

## Mapiranje lišajeva za određivanje aerozagađenja na području ZP Konjuh

Elvira Hadžiahmetović Jurida, Marija Vučićević, Eldar Razić

**SAŽETAK:** U ovom radu su prikazani rezultati mapiranja lišajeva u svrhu analiziranja kvaliteta zraka i prisutnosti aerozagađenja na području zaštićenog pejzaža "Konjuh". Lišajevi su simbiotski organizmi koji se koriste kao bioindikatori kvaliteta zraka. Na zaštićenom području uzete su dvije lokacije. Prva lokacija predstavlja indikator područja aktivnog saobraćaja i prisustva mnogih drugih loših faktora, a druga lokacija predstavlja područje s manje štetnih ekoloških faktora koji bi imali utjecaj na zagađenost zraka. Zbog trenda povećane zagađenosti na području čitavog Tuzlanskog kantona, dobiveni rezultati ovog rada su još jedan dokaz značaja zagađenosti i njegovog djelovanja na čovjeka.

**Ključneriječi:** mapiranje, lišajevi, bioindikatori, aerozagađenje, ZP Konjuh,

## Lichen Mapping for Air Pollution Determination in the Protected Area Konjuh

**ABSTRACT:** This paper presents the results of lichen mapping for the purpose of analyzing air quality and the presence of air pollution in the area of the "Konjuh" protected landscape. Lichens are symbiotic organisms used as bioindicators of air quality. Two sites were selected in the protected area, the first site is an indicator of the area of active traffic and the presence of many other bad factors, the second site is an area with less harmful environmental factors that would have an impact on air pollution. Due to the trend of increased pollution in the entire Tuzla Canton, the data obtained from this work is further evidence of the importance of pollution and its effect on humans.

**Keywords:** mapping, lichens, bioindicators, air pollution, ZP Konjuh

### UVOD

**Lišajevi** su simbiotski organizmi koji su građeni od dvije komponente, hifa gljive i nižih algi, koje su se međusobno spojile i postale zajednička morfološka jedinica. Alge koje se pojavljuju u lišajevima najčešće su jednoćelijski ili nitasti predstavnici *Cyanophyta* ili *Chlorophyta*. Od gljiva se u lišaju gotovo isključivo pojavljuju predstavnici *Ascomycotina*, a samo manji broj predstavnika *Basidiomycotina*.

Lišajevi predstavljaju zajednicu alge i gljive, zato se kaže da imaju dvojnu prirodu. U ovoj zajednici alge i gljive su tako isprepletene da obrazuju jedinstven talus. Gljivična komponenta u ovoj zajednici označava se kao **mikobiont** (grč. *mykes* + *bios*), dok se alga naziva **fotobiont** (grč. *photos* + *bios*). Osobine lišajeva se razlikuju od osobina koje bi pojedinačno imale alge ili gljive da su samostalne. Veliki broj naučnika lišajeve smatra lihenizovanim gljivama.

Mikobionte predstavljaju uglavnom gljive iz podrazdjela *Ascomycotina* (*Discomycetes*, *Pyrenomycetes* i *Loculoascomycetes*) i mali broj vrsta *Basidiomycotina* (*Thelephoraceae*). Gljiva je onoliko koliko ima vrsta lišajeva i imena vrsta lišajeva su ustvari imena mikrobionata. Fotobionata, sa druge strane, ima mnogo manje, oko 100 vrsta iz razdjela *Chlorophyta* i *Cyanophyta*. Ovo znači da pojedinačna

vrsta fotobionta može da ima više gljivičnih partnera. U više od 90% lišajeva fotobionti su iz rodova *Treboxia*, *Trentepohlia* i *Nostoc*. A oko 70% svih lišajeva sadrži zelenu algu *Treboxia*. Čelije fotobionta su u bliskom kontaktu sa ćelijama mikrobionta, iako se haustorije rijetko formiraju. Koja alga će se povezati s kojom gljivom većinom zavisi od toga koliko je alga otporna na utjecaj gljive.

