

## ODREĐIVANJE TAKSONA LIŠAJEVA KAO BIOINDIKATORA KVALITETA ZRAKA NA PODRUČJU TUZLANSKOG KANTONA

### DETERMINATION OF TAXON LICHENS AS THE BIOINDICATORS OF AIR QUALITY IN TUZLA CANTON

Huseinović Samira, docent  
Bektić Sanida, docent  
Sulejmanović Hana  
Šabanović Elvedin, viši asistent  
Univerzitet u Tuzli, Prirodno-matematički fakultet Tuzla

#### REZIME

*Bioindikatori mogu biti mjera, indeks mjera ili model koji karakteriše ekosistem ili jedan od njegovih ključnih komponenti. Njihova uloga u održivom razvoju pomoći će da se osigura da zagađivanje ostavlja najmanji mogući trag na životnu sredinu.*

*Tokom izrade ovog rada korišteni su lišaji kao bioindikatori zagađenja zraka na području Tuzlanskog kantona. Obuhvaćeno je 39 lokaliteta. Determinacija pronađenih vrsta vršena je u laboratoriji upotrebom ključeva za determinaciju, mikroskopa i posebnih hemikalija.*

*Na području Tuzlanskog kantona pronađeno je 43 vrste lišaja i jedna vrsta determinisana do novoa roda. Pronađene vrste se nalaze unutar 6 redova: Lecanorales, Pertusariales, Teloschistales, Candelariales, Ostropales, Peltigerales.*

*Najveća brojnost vrsta lišaja konstatovana je na području općine Kladanj, a najmanja na području općine Dobož Istok. Analizom podataka, ekoloških i bioloških odlika dobijeni su rezultati procjene onečišćenja zraka na istraživanom području. Vrijednosti IAP ukazuju na prisustvo svih pet zona kvaliteta zraka.*

**Ključne riječi:** taksoni lišaja, bioindikatori, zagađenje

#### SUMMARY

*Bioindicators can be a measure, an index of measures, or a model that characterizes an ecosystem or one of its critical components. The role of bioindicators in sustainable development will help ensure that pollution leaves the smallest footprint possible on the environment. During the preparation of this master thesis lichens have been used as bioindicators of air pollution on territory of Tuzlanski kanton.*

*Lichen samples were collected from 39 different sites. Identification of found species was performed in the laboratory using the keys for identification, then microscope and special chemicals. On territory of Tuzlanski kanton was found 43 species and one species determined to the level of genus. The species of lichens that were found are in 6 ordus: Lecanorales, Pertusariales, Telochistales, Candelariales, Ostropales, Peltigerales.*

*Greatest number of species of lichens has been ascertained in the area of Kladanj, and the smallest number of lichens species has been ascertained in the area of Dobož Istok. The analysis of data, ecological and biological features obtained results indicate pollution of air in studied area. Values of IAP indicate presence five zones of the air quality.*

**Keywords:** taxonic lichens, bioindicators, pollution

## 1. UVOD

Vazduh je uslov života živog svijeta na našoj planeti. Ljudskom organizmu je svakodnevno potrebno sedam puta više vazduha nego vode, a deset puta više nego hrane. Kvalitet vazduha veoma je važna tema današnjice. Pod zagađenjem podrazumjevamo kvalitativne i kvantitativne izmjene fizičkih, hemijskih i bioloških karakteristika osnovnih komponenti životne sredine (vazduh, voda, zemljište, hrana itd.) koje vode ka narušavanju ekosistema. [3,15].

Zbog negativnih posljedica koje zagađen vazduh ima na životnu sredinu, a posebno na zdravlje ljudi stvorila se potreba kontrole kvaliteta vazduha. Cilj kontrole kvaliteta vazduha je registracija i praćenje promjena kvaliteta vazduha, utvrđivanje izvora zagađenja, stepena zagađenja, kretanja zagađenosti vazduha u toku godine, procjena opterećenosti pojedinih lokacija, utvrđivanje kritičnih lokacija u cilju upozorenja javnosti, utvrđivanje mjera zaštite i kao krajnji cilj zaštita zdravlja ljudi [9]. Danas sve više postoji potreba za biološkim monitoringom koji podrazumijeva upotrebu bioindikatora [4]. Jedan od bioindikatora su i lišaji, specifični simbiotski organizmi građeni od gljiva i algi [8].

