovani, 2012), e la scomparsa della specie dal 50% dei siti in Liguria dal 2005 al 2009 (Canessa et al., 2013).

A seguito della sua situazione di sostanziale e repentino declino, ed in virtù della sua endemicità, oggi *B. pachypus* risulta protetta dall'Unione Europea, essendo citata nell'Appendice II della Convenzione di Berna e negli Allegati II e IV della Direttiva Habitat (92/43/CEE), recepita a livello nazionale con il DPR 357/1997, nonché da alcune leggi regionali (cit. *B. variegata*). Inoltre, dal 2009 è classificata come specie "in pericolo" nella Lista Rossa dell'Unione Mondiale per la Conservazione della Natura (IUCN; Andreone et al., 2009) e nel 2013 è stata classificata come specie "in pericolo" anche nella Lista Rossa dei Vertebrati italiani (Rondinini et al., 2013). In quest'ultimo documento in particolare, il declino delle popolazioni è stimato tra il 50 e l'80% e viene segnalata una significativa riduzione degli individui maturi negli ultimi 10 anni. Infine, l'andamento negativo è stato confermato anche dai risultati emersi dal terzo rapporto per la Direttiva Habitat (redatto ai sensi dell'art.17), nel quale le popolazioni delle aree biogeografiche Continentale e Mediterranea (cit. *B. variegata*) vengono

complessivamente definite come in “cattivo stato di conservazione”. Tale rapporto suggerisce inoltre come cause principali di tale stato, il deterioramento degli habitat riproduttivi e del loro grado di connettività, l'introduzione di malattie epidemiche, la depressione da inincrocio.

Aggiornamento dello stato demografico in Italia meridionale

Le notizie di letteratura più recenti sullo stato demografico delle popolazioni di ululone appenninico in Italia meridionale, hanno riguardato le aree situate a nord del Parco Nazionale del Pollino. Romano et al. (2010), tra il 2008 e il 2009, si sono occupati della distribuzione e dello stato di conservazione degli anfibi nel Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni. Pur riscontrando la presenza dell'ululone in alcuni siti, gli autori parlano di un drastico declino della specie, una volta molto diffusa nell'area, tanto da essere considerata l'anfibio più comune del massiccio degli Alburni (Caputo et al., 1985) ed uno dei più comuni nelle aree interne del Cilento e Vallo di Diano (Talenti, 1988). Nelle ultime due decadi, secondo Romano e colleghi, la specie è scomparsa da molti siti nell'area ed il numero di individui osservabili per sito è diminuito drammaticamente (Romano et al., 2010). Diversa invece è la situazione mostrata da Romano et al. (2012) nel Parco Nazionale dell'Appennino Lucano, Val d'Agri e Lagonegrese dove, nel periodo 2009-2011, gli autori riportano la specie come a distribuzione limitata ma localmente frequente.

Come precedentemente ricordato, vista la particolare importanza delle popolazioni di *B. pachypus* dell'Italia

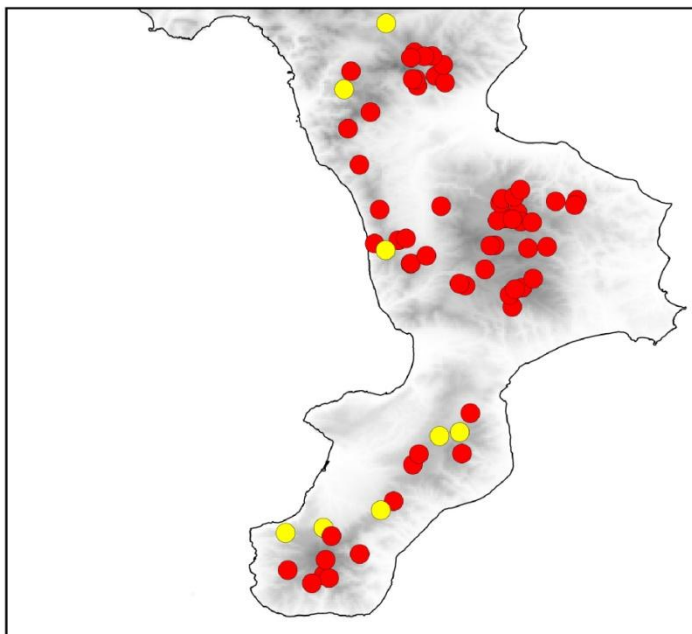
meridionale, nel 2013 il Dipartimento di Scienze Ecologiche e Biologiche dell'Università degli Studi della Tuscia ha avviato una campagna di verifica della presenza di *B. pachypus* in Calabria e Lucania meridionale.

La campagna di monitoraggio, condotta durante il periodo di attività della specie (Aprile-Ottobre), ha interessato tutti i Parchi Nazionali al margine più meridionale del suo areale: il Parco Nazionale del Pollino, il Parco Nazionale della Sila e il Parco Nazionale dell'Aspromonte, ed è stata poi estesa ad altre aree limitrofe di interesse, caratterizzate da presenza storica della specie, come il Parco Naturale Regionale delle Serre, nonché l'area della Catena Costiera.

Per ciascuna area sono stati raccolti e filtrati per accuratezza dati da varie fonti di letteratura (riviste scientifiche, atti di congressi, banche dati di collezioni museali, banche dati di segnalazioni di presenza di specie di interesse faunistico), al fine di costituire una banca dati dei siti di presenza storica della specie. Questa banca dati è stata poi utilizzata per la pianificazione dell'attività di campo. Per ciascuna area sono stati selezionati e visitati ripetutamente (3 visite/sito) siti noti di presenza dell'ululone, con lo scopo di accertarne la presenza attuale.

