

ISSN 2637-1987 (Print)
ISSN 2637-1928 (Online)

15. Naučno-stručni skup
Studenti u susret nauci – StES 2022

ZBORNIK RADOVA

Prirodne nauke

15th scientific conference
Students encountering science – StES 2022

PROCEEDINGS

Natural Sciences

Banja Luka
2022.

Izdavači:
Univerzitet u Banjoj Luci,
Studentski parlament Univerziteta u Banjoj Luci

Za izdavača:
Prof. dr Miroslav Malinović,
Vladan Gačić

Urednici:
Milica Janjetović, Valentina Knežević

Lektor za srpski jezik:
Aleksandra Savić

Lektor za engleski jezik:
Milica Guzijan

Štampa:
Mikro print s. p. Banja Luka

Tiraž: 25

Naučni odbor:
Prof. dr Milica Balaban, prof. dr Igor Sladojević, prof. dr Pero Sailović, prof. dr Željko Ivanović,
prof. dr Gordana Broćeta, prof. dr Željko Budimir, prof. dr Milenko Krajišnik,
prof. dr Tatjana Marjanović, prof. dr Dragiša Vasić, prof. dr Miroslav Malinović,
prof. dr Đorđe Savić.

Recenzenti:
Red. prof. dr Aleksandra Petrašević, red. prof. dr Saša Zeljković, red. prof. dr Pero Dugić,
red. prof. dr Mira Mandić, red. prof. dr Davorin Bajić, red. prof. dr Radislav Tošić,
red. prof. dr Snežana Uletilović, red. prof. dr Branka Rodić-Grabovac,
red. prof. dr Biljana Kukavica, red. prof. dr Isat Skenderović, vanr. prof. dr Neda Živak,
vanr. prof. dr Svjetlana Lolić, vanr. prof. dr Milica Balaban, vanr. prof. dr Dijana Jelić,
vanr. prof. dr Biljana Davidović-Plavšić, vanr. prof. dr Irena Medar-Tanjga,
vanr. prof. dr Dragana Malivuk Gak, vanr. prof. dr Zoran Rajilić,
vanr. prof. dr Tanja Maksimović, vanr. prof. dr Vesna Rajčević,
vanr. prof. dr Tanja Mišlicki Tomić, vanr. prof. dr Dijana Mihajlović,
vanr. prof. dr Elvira Hadžiahmetović Jurida, vanr. prof. dr Biljana Lubarda,
vanr. prof. dr Milka Grmuša, doc. dr Dino Hasanagić, doc. dr Ivan Samelak,
doc. dr Radovan Kukobat, doc. dr Dragana Šnjegota, doc. dr Nebojša Đurić,
doc. dr Dimitrije Čvokić, doc. mr Pero Sailović, viši asis. Dragan Papić,
viši asis. Biljana Radosin Sopić, viši asis. Sanja Pržulj, viši asis. Dragica Delić,
viši asis. Luka Sablić, viši asis. Vukosava Čolić, viši asis. Svetlana Milošević Krejić,
viši asis. Novica Lovrić, viši asis. Aleksandar Majić, asis. Jovan Mikić, asis. Vukašin Crnogorac.

SADRŽAJ

RADOVI:

ALEKSANDAR PILIPOVIĆ, Dušan Puhar, Jelena Kolundžija, KOLORIMETRIJA SEDIMENTA PALEOLITSKOG NALAZIŠTA PETROVARADIN, SRBIJA	7
ANĐELA MILOŠEVIĆ, Natalija Nikolić, UPOTREBA GIS ALATA U PROSTORNOM PLANIRANJU I OPTIMIZACIJI ZDRAVSTVENIH USTANOVA U SREMSKOM UPRAVNOM OKRUGU	17
DIJANA GVOZDEN SLIŠKO, UREĐENJE I ORGANIZACIJA PROSTORA „CRVENE STIJENE” NA TERITORIJI OPŠTINA PALE I SOKOLAC, REPUBLIKA SRPSKA	27
JOVANA VULETIĆ, HOSPITOVANJE IZ UGLA STUDENATA GEOGRAFIJE PRIRODNO-MATEMATIČKOG FAKULTETA U NIŠU	35
JOVANA MILJKOVIĆ, ZNAČAJ UPISIVANJA DOBARA NA LISTU UNESCO ZAŠTITE ZA RAZVOJ ODRŽIVOG TURIZMA. STUDIJA SLUČAJA: REPUBLIKA SRBIJA	47
MARIJA ZELJKOVIĆ, ODRŽIVI RAZVOJ TURIZMA – STUDIJA SLUČAJA „VRUĆA TAČKA” BIODIVERZITETA TROPSKI ANDI.....	61
MILAN MILETIĆ, STATISTIČKA ANALIZA SREDNJIH MESEČNIH I GODIŠNJIH PROTICAJA NA JUŽNOJ MORAVI DO HIDROLOŠKE STANICE KORVINGRAD.....	77
MILICA CRNOBRNJA, SCENARIO KAO KONSTRUKTIVISTIČKI POSTUPAK U NASTAVI	85
SANDRA NIKOLIĆ, BIOLOŠKA STRUKTURA STANOVNIŠTVA GRADA BANJA LUKA	89
ВАЊА МИРЈАНА ВУЈИЋ, ЈУГОИСТОЧНА ЕВРОПА У КОНТЕКСТУ САВРЕМЕНИХ ГЕОПОЛИТИЧКИХ ПРОЦЕСА – ПОЛИТИЧКО-ГЕОГРАФСКА ПРОМИШЉАЊА	105
MARIJA STOJAKOVIĆ, Dragana Ubiparip, Dragan Gvozdenović, SINTEZA, KARAKTERIZACIJA I KATALITIČKA AKTIVNOST $ZnFe_2O_4$ NANOKOMPOZITA	119
MILICA MARKOVIĆ, PRIMENA PREHRAMBENIH ADITIVA U KOZMETOLOGIJI	135
NATALIJA SIMIĆ, POREĐENJE RETENCIONIH OSOBINA ESTARA DUGOLANČANIH LINEARNIH ALKOHOLA I MASNIH KISELINA NORMALNOG I RAČVASTOG NIZA	143
TEODORA TOMOVIĆ, SELENOVE NANOČESTICE OBLOŽENE SURFAKTANTIMA I POLIMERIMA KAO POTENCIJALNI NOSAČI LIJEKOVA.....	151
BOGDAN NASTASOVIĆ, MATEMATIKA I POEZIJA	171
MARIJANA ĐOKIĆ, PRIMENA LINEARNE REGRESIJE NA ANALIZU U FINANSIJAMA I POSTEPENA REGRESIJA	187
TEODORA ČAMAGIĆ, VEROVATNOĆE PROPASTI U STACIONARNOM MODELU NEŽIVOTNOG OSIGURANJA	205
ANA MILENKOVIĆ, UTICAJ CIJANOTOKSINA MICROCYSTIN-LR NA RAST ZELENE MIKROALGE SCENEDESMUS SP. (SPHAEROPLEALES: SCENEDESMACEAE).....	221
KRISTINA MILOSAVLJEVIĆ, UTICAJ MIKROCISTINA LR NA ZELENU MIKROALGU COELASTRUM SP.....	229
SANDRA POPOVIĆ, DIVERZITET GLJIVA BASIDIOMYCOTA NA CENTRALNOM DIJELU PLANINE TREBAVE.....	235
MILICA PERIĆ, VOLATILNOST I SKJUNIS FUNKCIJE RASPODELE CENA AKCIJA NA BERZI U MODELU KVANTNE BRAUNOVE ČESTICE.....	243

APSTRAKTI:

JOVANA BAJKANović, Vesna Vujasinović, Nemanja Lakić, Ana Macura, STAVOVI POTROŠAČA O PREHRAMBENIM I ZDRAVSTVENIM IZJAVAMA NA DEKLARACIJI HRANE.....	261
ADRIANA MODRUŠAN, Elvis Čivljak, UTICAJ ZAMRZAVANJA NA BIOHEMIJSKE PARAMETRE KVALITETA PLODA JAPANSKE ŠLJIVE (<i>Prunus salicina</i>).....	263
ALEKSANDRA PAVLOVIĆ, Minja Mladenović, Mirjana Mundžić, NANOSENZOR ZA DETEKCIJU GLUTATIONA.....	265
DANICA SAVIĆ, IZOLOVANJE TRITERPENA CIKLOARTANSKOG TIPA IZ BILJNE VRSTE <i>EUPHORBIA LUCIDA</i>	267
INA KANJEVAC, SINTEZA I SPEKTRALNA KARAKTERIZACIJA NOVOG PERILIL-ESTRA	269
JELENA D. ŽIVANOVIĆ, DERIVATI AMINOKISELINA NEUROTRANSMITERA SA METIL-HLORFORMATOM.....	271
LJUBICA BACETIĆ, SINTEZA I KARAKTERIZACIJA BIS(ACETILACETONATO)-ETILENDIIMINO-RODIJUM(III) KOMPLEKSA I ISPITIVANJE NJEGOVIH INTERAKCIJA SA HSA I DNK	273
MARIJANA KOSTIĆ, Mihajlo Zorić, SINTEZA I KARAKTERIZACIJA KOMPLEKSA BAKRA(II) SA ŠIFOVOM BAZOM 2-ACETILPIRIDINA I AMINOGVANIDINA.....	275
MIHAJLO ZORIĆ, Marijana Kostić, SINTEZA I KARAKTERIZACIJA KOMPLEKSNOG JEDINJENJA [CuLcINO ₃].H ₂ O, L – ŠIFOVA BAZA AMINOGVANIDINA I 2-ACETILPIRIDINA	277
NIKOLETA MITIĆ, SINTETIČKI PRISTUP U IDENTIFIKACIJI (IZO)BORNIL ESTARA U ETARSKIM ULJIMA VRSTA RODA <i>TANACETUM</i>	279
SLAĐANA ČETKOVIĆ, Ljupka Raić, PROMJENE AKTIVNOSTI PEROKSIDAZA KLASSE III U LISTOVIMA GRAŠKA POD UTICAJEM POPLAVE.....	281
STEFAN LEKIĆ, Stefan Ivanović, Katarina Simić, BILJNA METABOLOMIKA KAO ALAT ZA DETEKCIJU TOKSIČNIH ADULTERANATA U JESTIVOJ BILJCI: STUDIJA SLUČAJA <i>ALLIUM UR-SINUM</i>	283
TEODORA STOJADINOVIĆ, DIETIL-ETARSKI ISPIRAK CVETOVA BILJNE VRSTE <i>DIANTHUS DELTOIDES L.</i> (<i>CARYOPHYLLACEAE</i>): IDENTIFIKACIJA NOVOG PRIRODNOG PROIZVODA	285
TIJANA JAKICA, Dušan Živković, SINTEZA I IN SILICO TESTIRANJE NOVOG HETEROCIKLIČNOG STEROIDA	287
VOJIN JOCIĆ, HEMIJSKI SASTAV DIETIL-ETARSKOG EKSTRAKTA KORENA BILJNE VRSTE <i>TRINIA GLAUCA L.</i>	289
DINA STOJANOVIĆ, ANTIOKSIDATIVNA I ANTIMIKROBNA SVOJSTVA EKSTRAKTA SEMENA <i>QUERCUS PEDUNCULIFLORA</i>	291
LJUPKA RAIĆ, Slađana Četković, UTICAJ POPLAVE NA PROTEINSKE PROFILE U LISTOVIMA GRAŠKA.....	293
RAJKO ROLJIĆ, Tanja Elez, SASTAV ZAJEDNICA EKTOPARAZITA DOMESTIFIKOVANIH GOLUBOVA NA PODRUČJU LAKTAŠA	295
TEODORA KNEŽIĆ, Mila Džisalo, DIZAJN LAMP PRAJME ZA PRAĆENJE GENSKE EKSPRESIJE TUMOR MARKERA U 3D KULTURAMA KANCERA	297

