

LIŠAJEVI KAO BIOINDIKATORI KVALITETA ZRAKA U TUZLI

Edin Brigić*✉

Sažetak

Rad se temelji na istraživanju lišajeva kao bioindikatora kvaliteta zraka na području Tuzle. Terenskim istraživanjima provedenim tokom 2011. godine obuhvaćeno je deset različitih lokaliteta s kojih je prikupljen uzorak lišajskog materijala s pogodnih vrsta drveća, nakon čega se pristupilo determinaciji sakupljenih vrsta u laboratoriji upotrebom ključeva, mikroskopa i posebnih hemikalija.

Na području Tuzle pronađena su ukupno 23 taksona lišajeva determinisanih do nivoa roda ili vrste. Najveći broj vrsta lišajeva konstatovan je u Gornjoj Tuzli – 18, Donjoj Obodnici i Ljubačama – 7, Slavinovićima – 6, Dobrnji, Husinu i Lipnici – 5, Dokanju – 4 i parku u Tuzli – 1, dok u Bukinju nisu konstatovane vrste lišajeva zbog velikog zagađenja zraka. Pronađene vrste lišajeva nalaze se unutar 9 porodica: *Pertusariaceae*, *Lecanoraceae*, *Cladoniaceae*, *Stereocaulaceae*, *Parmeliaceae*, *Ramalinaceae*, *Physciaceae*, *Teloschistaceae* i *Candelariaceae*.

Statističkom analizom vrsta lišajeva i njihovih ekoloških i bioloških odlika dobijeni su rezultati procjene onečišćenja zraka na istraživanom području. Vrijednosti Indeksa čistoće atmosfere ukazuju na prisustvo četiri zone: zone I s veoma lošim kvalitetom zraka s vrijednostima od 0,0 za lokalitet Bukinje do 9,5 za park u Tuzli; zonu II odlikuje loš kvalitet zraka s vrijednostima od 13,0 za Slavinoviće; zonu III odlikuje umjeren kvalitet zraka s vrijednostima od 21,0 za Lipnicu do 32,0 za Dobrnju; zonu IV odlikuje dobar kvalitet zraka s vrijednostima od 40,0 do 44,0 za Gornju Tuzlu i Obodnicu Donju.

Ključne riječi: ekologija, lišajevi, kvalitet zraka

LICHENS AS BIOINDICATORS OF AIR QUALITY IN TUZLA

Abstract

This study is based on research of lichens as bioindicators of air quality in the area of Tuzla. Terrain research, which has been implemented during year 2011, covered ten different locations from which had been gathered samples of lichen material from suitable tree species after which gathered species were determined in a laboratory using keys, microscopes and special chemicals.

In the area of Tuzla 23 taxons of lichens has been found and determined to the level of genus or species. The greatest number of lichen species was registered in Gornja Tuzla – 18, Donja Obodnica and Ljubače – 7, Slavinovići – 6, Dobrnja, Husino and Lipnica – 5, Dokanj – 4 and one in a park in Tuzla, while in Bukinje no lichen species were concluded due to great air pollution. Found

* Behram-begova medresa u Tuzli, Slavinovići 9C, 75000 Tuzla

✉ e-mail: edinbragic79@yahoo.com

lichen species are among 9 families: *Pertusariaceae*, *Lecanoraceae*, *Cladoniaceae*, *Stereocaulaceae*, *Parmeliaceae*, *Ramalinaceae*, *Physciaceae*, *Teloschistaceae* i *Candelariaceae*.

Using statistical analysis of lichen species and their ecological and biological characteristics the results of air pollution on the studied area were acquired. Values of Index of Atmospheric Purity (IAP) indicate presence of four zones: zone I with very bad air quality with values from 0,0 for area of Bukinje to 9,5 for area park in Tuzla; zone II is characterized by bad air quality with values 13,0 for area of Slavinovići; zone III has moderate air quality with values from 21,0 for area of Lipnica to 32,0 for area of Dobrnja; zone IV is characterized by good air quality with values from 40,0 to 44,0 for Gornja Tuzla and Obodnica Donja.

