

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6787261>

RAOUL MANENTI, BENEDETTA BARZAGHI, EDGARDO MAURI,
MARCO RESTAINO, VERONICA NANNI, MATTEO RICCARDO DI NICOLA
& GENTILE FRANCESCO FICETOLA

FATTORI CHE FAVORISCONO LA PRESENZA DEL PROTEO
PROTEUS ANGUINUS LAURENTI, 1768 IN AMBIENTE EPIGEO

RIASSUNTO

Per quanto riguarda le popolazioni di Proteo della Venezia Giulia è noto come alcuni individui si possano trovare in ambiente di risorgiva. Tale presenza è già stata ipotizzata come attiva, sebbene non vi siano ricerche di dettaglio che verifichino tale ipotesi. L'obiettivo di questo contributo è verificare se la presenza del Proteo in ambiente epigeo sia effettivamente non casuale e fornire una prima caratterizzazione degli eventuali fattori che la favoriscono. Da giugno 2020 a maggio 2021 abbiamo effettuato da 16 a 4 sopralluoghi, sia di giorno che di notte, in 36 sorgenti in provincia di Gorizia e Trieste verificando l'eventuale presenza di individui di Proteo. Ciascuna sorgente è stata caratterizzata sulla base di diverse variabili abiotiche e biotiche. Il Proteo è stato osservato almeno una volta in 7 delle sorgenti monitorate, con un massimo di 8 individui osservati contemporaneamente. Anche se non sono mancate osservazioni diurne, il numero di protei contattati è significativamente più alto di notte. La presenza del Proteo non è risultata casuale, ma significativamente legata a sorgenti con elevata presenza di rifugi, assenza di macrofite acquatiche e che seppur situate in un contesto soggetto ad allagamento, mostrano un andamento temporaneo. I risultati di questo studio mostrano un'ulteriore conferma del fatto che gli ambienti esterni, o quantomeno di confine con l'ambiente esterno, possano essere importanti anche per organismi considerati puramente troglobi. Inoltre, tali risultati evidenziano come anche gli ambienti sorgentizi possano essere importanti per la conservazione e gestione del Proteo.

SUMMARY

Determinants of the epigeal activity of the olm Proteus anguinus Laurenti 1768 in Italian karst. The olm is reported for some spring habitats of Venetia Giulia. In some texts, these observations have been hypothesised to be linked to an active behaviour; however, no studies confirming this hypothesis have ever been carried out. The aim of this work is to verify the existence of a non-random active exploitation of surface habitats by the olm, and to characterise the factors allowing it. From June 2020 to May 2021 we performed multiple surveys, both during day and during night to

detect olm occurrence in 36 springs of Gorizia and Trieste districts. We also characterised the abiotic and biotic features of each spring. We detected the Olm at least once in 7 springs, with a maximum of 8 individuals occurring together. We observed olms also during the day, but the number of individuals was significantly higher during the night. Olm's occurrence was not random but linked to springs with higher shelters' availability, absence of macrophytes, and that, although being subject to periodic flooding, have also a temporary hydroperiod.

Our results evidence that epigeal habitats and borders with surface may have an overlooked importance for animals adapted to subterranean environments. Moreover, we underline that springs' habitats should be more considered in management and conservation of the Olm.

INTRODUZIONE

Tra gli anfibi della fauna italiana una delle specie dalle abitudini più peculiari è il Proteo *Proteus anguinus* Laurenti, 1768. Fatta eccezione per *Proteus anguinus parkelj* Sket & Arntzen, 1994, che abita un limitato numero di sorgenti in una ristretta porzione della Slovenia meridionale, il Proteo popola i corsi idrici sotterranei del Carso dinarico dal basso Isonzo (in sloveno So a), nella Venezia Giulia, Italia, fino al fiume Trebišnjica in Bosnia Erzegovina. In Italia, inoltre, una popolazione, la cui densità è ignota, si è naturalizzata in Veneto sin dal 1850 dopo una introduzione artificiale in corrispondenza delle grotte dell'Oliero (FITZINGER, 1850).

Uno dei primi segnali di attenzione verso il Proteo da parte della comunità scientifica tra Trieste e l'Isontino, si ha in un testo monografico del 1819 dove si evidenziava la presenza di protei nel mercato di Trieste (CONFIGLIACHI & RUSCONI, 1819): «...quando la stagione è propizia, i contadini di Adelsberg senza essere eccitati da persona niuna, vanno di sé medesimi alla pesca de' protei ch'essi chiamano "bela riba" (pesce bianco), e li serbano vivi entro vasi onde venderli di poi ai curiosi delle cose naturali, che capitano in Carniola, ovvero li portano a Trieste come al mercato, dove sono da essi venduti per poco prezzo...». Non si esclude che anticamente i protei venissero venduti anche a scopo alimentare (SHAW, 2005; MATTES, 2018).