## 2. MATERIJAL I METODE

Za uzorkovanje lišajeva na terenu korišten je sljedeći materijal: sveska tvrdih korica, grafitna olovka, terenski formulari, ručno povećalo 10x, papirne vrećice, oštar nož, alkoholni termometar, indikator papir, terenski ključevi za određivanje, fotoaparat, kartonska kutija, kompjuter. Za determinaciju lišajeva korišten je sljedeći materijal: ključ za determinaciju lišajeva [11] te, ključevi za determinaciju [2], 10% otopina kalijhidroksida i vodena otopina kalcijum hipohlorita.

### 2.1. Područje istraživanja

Istraživanje na terenu je obuhvatilo svih trinaest općina Tuzlanskog kantona, u razdoblju od juna do augusta 2016. godine. U svakoj općini odabrana su po tri lokaliteta od centralne zone svake općine do udaljenosti koja je iznosila 10 km. Lokaliteti su svrstani u tri zone: urbana zona, suburbana i izvanurbana. Ukupno je istraženo 39 lokaliteta, u svakoj zoni po 13 lokaliteta. Na odabranim lokalitetima fotografiran je i sakupljan lišajski materijal. Vođen je dnevnik u kojem su bilježeni: datum sakupljanja, geografske koordinate, vrsta podloge, vrijednosti temperature zraka i tla, ph podloge, količina svjetlosti, vrsta lišaja te broj jedinki pojedine vrste lišajeva. U slučaju da vrsta lišaja nije mogla da se determiniše na licu mjesta skalpelom se uzimao uzorak, stavljao u koverat i obilježavao. Uzorak se determinisao u laboratoriji uz pomoć mikroskopa, lupe, ključeva za determinaciju [2, 11]. i hemijskih reagenasa (10% otopina kalijhidroksida i vodena otopina kalcijum hipohlorita). Svaki postupak se bilježio u dnevnik rada. Po završetku terenskog rada, prikupljanja, mapiranja i determinacije lišajskih vrsta formirao se spisak konstantovane lihenoflore istraživanog područja. Metoda koja je korištena u ovom radu je metoda za procjenu stepena zagađenja atmosfere korištenjem lišaja kao bioindikatora koju su razvili LeBlanc & Sloover (1970); te korigovana skala Johnson (1979). Dobijeni podaci se koriste za izračunavanje indeksa atmosferske čistoće IAP (Index of Atmospheric Purity) prema formuli:

$$IAP = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^n (Q_i f_i) \quad \dots(1)$$

gdje je:

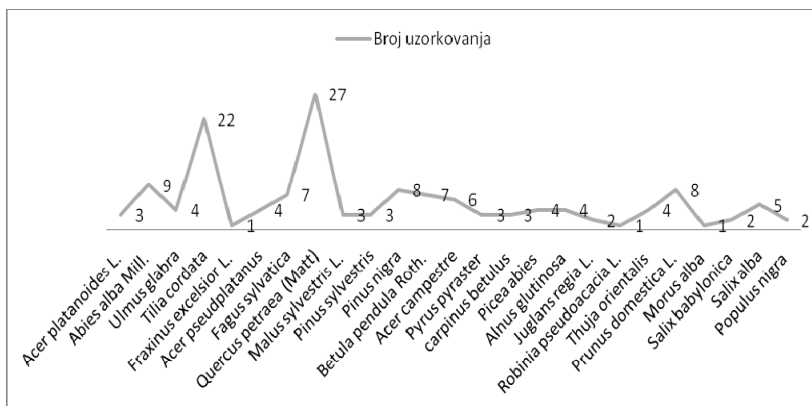
n – broj vrsta,

Q – faktor pratećih vrsta i

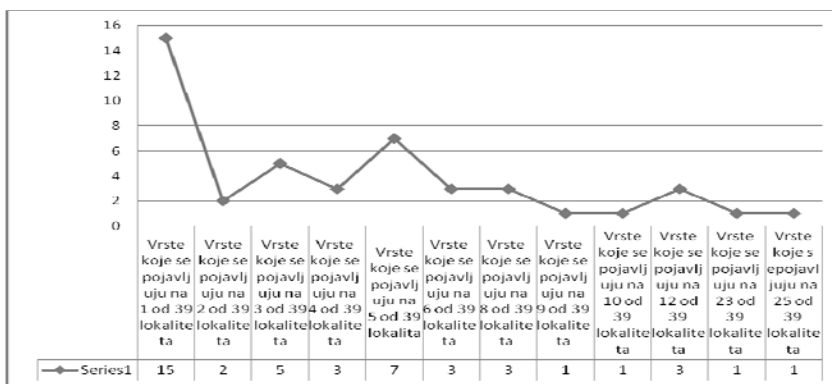
f – pokrovnost i frekvencija svake vrste.

### 3. REZULTATI I DISKUSIJA

Analizom sakupljenih uzoraka na terenu utvrđeno je da se istraživano područje odlikuje relativno siromašnom lišajskom florom. Na svih 39 lokaliteta zabilježeno je prisustvo 44 vrsta lišaja. Iz grafikona 3. se može vidjeti da se u nekim općinama jasno izdvajaju zone a u nekim ne. Općine Kladanj (15), Sapna (12), Teočak (13), Tuzla (14) i Gradačac (11) odlikuju se sa najviše pronađenih vrsta u izvanurbanoj zoni. U Suburbanoj zoni, općine sa najviše pronađenih vrsta lišaja su: Kladanj (14), Gradačac (10) i Teočak (10). Općine sa najviše pronađenih vrsta lišaja u urbanoj zoni su: Gradačac (8) i Srebrenik (7). U općini Gračanica na području urbane zone nije pronađena niti jedna vrsta lišaja. Izdvaja se općina Doboj Istok, na čijem području je pronađeno ukupno 6 vrsta lišaja, sa po tri vrste u izvanurbanoj i suburbanoj zoni i dvije vrste lišaja u urbanoj zoni, dok svaka druga općina posjeduje određenu gradaciju kada su u pitanju zone, tj. odlikuju se različitim brojem vrsta po zonama. Podloga sa koje su sakupljeni lišaji je kora različitih drvenastih vrsta. Istraživanjem je obuhvaćeno 156 stabala koji se mogu rasporediti u 25 vrsta. Vrsta stabla sa koje je najviše uzorkovan lišajski materijal su *Quercus petraea* (Matt.) Lieblen i *Tilia cordata*. Vrste stabala sa najmanje istraživanim lišajskim materijalom su: *Robinia pseudoacacia* L., *Fraxinus excelsior* i *Morus alba*. To se može vidjeti na sljedećem dijagramu (Grafikon 1.).



Grafikon 1. Prikaz broja stabala sa kojih je uzorkovan lišajski materijal



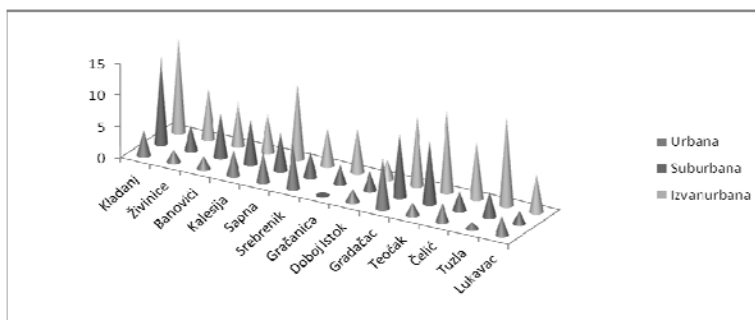
Grafikon 2. Koliko se koja vrsta pojavljuje na različitim lokalitetima

Na sljedećem grafikonu (Grafikon 2. ) je predstavljeno koliko puta se koja vrsta pojavljuje na različitim lokalitetima. Vrsta koja se pojavljuje na najvećem broju lokaliteta je *Candelariella xanthostigma* (Ach.) Lettau, pojavljuje se na 25 od 39 lokaliteta.

