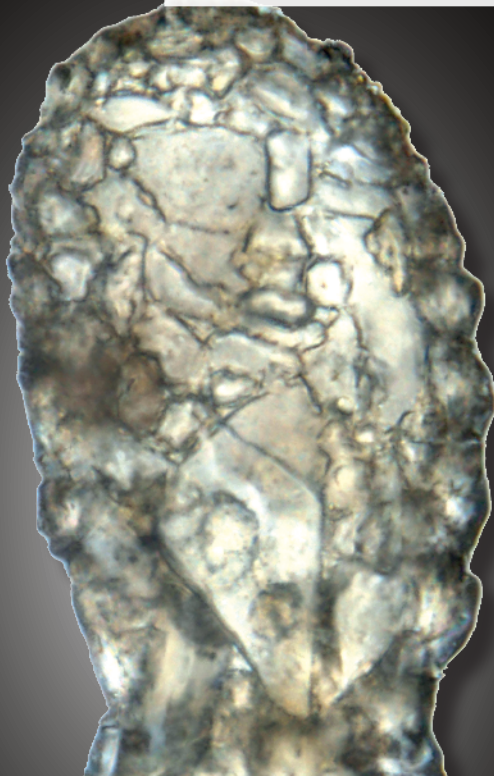


Protisti (Protista)

u špilji Veternici



Najla Baković | ADIPA – Društvo za istraživanje i očuvanje prirodoslovne raznolikosti Hrvatske, Hrvatska; Hrvatsko biospeleološko društvo, Hrvatska; Laboratorij za floru, faunu i staništa, DVOKUT-ECRO d.o.o.

Ferry Siemensma | Julianaweg 10, 1241VW Kortenhoef, Netherlands

Robert Baković | ADIPA – Društvo za istraživanje i očuvanje prirodoslovne raznolikosti Hrvatske, Hrvatska; Hrvatsko biospeleološko društvo

Roman Ozimec | ADIPA – Društvo za istraživanje i očuvanje prirodoslovne raznolikosti Hrvatske

Okučena ameba Diffflugia oblonga
Autor: Ferry Siemensma

Uvod

Protisti su vrlo raznolika skupina jednostaničnih mikroorganizama. Nastanjuju brojna nadzemna staništa (mora, kopnene vode, tlo itd.) i pretežito su kozmopolitski rasprostranjeni. Tjelesnom građom daleko su složeniji od bakterija i arheja te spadaju u eukariotske organizme (Hausmann i dr., 2003). U ekosustavima špilja čine hranidbenu kariku između bakterija i višestaničnih organizama. Najčešće ih se dijeli na heterotrofne protiste, alge i gljivama slične protiste. Heterotrofni protisti (poznati i pod hrvatskim nazivom praživotinje) hrane se drugim mikroorganizmima (npr. bakterijama), ali i sitnim organskim česticama (Golemansky i Bonnet, 1994). Na ulazima u špilje pronalazimo i fototrofne protiste (alge) koji za svoj opstanak trebaju svjetlost (Popović i dr., 2020), ali i brojne heterotrofne protiste (Soler-Zamora i dr., 2021). U špiljama su najslabije poznati gljivama slični protisti, koji se hrane raspadnutim organskim tvarima (Landolt i dr., 2006).