### Staništa i značaj lišajeva

Najznačajniji ekološki faktor moderne civilizacije koji ima veliki utjecaj na lišajeve je zagađenje. Ekstremno su senzitivni na zagađenost, a posebno na sumporov (IV) oksid. Studije mapiranja lišajeva ukazale su na to da su neke vrste lišajeva potpuno nestale iz industrijskih zona u kojem su pronađene i da su na ivici totalnog nestajanja zbog zagađenja zraka. Zagađena mjesta na kojima nema lišajeva označavaju se kao lišajске pustinja. Lišajevi su također veoma osjetljivi na nuklearnu radijaciju, u nekim slučajevima su korišteni za monitoring radioaktivne kontaminacije padom satelita. Nakon nuklearne katastrofe u Chernobylu, lišajevi na tom prostoru su apsorbovali većinu radioaktivnih elemenata, i vremenom uzrokovali velike štete životinjskim vrstama koje su se hranile njima.

Predstavljaju izvor hranjivih materija za mnoge životinje. Više od pola istraženih vrsta lišajeva imaju antibiotsko dejstvo na mnoge vrste bakterija.

### Karakteristike istraživnog područja

Površina Zaštićenog pejzaža "Konjuh" je 8016 hektara, pretežno šumskog područja i nalazi se na području tri općine - Banovići, Kladanj i Živinice.

Područje Zaštićenog pejzaža "Konjuh" dio je planine Konjuh. Prostire se u sjeveroistočnom dijelu Bosne i Hercegovine, tačnije u jugozapadnom dijelu Tuzlanskog kantona. Smješteno je između 44°22'42,2" i 44°11'18,4" sjeverne geografske širine, te između 18°29'48,8" i 18°41'6,4" istočne geografske dužine. Zaštićeni pejzaž „Konjuh” je područje izuzetno vrijednog diverziteta prirodnog i kulturno-historijskog naslijeđa s estetskim, ekološkim i kulturnim vrijednostima i velikom biološkom raznolikošću. Prema IUCN kategorizaciji pripada petoj kategoriji zaštite.

### CILJEVI I ZADACI

#### Ciljevi

Kako je već pomenuto, lišajevi kao organizmi su veoma značajni za svaki ekosistem. Kao poseban oblik simbioze, njihova specifična građa im daje sposobnosti i karakteristike koje bitno djeluju na ekosistem ZP Konjuh. Njihova najznačajnija karakteristika u ekosistemu jeste njihova upotreba u bioindikaciji kvaliteta zraka područja koje nastanjuju. Zbog toga, kao i zbog mnogih drugih važnosti ove grupe organizama, bitno je odrediti biodiverzitet svih tipova vrsta lišajeva koje nastanjuju prostor ZP Konjuh. Ovim naučnim radom postavljeni su sljedeći ciljevi:

1. Utvrditi indeks zagađenosti zraka izračunavanjem vrijednosti diverziteta lišajeva (LDV) na području ZP Konjuh
2. Utvrditi najzastupljenije vrste lišajeva na istraživnom području ZP Konjuh
3. Procijeniti ugroženost i privredni značaj zastupljenih lišaja na istraživnom području ZP Konjuh

Realizacijom ovih ciljeva dobio bi se uvid u biodiverzitet prisutnih lišajeva na području ZP Konjuh kao i količina aerozagađenja koje je prisutno na tom području, što predstavlja veoma bitan podatak o botaničkom sastavu zaštićenog područja kao i zagađenosti tog područja. Osim toga, rezultatima mapiranja lišajeva može se dobiti uvid u ekološko stanje samog ZP Konjuh.

#### Zadaci

Prema ciljevima istraživanja postavljeni su sljedeći zadaci:

- Mapiranje lišajeva na dvije određene lokacije na zaštićenom području ZP Konjuh.
- Izračunavanje vrijednosti diverziteta lišaja (LDV) iz prikupljenih podataka mapiranja.
- Determinacija vrsta lišaja pronađenih na zaštićenom području.

