

Širenje lampenflore u špilji Veternici (Park prirode Medvednica) u razdoblju od 2012. do 2014. godine

Najla Baković

Hrvatsko biospeleološko društvo, Zagreb
ADIPA – Društvo za istraživanje i očuvanje prirodoslovne raznolikosti Hrvatske, Zagreb

Ulaz u špilju Veternicu. Foto: Neven Šuica

U ovom članku izloženi su rezultati trogodišnjeg praćenja pojave lampenflore u špilji Veternici (Park prirode Medvednica). Praćenje se odvijalo u sklopu projekta biomonitoringa podzemne faune. Lampenflora je pokazala velik invazivni potencijal te je zbog povećanja jedinki špiljske faune na obraštajima, pristupljeno je njenom uklanjanju prema stručnim preporukama koje su rezultat monitoringa. Ovaj biomonitoring ujedno predstavlja primjer dobre suradnje između javne ustanove koja gospodari špiljom i stručnjaka koji se bave istraživanjem podzemnih ekosustava i njihovom zaštitom.

Ključne riječi: lampenflora, špilja Veternica, zaštita prirode, sanacija lampenflore



Uvod

Lampenflora je zajednički naziv za pojavu fototrofnih organizama u neposrednoj blizini rasvjetnih tijela (reflektori, lampe) u umjetno osvijetljenim podzemnim staništima (Mulec 2012). Vidljiva je golim okom u obliku zelenih obraštaja koji mogu biti tek jedva primjetni zeleni film koji prekriva zahvaćenu površinu ili gusti zeleni obraštaj s dobro razvijenim mahovinama. S obzirom na specifične uvjete koji vladaju u podzemlju, lampenfloru često nazivaju "ekosustavom u nastanku" (Mulec i Kosi 2009). Sukcesija započinje s naseljavanjem cijanobakterija (primarna

sukcesija), zatim se pojavljuju alge (sekundarna sukcesija) i mahovine (tercijarna sukcesija), a moguć je razvoj čak i paprati i cvjetnica (Mulec 2012, Mulec i Kubešova 2010). Stupanj napretka sukcesije ovisi, prije svega, o svojstvima izvora svjetlosti (valna duljina svjetlosti, trajanje zračenja, udaljenost od podloge itd.), ali i o mnoštvu drugih čimbenika (Mulec i sur. 2008, Mulec i Kosi 2009).

Područje istraživanja

Špilji Veternica smještena je u jugozapadnom dijelu Parka prirode Medvednica i duga je 7128 m. Godišnje

je posjećuje do 4000 posjetitelja u razdoblju od ožujka do studenog (ovisno o hibernaciji šišmiša). Grupni obilasci uz pratnju vodiča traju do pedeset minuta, a turistički je uređeno prvih 380 m glavnog kanala (JUPP Medvednica). U špilji je u razdoblju istraživanja bilo postavljeno pedeset osam rasvjetnih tijela s fluorescentnim žaruljama (840 W), jedno rasvjetno tijelo s halogenom žaruljom (75 W), a četiri rasvjetna tijela su bila trajno ugašena. Špilja je godišnje izložena do 540 sati umjetne rasvjete. Iako je rasvjeta bila postavljena u špilji nekoliko godina, do ožujka 2012. nije bilo zapaženih pojava lampenflore.

Metodologija

Pojava lampenflore u obliku zelenih obraštaja vidljivih golim okom praćena je od ožujka 2012. do prosinca 2014. godine. Mikroskopski su pregledani uzorci s dvije lokacije 2012. godine uz korištenje mikroskopa i lupe. Mjerenje udaljenosti rasvjetnog tijela od podloge izvršeno je daljinometrom Bosch PLR 15, a bilježena je vrijednost udaljenosti središta rasvjetnog tijela od matične stijene i udaljenost od rasvjetnog tijela do matične stijene pod kutom od 45°. Mjerenje jakosti osvjetljenja izvršeno je pomoću luksmetra TESTO. Temperatura i relativna vlažnost zraka mjereni su tijekom obilazaka termohigrometrom Kestrel 3000. Dobiveni rezultati obrađeni su i prikazani pomoću programa Microsoft Excel.