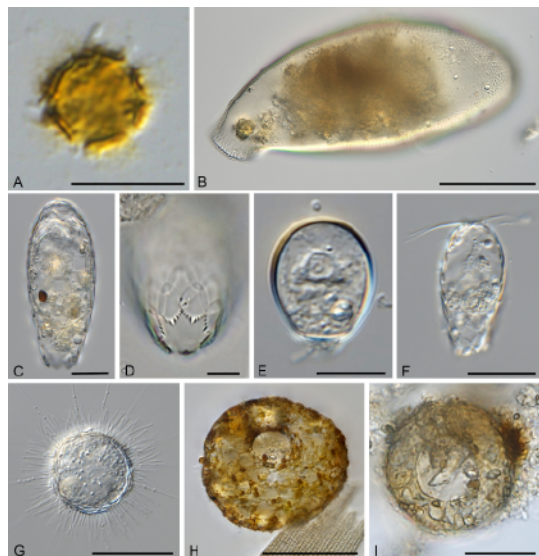
Raznolikost protista u Veternici

Protisti u špiljama vrlo slabo su istraženi. Znanje o njima uglavnom se temelji na jednokratnim, rjeđe višekratnim istraživanjima pojedinih speleoloških objekata. Špilja Veternica stoga spada među rijetke speleološke objekte u svijetu u kojima je provedeno višegodišnje istraživanje ove skupine organizama. Istraživanja protista u špilji Veternici provedena su tijekom osam godina (2011. – 2016., 2019., 2021.). U prvoj fazi (2011. – 2016.) istraživanja protista provedena su sustavno u sklopu službenog monitoringa špilje dva puta godišnje, u razdoblju od 2005. do 2016. godine, a koji je uključivao sustavna istraživanja špiljske faune, ali i gljiva (Matočec i dr., 2014), bakterija (Pleše i dr., 2012; 2016) te obraštaja lampenflore (Baković i dr., 2014; Baković, 2016a; Baković i dr., 2016b). Naknadna istraživanja protista provodila je periodički i samoinicijativno prva autorica. Ukupno je prikupljeno i obrađeno više od sto uzoraka. Dugogodišnje istraživanje omogućilo je sagledavanje stanišne heterogenosti, sezonskih varijacija te varijacija koje su posljedica raznolikih hidroloških režima (Baković i dr., 2022a; Kajtezović i Rubinić, 2013). Veternica je stanište novoopisane vrste špiljske okućene amebe *Centropyxis bipilata* (Baković i dr., 2019), ali i brojnih drugih vrsta. U ovom radu donosimo pregled do sada zabilježenih

vrsta u Veternici koji uključuje i nove podatke (Tablica 1; Slika 1).

Fokus istraživanja u Veternici bio je na okućenim amebama, koje su vrlo raznolike u špiljama (Baković i dr., 2019). Okućene amebe polifiletska su skupina ameboidnih organizama koja je karakteristična po prisutnosti vanjske ljušturice (kućice). S više od trideset zabilježenih vrsta okućenih ameba, špilja Veternica trenutno spada među najbogatije speleološke objekte u Hrvatskoj te cijelim Dinaridima (Baković i dr., 2019; Ozimec i dr., 2021) po bogatstvu ove skupine. Bitno je izdvojiti prve nalaze sljedećih vrsta okućenih ameba u špiljama: *Cryptodiffugia pusilla*, *C. sacculus*, *Diplophrys* sp., *Microcometes paludosa* i *Pxydicula* sp. Preciznu determinaciju vrsta otežavale su male populacije te velika morfološka plastičnost zabilježenih jedinki, stoga se očekuje da će broj vrsta u budućnosti rasti.

Unatoč činjenici da u popisu vrsta dominiraju okućene amebe, ne treba smetnuti s uma da su i druge skupine protista sasvim sigurno raznolikije, što će sasvim sigurno pokazati daljnja specijalistička istraživanja. U nastavku slijedi kratki pregled istraživanih staništa i skupina protista koji ih nastanjuju.



Slika 1. Okućene amebe: A *Microcometes paludosa*; B *Cyphoderia ampulla*; C *Euglypha tuberculata*; D *Euglypha tuberculata*, detalj *pseudostoma*; E *Cryptodiffugia oviformis*; F *Euglypha bryophila*; G sunašce *Anthocystis myriospina*; H špiljska okućena ameba *Centropyxis bipilata*; I okućena ameba *Cyclopyxis eurystoma*. Skala: B, H 50 μ m; C, F, G 20 μ m; A, D, E 10 μ m
Autor: Ferry Siemensma