### MATERIJAL I METODE

S ciljem istraživanja i mapiranja lišajeva na području ZP Konjuh rađena su terenska istraživanja u toku

mjeseca septembra 2019. godine. Terenska istraživanja su obuhvatila dva lokaliteta:

1. Zlača
2. Zobik.

Metoda koja je upotrijebljena tokom istraživanja i određivanja zagađenost na području ZP Konjuh jeste metoda mapiranja lišajeva koja je izumljena od strane naučnika Kirschbaum i Wirth (1997).

Zbog osjetljivosti lišajeva na atmosfersku zagađenost, eutrofikaciju i globalno zagrijavanje, planirano je uzorkovanje, istraživanje i mapiranje lišajeva na dvije lokacije u ZP Konjuh.

Prva lokacija predstavlja indikator područja aktivnog saobraćaja i prisustva mnogih drugih loših faktora, a druga lokacija predstavlja područje sa manje štetnih ekoloških faktora koji bi imali utjecaj na zagađenost zraka. Svaka lokacija se nalazi u sklopu ZP Konjuh. Svaku lokaciju podijelimo na 4 kvadranta. Iz svakog kvadranta na određenoj lokaciji odaberemo po 3 stabla koja su najbliža centru. Jedino drveće koje je direktno izloženo sunčevoj svjetlosti može poslužiti za istraživanje. Na odabranim stablima se označe 4 područja sa po pet kvadrata (10x10 cm) u odnosu na četiri strane svijeta, 1m iznad površine zemlje.

Nakon uzorkovanja se izračunava vrijednost diverziteta lišaja (LDV) čija će vrijednost otkriti indeks kvaliteta zraka. Kako je osjetljivost pojedinih vrsta izuzetno velika, a kod nekih izuzetno mala, lišajevi su dobri indikatori zagađenosti vazduha i daju mogućnost relativno jednostavnog mapiranja određenih područja s jasno definisanim zonama različitih stepena aerozagađenja.

#### Izračunavanje vrijednosti diverziteta lišaja (LDV)

Prvo se izračunava suma frekvencija lišaja na svim stablima za jednu lokaciju uzorkovanja s određene strane svijeta

$$MSFN_j = \frac{(SF1N_j + SF2N_j + SF3N_j + SF4N_j + \dots + SFnN_j)}{n}$$

Gdje je:

MSF - suma apsolutnih frekvencija lišaja na svim stablima na jednoj stanici uzorkovanja sa određene strane svijeta;

SF - suma apsolutnih frekvencija lišaja na jednom stablu sa jedne strane svijeta N, E, S, W: (sjever, istok, jug i zapad);

N - broj stabala u jednoj jedinici uzorkovanja; Vrijednost diverziteta lišaja za jednu lokaciju uzorkovanja (LDVj) je suma svih MSF vrijednosti za svaku stranu svijeta

$$LDV_j = (MSFN_j + MSFE_j + MSFS_j + MSFW_j)$$

### REZULTATI I DISKUSIJA

Tokom istraživanja i mapiranja lišajeva na području ZP Konjuh tokom septembra 2019. metodom mrežastog modela mapiranja na dvije lokacije zapaža se ne toliko velika razlika u indeksu aerozagađenja. Na

dvije lokacije, u četiri kvadranta, po tri stabla zapažene su velike razlike u frekvenciji prisutnosti lišaja na istraživanim stablima. Iz prvog pogleda se moglo zaključiti da je prva lokacija, koja je bila izložena raznim antropogenim faktorima imala manje frekvencije prisutnosti lišaja u odnosu na drugu lokaciju, koja je bila izložena manjoj količini ekoloških faktora. Obe lokacije koje su obrađene u istraživanju spadaju u 'plavu zonu' vrlo slabo zagađenih područja.

Tabela 1 predstavlja standardne vrijednosti indeksa kvaliteta zraka i njihova značenja za dalje određivanje aerozagađenja. Po tim vrijednostima smo izvlačili zaključke pri određivanju zagađenosti na prostoru Konjuha. Zbir frekvencija vrsta lišajeva prisutnih na drveću jednog stabla (užeg lokaliteta) predstavlja indeks kvalitete zraka. Što je veća vrijednost dobivenog indeksa, niži je stepen aerozagađenja.

