

## LIŠAJEVI KAO BIOINDIKATORI KVALITETA ZRAKA NA PODRUČJU TUZLE I LUKAVCA

### LICHENS AS BIOINDICATORS OF AIR QUALITY IN THE AREA OF TUZLA AND LUKAVAC

Huseinović Samira, docent

Osmanović Sanida, docent

Terzić Zerina, asistent

Sulejmanović Hana

Univerzitet u Tuzli, Prirodno-matematički fakultet Tuzla

#### REZIME

*Bioindikatori su organizmi, kao što su lišajevi, ptice i bakterije, koji se koriste za pouzdan prikaz životne sredine, a u okviru procjene i kvantifikacija uticaja na ekosistem. Osnovna aktivnost obuhvatala je rad na terenu i rad u laboratoriju. Obuhvaćeno je 12 različitih lokaliteta sa kojih su prikupljeni uzorci lišajskog materijala. Determinacija pronađenih vrsta vršena je u laboratoriji upotrebom ključeva za determinaciju, mikroskopa i posebnih hemikalija.*

*Na području Tuzle i Lukavca pronađeno je ukupno 11 taksona lišajeva.*

*Statističkom analizom vrsta lišajeva i njihovih indikatorskih vrijednosti dobijeni su rezultati kvalitete zraka na istraživanom području.*

**Ključne riječi:** lišaji, bioindikatori, zagađenje

#### SUMMARY

*Bioindicators are organisms, such as lichens, birds and bacteria, which are used as a reliable representation of the environment, in the assessment and quantification of the impact on the ecosystem. The main activity covered fieldwork and the work in the laboratory. Lichen samples were collected from 12 different sites. Identification of species found was performed in the laboratory using the keys for identification, then microscope and special chemicals.*

*In the region of Tuzla and Lukavac 11 taxa of lichens was found. By the statistical analysis of lichens and their indicator values, the results of air quality in the area of study are obtained.*

**Keywords:** lichens, bioindicators, pollution

#### 1. UVOD

Danas se dešavaju bitne promjene u životnoj okolini koje su naročito izražene u normalnom sastavu zraka. Najvažniji životni procesi koji se odvijaju u živim bićima u velikoj mjeri zavise od fizičko-hemijskih karakteristika zraka i njegovih mogućih promjena. Urbanizacijom i industrijalizacijom danas je došlo do povećanja koncentracije polutanata u zraku, što uzrokuje niz štetnih efekata. Prije svega, polutanti ugrožavaju zdravlje ljudi, biljnog i životinjskog svijeta, a štetno djeluju i na objekte koji imaju materijalne, kulturne i druge vrijednosti.

Sistem sukcesivnih posmatranja određenih elemenata životne sredine u prostoru i vremenu naziva se monitoring. Cilj monitoringa je prikupljanje kvantitativnih i kvalitativnih podataka o prisustvu i distribuciji polutanata, praćenje emisija i imisija, izvora zagađenja, transporta polutanata i određivanja njihovih koncentracija na određenim mjernim tačkama [1]. U osnovi, sve metode koje se koriste za praćenje kvaliteta zraka mogu se svrstati u dvije grupe: fizičko-hemijske i biološke metode monitoringa. Danas sve više postoji potreba za biološkim monitoringom koji podrazumijeva upotrebu bioindikatora.

Nova istraživanja [2, 3, 4] dovela su do rezultata da se lišajevi mogu koristiti kao bioindikatori na dva načina:

1. kartiranjem svih vrsta prisutnih u određenoj zoni (metoda A)
2. uzorkovanjem pojedinačnih vrsta, te mjerenjem polutanata koji se akumuliraju u talusu, ili prenošenjem lišajeva iz nezagađene u zagađenu zonu, mjerenjem morfoloških promjena u talusu i procjeni fizioloških parametara i evaluaciji bioakumulacije polutanata (metoda B).

## **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, terenski ključevi za određivanje, fotoaparatus, kartonska kutija, kompjuter. Za determinaciju lišajeva korišten je sljedeći materijal: ključ za determinaciju lišajeva [5], te razni online ključevi za determinaciju lišajeva, parktikum [6] i 10% otopina kalijhidroksida.

### **2.1. Područje istraživanja**

Istraživanja na terenu su obuhvatila 12 lokaliteta na području Tuzle i Lukavca koji su odabrani od centralne zone Tuzle i Lukavca do udaljenosti koja iznosi 6 km. Lokaliteti su svrstani u sljedeće tri zone: urbana zona, suburbana zona i izvanurbana zona.