Tablica 1. Lista zabilježenih vrsta protista u Veternici

Taksonomska pripadnost	Stanište			Izvor
	A	U	L	
Okučene amebe				
<i>Arcella artocrea</i> Leidy, 1876	•			1
<i>Arcella rotundata</i> Playfair, 1918	•			1
<i>Centropyxis aculeata</i> (Ehrenberg, 1838) Stein, 1859	•			NP
<i>Centropyxis aerophila</i> Deflandre, 1929	•			1
<i>Centropyxis bipilata</i> Baković, Siemensma i dr., 2019	•			2
<i>Centropyxis constricta</i> (Ehrenberg, 1841) Penard, 1890	•			NP
<i>Centropyxis elongata</i> (Penard, 1890) Thomas, 1959	•			NP
<i>Centropyxis laevigata</i> Penard, 1890	•			1
<i>Centropyxis plagiostoma</i> Bonnet et Thomas, 1955	•			NP
<i>Centropyxis</i> sp.			•	NP
<i>Cryptodifflugia oviformis</i> Penard, 1902	•	•		1, NP
<i>Cryptodifflugia pusilla</i> Playfair, 1917	•			NP
<i>Cryptodifflugia sacculus</i> Penard, 1902	•			NP
<i>Cyclopyxis eurystoma</i> Deflandre, 1929	•			NP
<i>Cyclopyxis</i> spp.	•			1, NP
<i>Cyphoderia ampulla</i> Ehrenberg, 1840	•			1
<i>Diffflugia oblonga</i> Ehrenberg, 1838	•			1
<i>Diffflugia</i> cf. <i>pristis</i> Penard, 1902	•			NP
<i>Diffflugia</i> spp.	•	•		1, NP
cf. <i>Diplochlamys</i> sp.	•			NP
<i>Diplophrys</i> sp.	•			NP
<i>Euglypha bryophila</i> Brown, 1911	•			NP
<i>Euglypha laevis</i> (Ehrenberg, 1832) Perty, 1849	•			1
<i>Euglypha rotunda</i> Wailes, 1915	•			1
<i>Euglypha</i> spp.	•	•	•	1, NP, 4
<i>Euglypha tuberculata</i> Dujardin, 1841	•			1
cf. <i>Frenzelina</i> sp.	•			NP
<i>Heleopera</i> sp.	•			NP
<i>Microchlamys patella</i> (Claparède & Lachmann, 1859) Cockerell, 1911	•			NP
<i>Microcometes paludosa</i> Cienkowski, 1876	•			NP
<i>Tracheleuglypha dentata</i> Deflandre, 1928	•	•		1, NP
<i>Trinema lineare</i> Penard, 1890	•	•		1, NP
<i>Trinema enchelys</i> Ehrenberg, 1838	•			NP
<i>Pyxidicula</i> sp.	•			NP
<i>Plagiopyxis declivis</i> Bonnet, 1955	•		•	NP
Testacea spp.	•			NP

Taksonomska pripadnost	Stanište			Izvor
	A	U	L	
Gole amebe				
<i>Amoebozoa</i> spp.	•			1, NP
<i>Cochlipodium</i> sp.	•			NP
cf. <i>Flamella</i> sp.	•			NP
<i>Korotnevella</i> sp.	•			1
<i>Mayorella</i> sp.	•			1
<i>Rhizamoeba</i> sp.	•			1
<i>Vahlkampfia</i> sp.	•			1
<i>Vanella</i> sp.	•	•		NP
Sunašca				
<i>Acanthocystis myriospina</i> Penard, 1890, emend. Dürrschmidt, 1985	•			1
<i>Raphidocystis marginata</i> (Siemensma, 1981) Zlatogursky, 2018	•			1
Trepetljikaši				
<i>Ciliophora</i> spp.	•	•		1, NP
<i>Cinetochilum margaritaceum</i> Perty, 1849	•	•		1, NP
<i>Colpoda</i> sp.	•			1
<i>Colpoda steini</i> Maupas, 1883	•			1
<i>Cyclidium glaucoma</i> O.F.M., 1786	•			1
<i>Cyrtophoryda</i> sp.	•			1
<i>Glaucoma</i> sp.	•			1
<i>Hymenostomata</i> spp.	•			1
<i>Litonotus lamella</i> Schewiakoff, 1896	•			1
<i>Euplotes</i> sp.	•			NP
<i>Nassulida</i> spp.	•			1
<i>Pleuronema</i> sp.	•			1
<i>Pyxicola</i> sp.	•			NP
<i>Sphatidium</i> sp.	•			1
<i>Vorticella</i> sp.	•			NP
Stramenopile				
<i>Actinophrys sol</i> Ehrenberg, 1830	•			1
Heterotrofni bičaši				
Nanoflagellata spp.	•	•	•	1, NP
<i>Peranema trichophorum</i> (Ehrenberg, 1838) Stein, 1878	•			1
Alge				
Bacillariophyta spp.	•	•	•	2, 3, 4
Chlorophyta spp.			•	4
Chrysophyta spp.		•		3

Stanište s obzirom na osvjetljenost: A = afotička špiljska staništa; U = ulazni dio špilje; L = lampenflora.