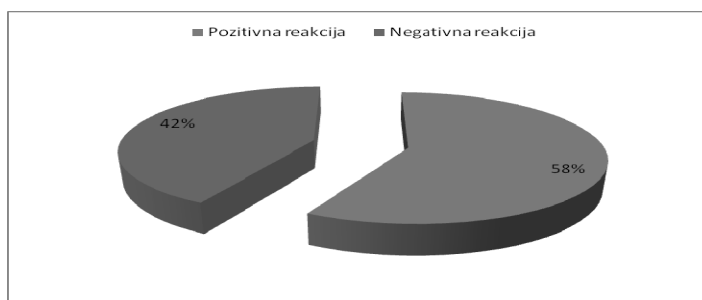
Kao što možemo vidjeti svaki lokalitet u tabeli (Tabela 1.), je označen određenom bojom. Postoji pet boja koje su raspodijene po zonama kvaliteta zraka. Zelena boja predstavlja odličan kvalitet zraka (Zona V), žuta boja predstavlja dobar kvalitet zraka (Zona IV), narandžasta boja je za umjeren kvalitet zraka (Zona III), crvena boja predstavlja loš kvalitet zraka (Zona II) i tamno ljubičasta za veoma loš kvalitet zraka (Zona I).

Tabela 1. Vrijednosti IAP

OPĆINA	IZVANURBANA ZONA	SUBURBANA ZONA	URBANA ZONA
Kladanj	94	29,32	10
Živinice	31,72	17,62	7,03
Banovići	31,2	12,48	2,82
Kalesija	32,9	12,48	1,95
Sapna	36,66	20,3	16,92
Srebrenik	46,06	23,4	3,26
Gračanica	37,6	28,2	0
Doboj Istok	26,32	18,8	1,22
Gradačac	70,5	25,74	15,66
Teočak	54,6	41,36	18,72
Čelić	46,8	12,48	2,44
Tuzla	39,15	23,5	0
Lukavac	43,8	18,9	3,84



Grafikon 3. Broj vrsta lišaja po zonama



Grafikon 4. K i C test

S obzirom da različite vrste lišaja podnose različite stepene zagađenja, može se odrediti prema zagađenju koje vrste podnose veliko zagađenje, odnosno koje su najrezistentnije a koje vrste su osjetljive tj. one koje podnose malo ili nimalo zagađenja. Najrezistentnije vrste u ovom istraživanju su *Hypogymnia physodes* i *Xanthoria parietina*, a najosjetljivije su iz roda *Usnea* (*Usnea ceratina* i *Usnea barbata*). Vrste koje podnose umjereno zagađenje su: *Evernia prunasti*, *Lecanora chlarotera* i *Ramalina farinacea*.

Rezultati K i C testa su pokazali da od 39 lokaliteta pozitivnu reakciju je pokazalo 22 lokaliteta (izvanurbana, urbana i suburbana zona općina Lukavac, Banovići i Živinice; Suburbane zone općina: Tuzla, Čelić, Doboj Istok, Srebrenik; urbane zone općina: Tuzla, Čelić, Teočak, Gradačac, Doboj Istok, Srebrenik, Sapna, Kalesija i Kladanj), 16 lokaliteta je pokazalo negativnu reakciju ( izvanurbane zone općina: Tuzla, Čelić, Teočak, Gradačac, Doboj Istok, Gračanica, Srebrenik, Sapna, Kalesija, Kladanj; suburbane zone općina: Teočak, Gradačac, Gračanica, Sapna, Kalesija, Kladanj) dok na jednom lokalitetu (urbana zona općine Gračanica), nije urađen K i C test jer nije pronađena niti jedna vrsta lišaja (grafikon 4).

### **3.1. Taksonomska diversifikacija pronađenih vrsta lišajeva na istraživanom području**

Na području Tuzlanskog kantona pronađeno je 44 taksona, od čega je 43 taksona determinisano do nivoa vrste a samo jedan takson do nivoa roda. Najveća brojnost taksona konstatovana je na području općine Kladanj (26). Najmanji broj taksona konstatovan je na području općine Doboj Istok (6).