Nel Parco Nazionale del Pollino ed aree limitrofe, su 15 siti visitati soltanto in 2 è stata riscontrata la presenza di *B. pachypus*. Una situazione simile è stata riscontrata anche nel Parco Nazionale dell'Aspromonte e nelle aree ad esso attigue, con 3 siti di presenza, a fronte degli 11 siti visitati, nel Parco Naturale Regionale delle Serre, con 2 siti di presenza su 6 siti visitati e nell'area della Catena Costiera, con 1 sito di presenza su 8 siti visitati. Ancora più drammatica la situazione nell'area

della Sila, con 0 osservazioni di presenza a fronte dei 26 siti visitati, situazione resa ancor più grave se si considera che la Sila ospita gran parte dell'*hotspot* di diversità genetica di questa specie.



Siti di presenza storica di *B. pachypus* visitati nel 2013. In giallo sono riportati i siti dove la specie è stata rinvenuta, in rosso quelli dove non sono stati effettuati avvistamenti.

Lo scenario che emerge da queste osservazioni, di sostanziale declino di *B. pachypus* anche in l'Italia meridionale, è stato ulteriormente corroborato dall'esito delle interviste condotte sul campo. In molti dei siti visitati infatti sono stati intervistati abitanti del luogo potenzialmente

informati sulla presenza della specie (naturalisti, pastori, agricoltori). Tutti coloro che ad una iniziale verifica sono apparsi effettivamente in grado di fornire informazioni precise ed utili, hanno riportato la specie come molto abbondante e diffusa in passato, ma piuttosto rara o non più osservata in tempi recenti.

Le osservazioni poc'anzi riportate descrivono una situazione di sostanziale e repentino declino della specie, anche dall'area che per diversità genetica e consistenza demografica era fino a poco tempo prima apparsa come una sua "roccaforte". Vale la pena tuttavia sottolineare come, in virtù della limitata estensione temporale di tale monitoraggio (una singola stagione di attività) nonché della grande estensione dell'area indagata, i risultati da esso ottenuti vadano considerati con una certa cautela. Non è possibile escludere infatti che più mirate e ripetute campagne di monitoraggio possano individuare in ciascuna delle aree sopra menzionate siti di presenza della specie. Una tale evenienza sarebbe peraltro attesa, in virtù del fatto che ad una diminuzione della consistenza numerica delle singole popolazioni corrisponde verosimilmente una minor reperibilità della specie nel corso delle singole visite. Tuttavia, il quadro d'insieme che emerge, ossia di una recente, grave e diffusa contrazione demografica della specie in Italia meridionale, difficilmente potrà risultare controvertibile.

POSSIBILI CAUSE DEL DECLINO

Cause del declino a scala locale

Constatato che per *B. pachypus* fosse in atto un processo di declino, sono state ricercate spiegazioni plausibili e sono stati proposti diversi fattori come possibili cause del fenomeno. Tra le ipotesi avanzate, molte coinvolgono fattori di distruzione e alterazione degli habitat. Ad esempio, alcuni autori hanno mostrato come la distruzione delle pozze di riproduzione abbia contribuito al declino delle popolazioni di ululone (es. Angelini et al., 2004). Altri esempi sono quelli riportati da Fiacchini (2007) che ha messo in evidenza il ruolo dell'essiccamento dovuto a captazione dei corsi d'acqua nella scomparsa dei siti riproduttivi nelle Marche, e da Angelini et al. (2004) che hanno invece collegato l'immissione di scarichi non depurati in un corso d'acqua sui Monti Lepini con la scomparsa dell'ululone. In altri casi sono state avanzate ipotesi sul possibile impatto del calpestio della fauna selvatica sui siti riproduttivi, suggerendo un ruolo dell'aumento delle popolazioni di cinghiale nel declino di *B. pachypus* (Vanni e Nistri, 2006), oppure dell'impatto dell'introduzione di fauna ittica (Sarrocco e Bologna, 2000). Secondo Canessa et al. (2013) anche l'abbandono delle pratiche agricole, con disuso di pozze di irrigazione usate come siti riproduttivi e conseguente aumento di vegetazione e di predatori, può aver dato un contributo significativo al fenomeno osservato.

Tuttavia, questi fattori di disturbo agiscono a scala locale e molti dei processi coinvolti vengono regolamentati a livello regionale. Tali fattori, quindi, da soli non consentono di

spiegare un fenomeno di così vasta portata da interessare tutto l'areale della specie.

Cause del declino a scala d'areale

Per cercare spiegazioni a un fenomeno di declino così esteso da interessare la totalità dell'areale della specie, sono state avanzate ipotesi circa il possibile ruolo di fattori che possono agire su vasta scala geografica, come malattie, cambiamenti climatici e ridotta diversità genetica.

Una malattia in particolare, la chitridiomicosi, ha suscitato interesse ed allarme, allorché è stata diagnosticata in esemplari di *B. pachypus* prelevati nella provincia di Bologna tra il 2000 e il 2001, con evidenze di suscettibilità allo sviluppo della patologia e di mortalità (Stagni et al., 2004), ed è stata da subito considerata tra le più probabili cause del declino della specie (Andreone et al., 2009).

