

# LAŽIŠTIPAVCI – ZAŠTO TAKO MALO ZNAMO?



Dora Hlebec<sup>1,2,3</sup>, Mark S. Harvey<sup>2,4</sup>

<sup>1</sup> Biološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska

<sup>2</sup> Collections & Research, Western Australian Museum, Welshpool DC, Australia

<sup>3</sup> Hrvatsko biospeleološko društvo, Zagreb, Hrvatska

<sup>4</sup> School of Biological Sciences, University of Western Australia, Perth, Australia

## ► Uvod

Za razliku od drugih skupina unutar razreda paučnjaka (*lat.* Arachnida), poput štípavaca, paukova i krpelja, lažištípavci (*lat.* Pseudoscorpiones) globalno su slabo istraženi. Neki od razloga tome njihova su mala

veličina (1–10 mm) i život na skrivenim staništima zbog kojih često nisu zamijećeni, te potpuna bezopasnost za ljude što ih čini medicinski nezanimljivima. Stoga, suprotno ranije spomenutim redovima, ne privlače pažnju javnosti i često su zanemareni u znanstvenim istraživanjima. Latinski

i hrvatski naziv dobili su jer izgledom podsjećaju na svoje srodnike, štípavce (*lat.* Scorpiones), no osnovi imena dodan je latinski prefiks „pseudo“ što označava pojam „lažno“. Za razliku od štípavaca, lažištípavci nemaju otrovnu bodlju na stražnjem dijelu tijela. Ono što povezuje te dvije



Slika 1. | Forezija: lažištupavac iskorištava leptira radi transporta na novo stanište. | Foto: Sebastian Čato

skupine prisutnost je čeljusnih nožica (tzv. pedipalpa) u obliku kliješta, kojima love plijen. Posljednji dio pedipalpa naziva se chela i sastoji se od nepomičnog i pomičnog dijela (prsta) koji na sebi nose izdužene osjetilne dlake (*lat. trichobothria*). One predstavljaju jednu od najvažnijih morfoloških značajki u sistematici lažištupavaca. Žlijezde s otrovom kod lažištupavaca prisutne su samo kod nekih porodica, i to u samim chelama, na temelju čega se i razlikuju dva podreda: *locheirata* i *Epiocheirata*. Dok prvi podred karakterizira prisutnost žlijezda s otrovom u obje ili u samo jednoj cheli, pripadnici drugog reda nemaju otrovne žlijezde (Harvey, 1992). Unatoč maloj veličini, lažištupavci pokazuju iznimnu raznolikost u morfologiji i ponašanju, a do sada su u svijetu opisane 4122 vrste u 472 roda i 25 porodica (WPC, 2022). Nažalost, mnoge su vrste poznate samo iz opisa, tj. nikad kasnije nisu pronađene, a istraživanja unutar i međuvrsne morfološke varijabilnosti iznimno su rijetka (Christophoryová i sur., 2016). Identifikacija lažištupavaca do razine vrste zahtijeva visoku

razinu taksonomske stručnosti zbog česte homoplazije, tj. morfološke sličnosti među nesrodnim vrstama. Jedan od načina koji svakako olakšava identifikaciju primjena je molekularnih metoda, tj. takozvani integrativni pristup u kojem se kritički uspoređuju rezultati morfološke identifikacije i filogenetskih analiza (analiza srodstvenih odnosa na temelju DNA). Prema broju dostupnih DNA sekvenci u javnim bazama podataka, lažištupavci pripadaju grupi „dark taxa“. Skupine organizama koje se ubrajaju u tu grupu karakterizira slaba istraženost, veliki broj još neopisanih vrsta i manji broj dostupnih sekvenci u odnosu na ostale skupine organizama, pri čemu te sekvence pretežno označavaju jedinke koje nisu determinirane do razine vrste.