U urbanoj zoni istraživani lokaliteti u Tuzli su Skver i BKC, a u Lukavcu Park i Septembarska ulica.

U suburbanoj zoni istraživani lokaliteti su: Bukinje i Gornja Tuzla, a na području Lukavca Koksara i Puračić.

U izvanurbanoj zoni istraživani lokaliteti su Moluhe, Ilinčica, Tabaci i Prokosivići.

Lišajski materijal sakupljan je s kore stabala i grana drveća do visine oko 2 m iznad tla. Grmasti primjerci su rukom odvojeni od podloge, a za skidanje većih lisnatih lišajeva korišten je nož. Sakupljeni materijal spremljen je u vrećice na kojima su zabilježeni terenski podaci, a svi relevantni podaci bilježeni su u terenski dnevnik.

U laboratoriju su korišteni testovi obojenih reakcija talusa („spot“-reakcije) nanošenjem kapljice test-reagensa na korteks ili medulu, apotecije i sorale lišaja. Ovi testovi primjenjuju se u lihenologiji radi potvrde prisutnosti ili nedostatka specifičnih kemijskih spojeva koji mogu biti raspršeni ili strogo vezani za određena tkiva unutar talusa. Pojava specifičnog obojenja označava pozitivnu reakciju, a izostanak obojenja označava negativnu reakciju.

Kalij-hidroksid, KOH, 10 %-tna otopina; daje reakciju žute boje, žutu koja prelazi u crvenu, crvenu ili smeđkastu boju.

## **3. REZULTATI I DISKUSIJA**

Nakon terenskih istraživanja u periodu od juna do novembra 2014. godine na području Tuzle i Lukavca obuhvaćeno je 12 lokaliteta. Imajući u vidu razdaljinu lokaliteta i osnovnih izvora zagađenja zraka, urađena je analiza dobivenih rezultata.

Kako bi se održale u životu, lišajnske vrste zahtijevaju prisutnost posebnih vrijednosti određenih faktora, kao što su: svjetlost, temperatura, kontinentalnost, vlažnost, hranidbena vrijednost podloge, otpornost na štetne tvari u zraku i životni oblik lišajeva.

Tabela 1. Indikatorske vrijednosti i životni oblici lišajeva

Vrsta	L	T	K	F	N	To	Žo
<i>Physcia adscendens</i>	7	5	6	3	8	8	L
<i>Pseudevernia furfuracea</i>	7	5	6	4	1	4	G
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	7	5	6	4	3	7	L
<i>Parmelia sulcata</i>	7	5	6	3	7	8	L
<i>Physcia tenella</i>	7	5	6	3	7	8	L
<i>Xantoria parietina</i>	7	5	6	3	8	7	L
<i>Hypogymnia physoides</i>	7	5	6	3	5	8	L

Legenda: L- svjetlost; T- temperatura; K- kontinentalnost; F- vlažnost; N- hranidbena vrijednost; To- toksikotolerancija; Žo- životni oblici



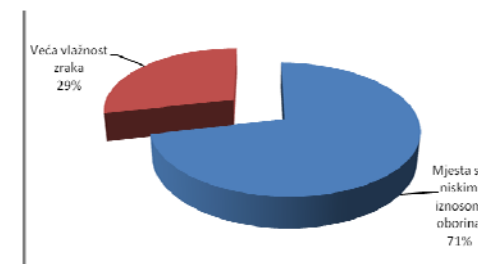
Grafikon 1. Indokatorske vrijednosti za svjetlost



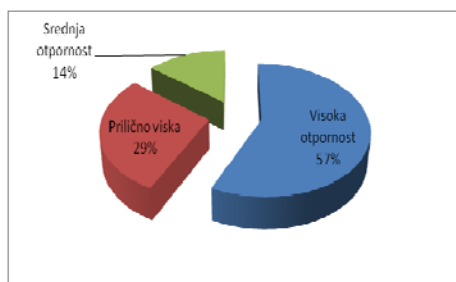
Grafikon 2. Indikatorske vrijednosti za temperaturu