Izvor podataka: 1 = Baković i dr., 2022a; 2 = Baković i dr., 2019; 3 = Baković i dr., 2022b; 4 = Baković, 2016a; NP = novi podaci.

Staništa protista u Veternici

Veliko bogatstvo Veternice predstavljaju brojna i raznolika vodena staništa. Istraženi su sedimenti vodotoka na Plaži, Viktorijinom slapu, u Bijeloj dvorani i nedaleko od Pakla. Staništa na ovim lokacijama razlikuju se u manjoj mjeri po fizikalno-kemijskom sastavu vode, ali i po sastavu sedimenta. Protisti su pronađeni u sedimentu koji varira od krupnih valutica do sitnog muljevito-pjeskovitog sedimenta. Na ovim staništima zabilježeni su brojni pripadnici heterotrofnih bičaša, golih i okućenih ameba te tresetljikaša. Zanimljiv je podatak da su u uzorcima iz vodotoka s Plaže, iz Bijele dvorane i vodotoka nedaleko od Pakla zabilježene žive i uginule jedinke algi kremenjašica. S obzirom na to da su alge primarno ovisne o svjetlosti, može se zaključiti da su unesene u podzemlje pasivnim načinom – poniranjem površinskih voda u špilju. Njihova prisutnost bila je prostorno i vremenski varijabilna, što ukazuje na složenost hidroloških veza između špilje i njezinog nadzemlja (Baković i dr., 2022b).

Protisti naseljavaju i manje vodene površine kao što su različita ujezerenja, lokve u glini, konuliti, kamenice i sl., koje su rasprostranjene duž cijele špilje. Ova vodena staništa mogu varirati od plitkih i jedva zamjetnih lokvica milimetarskih dimenzija u sigovini (npr. na saljevu u Koncertnoj dvorani) ili glini (npr. u Kalvariji) do nešto većih ujezerenja (npr. Zdenac želja). Pretežito se radi o staništima koja podržavaju relativno male populacije protista i siromašna su vrstama. Prava eksplozija života na ovim staništima javlja se kad se u njima nalazi i guano šišmiša. Velika količina hranjivih tvari omogućuje razvoj ekstremno brojnih populacija protista s više od 500 jedinki u jednom mililitru (kubnom centimetru) uzorka (Baković i dr., 2022a). Velika količina hranjivih tvari omogućuje i suživot velikog broja vrsta, pa je tako u samo jednoj maloj kamenici u Koncertnoj dvorani zabilježeno čak 36 vrsta heterotrofnih protista (Baković i dr., 2022a). U stajaćim vodama Veternice zabilježeni su heterotrofni protisti iz skupina golih i okućenih

Slika 2. Obraštaji lampenflore u špilji Veternici
Autor: Najla Baković



ameba, trepetljikaša i bičaša. Osobito je zanimljiv nalaz planktonskih vrsta iz skupine sunašaca i stramenopila koje žive u svega par milimetara dubokoj vodi ovih staništa.

Iako su heterotrofni protisti primarno vezani uz vodena staništa, čak i tanki film vode na staništu omogućuje njihov razvoj. U špiljama su osobito zanimljive zone u kojima se preko špiljskih zidova ili siga konstantno prelijeva tanki mlaz vode stvarajući špiljsko stanište poznato pod imenom higropetrik. Iako se pod higropetrikom uglavnom misli na nešto uočljivije prelijevanje vode (Dorigo i dr., 2018; Sket, 2004), istraživanja u Veternici ciljala su na higropetrik s jedva zamjetnim, no stalnim mlazom vode (primjerice u Separeu). Naime, ovakva staništa bolje pogoduju razvoju populacije protista od higropetrika s intenzivnijim protjecanjem vode (npr. higropetrik na Bubregu). Najduže je praćeno stanište higropetrika u Separeu, no ona su prisutna i u drugim dijelovima špilje. S obzirom na to da se radi o prostorno malom staništu (milimetarski sloj vode) koje je siromašno hranjivim tvarima, populacije protista koje nalazimo na ovim staništima malobrojne su i raznolikost vrsta je niska te među njima nalazimo pretežito okučene amebe i bičaše, a rjeđe trepetljikaše (Baković i dr., 2022a).