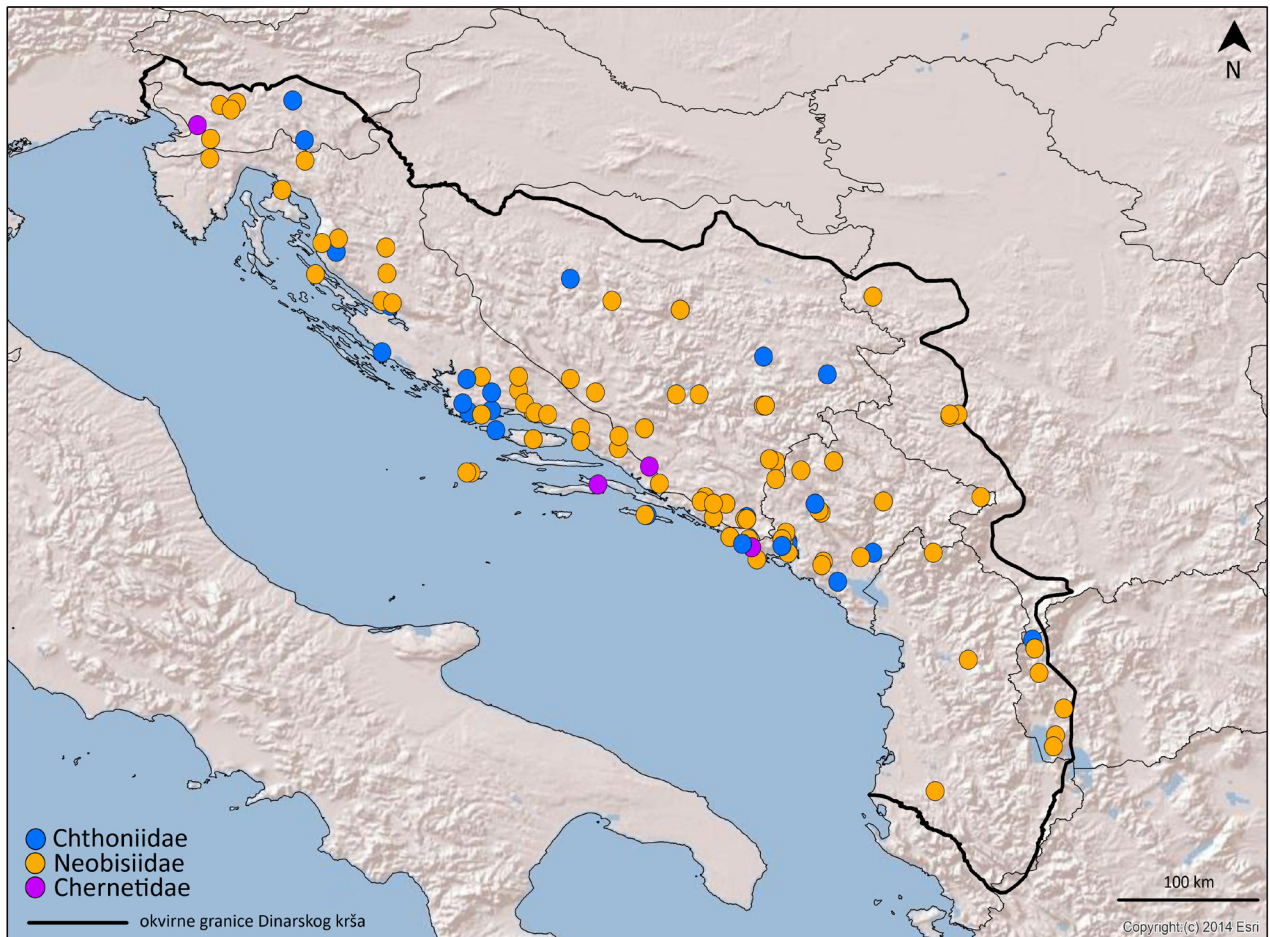
Lažištupavci naseljavaju različita kopnena staništa, uključujući tlo, listinac, šupljine debala, gnijezda životinja i podzemna staništa. Imaju važnu ulogu kao predatori u mnogim ekosustavima. Pretežno se hrane skokunima, juvenilnim paucima, kopnenim jednakonožnim rakovima