Key words: *ecology, lichens, air quality*

UVOD

Najvažniji životni procesi koji se odvijaju u živim bićima u velikoj mjeri zavise od fizičko-hemijskih karakteristika zraka i njegovih mogućih promjena. Danas je aerogađenje jedan od značajnijih ekoloških problema, naročito u urbanim sredinama. Urbanizacijom i industrijalizacijom je došlo do povećanja koncentracije polutanata u zraku, što uzrokuje niz štetnih efekata. Da bi se pravilno riješio ovaj problem, neophodno je identificirati karakteristike kvaliteta urbanog zraka, izvora aerogađenja, i utvrditi koncentracije polutanata u zraku koje mogu imati negativne posljedice po okoliš.

U osnovi, sve metode koje se koriste za praćenje kvaliteta zraka mogu se svrstati u dvije grupe: fizičko-hemijske i biološke metode monitoringa. Fizičko-hemijskim metodama mogu se dobiti tačni podaci o prisustvu, distribuciji i emisiji polutanata, ali tako dobijeni podaci vrijede samo u određenom trenutku vremena. Zbog toga danas sve više postoji potreba za biološkim monitoringom koji podrazumijeva upotrebu bioindikatora.

Bioindikator su organizmi ili zajednice organizama koje reaguju na promjene u životnoj sredini tako što mijenjaju svoje vitalne funkcije ili svoj hemijski sastav. Tako bioindikator omogućavaju procjenu stanja okoliša u dužem vremenskom periodu. Lišajevi se koriste kao bioindikator kartiranjem svih vrsta prisutnih u određenoj zoni ili uzorkovanjem pojedinačnih vrsta te mjerenjem polutanata koji se akumuliraju u talusu. Lišajevi su simbiotski organizmi građeni od algi i gljiva. Zahvaljujući svojoj građi i osobinama lišajevi imaju specifične fiziološke odgovore na stres izazvan aerogađenjem, pa su pouzdani bioindikator. Istraživanja su pokazala da je raznovrsnost lišajeva mala u urbanim sredinama u odnosu na širu okolinu, dok u potpunosti odsustvuju u nekim industrijskim zonama, što je posljedica velikog zagađenja zraka. U ovom radu osnovni ciljevi su: istražiti prisutnost vrsta lišajeva na području općine Tuzla u periodu od marta do decembra 2011. godine, istražiti kvalitativno-kuantitativnu strukturu i prostornu distribuciju lišajeva u granicama različitih lokaliteta istraživanog područja i utvrditi indeks čistoće atmosfere i kvalitet zraka u različitim zonama istraživanog područja.

MATERIJAL I METODE

Materijal koji je korišten u ovom radu može se podijeliti na materijal neophodan za terenska istraživanja i materijal potreban u laboratorijskim uslovima. Za uzorkovanje lišajeva na terenu korišten je sljedeći materijal: topografske karte, terenski formulari, mreža za stablo za određivanje pokrovnosti lišajeva, ručno povećalo, papirne vrećice, nož i fotoaparatus. Terenska istraživanja obuhvatila su 10 odabranih lokaliteta na području općine Tuzla prikazanih na slici 1. U urbanoj zoni istraživani lokaliteti su: park u Tuzli i Bukinje. U suburbanoj zoni lokaliteti su: Lipnica, Dokanj, Slavinovići, Husino, Ljubače i Dobrnja. U izvanurbanoj zoni istraživani lokaliteti su: Gornja Tuzla i Donja Obodnica. Lišajevi su prikupljeni sa stabala vrsta drveća koja imaju slične osobine kore (na primjer: pH, kapacitet vode, hranjivi sadržaji) koje u znatnoj mjeri utječu na rast epifitskih vrsta lišajeva (Türk i Wirth, 1975; Kricke, 2002). Nakon terenskih istraživanja, u laboratoriji je izvršena determinacija taksona, a korišten je sljedeći materijal: ključevi za determinaciju, hemikalije: 10% otopina KOH, izbjeljivač u prahu ili vodena otopina kalcijum hipohlorita, lupa i binokularni mikroskop.