Rezultati

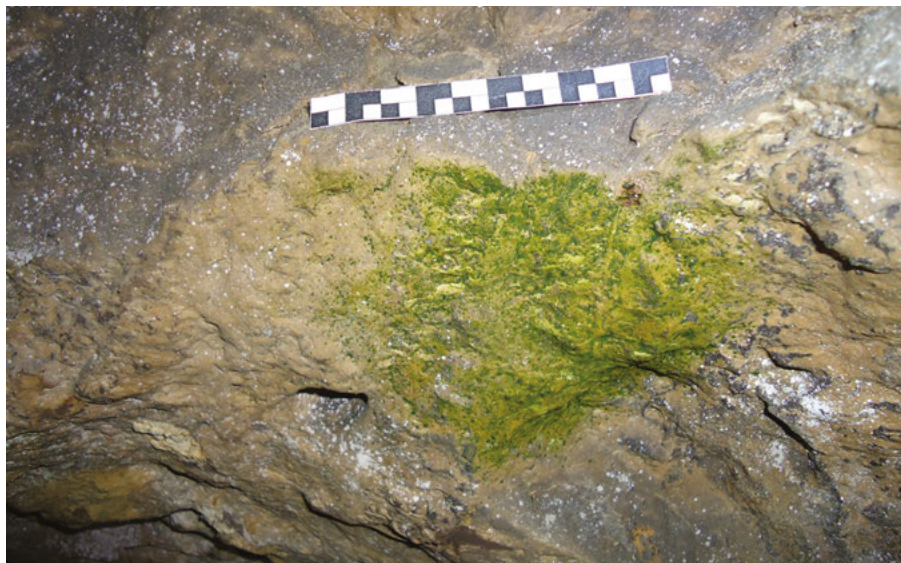
Prvi slučaj pojave lampenflore zabilježen je u ožujku 2012. godine, a do prosinca 2014. godine obraštaji su se proširili na osamnaest lokacija u špilji (graf 1) što predstavlja ukupno 33% lokacija s rasvjetnim tijelima (graf 2). Obraštaji su se sastojali od cijanobakterija, algi i mahovina. Među algama su prevladavali pripadnici roda *Chlorella*, a predstavnici mahovina su iz razreda Hepaticae i Musci. Obraštaji lampenflore, s obzirom na fototrofne organizme koji su ih sačinjavali, makroskopski su se mogli podijeliti na: **a)** obraštaje koji su se sastojali samo od cijanobakterija i algi (sl. 1 i sl. 5); **b)** obraštaja koji su se sastojali od cijanobakterija, algi i mahovina (sl. 2); i **c)** obraštaja koji su se sastojali samo od mahovina (sl. 4).

Mikroskopskim pregledom dvije lokacije s lampenflorom 2012. godine, je zabilježeno više predstavnika skupine prazivotinja (Protozoa) i dvije svojte iz skupine grinja (Acari). Makroskopskim pregledom lampenflore zabilježeni su i predstavnici podzemne faune: više predstavnika skokuna (Collembola), dva predstavnika dvojenoga (Diplopoda) (sl. 3) i jedan predstavnik jednakonožnih rakova (Isopoda) (graf 3). Podzemna fauna zabilježena je na 29% lokacija zahvaćenih lampenflorom (graf 4).

Monitoring temperature i relativne vlažnosti u dijelu špilje s umjetnom rasvjetom nije pokazao značajne promjene mjenjenih parametara u razdoblju

2012-2014. Prosječna temperatura u Kalvariji iznosila je 10,2°C, a prosječna relativna vlažnost zraka 92,6%. Jakost osvjetljenja rasvjetnih tijela ne pokazuje značajnu razliku kada se uspoređuju lokacije s prisutnom lampenflorom i bez

nje. Prema podacima od Javne ustanove „Park prirode Medvednica“, nije bilo značajne promjene u broju posjetitelja i satima koje je špilja bila osvijetljena u razdoblju od 2011. do 2014. godine.