Na nekim lokacijama u Veternici periodično se razvijaju bakterijske kolonije po zidovima. Kolonije su vidljive u obliku srebrnastobijelih hidrofobnih presvlaka po zidovima, koje se lako uočavaju zbog svjetlucanja reflektiranog svjetla na kapljicama vode koje ih prekrivaju. Stanište špiljskih zidova mikrohidrološki je vrlo raznoliko, pa tako na njemu nalazimo kondenziranu vodu, sporadično točkasto curenje vode, dok su za vrlo sušnih godina ovi zidovi jedva vlažni, što reducira i bakterijske kolonije. Ovakva staništa nalazimo u nekim dijelovima špilje (npr. Skupštinska dvorana, Kameni slap, Kalvarija, Separe itd.). Radi se o staništima vrlo siromašnima hranjivim tvarima, podložnima periodičnom isušivanju, te je na njima zabilježeno svega par vrsta protista iz skupine okučanih ameba.

Najekstremnija staništa protista u Veternici svakako su suhi zidovi i suhi sedimenti. S obzirom na to da su protisti prvenstveno ovisni o prisutnosti vode, bezvodna staništa nisu pogodna za

njihov razvoj. Naravno, postoje izuzeci od pravila. U turistički uređenom dijelu špilje Veternice ispod električne rasvjete stvara se tanki zeleni obraštaj po stijenama i sedimentu koji čine aerofitne alge iz skupina zelenih algi i algi kremenjašica (Baković i dr., 2014; Baković, 2016a; Baković i dr., 2016b). Radi se o vrstama koje su specijalno prilagođene iskorištavanju male količine svjetlosti i visoke relativne vlažnosti zraka, a ovi zeleni obraštaji poznati su pod nazivom lampenflora (Mulec i dr., 2008). Uz alge se na obraštajima lampenfore u Veternici javljaju i cijanobakterije, heterotrofni protisti, mahovine, gljive i beskralješnjaci (Baković, 2016a) (Slika 2).

Vrijedno stanište protista u špilji Veternici predstavlja i ulazni dio špilje. Stanišnu raznolikost za protiste uvjetuje specifična gradacija svjetlosti čiji intenzitet i trajanje opadaju prema dubljim dijelovima špilje. Rasprostranjenost algi (fototrofni protisti) uvjetovana je dosegom svjetlosti. U ulaznom dijelu špilje zabilježene su zlatnožute alge i alge kremenjašice (Baković i dr., 2022b), no ova staništa sasvim sigurno podržavaju puno veću raznolikost algi. Ulazni, osvjetljeni dio Veternice bogato je stanište i za heterotrofne protiste jer obiluje vodom (procjedna i kondenzacijska voda) i hranom. Ovakvo stanište osobito pogoduje razvoju okučanih ameba.

Zaključak

Špilja Veternica može se smatrati idealnim poligonom za biospeleološka istraživanja jer od ulaza do završetka špiljskih kanala predstavlja pogodno stanište za protiste. Odlikuje se visokom stanišnom raznolikošću koja se odražava u geomorfološkoj građi, varijabilnim hidrološkim režimima i povremenim utjecajem guana šišmiša kao važnog modifikatora uvjeta na staništu protista. Osim prirodnih fenomena, u Veternici je zabilježen i razvoj lampenfore kao antropogenog staništa protista koje je još uvijek slabo istraženo. Dodatna pogodnost Veternice jest u činjenici da se radi o relativno lako dostupnom horizontalnom speleološkom objektu u kojem su za dio špiljskih kanala dovoljne osnovne speleološke vještine.