Slika 1. Prikaz istraživanih lokaliteta na području općine Tuzla
Index of Atmospheric Purity (IAP)

U daljem radu je izvršena analiza vrijednosti čistoće atmosfere – Index of Atmospheric purity (IAP) za svaki lokalitet na osnovu postojećih podataka o vrstama lišajeva. Promjene koje se dešavaju u kvalitetu zraka imaju utjecaj na lišajeve zato što zajednice lišajeva reaguju na te promjene tako što mijenjaju strukturu svoje zajednice. Kartiranje svih vrsta prisutnih u određenoj zoni se koristi za istraživanje Indeksa čistoće atmosfere. Metoda koja je korištena u ovom radu je metoda za procjenu stepena zagađenja atmosfere korištenjem lišajeva kao bioindikatora, a koju su razvili istraživači (LeBlanc i Sloover, 1970).

IAP se računa za svaki lokalitet prema sljedećoj formuli:

$$IAP = \sum_1^n \frac{Q \times f}{10}$$

gdje je: n - broj vrsta, Q - faktor pratećih vrsta i f - pokrovnost i frekvencija svake vrste.

Vrijednost Q predstavlja ekološki indeks za svaku vrstu i dobija se dodavanjem broja vrsta koje se pojavljuju s datom vrstom na lokalitetu, a potom uzimanjem prosjeka sume svih lokaliteta gdje je vrsta prisutna. U ovom radu je korištena korigovana skala prema Johnsonu (1979) te je na osnovu IAP vrijednosti istraživano područje podijeljeno na zone (tabela 1.). Izrada karti sa zonama kvaliteta zraka na istraživanom području izvršena je upotrebom geografskog informacionog sistema (GIS) u koji se unose podaci o determinisanoj vrsti i njenoj brojnosti, odnosno pokrovnosti na određenom lokalitetu i stablu drveća. GIS baza podataka je urađena u MS Access programskom paketu. U toj bazi se nalaze bitni podaci o abiotičkoj i biotičkoj komponenti istraživanog područja. Također, informacije o kvantitativnoj prisutnosti, distribuciji i statusu lišajeva i njihovih zajednica su ugrađene u bazu podataka koja je povezana s odlikama u GIS slojevima. Baza podataka zajedno s geografskim informacionim sistemom čini aplikativni program razvijen za konzervaciju i upravljanje istraživanim područjem. Ova aplikacija predstavlja jedan dinamičan i interaktivan sistem koji omogućava ažuriranje informacija i statističku obradu podataka uz vizuelni prikaz pojedinačnih odlika. Svaka od ovih karakteristika je kreirana kao pojedinačni sloj na karti, s jednim slojem za svaku kategoriju informacija, što omogućava ugradnju podataka u sveobuhvatnu GIS bazu podataka. Geografski informacioni sistem (GIS) je tek u posljednjih desetak godina počeo da se intenzivnije koristi u istraživanjima vezanim za kartiranje lišajeva i analize efekata zagađenja zraka. Rezultati istraživanja ukazuju da se GIS može koristiti s velikim uspjehom za kartiranje lišajeva u urbanim područjima kao efikasan i relativno jeftin alat za biomonitoring, koji integriše i analizira veliki broj prostornih ekoloških podataka (Ulshöfer i Rosner, 2001).

Tabela 1. Prikaz zona određenih na osnovu IAP vrijednosti na području Tuzle (Johnson, 1979)

IAP VRIJEDNOSTI	IDENTIFICIRANA ZONA	KVALITET ZRAKA
0-9	Zona I	Veoma loš
10-19	Zona II	Loš
20-39	Zona III	Umjeren
40-69	Zona IV	Dobar
> 69	Zona V	Odličan