Prema taksonomskoj diversifikaciji pronađenih vrsta na istraživanom području sve vrste pripadaju filumu Ascomycota Caval.- Sm., 1998, podfilumu Pezizomycotina O. E. Erikss & Winka 1997, te klasi Lecanoromycetes O. E. Erikss & Winka 1997. Unutar klase Lecanoromycetes pronađene su vrste koje pripadaju dvjema podklasama Ostromycetidae Reeb., Lutzoni & Cl. Roux, 2004 i Lecanoromycetidae P. M. Kirk, P.F. Cannon, J. C. David & Stalpers ex Miadl., Lutzoni & Lumbsch, 2007. Unutar podklase Ostromycetidae konstatovan je jedan red Pertusariales M. Choisy ex D. Hawksw. & O. E. Erikss., 1986. Unutar podklase Lecanoromycetidae konstatovano je 5 redova: Lecanorales Nannf., 1932., Teloschistales D. Hawksw. & O.E. Erikss., 1986., Candelariales Miadl., Lutzoni & Lumbsch, 2007., Peltigerales, Ostropales nannf., 1932. Najveći broj vrsta (26) konstatovan je unutar reda Lecanorales Nannf., 1932, zatim slijedi red Teloschistales D. Hawksw. & O.E. Erikss., 1986 sa 10 vrsta. Po jedna vrsta se nalazi unutar redova Ostropales Nannf., 1932 i Candelariales Miadl. Navedene vrste se nalaze unutar 13 porodica: Physciaceae, Lobariaceae Chevall., 1826, Pertusariaceae Körb., 1855, Megasporaceae, Cladoniaceae, Parmeliaceae Zenker, 1827, Collemataceae Zenker, Teloschistaceae Zahlbr., 1898, Ramalinaceae C. Chevallier, Candelariaceae, Lecanoraceae Körb., 1855. Porodica Parmeliaceae Zenker, 1827 sadrži najveći broj rodova (11). Sve vrste se nalaze unutar 25 rodova. Najveći broj vrsta (6) konstatovan je unutar roda *Lecanora* Ach., 1809. Slična istraživanja su rađena u Hrvatskoj na području Osjeka [10]. Lišajsku floru istraživao je [1] i zabilježio 28 taksona. Usporedbom je utvrđeno da ima ukupno 11 zajedničkih vrsta.

Ovakva istraživanja su rađena i na otoku Visu [6]. Tim istraživanjem utvrđeno je 24 vrste lišaja. Usporedbom je utvrđeno da ima ukupno 6 zajedničkih vrsta (*Parmelia sulcata*, *Flavoparmelia caperata*, *Pertusaria amara*, *Xanthoria polycarpa*, *Xanthoria parietina*, *Amandinea punctata*). U Srbiji istraživanja ovog tipa rađena su na području nekoliko općina: Vlasotince, Lebane, Švrljig, Blace. Istraživanjem u općini Švrljig konstatovano je 18 vrsta lišaja [7]. Usporedbom je utvrđeno da ima 13 zajedničkih vrsta. U Vlasotincu je konstatovano 12 vrsta [5]. Usporedbom je utvrđeno 6 zajedničkih vrsta. Općina Lebane se odlikuje

prisustvom 21 vrste lišaja [14]. Usporedbom je utvrđeno 14 zajedničkih vrsta. U Blacu je takođe rađeno istraživanje kvaliteta zraka uz pomoć lišaja kao bioindikatora [12], [13]. Na ovom području konstatovana je 21 vrsta lišaja a usporedbom je utvrđeno da ima 15 zajedničkih vrsta. Slična istraživanja su rađena na području BiH, tačnije Tuzle i Lukavca [4].