Iako je u Veternici do sada zabilježeno više desetaka vrsta protista (Baković, 2016a; Baković i

dr., 2019; Baković i dr., 2022a; Baković i dr., 2022b; Baković, neobjavljeni podaci), važno je naglasiti i povremene nalaze vrsta koje sasvim sigurno pripadaju još uvijek neopisanim vrstama za znanost. Stoga se može reći da je istraživanje protista u Veternici još uvijek u svojim začetcima, a do sada skupljeni podaci mogu poslužiti kao dobar putokaz za buduća istraživanja.

Zahvale

Zahvaljujemo Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, koji je u sklopu projekta Implementacija funkcionalnog ustroja akvatičkih zajednica u valorizaciji okoliša (119-000000-1205) podržao prva istraživanja protista u Veternici (2011. – 2012.), Javnoj ustanovi Park prirode Medvednica i udruzi ADIPA, koje su podržale istraživanja protista u sklopu projekta monitoringa špilje Veternice te brojnim kolegama speleolozima i biospeleolozima, koji su bili neprocjenjivi sudionici terenskih istraživanja.

Literatura

- Baković, N., 2016a: Širenje lampenflore u špilji Veternici (Park prirode Medvednica) u razdoblju od 2012. do 2014. godine, *Subterranea Croatica* 14 (1), 26–30.
- Baković, N., Ozimec, R., Vugrek Petljak, K., Ban Čurić, T., 2016b: Lampenflora removal and applied conservation methods in Veternica Cave (Nature Park Medvednica, Croatia), u: *2. hrvatski simpozij o invazivnim vrstama* (ur. Jelaska, S. D.), Hrvatsko ekološko društvo, Zagreb, 45.
- Baković, N., Matoničkin Kepčija, R., Siemensma, F. J., 2022a: Transitional and small aquatic cave habitats diversification based on protist assemblages in the Veternica cave (Medvednica Mt., Croatia), *Subterranean Biology* 42, 43–60, DOI: 10.3897/subtbiol.42.78037.
- Baković, N., Ozimec, R., Bedek, J., Lukić, M., Kovačić, D., Vugrek Petljak, K., 2014: Invazivni potencijal lampenflore u špilji Veternici (Park prirode Medvednica, Hrvatska), u: *1. hrvatski simpozij o invazivnim vrstama* (ur. Jelaska, S. D.), Hrvatsko ekološko društvo, Zagreb, 17–18.
- Baković, N., Pipan, T., Baković, R., Ozimec, R., Rubinić, J., Matoničkin Kepčija, R., 2022b: Algae and cyanobacteria in the aphotic habitats of Veternica Cave (Medvednica Mt., Croatia) and selected caves of the Dinaric karst (South-Eastern Europe), *International Journal of Speleology* 51, 193–203, DOI: 10.5038/1827-806X.51.3.2422.
- Baković, N., Siemensma, F. J., Baković, R., Rubinić, J., 2019: Testate amoebae in karst caves of the Dinaric arc (South-Eastern Europe) with a description of *Centropyxis bipilata* sp. nov., *Acta Protozoologica* 58 (4), 201–215, DOI: 10.4467/16890027AP.19.018.12020.
- Dorigo, L., Squartini, A., Toniello, V., Dreon, A., Pamio, A., Concina, G., Simonutti, V., Ruzzier, E., Perreau, M., Engel, A., Gavinelli, F., Martinez-Sañudo, I., Mazzon, L., Paoletti, M., 2018: Cave hygropetric beetles and their feeding behaviour, a comparative study of *Cansiliella servadeii* and *Hadesia asamo* (Coleoptera, Leiodidae, Cholevinae, Leptodirini), *Acta Carsologica / Karsoslovni Zbornik* 46 (3–4), 317–328. DOI: 10.3986/ac.v46i2-3.4936.
- Golemansky, V. G., Bonnet, L., 1994: Protozoa, u: *Encyclopaedia Biospeologica* (ur. Juberthie, C., Decu, V.), Société de Biospéologie, Moulis–Bucarest.
- Hausmann, K., Hülsmann, N., Radek, R., Machemer, H., 2003: *Protistology, 3rd completely revised edition*, Schweizerbart, Berlin.
- Kajtezović, N., Rubinić, J., 2013: Water and research of underground habitats in protected areas – Example of protozoa research in Veternica Cave (Medvednica Nature Park, Croatia), u: *3. međunarodna konferencija »Vode u osjetljivim i zaštićenim područjima«*, Hrvatsko društvo za zaštitu voda, Zagreb, 150–153.
- Landolt, J. C., Stephenson, S. L., Slay, M. E., 2006: Dictyostelid cellular slime molds from caves, *Journal of Cave and Karst Studies* 68, 22–26.
- Matočec, N., Kušan, I., Ozimec, R., 2014: The genus *Polycephalomyces* (Hypocreales) in the frame of monitoring Veternica cave (Croatia)