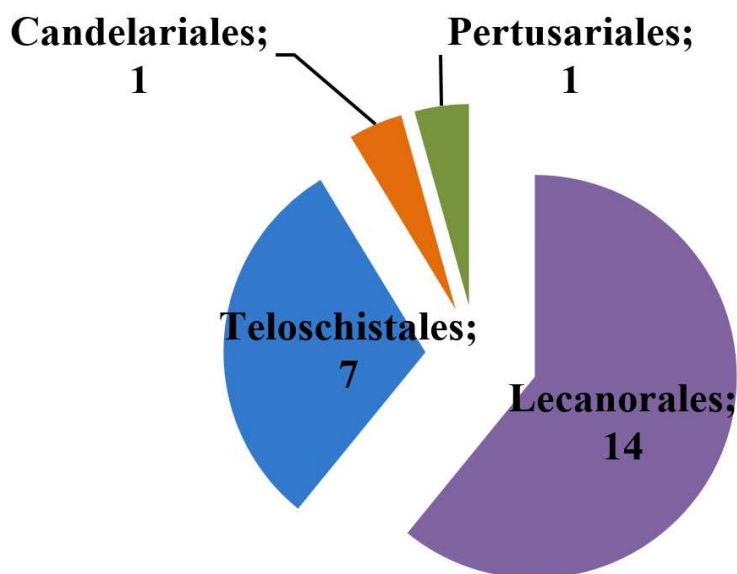
REZULTATI RADA I DISKUSIJA

Imajući u vidu razdaljinu lokaliteta od osnovnih izvora zagađenja zraka, klimatske prilike i odlike terena, izvršena je analiza dobijenih rezultata istraživanja. Analiza lišajeva na lokalitetu park u Tuzli obavljena je na pet stabala drveća *Quercus petraea*

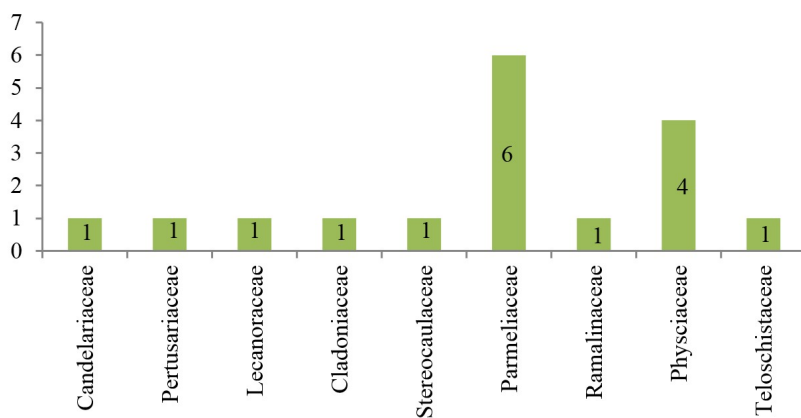
(Matt), Lieblein. Na ovom lokalitetu konstatovano je prisustvo samo jedne vrste lišajeva, *Parmelia sulcata* Taylor. Na lokalitetu Bukinje analiza lišajeva je izvršena na osam stabala, tri stabla *Quercus petraea* (Matt), Lieblein, tri stabla *Betula pendula* Roth., stablu *Pyrus communis* L. i stablu *Robinia pseudoacacia* L. Na stablima ovog lokaliteta nije pronađena niti jedna vrsta lišajeva. Na lokalitetu Lipnica lišajevi su prikupljeni s pet stabala vrste *Prunus domestica* L. i konstatovano je prisustvo pet vrsta lišajeva: *Parmelia sulcata* Taylor, *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *Evernia prunastri* (L.) Ach., *Cladonia pyxidata* (L.) Hoffm. i *Physcia adscendens* (Fr.) Oliv. Lokalitet Dokanj u sjevernom dijelu Tuzle ima više vrsta drveća, a analiza lišajeva obavljena je na pet stabala, i to: tri stabla *Prunus domestica* L., stablu *Juglans regia* L. i stablu *Robinia pseudoacacia* L. te je registrovano prisustvo četiri vrste lišajeva: *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr., *Parmelia sulcata* Taylor, *Physcia adscendens* (Fr.) Oliv. i *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. U istočnom dijelu Tuzle analiza lišajeva je izvršena u Slavinovićima na sedam stabala, pet stabala *Prunus domestica* L. i dva stabla *Acer platanoides* L., a registrovano je prisustvo sljedećih vrsta lišajeva: *Parmelia sulcata* Taylor, *Parmelia saxatilis* (L.) Ach., *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr., *Evernia prunastri* (L.) Ach. i *Pseudoevernia furfuracea* (L.) Zopf. Na lokalitetu Husino prikupljen je uzorak s pet stabala: dva stabla *Malus sylvestris* L., dva stabla *Pyrus communis* L. i stablu *Prunus domestica* L. te je registrovano prisustvo pet vrsta lišajeva, i to: *Parmelia sulcata* Taylor, *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr., *Physcia adscendens* (Fr.) Oliv., *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. i *Candelariella* sp. Müll. Arg. Na terenu Ljubače analiza lišajeva je izvršena na pet stabala: pet stabala *Quercus petraea* (Matt), Lieblein, a konstatovano je prisustvo sedam vrsta lišajeva: *Parmelia sulcata* Taylor, *Physcia tenella* (Scop.) DC., *Hypogymnia physodes* L. (Nyl.), *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr., *Evernia prunastri* (L.) Ach., *Pseudoevernia furfuracea* (L.) Zopf. i *Lecanora* sp. Ach. U mjestu Dobrnja analiza lišajeva je izvršena na pet stabala: dva stabla *Malus sylvestris*, stablu *Quercus petraea* (Matt), Lieblein, stablu *Pyrus communis* L. i stablu *Prunus avium* L., te je konstatovano prisustvo sljedećih vrsta lišajeva: *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr., *Parmelia sulcata* Tayl., *Physcia tenella* (Scop.) DC., *Phaeophyscia orbicularis* (Necker) Moberg i *Lecanora* sp. Ach. Analiza lišajeva na lokalitetu Gornje Tuzle je izvršena na osam stabala: šest stabala *Prunus domestica* L, stablu *Pyrus communis* L. i stablu *Juglans regia* L., i konstatovano je prisustvo sljedećih vrsta lišajeva: *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *Parmelia sulcata* Taylor, *Parmelia saxatilis* (L.) Ach., *Flavoparmelia caperata* (L.) Hale, *Evernia prunastri* (L.) Ach., *Pseudoevernia furfuracea* (L.) Zopf., *Lecanora chlorotera* Nyl., *Lecanora carpinea* (L.) Vain., *Physcia adscendens* (Fr.) Oliv., *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr., *Parmelina tiliacea* (Hoffm.) Hale, *Parmelina pastillifera* (Harm.) Hale, *Pertusaria* sp. DC, *Physcia aipolia* (Ehrn.) Hampe, *Amandinea punctata* (Hoffm.) Coppins & Scheid, *Ramalina* sp. Ach., *Lepraria* sp. Ach. i *Physconia* sp. Poelt. U Donjoj Obodnici lišajevi su analizirani na šest stabala: tri stabla *Prunus domestica* L., stablu *Malus sylvestris* L., stablu *Tilia platyphyllos* Scop. i stablu topole *Populus alba* L., te je konstatovano prisustvo sedam vrsta lišajeva: *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *Physcia adscendens* (Fr.) Oliv., *Physcia tenella* (Scop.) DC., *Parmelia sulcata* Taylor, *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr., *Candelariella* sp. Müll. Arg. i *Lecanora* sp. Ach.