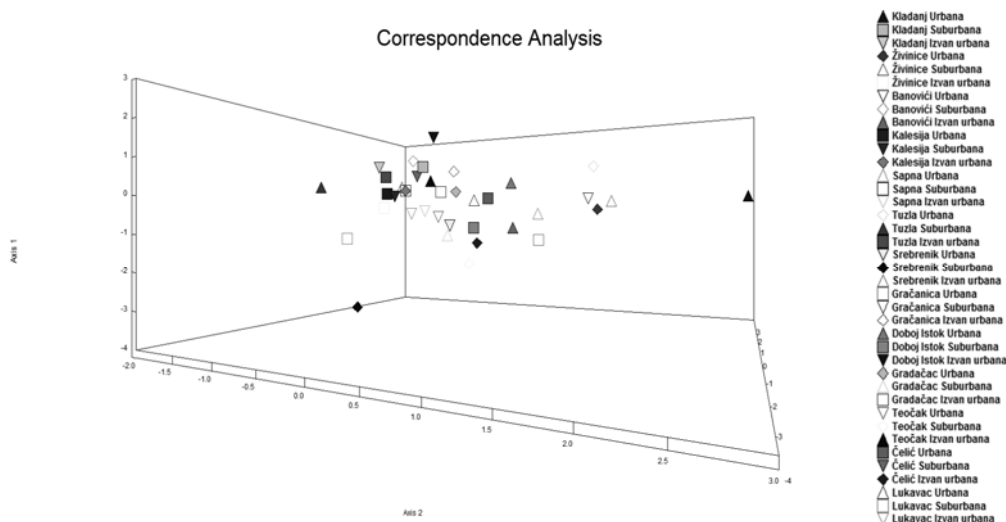
Urađena procjena kvaliteta zraka na području trinaest općina primjenom epifitskih lišajeva kao bioindikatora potvrdila je da zrak na području Tuzlanskog kantona sadrži povišene koncentracije dušikovih spojeva zbog industrijskih postrojenja, ispušnih plinova motornih vozila i da je opterećen povećanom koncentracijom lebdećih čestica. To se podudara sa ocjenom kvaliteta zraka u gradovima Tuzlanskog kantona na temelju cjelogodišnjih mjerenja.

### 3.2. Biološke odlike utvrđenih vrsta

Prema tipu rasta, najzastupljeniji je listasti tip sa širokim režnjevima *Parmelia* tip (14), zatim korasti tip rasta (11), potom slijede listasti tip sa uskim režnjevima *Physcia* tip (10) i od ukupnog broja pronađenih vrsta žbunasti tip rasta zastupljen je kod 7 pronađenih vrsta.

### 3.3. Multivarijantna analiza

U cilju rasvjetljavanja uloge pojedinih ekoloških faktora iz kompleksa urađena je korespondentna analiza. Odnosno, analiza stepena sličnosti između pojedinih lokaliteta na osnovu odabranih ekoloških faktora kao što su svjetlost, vlažnost, Ph supstrata i eutrfikacija. Za potrebe analiza korišteni su podaci o vrstama lišajeva i njihovoj frekvenciji na svakom od istraživanih lokaliteta.



Grafikon 5: Grafički prikaz korespondentne analize

Rezultati korespondentne analize ukazuju na postojanje četiri grupe lokaliteta. Najveći stepen sličnosti u pogledu sastava vrsta i djelovanja odabranih ekoloških faktora ispoljavaju lokaliteti urbane, suburbane i izvanurbane zone Živinica, Banovića, Kalesije, Gračanice i Čelića. Zatim urbane izvanurbane zone Srebrenika, Tuzle i Lukavca, te suburbane, izvanurbane zone Klادنja i urbane i suburbane zone Doboj Istoka.

Sljedeću grupu čine tri lokaliteta suburbana zona Srebrenika, Tuzle i Lukavca.

Kao posebni se izdvajaju urbana zona općine Kladanj gdje je konstatovana najveća brojnost taksona (26). Najmanji broj taksona konstatovan je na području općine Doboj Istok (6), gdje vidimo da se ovaj lokalitet izdvojio u posebnu grupu (grafikon 5).

#### 4. ZAKLJUČCI

Zabilježeno je 43 vrste lišaja i jedna vrsta određena do nivoa roda koje se nalaze unutar 6 redova i 13 porodica.

Najzastupljenija vrsta lišaja je *Candelariella xanthostigma*, zabilježena na 25 od 39 lokaliteta. Najveći broj taksona zabilježen je na području općine Kladanj (26), a najmanji na području općine Doboj Istok (6).

Najzastupljenija vrsta uzorkovanih stabala je *Quercus petraea* dok su vrste *Robinia pseudoacacia*, *Fraxinus excelsior* i *Morus alba* među najmanje uzorkovanim stablima.

Izračunate IAP vrijednosti se kreću od 1,22 (urbana zona općine Doboj Istok) do 94 (izvanurbana zona općine Kladanj). Prema vrijednostima IAP zastupljene su sve zone kvaliteta zraka (Zona I, II, III, IV, V) odnosno normlana zona, zona borbe i lišajska pustinja.