La chitridiomicosi è una malattia infettiva emergente, causata dal fungo chitridiomicete *Batrachochytrium dendrobatidis*, noto anche come “chitridio” (Berger et al., 1998; Longcore et al., 1999). Questo agente patogeno attacca le cellule cheratinizzate dell'epidermide degli anfibii provocando disfunzioni dell'osmoregolazione con conseguente arresto cardiaco (Pessier et al., 1999; Voyles et al., 2009). *B. dendrobatidis* è stato descritto per la prima volta alla fine degli anni Novanta, in seguito ad eventi di mortalità di massa di anfibii osservati in Australia e America centrale (Berger et al., 1998). Dal momento della sua identificazione, laboratori di tutto il mondo hanno compiuto ricerche per studiare la sua distribuzione a livello globale, la sua origine, la sua ecologia, le modalità di diffusione, i meccanismi patogenici e la

suscettibilità delle diverse specie ospiti (vedi Fisher et al., 2009; Kilpatrick et al., 2010; Venesky et al., 2013). Ad oggi, il patogeno *B. dendrobatidis* risulta diffuso in tutti i continenti che ospitano anfibi, la sua azione patogenica è stata collegata alla mortalità ed al declino di diverse specie ospiti ed è da molti ritenuto il principale fattore causale del declino globale degli anfibi (Fisher et al., 2009; Kilpatrick et al., 2010; Venesky et al., 2013).

Uno studio volto a delineare lo stato di infezione delle popolazioni di *B. pachypus* lungo tutto l'areale è stato condotto dal gruppo di ricerca di Ecologia del Dipartimento di Scienze Ecologiche e Biologiche dell'Università della Tuscia, indagando anche lo stato di infezione nel tempo grazie all'analisi di campioni raccolti in due serie temporali, una tra il 1978 e il 1981 ed una tra il 2003 e il 2012 (Canestrelli et al., 2013). I risultati di questo studio hanno messo in evidenza non solo un'estesa diffusione del patogeno, che è stato diagnosticato in tutte le 15 popolazioni testate dislocate lungo l'areale, ma anche una sua estesa presenza storica, essendo stato rilevato in campioni del periodo 1978-1981 sia nella parte settentrionale che meridionale dell'areale.

Dal momento che la presenza del patogeno su *B. pachypus* si è rivelata essere di lungo corso e ben antecedente alle osservazioni di declino (Barbieri et al., 2004), è altamente improbabile che *B. dendrobatidis* possa essere l'unico fattore responsabile del declino dell'ululone appenninico. Più probabile sembrerebbe invece uno scenario in cui il declino sia determinato dall'azione sinergica di più fattori (Canestrelli et al., 2013).

L'ipotesi che è stata avanzata (tuttora oggetto di vaglio sperimentale) per spiegare l'intervallo temporale tra le prime evidenze della presenza di *B. dendrobatidis* e l'inizio del declino, suggerisce un coinvolgimento dei cambiamenti climatici registrati negli ultimi anni (Brunetti et al., 2004; Toreti e Desiato, 2008) nello spostamento dell'interazione ospite-patogeno verso un aumento di patogenicità (Canestrelli et al., 2013). Fattori climatici, infatti, oltre ad agire in maniera diretta (Walther et al., 2002; Thomas et al., 2004; Parmesan, 2006), come del resto documentato anche in *B. pachypus* (Di Cerbo e Ferri, 2000), possono influenzare in maniera indiretta l'attività dei patogeni (Harvell et al., 2002; Pounds et al., 2006).

Per spiegare invece il diverso andamento geografico del declino, con popolazioni che, a parità di infezione, hanno iniziato a contrarsi al centro e al nord dell'areale, mentre in Calabria sono rimaste demograficamente stabili, significativo è stato ritenuto il diverso grado di variabilità genetica osservato in questi tre distretti geografici (Canestrelli et al., 2006). La diversità genetica, infatti, può costituire un'arma fondamentale per contrastare l'azione di patogeni emergenti (Acevedo-Whitehouse et al., 2003; Spielman et al., 2004b; Hughes e Boomsma, 2004; Pearman e Garner, 2005) ed altri fattori di minaccia, ed è plausibile che la maggiore diversità genetica delle popolazioni calabresi possa aver contribuito (stanti condizioni climatiche favorevoli) a conferire tolleranza nei confronti del chitridio (Canestrelli et al., 2013).

Inoltre, analisi preliminari del *pattern* di distribuzione della specie, effettuate mediante modellizzazione della sua nicchia bioclimatica, hanno permesso di stimare l'entità dei futuri cambiamenti di idoneità climatica dell'area occupata

dalla specie (Zampiglia et al., 2013). Quello che è emerso è che nel periodo 1950-2000 vigeva effettivamente una maggiore idoneità bioclimatica proprio nell'area della Calabria, configurando quindi questa regione non solo come l'*hotspot* di diversità genetica e di tolleranza al chitridio, ma anche come l'area con condizioni bioclimatiche più favorevoli per la specie. Tuttavia, proiettando il modello in scenari climatici futuri, attesi per il 2080 sia in condizioni di sviluppo sostenibile che con aumento dei gas serra, viene previsto un capovolgimento del quadro, con una perdita di idoneità climatica proprio in Calabria e un possibile miglioramento dell'idoneità nelle aree centrali e settentrionali dell'areale.

Questi ultimi aspetti rivestono particolare importanza dal punto di vista della conservazione della specie, e sottolineano ancora di più la necessità di salvaguardare il potenziale evolutivo delle popolazioni, soprattutto in Italia meridionale. Tale necessità diviene a questo punto impellente, alla luce del recente declino di *B. pachypus* anche in quell'area.

PROPOSTA D'INTERVENTO

Da quanto detto fin qui apparirà chiaro come in assenza di interventi di gestione e di conservazione, tali da invertire l'andamento demografico in corso, l'ululone appenninico non potrà che andare incontro ad un'ulteriore decimazione delle sue popolazioni e dunque a probabile estinzione. È importante sottolineare come l'attuazione di interventi volti ad arginare e ad invertire l'andamento in atto, non solo è altamente auspicabile sulla base dei dati disponibili per la specie, ma è anche assolutamente necessaria al fine di onorare gli obblighi contratti dall'Italia in ambito europeo, secondo quanto previsto dalla Direttiva Habitat (Direttiva n. 92/43/CEE).