Taksonomska diversifikacija pronađenih vrsta lišajeva

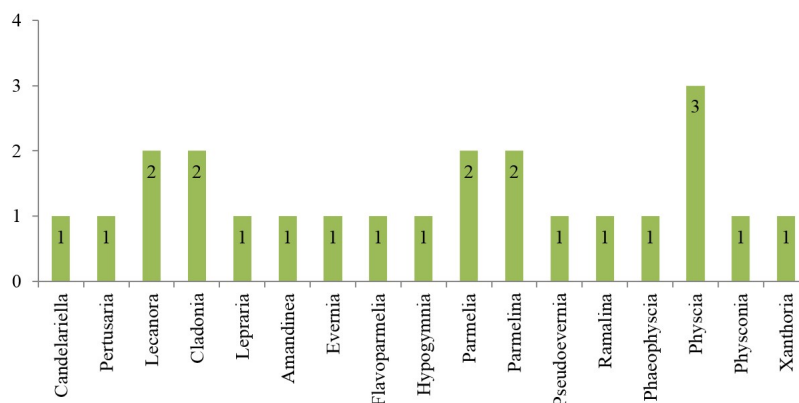
Na području Tuzle i okoline pronađena su 23 taksona lišajeva, od kojih je 18 (U zaključku piše 17.) taksona determinisano do nivoa vrste, a 5 taksona je zbog nedostatka hemikalija i zbog velike promjene u morfologiji talusa koja nastaje usljed zagađenja zraka determinisano do nivoa roda. Vrste lišajeva se nalaze unutar 4 reda (grafikon 1). Redovi obuhvataju 9 porodica od kojih je u porodici *Parmeliaceae* Zenker, 1827 konstatovan najveći broj rodova (6), zatim slijedi porodica *Physciaceae* Zahlbr., 1898 s četiri konstatovana roda, a u okviru ostalih sedam porodica konstatovan je po jedan rod (grafikon 2). Na istraživanom području najveći broj vrsta (3) je konstatovan unutar roda *Physcia* (Schreb.) Michaux, zatim slijede rodovi *Lecanora* Ach., *Cladonia* Hill ex. P. Browne *Parmelia* Ach. i *Parmelina* Hale s po 2 konstatovane vrste te rodovi s jednom vrstom (grafikon 3).