Tabela 2 predstavlja frekvencije svih stabala po kvadrantima na prvoj lokaciji.

Tabela 3 predstavlja frekvencije svih stabala po kvadrantima na drugoj lokaciji.

Za prvu lokaciju (Zlača) vrijednost diverziteta lišaja (LDV) iznosila je ukupno 106,5. Vrijednost diverziteta lišaja (LDV) za drugu lokaciju (Zobik) iznosila je ukupno 365. Prva i druga lokacija prema rezultatima ovog istraživanja spadaju u vrlo slabo zagađena područja na lokalitetu ZP Konjuh. Prva lokacija (Zlača) kao urbanizirani dio koji je izložen raznim antropogenim faktorima ipak ima očuvanu atmosferu. Zlača i Zobik kao dio ZP Konjuh prema ovim rezultatima imaju veliki turistički potencijal. Ovo istraživanje dokazuje da zaštita ovakvih područja kao što je ZP Konjuh itekako može doprinijeti razvoju i očuvanju prirode kao osnovnog faktora u životu čovjeka.

**Tabela 1.** Standardne vrijednosti indeksa kvaliteta zraka

Indeks kvalitete zraka	Nivo zagađenja zraka	Pripadajuća boja
0-12.5	Ekstremno zagađenje	crvena
12.5-25.0	Vrlo visoko zagađenje	narandžasta
25.0-37.5	Visoko-prosječno zagađenje	žuta
37.5-50.0	Slabo-prosječno zagađenje	zelena
50.0 i više	Slabo-vrlo slabo zagađenje	plava

**Tabela 2.** Frekvencije svih stabala po kvadrantima na prvoj lokaciji

LOKACIJA 1					
Kvadrant 1					
Stablo	Obim (O)	Istok (E)	Zapad (W)	Sjever (N)	Jug (S)
1	102cm	30%	35%	20%	20%
2	61cm	15%	45%	10%	85%
3	50cm	5%	75%	5%	60%
Kvadrant 2					
Stablo	Obim (O)	Istok (E)	Zapad (W)	Sjever (N)	Jug (S)
1	114cm	45%	75%	80%	25%
2	50cm	8%	7%	5%	5%
3	60cm	25%	10%	20%	15%
Kvadrant 3					
Stablo	Obim (O)	Istok (E)	Zapad (W)	Sjever (N)	Jug (S)
1	75cm	5%	6%	3%	15%
2	74cm	5%	5%	35%	5%
3	58cm	95%	25%	95%	90%
Kvadrant 4					
Stablo	Obim (O)	Istok (E)	Zapad (W)	Sjever (N)	Jug (S)
1	60cm	20%	45%	30%	1%
2	45cm	5%	25%	10%	25%
3	48cm	0%	5%	0%	5%

**Tabela 3.** Frekvencije svih stabala po kvadrantima na drugoj lokaciji

LOKACIJA 2					
Kvadrant 1					
Stablo	Obim (O)	Istok (E)	Zapad (W)	Sjever (N)	Jug (S)
1	54cm	85%	90%	90%	95%
2	50cm	98%	40%	95%	85%
3	57cm	97%	90%	100%	50%
Kvadrant 2					
Stablo	Obim (O)	Istok (E)	Zapad (W)	Sjever (N)	Jug (S)
1	40cm	95%	90%	98%	85%
2	40cm	97%	80%	100%	95%
3	56cm	100%	60%	100%	95%
Kvadrant 3					
Stablo	Obim (O)	Istok (E)	Zapad (W)	Sjever (N)	Jug (S)
1	51cm	100%	100%	100%	100%
2	60cm	100%	100%	100%	93%
3	50cm	95%	100%	100%	100%
Kvadrant 4					
Stablo	Obim (O)	Istok (E)	Zapad (W)	Sjever (N)	Jug (S)
1	57cm	100%	93%	100%	98%
2	52cm	95%	94%	100%	100%
3	47cm	65%	70%	70%	100%