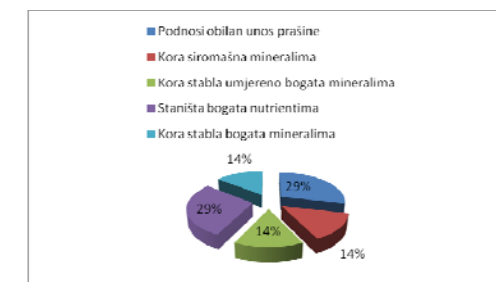
Grafikon 3. Indikatorske vrijednosti za kontinentalnost



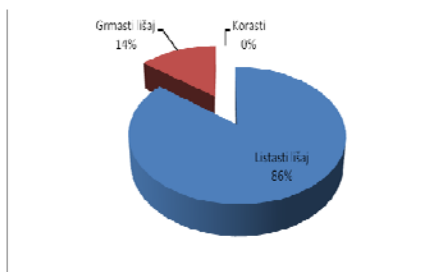
Grafikon 4. Indikatorske vrijednosti za vlažnost



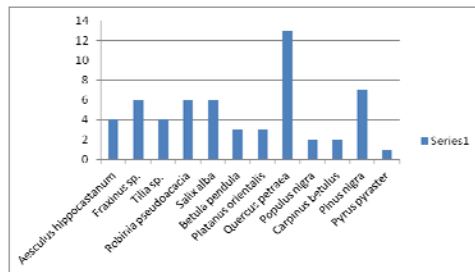
Grafikon 5. Indikatorske vrijednosti za toksikotoleranciju



Grafikon 6. Indikatorske vrijednosti za podlogu

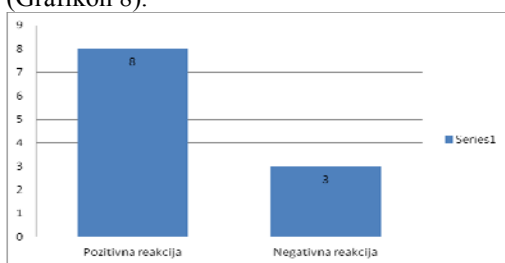


Grafikon 7. Zastupljenost životnih oblika lišajeva

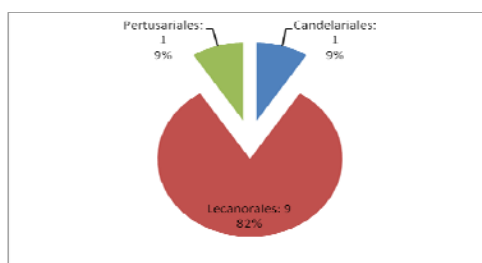


Grafikon 8. Zastupljenost uzorkovanih stabala

Iz prikazanih rezultata vidimo da su vrste *Quercus petraea* najzastupljenije među uzorkovanim stablima, zatim slijede vrste *Pinus nigra*, *Salix alba*, *Fraxinus sp.* i *Robinia pseudoacacia*, dok je vrsta *Pyrus pyraeaster* među najmanje zastupljenim uzorkovnim stablima (Grafikon 8).



Grafikon 9. K-test



Grafikon 10: Broj pronađenih vrsta unutar redova

Rezultati K- testa pokazali su da je od 12 lokaliteta pozitivna reakcija bila na 8 lokaliteta (Ilinčica, Moluhe, Puračić, Koksara, Gornja Tuzla, Bukinje, Ulica Septembarska, Skver), što dokazuje da su na ovim lokalitetima pronađene vrste lišajeva koje sadrže određene hemijske spojeve. Na tri lokaliteta, reakcija je bila negativna (Park u Lukavcu, Tabaci i Prokosovići), i na jednom lokalitetu nije bilo pronađenih vrsta tako da K- test nije rađen (Grafikon 9).

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

Na području Tuzle i Lukavca pronađeno je 11 taksona. Najveća brojnost vrsta lišajeva konstantovana je na lokalitetima Koksara (4), Park u Lukavcu (4) i Gornja Tuzla (4), dok je najmanji broj vrsta konstatovan na lokalitetu Tabaci, a na lokalitetu BKC nije konstatovana niti jedna vrsta lišajeva (grafikon 7).

Prema taksonomskoj diversifikaciji pronađenih vrsta lišajeva na istraživanom području sve vrste pripadaju filumu *Ascomycota* Caval.-Sm. 1998, podfilumu *Pezizomycotina* [7], te klasi *Lecanoromycetes* [7] (Grafikon 10).