Il primo ritrovamento documentato di protei in territorio italiano risale al 1826 nel Pozzo dei Frari a Gradisca (BERINI, 1826); presenza confermata nel 1875 durante studi idro-geologici (MARCHESETTI, 1875). Successivamente, la presenza del Proteo è accertata in pozzi, grotte, cisterne che da Gradisca vanno lungo il margine del Carso seguendo la piana alluvionale fino a Monfalcone (CANU, 1965; COMAR, 1987). Sovente il Proteo, grazie ai suoi caratteri spiccatamente troglomorfici, quali cecità e depigmentazione, è stato e viene considerato uno degli esempi di organismi troglobi per eccellenza (ROMERO, 2009; CULVER & PIPAN, 2009).

Tuttavia, oltre che in *Proteus anguinus parkelj*, i cui individui non mostrano troglomorfismo, essendo pigmentati e con occhi ben funzionanti, anche

nel caso delle popolazioni della Venezia Giulia è noto come alcuni individui si possano trovare in risorgive ed estavelle, aperture nel suolo che costituiscono un ambiente acquatico di transizione tra acque sotterranee ed ambiente epigeo e che in base alle condizioni climatiche e alla stagione possono essere delle sorgenti emittenti le acque ipogee o dei punti di infiltrazione delle acque epigee (BRESSI *et al.*, 1999; LANZA *et al.*, 2007; MAURI *et al.*, 2018).

La presenza del Proteo in questi ambienti superficiali è già stata ipotizzata essere legata ad un comportamento attivo che possa coinvolgere intere sub-popolazioni (BRESSI *et al.*, 1999; LANZA *et al.*, 2007), sebbene non vi siano ricerche di dettaglio che verifichino tale ipotesi.

L'obiettivo di questo contributo è verificare se la presenza del Proteo in ambiente epigeo sia effettivamente non casuale e fornire una prima caratterizzazione degli eventuali fattori che la favoriscono.

MATERIALI E METODI

Da giugno 2020 a maggio 2021 abbiamo effettuato da 16 a 4 sopralluoghi, sia di giorno che di notte, in 36 sorgenti in provincia di Gorizia e Trieste attorno all'area di Doberdò del Lago verificando l'eventuale presenza di individui di Proteo. Ad ogni sopralluogo è stata rilevata la temperatura dell'acqua, l'illuminazione incidente, la profondità e l'estensione raggiunta dalla sorgente e, oltre ai protei presenti, sono stati contati alcuni pesci come ghiozzi, vaironi e lucci, considerando che questi ultimi ne potrebbero essere potenzialmente predatori. Inoltre sono stati contati anche alcuni invertebrati target per gli ambienti sorgivi quali il mollusco gasteropode *Emmericia patula* (Brumati, 1838), il crostaceo isopode *Asellus aquaticus* (Linnaeus, 1758), il crostaceo decapode *Troglocaris planinensis* Birštejn, 1948, anch'esso sovente considerato come esclusivamente troglobio, e le planarie *Dendrocoelum lacteum* (Müller, 1774) e *Polycelis nigra* (Müller, 1774).

Nel corso del periodo di indagine, ciascuna sorgente è stata caratterizzata sulla base di diverse variabili abiotiche quali il fatto che nel corso del periodo di indagine sia risultata perenne o meno e che il punto di risorgenza sia stato soggetto o meno a periodi di allagamento, la forma della tazza sorgentizia, la disponibilità di rifugi, le caratteristiche del substrato prevalente, il livello di corrente massimo osservato, la profondità massima raggiunta in condizioni di non allagamento. Inoltre come variabile biotica è stata considerata la presenza o meno di macrofite acquatiche.

Dopo aver stimato la *detection probability* della presenza del Proteo durante i sopralluoghi notturni utilizzando gli *N-mixture models*, abbiamo verificato tramite modelli lineari misti generalizzati (GLMMs) se vi fosse una relazione

tra il numero di protei osservati durante ciascun sopralluogo e il fatto che il Proteo fosse stato trovato almeno una volta nelle sorgenti e le caratteristiche biotiche ed abiotiche di quest'ultime. Per questa seconda analisi è stata selezionata la combinazione di variabili più probabile nello spiegare la presenza del Proteo utilizzando l'Akaike Information Criterion corretto (AICc). La significatività delle variabili componenti il modello più probabile è stata testata tramite un *likelihood ratio test*. Le analisi sono state eseguite in ambiente R 3.6.3.