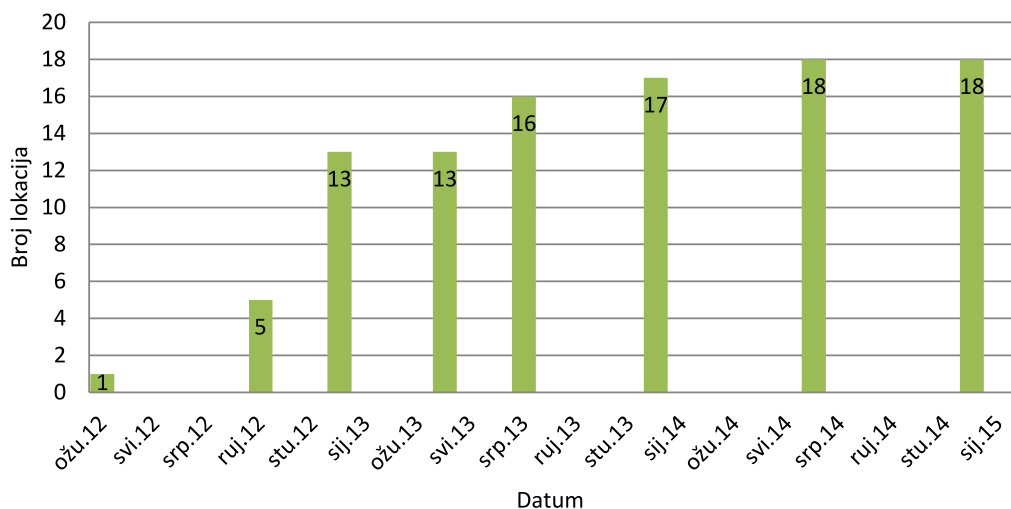
Slika 1. Obraštaj lampenflore na lokaciji Gibraltar. Foto: Najla Baković



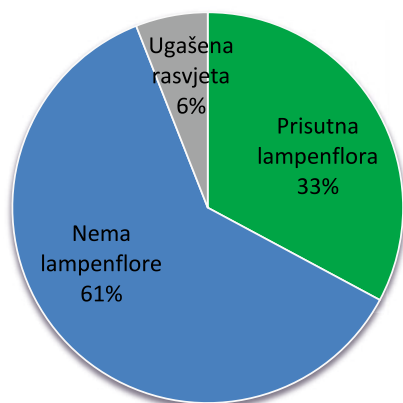
Slika 2. Obraštaj lampenflore na lokaciji Koncertna dvorana. Foto: Najla Baković



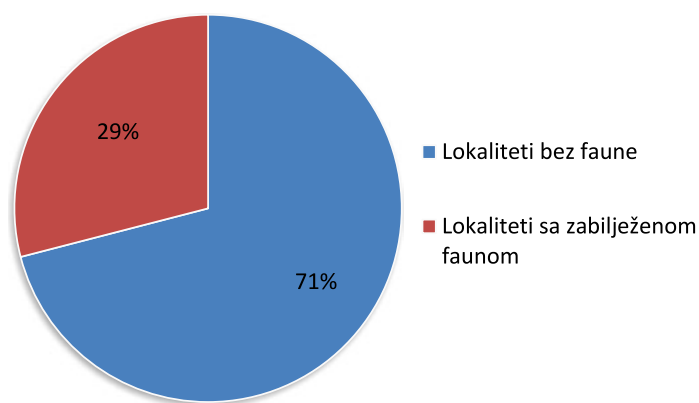
Slika 3. Dvojenoga na obrastaju lampenflore. Foto: Najla Baković



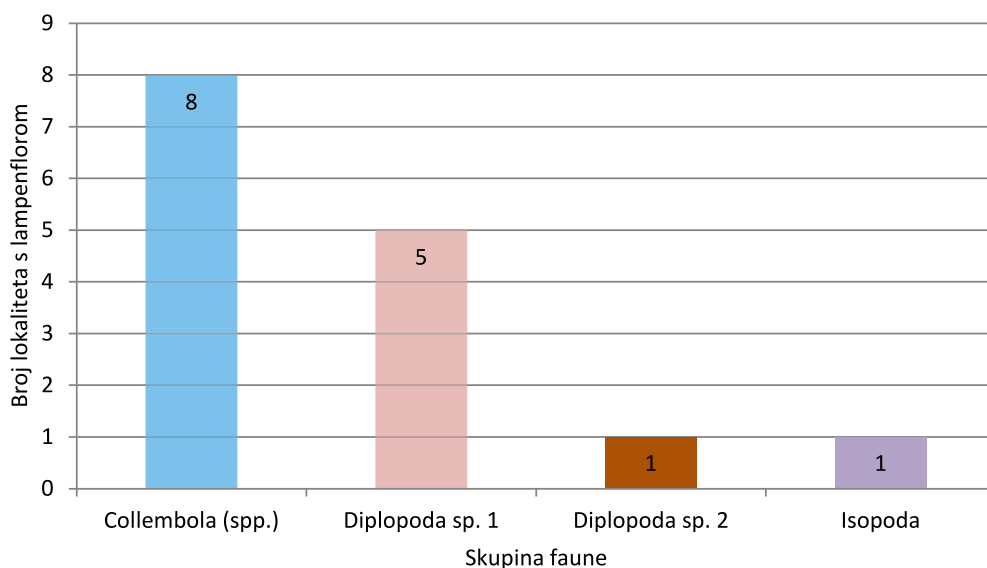
Graf 1. Grafički prikaz broja lokacija u špilji s pojavom lampenfore u razdoblju od 2012. do 2014. godine.