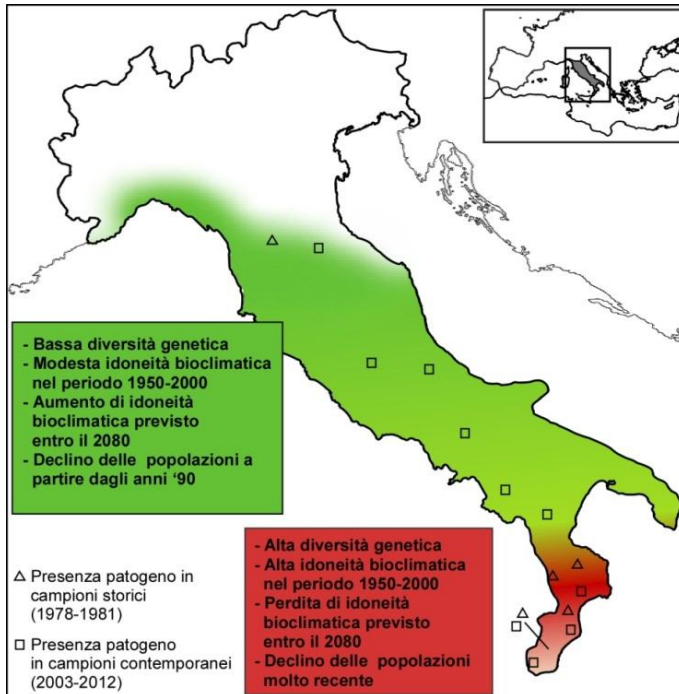
Prima di passare alla formulazione di proposte concrete di intervento, gioverà richiamare schematicamente i punti più significativi fin qui illustrati:

- *B. pachypus* ha subito un repentino e drastico declino delle popolazioni in tutto l'areale a partire dalla metà degli anni Novanta ad eccezione della Calabria, dove il crollo demografico è stato osservato solo in tempi recentissimi;
- Il patogeno *B. dendrobatidis*, responsabile della chitridiomicosi e ritenuto uno dei principali agenti del declino, è ubiquitario lungo l'areale di *B. pachypus* ed è presente tra le sue popolazioni da diverso tempo prima dell'inizio del declino;

- La diversità genetica intraspecifica di *B. pachypus* è concentrata nelle popolazioni della Calabria ed è bassa in tutto il resto dell'areale, ma tutte le popolazioni sono ascrivibili ad un'unica unità evolutivamente significativa;
- Modelli preliminari di idoneità bioclimatica suggeriscono che la Calabria sia stata l'area a maggior idoneità per la specie nel periodo 1950-2000, ma prevedono che entro il 2080 quest'area subirà una riduzione del suo grado di idoneità, mentre le aree centrali e settentrionali della penisola potrebbero offrire condizioni progressivamente più favorevoli;
- Evidenze provenienti da varie regioni, delineano una tendenza al degrado dei siti riproduttivi della specie, imputabile a cause diverse per natura, ma comunque di origine antropica.

Una prima considerazione che scaturisce dagli elementi di sintesi appena esposti è che qualunque azione di conservazione, sia essa incentrata sulla singola popolazione o sulla specie nel suo insieme, non potrà che essere destinata al fallimento se non preceduta da azioni di ripristino della qualità degli habitat. Tali azioni ricadono per competenza nei singoli distretti regionali, e la loro progettazione non può che basarsi sui dati provenienti da valutazioni delle realtà locali. Tuttavia, una pianificazione coordinata, volta a garantire una distribuzione omogenea di siti idonei o ripristinati lungo l'areale della specie, è particolarmente auspicabile nel caso della specie in esame, caratterizzata da macroscopiche disomogeneità geografiche in aspetti chiave per la sua

conservazione, alcuni dei quali peraltro in apparente repentino mutamento (v.d. figura seguente).



Areale di *B. pachypus*, diffusione accertata del patogeno *B. dendrobatidis* nelle sue popolazioni (in campioni storici e recenti), e sintesi dei principali dati di interesse ai fini della formulazione di un piano di intervento per la sua conservazione.

Tuttavia, proprio alla luce degli elementi poc'anzi ricordati, azioni di ripristino della qualità degli habitat, pur assolutamente fondamentali per il recupero delle popolazioni, difficilmente potranno garantirne una conservazione a lungo termine o generare un'inversione dell'attuale andamento osservato a scala d'areale. Tali interventi infatti, pur rimuovendo molti dei

fattori che ostano alla presenza della specie, non agiscono sulla complessa serie di cause che sembrano guidarne il declino ad ampia scala geografica. Tali cause, per altro tra loro in apparente interazione, sembrano infatti riguardare processi come l'erosione genetica, la depressione da inincrocio, l'interazione genotipo-ambiente, l'azione di patogeni emergenti ed i cambiamenti climatici in atto. Inoltre, una quota consistente dei siti da cui la specie è recentemente scomparsa, risiedono all'interno di aree protette o in zone comunque ad elevata naturalità, dove non è stato possibile evidenziare alterazioni sostanziali della qualità degli habitat avvenute in prossimità del declino.

Dal momento che la rimozione di alcuni dei fattori di minaccia che sembrano svolgere un ruolo primario, come chitridiomicosi e cambiamenti climatici, è di fatto attualmente impercorribile, la strategia di conservazione migliore appare quella volta ad aumentare il potenziale adattativo delle popolazioni declinanti.