Navedene vrste se nalaze unutar 8 porodica. Unutar porodice *Parmeliaceae* konstatovan je najveći broj rodova (3), (Grafikon 10).

Lišajsku floru parkova i drvoreda gradova Tuzle i Lukavca i okoline istraživao je [8] zabilježio 28 taksona. Usporedbom je utvrđeno da ima ukupno 11 zajedničkih vrsta.

Slična istraživanja su rađena u Hrvatskoj na području Osjeka [9]. Urađena procjena kvaliteta zraka na području Tuzle i Lukavca primjenom epifitskih lišajeva kao bioindikatora potvrdila je da zrak u gradu Tuzli i Lukavcu sadrži povišene koncentracije dušikovih spojeva zbog ispušnih plinova motornih vozila i da je opterećen povećanom koncentracijom lebdećih čestica. To se podudara sa ocjenom kvaliteta zraka u gradovima Tuzla i Lukavac na temelju cjelogodišnjih mjerenja.

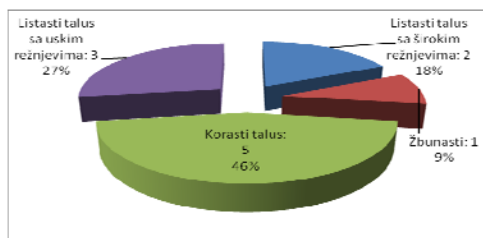
### 3.2. Biološke odlike utvrđenih vrsta

Prema tipu rasta najviše je zastupljen korasti (5) tip talusa.

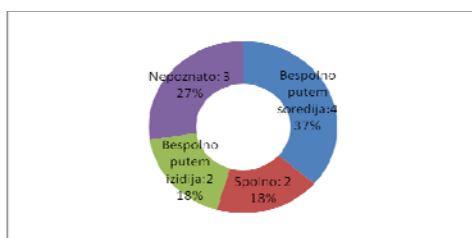
U odnosu na zagađenje zraka korasti lišajevi su najtolerantniji, dok su žbunasti lišajevi najosjetljiviji (Grafikon 11).

Vrste lišajeva koje se razmnožavaju soredijama (kao što su vrste roda *Physcia* (Schreb.) *Michaux*, *Phaeophyscia* (Neck.) Moberg) lakše preživljavaju u promijenjenim uslovima sredine kao i vrste roda *Lecanora* Ach., koje imaju jaku spolnu reprodukciju (Grafikon 12).

Na području Tuzle nije nađen niti jedan tip žbunastog lišaja. Jedino je na lokalitetu Park u Lukavcu nađena vrsta *Pseudoevernia furfuraceae*, koji odgovara žbunastom tipu lišaja.



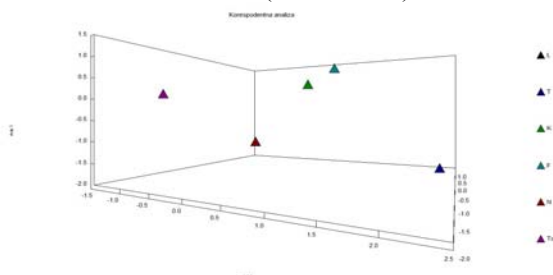
Grafikon 11. Prikaz tipova rasta uzorkovanih vrsta lišajeva na području Tuzle i Lukavca



Grafikon 12. Prikaz tipova razmnožavanja kod uzorkovanih lišajeva

### 3.3. Multivarijantna analiza

Za potrebe ove analize korišteni su podaci o vrstama lišajeva i ekološkim faktorima. Rezultati korespondentne analize ukazuju na postojanje četiri grupe lokaliteta. Najveći stepen sličnosti u pogledu sastava vrsta i djelovanja ekoloških faktora je na lokalitetu Koksara. Najmanju sličnost uočavamo na lokalitetu BKC u Tuzli (Grafikon 13).



Grafikon 13. Grafički prikaz korespondentne analize

## 4. ZAKLJUČCI

Nakon istraživanja i utvrđivanja lišajeva kao indikatora na području Tuzle i Lukavca, došli smo do sljedećih zaključaka:

Na području Tuzle i Lukavca pronađeno je ukupno 11 taksona. Svi detreminisani taksoni spadaju u filum *Ascomycota* Caval.-Sm. 1998., podfilum *Peizomycotina* O.E. Erikss.& Winka 1997, klasu *Lecanoromycetes* O.E. Erikson & K.Winka, 1997.