Grafikon 1. Broj pronađenih vrsta lišajeva unutar redova

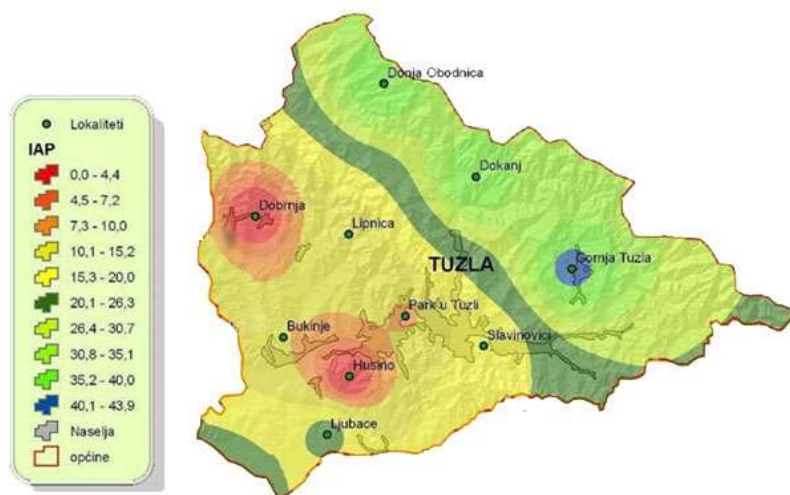


Grafikon 2. Prikaz brojnosti rodova unutar porodica lišajeva na području Tuzle



Grafikon 3. Prikaz brojnosti vrsta unutar rodova lišajeva na području Tuzle

Prema tipu rasta najviše su zastupljeni korasti (6 vrsta) i listasti tip rasta sa širokim režnjevima, odnosno *Parmelia* tip (7 vrsta), slijedi listasti s uskim režnjevima, tzv. *Physcia* tip (6 vrsta) te žbunasti (4 vrste). Žbunasti filamentozni tip rasta na istraživanom području nije konstatovan. U odnosu na zagađenje zraka korasti lišajevi su najtolerantniji, listasti lišajevi su intermedijarni dok su žbunasti lišajevi najsenzitivniji zato što je njihov talus najčešće uspravan i u većem dodiru sa zrakom. Odsustvo žbunastih vrsta u određenim zonama, naročito urbanoj i suburbanjoj, upućuje na loš kvalitet zraka.



Slika 2. Prikaz IAP zona na istraživanom području Tuzle

Vrijednosti indeksa čistoće atmosfere

Indeks čistoće atmosfere (Index of Atmospheric Purity – IAP) se koristi za definisanje stepena onečišćenja zraka na određenom području. Dobijene vrijednosti ovog indeksa su korištene za izradu karte kvaliteta zraka na području Tuzle (slika 2). Na osnovu IAP vrijednosti na istraživanom području se mogu razlikovati četiri od mogućih pet zona. Zona V koja se odlikuje odličnim kvalitetom zraka nije konstatovana ovim istraživanjima. Zona I se odlikuje veoma lošim kvalitetom zraka