- with a new segregate genus *Perennicordyceps*, *Ascomycete.org* 6/5, 125–133.
- Mulec, J., Kosi, G., Vrhovšek, D., 2008: Characterization of cave aerophytic algal communities and effects of irradiance levels on production of pigments, *Journal of Cave and Karst Studies* 70, 3–12.
 - Ozimec, R., Baković, N., Bakšić, D., Basara, D., Bevanda, L., Brajković, H., Anton, B., Christian, E., Gašić, Z., Grego, J., Jalžić, B., Jelić, D., Jochum, A., Karaman, G., Karaman, I., Komnenov, M., Kováč, L., Kušan, I., Lukić Bilela, L., Matijić, J., Matočec, N., Pavičević, M., Perkić, D., Radoš, D., Rodić Ozimec, J., Slapnik, R., Soldo, A., Stoch, F., Tropea, G., Ubick, D., Tropea, D., Vuletić, N., 2021: *Vjetrenica – Cave Biodiversity Hotspot of the Dinarides*, Javno poduzeće Vjetrenica, Ravno.
 - Pleše, B., Ozimec, R., Pojskić, N., Četković, H., Lukić-Bilela, L., 2012: Aquatic bacterial mats in Dinaric range caves: molecular and ecological approach, u: *Book of Abstracts of the 21st International Conference on Subterranean Biology* (ur. Kovač, L., Uhrin, M., Mock, A., Lup- tačik, P.), Pavol Jozef Šafarik University, Košice, 89–90.
 - Pleše, B., Pojskić, N., Ozimec, R., Mazija, M., Četković, H., Lukić-Bilela, L., 2016: Molecular Characterization of Aquatic Bacterial Communities in Dinaric Range Caves, *Water Environment Research* 88 (7), 617–630.
 - Popović, S., Krizmanić, J., Vidaković, D., Jakovljević, O., Trbojević, I., Predojević, D., Vidović, M., Subakov Simić, G., 2020: Seasonal Dynamics of Cyanobacteria and Algae in Biofilm from the Entrance of Two Caves, *Geomicrobiology Journal* 37, 315–326. DOI: 10.1080/01490451.2019.1700322.
 - Sket, B., 2004: The cave hygropetric – a little known habitat and its inhabitants, *Archiv für Hydrobiologie* 160, 413–425, DOI: 10.1127/0003-9136/2004/0160-0413.
 - Soler-Zamora, C., González-Miguéns, R., Guillén-Oterino, A., Lara, E., 2021: Arcellinida testate amoebae as climate miner's canaries in Southern Spain, *European Journal of Protistology* 81, 125828, DOI: 10.1016/j.ejop.2021.125828.

Protists (Protista) in the Veternica Cave (Medvednica Nature Park)

Protists (Protista) are a diverse and species-rich group of microorganisms that, in addition to many above-ground habitats, also inhabit caves. Although these are organisms that are a trophic link between bacteria and animals in caves, they have been very poorly researched. Protists in Veternica Cave were investigated during an eight-year period, covering various aquatic, terrestrial and transitional habitats. In Veternica Cave, heterotrophic protists are the dominant group, among which members of testate and naked amoebae, ciliates, flagellates, heliozoa and stramenopiles have been recorded. Phototrophic protists are found in the entrance parts of the cave and on lampenflora. Up to now, the largest number of species has been recorded from the group of testate amoebae (over 30 species), among which is the newly described cave species *Centropyxis bipilata*. Veternica is an easily accessible and habitat-rich cave and it is very suitable for further protist research. The current results could only be considered as a good signpost for future research and serve as an incentive to a broader range of researchers.