i drugim sitnim beskralježnjacima. Zbog ograničene sposobnosti migracija, većina vrsta ima malo područje rasprostranjenja, što dovodi do pojave prostorno strukturiranih genetskih linija (Harrison i sur., 2014). Međutim, fenomen forezije, interakcije u kojoj jedan organizam (u ovom slučaju lažištupavac) iskorištava drugi organizam (najčešće kukca ili sisavca) u svrhu naseljavanja novih staništa, čest je u nadporodici Cheliferoidea i omogućuje širu distribuciju (Poinar i sur., 1998) (slika 1).

### ► Raznolikost u Dinaridima

Istraživanje lažištupavaca, jednog od najraznolikijih redova paučnjaka na području Dinarida, započnjen sredinom 19. stoljeća opisom vrste *Neobisium spelaeum* (Schiodte, 1847) iz Postojnske jame u Sloveniji (Schiodte, 1847), nakon čega slijedi opis novih vrsta s područja Hrvatske (Beie, 1939; Čurčić, 1988), prateći trend intenzivnih biospeleoloških istraživanja u špiljama i jamama dinarskog krša, u kojima je do danas





Slika 2. | Tipiski lokaliteti vrsta opisanih s područja Dinarskog krša (prema WPC, 2022)

sveukupno opisano preko 1000 različitih vrsta organizama (Culver i Sket, 2000). Ukupno su s područja Dinarida opisane 143 vrste lažištipavaca (36 iz porodice Chthoniidae Daday, 1889 i 103 iz porodice Neobisiidae Chamberlin, 1930), od čega 131 troglobiont (slika 2). Mnoge od tih vrsta u potpunosti su prilagođene životu u podzemlju, a neke od morfoloških obilježja koje ih karakteriziraju gubitak je očiju i depigmentacija tijela te produljeni tjelesni nastavci (zajedničko ime koje se u biologiji koristi za noge, antene i sve oblike specijaliziranih nogu, poput helicera koje lažištipavci koriste u prehrani i pedipalpa kojima love plijen) (slika 3). Sve vrste lažištipavaca do sada su opisane isključivo na temelju morfoloških obilježja. Mnoge su vrste opisane na temelju jednog sakupljenog primjerka, a posebno zabrinjava što niti jedan od holotipova (jedinki na temelju kojih su vrste opisane) nije javno dostupan

i ne nalazi se u Hrvatskoj. Također, lokacije tipskih lokaliteta, tj. lokaliteta / speleoloških objekata iz kojih

su vrste opisane, vrlo su često neprecizne i trenutno im se ne zna točan položaj. Od opisanih vrsta jedino



Slika 3. | *Roncus* sp., Jama na Žutim kokom, otok Mljet. | Foto: Tin Rožman





Slika 4. | *Neobisium stygium*, Dumenčića špilja. | Foto: Petra Bregović

vrsta *Neobisium stygium* Beier, 1931. (slika 4) ima širu distribuciju na području sjevernih i srednjih Dinarida, a radi li se o jednoj ili više vrsta utvrdit ćemo DNA analizom. Konačno, o vrstama u nadzemnim staništima na području Dinarida ne zna se gotovo ništa, čime se red lažištipavaca ističe kao jedan od prioriternih skupina u budućim istraživanjima.