Graf 2. Apsolutna prisutnost makroskopski vidljive lampenfore u špilji - postotak lokacija s rasvjetnim tijelima (2012.-2014.)



Graf 4. Postotak lokaliteta s lampenflorom na kojima je zabilježena golim okom vidljiva podzemna fauna u razdoblju od 2012.-2014.



Graf 5. Broj lokaliteta s lampenflorom na kojoj se pojavljuje podzemna fauna (2012.-2014.)

Rasprava

Praćenjem abiotičkih parametara u špilji (temperatura, vlažnost), broja posjetitelja i tehničkih karakteristika vezanih uz rasvjetna tijela (jakost osvjetljenja, udaljenost od podloge, trajanje osvjetljenja), nije bilo moguće

uočiti korelaciju koja bi objasnila širenje lampenflore. Analizu dodatno otežava činjenica da su mjerenja mikroklimatskih parametara vršena sporadično, tijekom monitoringa, što otežava statističku analizu. Širenje lampenflore u špilji Veternici ne pokazuje pravilan obrazac širenja u skladu s parametrima

kao što su vlažnost i blizina rasvjetnih tijela (Mulec i Kosi 2009). Dijelom se to može objasniti činjenicom da je špilja, s izuzetkom par lokacija na kojima postoji prokapavanje vode, u fosilnom stanju (bez protoka vode) (Lacković i sur. 2011). Pojave povremenih manjih protoka vode, strujanje zraka i specifična razvedenost kanala teoretski mogu stvoriti specijalne zone mikroklimе koje bi mogle objasniti sporadičan razvoj lampenflore. Da bi se to jednoznačno dokazalo, potrebno je provesti sustavna istraživanja. Fosilni karakter špilje vjerojatno je razlog zbog kojeg se lampenflora počela javljati tek 2012. godine. Njeno ubrzano širenje u razdoblju od 2012. do 2014. godine može se pripisati većoj koncentraciji sporocijanobakterija, algi i mahovina koje su se s obraštaja lampenflore, širile dalje po špilji posredstvom zračnih struja, podzemnih organizama i posjetitelja (Mulec 2014). Naglo povećanje biomase lampenflore na zahvaćenim lokacijama moguće je objasniti kumulativnim efektom promjena koje se događaju u neposrednoj blizini rasvjetnih tijela kao što to opisuju Mulec i Kosi (2009). Razvoj obraštaja mijenja mikrostanište na način da se lampenflora brže razvija jer postojeći obraštaj puno bolje akumulira vodu i pospješuje oslobađanje hranjivih tvari iz podloge. Kada su zajednice jednom uspostavljene, lakše podnose deprivaciju osvjetljenja i brže se šire kada se osvjetljenje ponovo javi.



Slika 4. Obraštaj lampenflore koji se sastoji samo od mahovina. Foto: Najla Baković



Slika 5. Razvoj lampenflore u neposrednoj blizini reflektora. Foto: Najla Baković

Praćenje lampenflore vršeno je na osnovu vizualnog opažanja, tj. nisu rađene laboratorijske mikrobiološke analize obraštaja zbog manjka financijskih sredstava (Mulec i sur. 2008). Stoga se ne može isključiti mogućnost prisutnosti lampenflore i na drugim lokacijama.