Prema indikatorskim vrijednostima utvrđeno je da:

- najviše vrsta lišaja raste na difuznom svjetlu (64%);
- 51% raste na prilično higrofitnoj lokaciji;
- 78% ima pH supstrata na prijelazu između vrlo kisele i subneutralne lokacije;
- 74% ima vrlo slabu eutrofikaciju;
- najzastupljeniji oblik rasta je listasti sa širokim režnjevima, *Parmelia* tip;
- najveći broj pronađenih vrsta se razmnožava uglavnom bespolno, putem soredija (19).

Primjenom taksona lišaja kao bioindikatora kvaliteta zraka procijenjeno je da je zrak na području TK umjereno onečišćen, zavisno od općine do općine. To nam potvrđuje pozitivan K i C test na 58% istraživanog područja (izvanurbana, urbana i suburbana zona općina Lukavac, Banovići i Živinice; Suburbane zone općina: Tuzla, Čelić, Doboj Istok, Srebrenik; urbane zone općina: Tuzla, Čelić, Teočak, Gradačac, Doboj Istok, Srebrenik, Sapna, Kalesija i Kladanj). Uzrok tome možemo pretpostaviti da je postojanje velikih tvorničkih i industrijskih postrojenja kao izvora značajnih količina emisija onečišćujućih tvari u zraku. Narušavanju kvaliteta zraka značajno doprinosi i sektor prometa.

#### 5. ZAHVALA

*Objavlivanje ovog naučnog rada finansirano je od strane Federalnog ministarstva obrazovanja i nauke Bosne i Hercegovine, program "Podrška istraživanju od značaja za Federaciju" u 2015. godini.*

#### 6. LITERATURA

- [1] Brigić, E.: Lišajevi kao bioindikator kvaliteta zraka na području Tuzle i okoline. Magistarski rad. Tuzla, 2012.
- [2] Brodo, I.P., Sharnoff S.D. & Sharnoff, S.: *Lichens of North America*. Yale University Press, New Haven and London, 2001, 795 pp.
- [3] Cvijan, M., Vukojević, J.: Osnovi algologije i mikologije – skripta, Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2008
- [4] Huseinović S, Osmanović S, Terzić Z, Sulejmanović H.: Lišajevi kao bioindikator kvaliteta zraka na području Tuzle i Lukavca. Naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem «KVALITET 2015», Zbornik radova , Str. 499-504, NEUM BiH, 2015.
- [5] Jevtić Marina.: Promene lišajskih zona biološke indikacije kvaliteta vazduha u Vlasotincu u periodu 2002 – 2013. god. Niš, 2013.
- [6] Lenka Ivčević, Marija Vitaljić: Lišaji otoka Visa. Hrvatsko biološko društvo, 2015

- [7] Mitić Jovana M.: Monitoring kvaliteta vazduha u Svrlijgu korišćenjem lišaja u periodu 2008 – 2014 god. Niš, 2015.
- [8] Nash, T.H. III: Lichen biology. Second Edition. Cambridge University Press, Cambridge, 2008
- [9] Nims, P. L.: Checklist of the Lichens of Italy 3.0, University of Trieste, Dept. Of Biology, IN 3.0/2 (<http://dbiodbs.univ.trieste.it/>), 2003
- [10] Ozimec, S., Sikora, M., Opačak, A., Florijančić, T., Puškadija, Z., Bošković, I., Jelkić, D.: Lišajevi-bioindikator kakvoće zraka u gradu Osijeku. Zbornik radova međunarodnog znanstveno-stručnog skupa XIII. Ružičkini dani “Danas znanost-sutra industrija”, 2011, pp. 474-480.
- [11] Partl, A.: Lišajevi. Priručnik za inventarizaciju i praćenje stanja. Stega Tisak. Zagreb, 2009
- [12] Stamenković, S.: Indikacija aerzagadenja u urbanim centrima južne i jugoistočne Srbije korišćenjem lišaja kao bioindikatora, PhD Disseratation, - Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2002
- [13] Stamenković, S.: Bioindikacija stepena zagadenosti vazduha urbanih sredina korišćenjem lišaja kao bioindikatora, (manuscript), Niš, 2006.
- [14] Vladica J. Novković: Lišaji kao pokazatelji kvaliteta vazduha u Lebanu. Niš, 2013
- [15] Vukojević, J.: Praktikum iz mikologije i lihenologije. NNK International. Beograd, 2006