Posljednji popis lažištipavaca u Hrvatskoj obuhvaća 99 vrsta i 10 podvrsta, a objavljen je 2004. godine (Ozimec, 2004) i temeljen je na literaturnim podacima. Popis obuhvaća i nekoliko endemskih znamenitih rodova: rod *Insulocreagris* Ćurčić, 1987 koji je opisan s otoka Visa, rod *Troglochthonius* Beier, 1939 s dvije vrste opisane te rod *Microchthonius* Hadži, 1933 s devet opisanih vrsta od kojih sve imaju distribuciju na

području srednje Dalmacije. Najveći broj vrsta zabilježen je u biogeografskoj regiji južnih Dinarida, regiji koja ujedno ima najveću bioraznolikost podzemnih životinja na svijetu (Culver i sur., 2006). Kao istaknuti centri genetske i morfološke raznolikosti lažištipavaca istaknute su planine Velebit i Biokovo, i ranije poznate po iznimnoj bioraznolikosti podzemne faune. S Biokova je davne 1988. godine opisan rod *Protoneobisium* Ćurčić, 1988. koji obuhvaća vrste lažištipavaca koje se po veličini ističu kao jedne od najvećih na svijetu (duljina tijela veća od 1 cm). Međutim, odvojenost tog roda nije podržana molekularnim podacima, a vrste unutar roda morfološki se neznatno razlikuju od srodnih vrsta roda *Neobisium* Chamberlin, 1930 te se taj rod više ne smatra validnim (Hlebec i sur., 2023).

Prvo sveobuhvatnije istraživanje bioraznolikosti lažištipavaca na području Hrvatske i cijele jugoistočne Europe, uz primjenu molekularnih metoda, objavljeno je 2023. godine (Hlebec i sur., 2023). Istraživanje je potvrdilo visoku stopu endemizma i kriptične raznolikosti. Kriptične (skrivenе) vrste naizgled su morfološki identične vrste koje se jedino mogu razlikovati primjenom molekularnih metoda. Nalazimo ih u mnogim staništima, a posebno su česte u onima koje karakteriziraju stabilni i, za nas, ekstremni uvjeti poput: podzemlja ili pustinja. Kriptične vrste često imaju mala područja rasprostranjenosti, zbog čega bi trebale biti prioritet u zaštiti vrsta i staništa. Integrativnim pristupom koji obuhvaća morfološku analizu i analizu DNA, otkriveno je 47 potencijalno novih vrsta lažištipavaca. Filogenetska rekonstrukcija





Slika 5. | *Chthonius* sp., Gornja Baračeva špilja. | Foto: Petra Bregović



Slika 7. | *Lasiochernes* sp., Jama više vodospreme, Pelješac. | Foto: Ana Komerički



Slika 6. | *Chthonius raridentatus*, Nacionalni park Plitvička jezera. | Foto: Dora Kermek

potvrdila je veliku genetsku raznolikost koja se uglavnom sastoji od evolucijski mladih linija.

Radijacija, odnosno prisutnost velikog broja različitih morfotipova na području Dinarida, detaljnije je istražena tek na rakušcima roda *Niphargus* (Borko i sur., 2021), dok još uvijek nije poznato zašto su porodice lažištipavaca Chthoniidae i Neobisiidae, specifično rodovi *Chthonius* C. L. Koch, 1843 (slika 5, slika 6) i *Neobisium*, izuzetno raznoliki. Visoka stopa diversifikacije može se objasniti specijalizacijom pojedinih populacija u podzemlju, pri čemu su one počele zauzimati različite ekološke niše (npr. različite dijelove špilja i jama), što na kraju dovodi do specijacije, odnosno nastanka novih vrsta.