Prisutnost podzemne faune na lampenflori (grafovi 4 i 5) govori u prilog teoriji da su obraštaji već počeli predstavljati značajan izvor hrane u oligotrofnom špiljskom okolišu. U početku su na njima bilježeni skokuni, a kasnije su se počele pojavljivati i dvojenoge i jednakonožni rak. To nam nedvosmisleno govori da su se na obraštajima počele događati ubrzane trofičke promjene. Koncentriranje podzemne faune na lampenflori mijenja uobičajenu prostorno-vremensku distribuciju tih organizama u špilji te je to još jedan vid negativnog utjecaja na podzemne ekosustave.

Zaključak

Zbog nedostatka sustavnog i detaljnog praćenja mikroklimatskih i ekoloških parametara, nije moguće jednoznačno odrediti obrasce širenja lampenflore u špilji Veternici. Međutim, sasvim je sigurno da je njen utjecaj negativan. Lampenflora predstavlja ozbiljnu prijetnju biološkoj raznolikosti podzemnih staništa u vidu remećenja osjetljivih trofičkih odnosa između trogloksena, troglofila i troglobionata. Obraštaji su zapravo koncentrirani izvori organske tvari nedaleko od špiljskih ulaza. Time troglokseni i troglofilni organizmi mogu prodirati u puno dublje dijelove špilje jer puno učinkovitije iskorištavaju tako dostupne izvore hrane, a troglobionti mijenjaju svoj uobičajeni vremensko-prostorni raspored u špilji. Kako bi se spriječio negativan utjecaj lampenflore u turističkim špiljama, nužno je njeno redovito mehaničko uklanjanje i tehnička izvedba rasvjete u obliku koji najmanje potiče rast lampenflore.

Napomena

Nakon trogodišnjeg monitoringa izrađene su stručne preporuke za uklanjanje postojeće lampenflore i preporuke

za tehničku izvedbu nove rasvjete. Djelatnici Javne ustanove „Park prirode Medvednica“ uklonili su obraštaje lampenflore početkom 2015. godine. Osim uklanjanja lampenflore, postojeći reflektori su zamijenjeni novima te bi se na taj način trebala smanjiti vjerojatnost za novu pojavu lampenflore, odnosno smanjiti održavanje njenog rasta ukoliko se opet pojavi.

Zahvala

Autorica bi se željela zahvaliti dr.sc. Janezu Mulecu na ustupljenim člancima i djelatnicima JUPP Medvednica na suradnji i ustupljenim podacima.

Literatura

Lacković D., Glumac B., Asmerom Y., Stroj A., 2011.: Evolution of the Veternica Cave (Medvednica Mountain, Croatia) drainage system: insights from the distribution and dating of cave deposits, *Geologia Croatica* 64 (3), 213-221

Mulec J., Kosi G., Vrhovšek D., 2008.: Characterization of cave aerobiotic algal communities and effects of irradiance levels on production of

pigments, *Journal of Cave and Karst Studies*, 70(1), 3–12

Mulec J., Kosi G., 2009.: Lampenflora algae and methods of growth control, *Journal of Cave and Karst Studies* 71(2), 109–115

Mulec J., Kubešova S., 2010.: Diversity of bryophytes in show caves in Slovenia and relation to light intensities, *Acta Carsologica* 39(3), 587–596

Mulec J., 2012.: Lampenflora, u: *Encyclopedia of Caves* (ur. W.B. White, D.C. Culver), Academic Press, 2012, 451–456

Mulec J., 2014.: Human impact on underground cultural and natural heritage sites, biological parameters of monitoring and remediation actions for insensitive surfaces: Case of Slovenian show caves, *Journal of Nature Conservation* 22, 132–141

Javna ustanova Park prirode Medvednica: Veternica (na web stranici: http://www.pp-medvednica.hr/Medvednica_hr/Medvednica_ponuda_Veternica.htm, 16.5.2016.)

SUMMARY

The Appearance of Lampenflora in Veternica Cave (Medvednica Nature Park) Through a Period from 2012 to 2014

The results of three years monitoring the appearance of Lampenflora in Veternica Cave, (Medvednica Nature Park) are presented in this article. The monitoring was conducted as a part of a subterranean fauna biomonitoring project. Lampenflora has demonstrated high invasion potential and due to the increase of cave fauna on its overgrowths, the removal of Lampenflora was conducted according to expert recommendations, which were one of the results of the monitoring. This biological monitoring presents an example of good cooperation between the public institution in charge of the cave and experts working on subterranean ecosystems and their protection.