La scala geografica delle azioni da intraprendere non potrà dunque che essere duplice: a) locale, per rimuovere i fattori che ostano alla presenza, al recupero demografico o alla reintroduzione della specie; b) d'areale, per contrastare l'azione di fattori in grado di minacciare la specie nel suo insieme.

Inoltre la velocità con cui il processo di declino delle popolazioni pare realizzarsi è tale da suggerire la necessità di agire quanto prima (ad entrambe le scale spaziali), comprimendo i tempi, anche in assenza di una completa e puntuale comprensione dei fattori causali. A tale proposito vale la pena citare il noto caso del *po'ouli* (*Melamprosops*

phaeosoma), un uccello endemico delle isole Hawaii, per il quale i tempi di studio dei processi alla base del declino ed il processo di individuazione della strategia ottimale di conservazione, hanno subito una dilatazione tale (VanderWerf et al., 2006) che la specie è stata dichiarata probabilmente estinta, proprio alle soglie della formulazione di un piano per la sua conservazione (IUCN, 2013).

In virtù di quanto fin qui esposto, le uniche azioni in grado di agire a contrasto dei fattori di minaccia agenti a scala d'areale, e dunque potenzialmente in grado di offrire probabilità non nulle di conservazione a lungo termine delle popolazioni, sono quelle cumulativamente note come "reintroduzione" (*sensu lato*; Ewen et al., 2012), ossia quella classe di azioni che attraversa fasi di costituzione e gestione di *stock* riproduttivi in cattività, seguite da fasi di ripopolamento, in aree dove la specie sia già presente o la cui presenza sia nota in passato. Questi interventi sarebbero mirati non solo a ripristinare popolamenti depauperati o del tutto scomparsi, ma soprattutto a favorire un più elevato potenziale adattativo delle popolazioni da reintrodurre. Di nuovo, in assenza di interventi preliminari volti al ripristino, alla gestione e alla conservazione degli habitat propri della specie, tali azioni di reintroduzione in natura non potrebbero raggiungere l'efficacia desiderata.

In modo particolare in un caso come quello in oggetto, una strategia d'azione centrata su interventi di reintroduzione può coniugare diversi vantaggi potenziali, quali:

1) la possibilità di avvalersi, per la formulazione del piano delle attività, di una letteratura internazionale ormai estesissima (per una recente sintesi si veda Ewen et al., 2012). La biologia della reintroduzione è infatti una scienza che ha fatto notevoli progressi nel corso degli ultimi anni, cosicché molte delle criticità e delle incertezze che accompagnavano tali iniziative in passato, possono oggi essere valutate *ex-ante*;

2) la possibilità di separare nel tempo la fase di costituzione dello *stock* riproduttivo da quella di rilascio in natura, e quindi di: a) guadagnare tempo alle azioni di ripristino ambientale; b) conservare nel tempo uno *stock* potenziale da sfruttare qualora promettenti linee di ricerca attualmente in corso individuino nuove strategie di contrasto alle cause di minaccia;

3) la possibilità di selezionare uno *stock* riproduttivo ottimale per numero di riproduttori e quantità di variazione genetica complessivamente catturata. Numero di riproduttori e variazione genetica sono infatti parametri cruciali per l'esito di un processo di reintroduzione, in quanto da essi dipende il potenziale adattativo delle popolazioni rilasciate e, quindi, la loro capacità di fronteggiare con successo minacce ambientali presenti e future (Ewen et al., 2012).

4) la possibilità di utilizzare le medesime strutture di allevamento in cattività per generare più nuclei di reintroduzione. Infatti, dal momento che tutte le popolazioni della specie fanno parte di una singola unità evolutivamente

significativa, sarà possibile utilizzare le medesime strutture di allevamento in cattività per la generazione di diversi nuclei di reintroduzione.

Tale iniziativa dovrà necessariamente implicare le seguenti fasi:

- 1) individuazione di aree idonee ad accogliere i futuri interventi di reintroduzione, individuazione dei siti potenziali di reintroduzione all'interno di esse e realizzazione delle azioni di ripristino ambientale eventualmente necessarie. Aree di elezione in tal senso non potranno che essere quelle già oggi oggetto di protezione, quali siti SIC e Parchi Nazionali. Tali aree garantiscono infatti meglio di altre la durevolezza degli interventi di ripristino ambientale, massimizzando dunque le probabilità di successo. Per quanto attiene alla dislocazione geografica delle aree, come già detto, esse andranno selezionate su tutto il territorio peninsulare (ossia in tutto l'areale della specie), sebbene alla luce di quanto emerso priorità dovrebbe essere attribuita alla parte più meridionale dell'areale (identificabile approssimativamente con l'area calabrese), *hotspot* di risorse genetiche e dunque di potenziale evolutivo per la specie;
- 2) selezione delle popolazioni sorgente, attraverso strumenti di analisi che consentano di catturare simultaneamente il massimo della diversità genetica ancora presente, gli elementi di unicità presenti nelle

diverse popolazioni, nonché di minimizzare processi di depressione da inincrocio a carico degli *stock* riproduttivi;

- 3) allestimento di una o più strutture di allevamento in cattività a lungo termine e definizione dei protocolli di gestione;
- 4) costituzione dello *stock* riproduttivo. Essendo la specie costituita da una singola ESU, tale *stock* potrebbe essere assemblato con individui di varia provenienza geografica, a tutto vantaggio della diversità genetica dei futuri nuclei di reintroduzione;
- 5) selezione dei siti dove effettuare esperimenti pilota di reintroduzione;
- 6) avvio delle iniziative di reintroduzione;
- 7) predisposizione ed attuazione di piani di monitoraggio a lungo termine degli effetti demografici e genetici degli interventi.