Nasuprot tome, porodica Chernetidae Menge, 1855, koja globalno obuhvaća četvrtinu ukupne bioraznolikosti lažištipavaca, u Dinaridima je zastupljena s tek četiri vrste, uključujući tri nove vrste roda *Lasiochernes* Beier, 1932 (Hlebec i sur., 2023, prihvaćen rad, slika 7). Rod karakterizira izražen spolni dimorfizam. Dok su dvije vrste pronađene isključivo na svojim tipskim lokalitetima, treća vrsta ima širu, i za podzemne životinje dosta neobičnu, distribuciju. Nalazi vrste zabilježeni su na području Konavala, poluotoka Pelješca te na otocima Mljetu, Lastovu i Kornatima. Izostanak unutarvrstne genetske varijabilnosti kod te vrste upućuje na potencijalnu pojavu forezije te smatramo da vrsta iskorištava šišmiše za transport među špiljama. U svim špiljama u kojima je vrsta zabilježena, primijećene su porodiljne kolonije šišmiša pa hipoteza forezije ima znatno uporište. Međutim, vrsno specifična povezanost do sada nije poznata. Također, izostanak genetske strukturiranosti može se pripisati i geomorfološkoj povijesti, gdje su dalmatinski otoci, do ne tako davno, zajedno s kopnom činili jedinstvenu kopnenu masu. U tom se slučaju, odvajanje populacija vrste dogodilo tek nedavno, što rezultira genetskom uniformnošću.



Slika 8. | *Troglochthonius* sp., Postojnska jama. | Leg: Slavko Polak

Rod s daleko najmanjim brojem nalaza je rod *Troglochthonius* (slika 8), s dvije vrste: čudesni i sjevernodinarski pralažištipavčić (*Troglochthonius mirabilis* Beier, 1939 i *Troglochthonius doratodactylus* Helversen, 1968). U posljednjih je nekoliko godina pronađeno tek šest primjeraka ovog roda. Međutim, filogenetskom analizom potvrđeno je da se radi o najmanje četiri vrste, od čega dva nalaza predstavljaju nove vrste za znanost.

Zbog izražene morfološke uniformnosti koja je karakteristična za red lažištipavaca (Muster i sur., 2021), primjena molekularnih metoda u taksonomiji nameće se kao svakodnevna praksa (Christophoryová i sur., 2023). Budućim filogenetskim analizama i molekularnim datiranjem utvrdit ćemo vremena razdvajanja vrsta te njihov položaj u odnosu na nadzemne srodnike. Isticanjem

lokaliteta s izraženom bioraznolikošću u fragmentiranim krškim mikrostaništima, koja potiču specijaciju i endemizam, stvaraju se preduvjeti za daljnje upravljanje i očuvanje vrsta i njihovih staništa.

#### ► Ugroženost

Stopa endemizma lažištipavaca u Dinaridima izuzetno je visoka, pri čemu je veliki broj vrsta zabilježen isključivo na jednom lokalitetu, najčešće tipskom. Kombinirajući znanje o evolucijskoj povijesti i nastanku vrsta, endemizmu, ekologiji, ponašanju te unutar i međuvrstoju morfološkoj i genetskoj varijabilnosti, doprinosi se sveobuhvatnom razumijevanju bioraznolikosti, što je ključno za razvoj učinkovitih dugoročnih strategija očuvanja.

#### ► Zahvala

Autori zahvaljuju svim članovima Hrvatskog biospeleološkog društva na provedenim terenskim istraživanjima, pomoći, podršci i ustupljenom materijalu. Posebno hvala Branku Jalžiću – Banči i Martini Pavlek. Dio rada financiran je sredstvima Hrvatske zaklade za znanost (projekt: *DNA barkodiranje bioraznolikosti hrvatske faune* (IP-2016-06-9988), voditelj projekta: prof. dr. sc. Mladen Kučinić), te sredstvima Njemačke službe za razmjenu studenata i znanstvenika (Deutscher Akademischer Austauschdienst – DAAD) (Grant Number: 91809126).