s vrijednostima koje se kreću u rasponu od 0,0 za lokalitet Bukinje u urbanoj do 9,5 za lokalitet park u Tuzli. Ova zona se odlikuje potpunim odsustvom lišajeva ili prisustvom samo jedne vrste, *Parmelia sulcata* Taylor. Zona II se odlikuje lošim kvalitetom zraka, a obuhvata lokalitete: Slavinovići (13,0) Ljubače (15,6) i Husino (17,0). Na ovim lokalitetima je konstatovano ukupno sedam vrsta lišajeva. Zona III se odlikuje umjernim kvalitetom zraka. IAP vrijednosti u ovoj zoni variraju od 21,0 za lokalitet Lipnica, 22 za Dokanj i 32,0 za lokalitet Dobrnja. Zona IV se odlikuje dobrim kvalitetom zraka, a dva lokaliteta iz ove zone su Gornja Tuzla i Donja Obodnica. Lokalitet Gornja Tuzla karakteriše i najveći biodiverzitet lišajeva na istraživanom području, što je također pokazatelj kvaliteta zraka.

ZAKLJUČAK

Na području Tuzle i okoline pronađena su 23 taksona lišajeva, od kojih je 17 determinisano do nivoa vrste, dok je 5 taksona determinisano do nivoa roda. Najzastupljenije vrste lišajeva na istraživanom području su: *Parmelia sulcata* Taylor, pronađena na 9 lokaliteta, te *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. i *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., pronađene na 7 lokaliteta. Najveći broj vrsta lišajeva konstatovan je na lokalitetu Gornja Tuzla (18), dok na lokalitetu Bukinje nisu konstatovane vrste lišajeva, što je rezultat djelovanja polutanata iz stacionarnih izvora zagađenja zraka, naročito Termoelektrane Tuzla.

Analizom pronađenih vrsta lišajeva i njihovih ekoloških i bioloških odlika, dobijeni su rezultati procjene onečišćenja zraka na istraživanom području. Vrijednosti Indeksa čistoće atmosfere ukazuju na prisustvo četiri zone: zone I s veoma lošim kvalitetom zraka s vrijednostima 0,0 za lokalitet Bukinje do 9,5 za park u Tuzli; zonu II odlikuje loš kvalitet zraka s vrijednostima 13,0 za Slavinoviće, Ljubače 15,6 i Husino 17,0; zonu III odlikuje umjeren kvalitet zraka s vrijednostima od 21,0 za Lipnicu i Dokanj do 32,0 za Dobrnju; zonu IV odlikuje dobar kvalitet zraka s vrijednostima od 40,0 do 44,0 za Gornju Tuzlu i Obodnicu Donju. Danas postoji sve veća potreba za biomonitoringom, a lišajevi su pouzdani pokazatelji kvaliteta zraka. Istraživanja prisutnosti lišajeva u Tuzli i drugim područjima BiH treba češće vršiti, a dobijene podatke komparirati s podacima koji su dobijeni fizičko-hemijskim metodama mjerenja zagađujućih čestica u zraku, kako bismo dobili potpuniju sliku stanja naše životne sredine.

LITERATURA

- Johnson, D. W. (1979). Air pollution and the distribution of corticolous lichens in Seattle, Washington. *Northwest Science*, 5(4): 257–258.
- Kricke, R. (2002). Measuring bark pH. U: P. L. Nimis, C. Scheidegger i P. A. Wolseley (ur.), *Monitoring with Lichens—Monitoring Lichens* (str. 333–336). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Le Blanc, F. i De Sloover, J. (1970). Relation between industrialization and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal. *Canadian Journal of Botany*, 48: 1485–1486.

- Partl, A. (2009). *Lišajevi – Priručnik za inventarizaciju i praćenje stanja*. Zagreb: Državni zavod za zaštitu prirode.
- Türk, R. i Wirth, V. (1975). The pH dependence of SO₂ damage to lichens. *Oecologia*, 19: 285–291.
- Ulshöfer, J. i Rosner, H. J. (2001). GIS-based analysis of lichen mappings and air pollution in the area of reutlingen. *Meteorologische Zeitschrift*, 10(4): 261–263.
- Vukojević, J. (2006). *Praktikum iz mikologije i lihenologije*. Beograd: NNK International.