Infine, conseguenza diretta di quanto appena detto nonché della scala geografica degli interventi proposti, è la necessità ed urgenza della predisposizione di un tavolo tecnico cui dovranno essere invitati a partecipare, oltre ai proponenti, i rappresentanti dei diversi distretti regionali e delle amministrazioni degli enti Parco Nazionale potenzialmente interessati, e dei cui risultati dovrà essere messo a conoscenza il personale incaricato del MATTM e di ISPRA.

Tale tavolo tecnico dovrà necessariamente discutere, oltre ai tempi ed ai modi di attuazione degli interventi, anche le opportunità per il loro finanziamento. A tale proposito si ricorda che, essendo la specie di interesse europeo (cit. *B. variegata*) e dal momento che la succitata convenzione MATTM-DEB fornisce un'attualizzazione delle conoscenze sullo stato della specie, le diverse linee di finanziamento di potenziale interesse potrebbero includere progetti LIFE+ oltre che i Fondi Rurali (v.d. aree agricole ad elevata naturalità).

BIBLIOGRAFIA

- Acevedo-Whitehouse K., Gulland F., Greig D., Amos W. (2003). Disease susceptibility in California sea lions. *Nature*, 422: 35-35.
- Andreone F., Corti C., Sindaco R., Romano A., Giachi F., Vanni S., Delfino G. (2009). *Bombina pachypus*. In: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 23 December 2013.
- Angelini C., Cari B., Mattoccia M., Romano A. (2004). Distribuzione di *Bombina variegata pachypus* (Bonaparte, 1838) sui Monti Lepini (Lazio) (Amphibia:Anura). Atti Società italiana di Scienze Naturali e del Museo civico di Storia Naturale. Milano.
- Barbieri F., Bernini F., Guarino F.M., Venchi A. (2004). Distribution and conservation status of *Bombina variegata* in Italy (Amphibia, Bombinatoridae). *Italian Journal of Zoology*, 71: 83-90.
- Berger L., Speare R., Daszak P., Green D.E., Cunningham A.A., Goggin C. L., Slocombe R., Ragan M.A., Hyatt A.D., McDonald K.R., Hines H.B., Lips K.R., Marantelli G., Parkes H. (1998). Chytridiomycosis causes amphibian mortality associated with population declines in the rain forests of Australia and Central America. *Proceedings of the National Academy of Science USA*, 95 : 9031–9036.
- Bologna M.A., Capula M., Carpaneto G.M. (2000) Anfibi e Rettili del Lazio. Ed. Palombi, Roma.

- Brunetti M., Buffoni L., Mangianti F., Maugeri M., Nanni T. (2004). Temperature, precipitation and extreme events during the last century in Italy. *Global and Planetary Change*, 40: 141–149.
- Bulgarini F., Calvario A., Fraticelli F., Petretti F., Sarrocco S. (1998). Libro Rosso degli Animali d'Italia. Vertebrati. World Wildlife Fund Italia, Roma.
- Canessa S., Arillo A., Oneto F., Ottonello D., Salvidio S. (2011). The decline of the Apennine yellow-bellied toad in Italy: conservation of an endangered amphibian between science and politics. SEH European Congress of Herpetology & DGHT Deutscher Herpetologentag, Luxembourg and Trier, 25-29 September 2011.
- Canessa S., Oneto F., Ottonello D., Arillo A., Salvidio, S. (2013). Land abandonment may reduce disturbance and affect the breeding sites of an Endangered amphibian in northern Italy. *Oryx*, 47: 280-287.
- Canestrelli D., Cimmaruta R., Costantini V., Nascetti G. (2006). Genetic diversity and phylogeography of the Apennine yellow-bellied toad *Bombina pachypus*, with implications for conservation. *Molecular Ecology*, 15: 3741–3754.
- Canestrelli D., Zampiglia M., Nascetti G. (2013). Widespread occurrence of *Batrachochytrium dendrobatidis* in contemporary and historical samples of the endangered *Bombina pachypus* along the Italian peninsula. *PLoS ONE* 8: e63349.
- Capula M., De Lisio L., Carafa M. (2008). Atlante degli anfibi e dei rettili del Molise. Primo rapporto intermedio. Regione Molise-WWF.

- Caputo V., Guarino F.M., Trecroci T., Tripepi S. (1993). Amphibian species of Campania and Calabria: their distribution, ecology and conservation. Quaderni Civ. Staz. Idrobiol.
- Caputo V., Kalby M., De Filippo G. (1985). Gli Anfibi e i Rettili del Massiccio degli Alburni (Appennino Campano-Lucano). Natura, Società Italiana di Scienze Naturali, Museo civico di Storia Naturale e Acquario civico di Milano.
- Colliva, C., Stagni G., Mazzotti S., Zaccanti F., Falconi R. (2006). Struttura e dinamica di popolazioni di *Bombina pachypus* nell'Appennino romagnolo. In: Atti del 6 Congresso Nazionale della Societas Herpetologica Italica.
- Di Cerbo A., Ferri V. (2000). Primi dati sull'ecologia di una popolazione di *Bombina pachypus* (Bonaparte, 1838) della Majella Orientale, Abruzzo. In: Atti I Congresso Nazionale Societas Herpetologica Italica. Museo Regionale di Scienze Naturali di Torino, Torino.
- Di Cerbo A.R., Ferri V. (1996). Preliminary data on the ecological observations of the Apennine yellow-bellied toad (*Bombina pachypus*) in Abruzzo, Central Italy. *Naturschutzereport*, 11: 91-99.
- Di Martino V., Ferri V. (2002). Distribuzione e iniziative di conservazione di *Bombina pachypus* nel Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga, pp. 101-114. In: Ferri V. (Ed.) Atti del Terzo Convegno Salvaguardia Anfibi. Progetto ROSPI & Museo cantonale di Storia Naturale di Lugano. Ed. Cogecstre, Penne.