RISULTATI

Il Proteo è stato osservato almeno una volta in 7 delle sorgenti monitorate, con un massimo di 8 individui osservati contemporaneamente. La *detection probability* durante i sopralluoghi notturni è risultata di 0.327, indicando che con 8 sopralluoghi notturni si ha una probabilità significativa di accertare la reale presenza/assenza della specie in ambiente epigeo. Anche se non sono mancate osservazioni diurne, dall'analisi è emerso come sia significativamente più alta la probabilità di trovare un maggior numero di individui attivi di notte ($\chi^2_{,1} = 9.78$; $p > 0.01$).

La presenza del Proteo all'interno delle sorgenti non è risultata casuale; in particolar modo il modello più probabile nello spiegare la presenza del Proteo è risultato quello costituito da sorgenti con elevata presenza di rifugi, assenza di macrofite acquatiche e che, seppur situate in un contesto soggetto ad allagamento, mostrano un andamento temporaneo (AICc = 26.5; Akaike weights = 0.1). Tra queste variabili la ricchezza di rifugi ($\chi^2_{,2} = 9.656$; $P > 0.01$) e la mancanza di macrofite ($\chi^2_{,1} = 4.63$; $P = 0.03$) sono risultate significative, mentre idroperiodo ($\chi^2_{,1} = 3.10$; $P = 0.07$) e fenomeni di allagamento ($\chi^2_{,1} = 3.62$; $P = 0.05$) sono risultati vicino alla soglia di significatività.

DISCUSSIONE

L'utilizzo degli ambienti di superficie posti ai confini con l'ambiente sotterraneo, come nel caso delle sorgenti, da parte di animali che comunque per lo svolgimento del proprio ciclo vitale sono considerati strettamente legati all'habitat ipogeo è un aspetto ancora piuttosto dibattuto e la cui portata, forse, non è ancora ben compresa e sfruttata da chi si occupa di studi sulla biologia degli animali adattati alla vita in ambiente sotterraneo (MANENTI & PIAZZA, 2021). Ad esempio, nei crostacei troglobi del genere *Niphargus*, è stata recentemente evidenziata la capacità di percepire gli stimoli luminosi che è stata associata alla necessità di evitare gli ambienti superficiali (FIŠER *et*

al., 2016) che sono sì più ricchi in risorse trofiche, ma molto più rischiosi sia in termini di possibilità di essere predati (MELOTTO *et al.*, 2019) sia a causa dei danni che i raggi UV possono arrecare a degli organismi privi di pigmentazione rispetto a quelli sotterranei. Tuttavia studi recenti (MANENTI & BARZAGHI, 2021) mostrano come gli stessi *Niphargus* frequentino attivamente proprio le sorgenti e gli ambienti superficiali ai confini con quelli sotterranei nel corso della notte quando chiaramente la radiazione UV è assente e i potenziali predatori che sono visualmente orientati a cacciare all'agguato sono sfavoriti; ciò suggerisce che gli adattamenti esistenti servano ad evitare gli ambienti superficiali posti a ridosso di quelli sotterranei quando non è vantaggioso e ad utilizzarli, invece, nei contesti più favorevoli (MANENTI & BARZAGHI, 2021).

I risultati di questo studio condotto su uno degli animali più iconici per la fauna sotterranea non solo a livello europeo, mostrano un'ulteriore ed importante conferma del fatto che gli ambienti esterni, o quantomeno quelli di confine con l'ambiente esterno possano essere importanti anche per organismi considerati puramente troglobi. Il fatto che i protei risultino associati a sorgenti con maggiore abbondanza di rifugi disponibili, con andamento non perenne (che quindi non permette la presenza stabile di fauna superficiale caratterizzata, ad esempio, da specie di pesci che potrebbero essere potenziali predatori) indica che il rischio predatorio per la specie possa influenzarne l'utilizzo degli ambienti superficiali.