## BIODIVERZITET LIŠAJEVA NA PODRUČJU ZP KONJUH

Najveći broj lišeniziranih gljivica pojavljuje se iz *Ascomycota*, a oko 40% vrsta čini takvu asocijaciju. Neke od tih lišeniziranih gljivica pojavljuju se u redovima s nelišeniziranim gljivicama koje žive kao saprotrofi ili biljni paraziti (na primjer, *Leotiales*, *Dothideales* i *Pezizales*). Ostale gljivice lišajeva pojavljuju se u samo pet redova u kojima su svi članovi razdijeljeni na ovom staništu (redovi *Graphidales*, *Gyalectales*, *Peltigerales*, *Pertusariales* i *Teloschistales*). Sveukupno, oko 98% lišajeva ima askomicetni mikobiont Veoma je malo *Basidiomycetes* lišeniziranih, ali to uključuju neke vrste kao što su vrste *Lichenomphalia*, klavarioidne gljivice, kao što su vrste *Multiclavula*, i kortikoidne gljivice, poput vrsta *Dictyonema* [8]. Na lokacijama mapiranja su pronađene neke vrste lišajeva (Tabela 4.) koji su tipični za takva staništa.

**Tabela 4.** Vrste lišajeva pronađene na terenu

VRSTE PRONAĐENE NA TERENU
<i>Lepraria incana</i>
<i>Lecanora conizaeoides</i>
<i>Lecanora expallens</i>
<i>Physcia adscendens</i>
<i>Physcia tribacia</i>
<i>Parmelia sulcata</i>
<i>Lecidea scalaris</i>
<i>Pertusaria amara</i>
<i>Pertusaria albescens</i>
<i>Lepraria candelaria</i>

## ZAKLJUČAK

Na osnovu analize podataka može se zaključiti da je prva lokacija, koja je bila izložena raznim antropogenim faktorima imala manje frekvencije prisutnosti lišaja u odnosu na drugu lokaciju, koja je bila izložena manjoj količini loših faktora. Obje lokacije koje su obrađene u istraživanju spadaju u 'plavu zonu' vrlo slabo zagađenih područja. Razlike između vrijednosti diverziteta lišaja (LDV) prve i druge lokacije nisu drastično velike. Zanimljivo je da na prvoj lokaciji gdje imamo povećan utjecaj antropogenih faktora kao i drugih ekoloških faktora aerozagađenje nije toliko veliko gledajući rezultate. Lokacije Zlača i Zobik odlikuju se velikim biodiverzitetom ne samo raznih vrsta lišaja, nego i drugih biljnih i životinjskih vrsta. Zlača i Zobik kao dio ZP Konjuh prema ovim rezultatima imaju veliki turistički potencijal. Ovo istraživanje dokazuje da zaštita ovakvih područja kao što je ZP Konjuh itekako može doprinijeti razvoju i očuvanju prirode kao osnovnog faktora u životu čovjeka.

## LITERATURA

- Mägdefrau Ehrendorfer (1997), Botanika – Sistematika, evolucija i geobotanika,; IV izdanje prevoda; Zagreb 1997
- dr Jelena Vukojević (2012) Praktikum iz mikologije i lihenologije, , Beograd 2012
- Bidlack, Shelley H. Jansky (2014), Introductory Plant Biology, 14th Edition; McGraw - Hill
- Thomas H. Nash (2008), Lichen Biology 2nd Edition, Arizona State University USA, Cambridge University Press
- Jasmina Kamberović (2018), Teoretske osnove za vježbe iz zaštite biotičkih sistema
- Kirk PM, Cannon PF, Minter DW, Stalpers JA (2008). Dictionary of the Fungi (10th ed.). Wallingford <https://www.zpkonjuh.ba/onama.html>

**INFORMACIJE O AUTORIMA**

**Elvira Hadžiahmetović Jurida**

Univerzitet u Tuzli,  
Prirodno-matematički fakultet, Odsjek za Biologiju  
e-mail: elvira.h.jurida@untz.ba

**Marija Vučićević**

Prirodno-matematički fakultet

**Eldar Razić**

Prirodno-matematički fakultet