- Doria G., Salvidio S. (1994). Atlante degli anfibi e rettili della Liguria. – Regione Liguria. Catalogo dei beni naturali, Castelvechchio Piacentino, Piacenza.
- Ewen J.G., Armstrong D.P., Parker K.A., Seddon P.J. (Eds.). (2012). Reintroduction biology: integrating science and management. Wiley-Blackwell, Oxford.
- Fiacchini D. (2007). *Bombina pachypus* (Amphibia, Bombinatoridae) nelle Marche: aspetti corologici, ecologici e conservazionistici. *Biogeographia*, 28: 603-610.
- Fisher M.C., Garner T.W.J., Walker S.F. (2009). Global emergence of *Batrachochytrium dendrobatidis* and amphibian chytridiomycosis in space, time, and host. *Annual Review of Microbiology*, 63: 291–310.
- Frankham R. (2005). Genetics and extinction. *Biological Conservation*, 126: 131–140.
- Guarino F.M., Bellini L., Mazzarella G., Angelini F. (1998). Reproductive activity of *Bombina pachypus* from southern Italy. *Italian Journal of Zoology*, 65: 335-342.
- Guarino F.M., Picariello O., Pellegrini M. (2006). In: Atlante degli anfibi e dei rettili d'Italia (eds. Sindaco R., Doria G., Razzetti E., Bernini F.). Ed. Polistampa, Firenze.
- Guarino F.M., Picariello O., Venchi A. (2007). *Bombina pachypus* (Bonaparte, 1838). In: Fauna d'Italia, vol. 42, Amphibia (eds. Lanza B., Andreone F., Bologna M.A., Corti C., Razzetti E.). Ed. Calderini, Bologna.
- Guarino F.M., Aprea G., Caputo V., Maio N., Odierna G., Picariello O. (2012). Atlante degli Anfibi e dei Rettili della Campania. Massa Editore, Napoli.

- Atlante degli Anfibi e dei Rettili della Campania. Massa Editore Napoli, pp. 344
- Harvell C.D., Mitchell C.E., Ward J.R., Altizer S., Dobson A.P., Ostfeld R.S., Samuel M.D. (2002). Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota. *Science*, 296: 2158–2162.
- Hughes W.O.H., Boomsma J.J. (2004). Genetic diversity and disease resistance in leaf-cutting ant societies. *Evolution*, 58: 1251–1260.
- IUCN/SSC (2008). Strategic Planning for Species Conservation: A Handbook. Version 1.0. Gland, Switzerland: IUCN Species Survival Commission.
- IUCN (2013). IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 23 December 2013.
- Kilpatrick A.M., Briggs C.J., Daszak P. (2010). The ecology and impact of chytridiomycosis: an emerging disease of amphibians. *Trends in Ecology and Evolution*, 25: 109–118.
- Lanza B. (1983). Anfibi, Rettili (Amphibia, Reptilia) Consiglio Nazionale delle Ricerche. Collana del Progetto finalizzato “Promozione della qualità dell’ambiente” Pubblicazione AQ/1/205. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane, 27: 196 pp.
- Lanza B., Corti C. (1993). Erpetofauna italiana: acquisizioni ed estinzioni nel corso del Novecento. Supplemento Ricerche Biologia Selvaggina, 21: 5-49.

- Lanza B., Vanni S. (1991). Notes on the biogeography of the Mediterranean islands amphibians. *Atti dei Convegni Lincei*, 85: 335-344.
- Longcore J.E., Pessier A.P., Nichols D.K. (1999). *Batrachochytrium dendrobatidis* gen. et sp. nov., a Chytrid Pathogenic to Amphibians. *Mycologia*, 91: 219–227.
- Mangini I., Simonetti C., Razzetti E., Salvidio S. (2002). Nuovo limite occidentale di *Bombina pachypus* (Anura, Discoglossidae) (p. 58). In: 4° Congresso Nazionale Societas Herpetologica Italica, Ercolano (Napoli) 18-22 giugno 2002, Riassunti; Centro Stampa dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, Napoli.
- Mazzotti S., Caramori G., Barbieri C. (1999). Atlante degli Anfibi e dei Rettili dell'Emilia-Romagna. Museo Civico di Storia Naturale di Ferrara.
- Mazzotti S., Stagni G. (1993). Gli Anfibi e i Rettili dell'Emilia Romagna (Amphibia, Reptilia). Quaderni della Stazione di Ecologia del Civico Museo di Storia Naturale di Ferrara.
- Mori E., Giovani A. (2012). Local extinction of *Bombina pachypus* Bonaparte, 1838 in three stations: a 17 years survey in pSCI "Poggi di Prata"(Southern Tuscany, Italy). *Herpetology Notes*, 5: 407-412.
- Nascetti G., Vanni S., Bullini L., Lanza B. (1982). Variabilità e divergenza genetica in popolazioni italiane del genere *Bombina* (Amphibia, Discoglossidae). *Bollettino di Zoologia*, 49: 134-135.