I risultati ottenuti dall'indagine inoltre evidenziano come anche gli ambienti sorgentizi possano essere importanti per la conservazione del Proteo e che quindi debbano essere considerati nell'ambito della gestione di questa specie ed opportunamente tutelati. Nell'area di indagine vi sono infatti diversi siti, tra quelli monitorati, che risultano essere potenzialmente minacciati da possibili interventi volti ad ampliare le infrastrutture presenti.

BIBLIOGRAFIA

- BERINI G., 1826. Indagine sullo stato del Timavo e delle sue adiacenze al principio dell'era Cristiana. *Fratelli Matiuzzi tip.*, Pecile, Udine.
- BRESSI N., ALJANCIC M. & LAPINI L., 1999. Notes on presence and feeding of *Proteus anguinus* Laurenti, 1768 outside caves. *Riv. Idrobiol.*, 38: 431-435.
- CANU E., 1965. Sulla presenza del Proteo anguineo Laurenti nelle acque della Provincia di Gorizia (Italia) e sulla sua presumibile presenza in quelle del bacino del fiume Timavo inferiore (Carso di Trieste). *Actes IV° Congr. int. Spel. en Yougoslavie*, Ljubljana.
- COMAR M., 1987. Quel piccolo drago biancastro. *Territorio*, 21: 60-69.
- CONFIGLIACHI P. & RUSCONI M., 1818 (Reprint 1819). Del *Proteo anguineo* di Laurenti. *Pubbl. dagli autori*.
- CULVER D.C. & PIPAN T., 2009. The biology of caves and other subterranean habitats. *Oxford University Press*, New York.

- FIŠER Z., NOVAK L., LUSTRIK R. & FISER C., 2016. Light triggers habitat choice of eyeless subterranean but not of eyed surface amphipods. *Sci. Nat.*, 103: 7.
- FITZINGER L.J., 1850. Über den *Proteus anguinus* der Autoren. *Sitz. Kaiserl. Akad. Wiss. Wien*, 2: 291-303.
- LANZA B., ANDREONE F., BOLOGNA M.A., CORTI C. & RAZZETTI E., 2007. Fauna d'Italia. Vol. XLII, Amphibia. *Ed. Calderini*, Bologna.
- MARCHESETTI C., 1875. Di alcune nuove località del *Proteus anguinus*. *Boll. Soc. adr. Sc. nat.*, 1: 192-193.
- MATTES J., 2018. Traveling Olms: Local and Global Perspectives on the Research on *Proteus anguinus* (1700-1930). *Ass. culturale Viaggiatori*, Napoli.
- MANENTI R. & BARZAGHI B., 2021. Diel activity of *Niphargus* amphipods in spring habitats. *Crustaceana*, 94: 705-721.
- MANENTI R. & PIAZZA B., 2021. Between darkness and light: spring habitats provide new perspectives for modern researchers on groundwater biology. *PeerJ.*, 9: e11711.
- MAURI E., ABBONA I. & PAPI F., 2018. Storia delle ricerche del *Proteo* in Italia e attuali conoscenze a 250 anni dalla sua prima descrizione da parte di Laurenti. Pp. 121-125 in: *Atti Conv. Speleo*, Trieste.
- MELOTTO A., FICETOLA G.F. & MANENTI R., 2019. Safe as a cave? Intraspecific aggressiveness rises in predator-devoid and resource-depleted environments. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 73: 68.
- ROMERO A., 2009. Cave biology. *Cambridge Univ. Press*, New York.
- SHAW T.R., 2005. *Proteus* for Scientists and Tourists. A History of its 19th Century Collection and Captivity. *Endins*, 28: 1-60.

Indirizzo degli autori — R. MANENTI, B. BARZAGHI, G.F. FICETOLA, Dipartimento di Scienze e Politiche ambientali, Università degli Studi di Milano, Via Celoria, 10 - 20133 Milano (I); R. MANENTI, B. BARZAGHI, Laboratorio di Biologia Sotterranea "Enrico Pezzoli", Parco Regionale del Monte Barro - 23851 Galbiate (Lecco, I); E. MAURI, M. RESTAINO, Società Adriatica di Speleologia, Via Domenico Rossetti, 59/a - 34141 Trieste (I); E. MAURI, M. RESTAINO, Speleovivarium Erwin Pichl, Via Guido Reni, 2/C - 34123 Trieste (I); V. NANNI, Dipartimento di Scienze della Vita e Biologia dei Sistemi, Università degli Studi di Torino, Via Accademia Albertina, 13 - 10123 Torino (I); M.R. DI NICOLA, IRCCS San Raffaele Hospital, Unit of Dermatology, Milan (I).