Najveći broj vrsta je zabilježen na lokalitetima Gornja Tuzla (4), Koksara (4) i Park u Lukavcu (4), dok na lokalitetu BKC nije pronađena niti jedna vrsta.

Na osnovu kvalitativne skale procjene SO<sub>2</sub> (Hawksworth & Rose, 1970.), i pronađenih vrsta lišajeva koje pripadaju određenim zonama vazdušnog zagađenja, lokaliteti su svrstani po sljedećim zonama: zona 3 obuhvata lokalitete: Tabaci, Bukinje, Moluhe, Prokosovići; zona 4 obuhvata lokalitete: ulica Septembarska u Lukavcu, Skver, Gornja Tuzla i Ilinčica. zona 5 obuhvata lokalitete: Koksara, Puračić, Park u Lukavcu.

- Najzastupljenija vrsta uzorkovanih stabala je *Quercus petraea*, dok je vrsta *Pyrus pyraeaster* među najmanje zastupljenim vrstama uzorkovanih stabala.
- Prema indikatorskim vrijednostima utvrđeno je da:
  - sve vrste lišajeva rastu na polusvjetlu, ali da mogu rasti i u djelimičnoj sjeni;
  - da dolaze na umjereno hladnim do umjereno toplim mjestima;
  - da su sve vrste vrlo širokog rasprostranjenja;
  - da 71% lišajeva podnosi mjesta sa uskim iznosima oborina;
  - da 57% lišajeva ima visoku otpornost na štetne tvari u zraku;
  - i da prema zastupljenosti životnih oblika, najzastupljeniji (86%) su lišajevi sa listastim talusom.
- Primjenom lišajeva kao bioindikatora kvaliteta zraka procijenjeno je da je zrak na području Tuzle i Lukavca onečišćen. To nam potvrđuje pozitivan K- test na 8 lokaliteta: (Ilinčica, Moluhe, Puračić, Koksara, Gornja Tuzla, Bukinje, Ulica Septembarska, Skver) gdje je uočena pozitivna reakcija, što dokazuje da su na ovim lokalitetima pronađene vrste lišajeva koje sadrže određene hemijske spojeve. Na tri lokaliteta, reakcija je bila negativna (Park u Lukavcu, Tabaci i Prokosovići), i na jednom lokalitetu nije bilo pronađenih vrsta tako da K- test nije rađen.
- Uzrok tome možemo pretpostaviti da je postojanje velikih tvorničkih i industrijskih postrojenja kao izvora značajnih količina emisija onečišćujućih tvari u zraku. Povremenom narušavanju kvaliteta zraka doprinosi i sektor prometa.

## 5. LITERATURA

- [1] Munn, R.E. (1973): *Global Environmental Monitoring System: GEMS, SCOPE Report 3*. okoline. Magistarski rad, Univerzitet u Tuzli.
- [2] Richardson, D.H.S. (1991): Lichens as biological indicators. Recent developments. In: Jeffrey, D. W. & Madden, B. (eds.) *Bioindicators and Environmental Management*. Academic Press, London, pp. 263-272.
- [3] Seaward, M. R. D. (1993): Lichens and sulphur dioxide air pollution: field studies. *Env. Reviews*. 1, 73-91.
- [4] Gries, C. (1996): Lichens as indicators of air pollution. U: Nash III, T. H. (ed.) *Lichen Biology*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 240-254.
- [5] Partl, A. (2009): Lišajevi. Priručnik za inventarizaciju i praćenje stanja. Stega Tisak. Zagreb.
- [6] Vukojević, J., (2006): *Praktikum iz mikologije i lihenologije*. NNK International. Beograd.
- [7] Eriksson, O.E. & Winka, K. (1997): Supraordinal taxa of Ascomycota. *Myconet* 1(1):1-16
- [8] Brigić, E. (2012): Lišajevi kao bioindikator kvaliteta zraka na području Tuzle i (2011): Lišajevi-bioindikator kakvoće zraka u gradu Osijeku. Zbornik radova međunarodnog znanstveno-stručnog skupa XIII. Ružičkini dani "Danas znanost-sutra industrija", 474-480.
- [9] Ozimec, S., Sikora, M., Opačak, A., Florijančić, T., Puškadija, Z., Bošković, I., Jelkić, D.