- Parmesan C. (2006). Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 37: 637–669.
- Pearman P.B., Garner T.W.J. (2005). Susceptibility of Italian agile frog populations to an emerging strain of *Ranavirus* parallels population genetic diversity. *Ecology Letters*, 8: 401–408.
- Pessier A.P., Nichols D.K., Longcore J.E., Fuller M.S. (1999). Cutaneous Chytridiomycosis in Poison Dart Frogs (*Dendrobates* spp.) and White's Tree Frogs (*Litoria Caerulea*). *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 11: 194–199.
- Pounds J.A., Bustamante M.R., Coloma L.A., Consuegra J.A., Fogden M.P.L., Foster P.N., La Marca E., Masters K.L., Merino-Viteri A., Puschendorf R., Ron S.R., Sánchez-Azofeifa G.A., Still C.J., Young B.E. (2006). Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. *Nature*, 439: 161–167.
- Ragni B., Di Muro G., Spilinga C., Mandrici A., Ghetti L. (2006). Anfibi e Rettili dell'Umbria. Regione dell'Umbria, Università degli Studi di Perugia. Petruzzi Editore, Città di Castello.
- Romano A., Bartolomei R., Conte A.L., Fulco E. (2012). Amphibians in Southern Apennine: distribution, ecology and conservation notes in the “Appennino Lucano, Val d'Agri e Lagonegrese” National Park (Southern Italy). *Acta Herpetologica*, 7: 203-219.
- Romano A., Ventre N., De Riso L., Pignataro C., Spilinga C. (2010). Amphibians of the “Cilento e Vallo di Diano”

- National Park (Campania, Southern Italy): updated check list, distribution and conservation notes. *Acta Herpetologica*, 5: 233-244.
- Rondinini, C., Battistoni, A., Peronace, V., Teofili, C. (compilatori) (2013) Lista Rossa IUCN dei Vertebrati Italiani. Comitato Italiano IUCN e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Roma
- Ryder O.A. (1986). Species conservation and systematics: the dilemma of subspecies. *Trends in Ecology and Evolution*, 1: 9-10.
- Sarrocco S., Bologna M.A. (2000). *Bombina variegata*. In: Anfibi e Rettili del Lazio (eds. Bologna M.A., Capula M., Carpaneto G.M.). Ed. Palombi, Roma.
- Sindaco R., Doria G., Razzetti E., Bernini F. (2006). Atlante degli anfibi e dei rettili d'Italia. Edizioni Polistampa, Firenze.
- Sperone E., Bonacci A., Corapi B., Tripepi S. (2006). Iberian Podarcis: the state-of-the-art. In: Bologna M.A., Capula M., Carpaneto G.M., Luiselli L., Marangoni C., Venchi A. (eds.), Riassunti del 6 ° Congresso nazionale della Societas Herpetologica Italica (27 settembre – 1 ottobre 2006). Stilgrafica, Roma.
- Spielman D., Brook B.W., Briscoe D.A., Frankham R. (2004b). Does Inbreeding and Loss of Genetic Diversity Decrease Disease Resistance?. *Conservation Genetics*, 5: 439–448.
- Spielman D., Brook B.W., Frankham R. (2004a). Most species are not driven to extinction before genetic factors

- impact them. *Proceedings of the National Academy of Science USA*, 101: 15261–15264.
- Stagni G., Dall'olio R., Fusini U., Mazzotti S., Scocciati C., Serra A. (2004). Declining populations of apennine yellow-bellied toad *Bombina pachypus* in the northern Apennines (Italy): Is *Batrachochytrium dendrobatidis* the main cause?. *Italian Journal of Zoology*, 71: 151–154.
- Talenti E. (1988). Note sull'erpetofauna del Cilento (Salerno). Boll. Gruppo R.A.NA.
- Thomas C.D., Cameron A., Green R.E., Bakkenes M., Beaumont L.J., Collingham Y.C., Erasmus B.F.N., Ferreira de Sequeira M., Grainger A., Hannah L., Hughes L., Huntley B., Van Jaarsveld A.S., Midgley G.F., Miles L., Ortega-Huerta M.A., Peterson A.T., Phillips O.L., Williams S.E. (2004). Extinction risk from climate change. *Nature*, 427: 145–148.
- Toreti A., Desiato F. (2008). Changes in temperature extremes over Italy in the last 44 years. *International Journal of Climatology*, 28: 733–745.
- Vaccaneo, R. (1931). Ricerche sui caratteri morfologici dei *Bombinator* italiani. Bollettino dei Musei di Zoologia e Anatomia comparata, Torino 41: 1-47.
- VanderWerf E.A., Groombridge J.J., Fretz J.S., Swinerton K.J. (2006). Decision-analysis to guide recovery of the po'ouli, a critically endangered Hawaiian honeycreeper. *Biological Conservation*, 129: 383-392.
- Vandoni C. (1914). Gli Anfibi d'Italia. Ed. Hoepli, Milano.
- Vanni S., Nistri, A. (2006). Atlante degli Anfibi e dei Rettili della Toscana. Regione Toscana, Università degli Studi di

Firenze, Museo di Storia Naturale. Sezione Zoologica
“La Specola”, Firenze.

- Venesky M.D., Raffel T.R., McMahon T.A., Rohr, J. R. (2013).
Confronting inconsistencies in the amphibian-
chytridiomycosis system: implications for disease
management. *Biological Reviews*, doi:
10.1111/brv.12064
- Voyles J., Young S., Berger L., Campbell C., Voyles W.F.,
Dinudom A., Cook D., Webb R., Alford R.A., Skerratt
L.F., Speare R. (2009). Pathogenesis of
chytridiomycosis, a cause of catastrophic amphibian
declines. *Science*, 326: 582-585.
- Walther G., Post E., Convey P., Menzel A., Parmesan C.,
Beebee T.J.C., Fromentin J.M., Hoegh-Guldberg O.,
Bairlein F. (2002). Ecological responses to recent
climate change. *Nature*, 416: 389–395.
- Zampiglia M., Canestrelli D., Bisconti R., Chiocchio A.,
Nascetti G. (2013). A hotspot on fire: predicted impact
of climate change on genetic diversity and disease
tolerance in the endangered Apennine yellow-bellied
toad *Bombina pachypus*. 14th Congress of the
European Society for Evolutionary Biology.