## ► Literatura

- Beier, M. (1939). Die Höhlenpseudoscorpione der Balkanhalbinsel. *Studien aus dem Gebiete der Allgemeinen Karstforschung, der Wissenschaftlichen Höhlenkunde, der Eiszeitforschung und den Nachbargebieten* 4: 1–83.
- Borko, Š., Trontelj, P., Seehausen, O., Moškrič, A., Fišer, C. (2021). A subterranean adaptive radiation of amphipods in Europe. *Nature Communications* 12: 3688.
- Christophoryová, J., Krajčovičová, K., Henderickx, H., Španiel, S. (2016). A multivariate study of differentiating characters between three European species of the genus *Lasiochernes* Beier, 1932 (Pseudoscorpiones, Chernetidae). *ZooKeys* 629: 51–81.
- Christophoryová, J., Krajčovičová, K., Štáhlavský, F., Španiel, S., Opatova, V. (2023). Integrative Taxonomy Approach Reveals Cryptic Diversity within the Phoretic Pseudoscorpion Genus *Lamprochernes* (Pseudoscorpiones: Chernetidae). *Insects* 14: 122.
- Culver, D. C., Sket, B. (2000). Hotspots of subterranean biodiversity in caves and wells. *Journal of Cave and Karst Studies* 62: 11–17.
- Culver, D. C., Deharveng, L., Bedos, A., Lewis, J. L., Madden, M., Reddell, J. R., Sket, B., Trontelj, P., White, D. (2006). The mid-latitude biodiversity ridge in terrestrial cave fauna. *Ecography* 29: 120–128.
- Čurčić, B. P. M. (1988). *Cave-dwelling pseudoscorpions of the Dinaric karst*. Ljubljana: Slovenska Akademija Znanosti in Umetnosti.
- Harrison, S. E., Guzik, M. T., Harvey, M. S., Austin, A. D. (2014). Molecular phylogenetic analysis of Western Australian troglotic chthoniid pseudoscorpions (Pseudoscorpiones: Chthoniidae) points to multiple independent subterranean clades. *Invertebrate Systematics* 28: 386–400.
- Harvey, M. S. (1992). The phylogeny and classification of the Pseudoscorpionida (Chelicerata: Arachnida). *Invertebrate Systematics* 6: 1373–1435.
- Hlebec, D., Podnar, M., Kučinić, M., Harms, D. (2023). Molecular analyses of pseudoscorpions in a subterranean biodiversity hotspot reveal cryptic diversity and microendemism. *Scientific Reports* 13: 430.
- Muster, C., Spelda, J., Rulik, B., Thormann, J., Von der Mark, L., Astrin, J. J. (2021). The dark side of pseudoscorpion diversity: The German Barcode of Life campaign reveals high levels of undocumented diversity in European false scorpions. *Ecology and Evolution* 11: 13815–13829.
- Ozimec, R. (2004). List of Croatian pseudoscorpion fauna (Arachnida, Pseudoscorpiones). *Natura Croatica* 13: 381–394.
- Poinar, Jr G. O., Čurčić, B. P., Cokendolpher, J. C. (1998). Arthropod phoresy involving pseudoscorpions in the past and present. *Acta Arachnologica* 47: 79–96.
- Schiödt, J. C. (1847). Foreløbig Beretning om Untersögølses om den underjordiske Fauna i Hulerne i Krain og Istrien. *Oversigt over det Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Forhandlinger* 1847: 75–81.
- World Pseudoscorpiones Catalog (2022). World Pseudoscorpiones Catalog. Natural History Museum Bern, dostupno na <http://wac.nmbe.ch>, pristup 20.05.2023.

## Pseudoscorpions – why do we know so little?

Despite the long tradition of biospeleological research in the Dinarides and significant advances in molecular techniques, pseudoscorpions remain poorly studied. The first comprehensive field research and application of molecular methods were recently conducted, and the results confirmed a high rate of endemism and cryptic diversity, which refers to diversity that cannot be observed through morphology studies alone. By using an integrative approach that includes morphological examination and DNA analysis, 47 potentially new species were discovered. Future research will strive to determine the reasons behind the significantly higher species richness of the genera *Chthonius* and *Neobisium* compared to other genera. A considerable number of described troglonites were found exclusively at the type locality, making these species and their habitats a priority for conservation.