RADOVI

KOLORIMETRIJA SEDIMENTA PALEOLITSKOG NALAZIŠTA PETROVARADIN, SRBIJA

Autor: ALEKSANDAR PILIPOVIĆ, Dušan Puhar, Jelena Kolundžija

e-mail: acopilipovic@gmail.com

Mentor: Asis. msc Milica G. Radaković

Katedra za fizičku geografiju, Departman za geografiju, turizam i hotelijerstvo
Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Novom Sadu

Uvod: Les je sitnozrna, klastična sedimentna stena primarnog eolskog porekla. Naslage lesa formirane su tokom poslednjeg ledenog doba. U toku glacijala (hladnijih perioda) deponovan je les, a u toku interglacijala (toplijih perioda) formirano je paleozemljište. S obzirom na to da su lesni horizonti svetložučkaste boje, a paleozemljišni smeđe-crvene, ova razlika u boji može se iskoristiti da pokaže razliku u klimi unutar ledenih doba. Na sintetičkom lesno-paleozemljišnom profilu Petrovaradin na Sremskoj lesnoj zaravni biće pokazano kako boja može poslužiti kao pokazatelj promene klime u prošlosti, konkretno u paleolitu.

Cilj: Cilj ovog istraživanja je pokazati da je boja sedimenta dobar pokazatelj paleoklimatskih promena. Pored toga, cilj je i pokazati kako se sintetički profil Petrovaradin uklapa sa svetskom stratigrafijom, kao i sa drugim lesno-paleozemljišnim profilima.

Materijal i metode: Terensko istraživanje i prikupljanje uzoraka izvršeni su u martu 2022. godine. Instrumentalno merenje boje lesno-paleozemljišnih uzoraka vršeno je aparatom Conica Minolta CR-400 Chroma Meter. Za svih 48 uzoraka sa 2 subprofila izračunat je indeks crvenila zemljišta (Redness Index), a zatim su vrednosti normalizovane. Korišćeni su programi Microsoft Excel i Adobe Illustrator.

Rezultati: Kao rezultat analize dva pojedinačna subprofila napravljen je jedan sintetički profil. Svetliji uzorci predstavljaju lesne horizonte, što govori o tome da je klima bila hladnija i suvlja u tom periodu. Tamniji uzorci predstavljaju paleozemljišne horizonte, koji ukazuju na to da je klima u tom periodu bila toplija i vlažnija. Unutar glacijala se na osnovu rezultata uočava topliji period (interstadijal) između dva hladnija perioda (stadijala).

Zaključak: Boja lesno-paleozemljišnih sekvenci jeste dobar pokazatelj paleoklimatskih promena. Sintetički profil Petrovaradin poklapa se sa svetskim stratigrafijama i profilima. Ostaje prostora za korišćenje još preciznijih metoda, radi saznavanja tačnog vremena taloženja lesa i formiranja zemljišta.

Ključne reči: les; klimatologija; paleoklimatska rekonstrukcija; geoarheologija; Petrovaradin; boja

UVOD

Iako su sedimenti, kao što je les, prisutni u ogromnim razmerama u arheološkim istraživanjima, konkretno na samim arheološkim nalazištima, i verovatno predstavljaju naj-dostupniju materiju spremnu za podvrgavanje daljim istraživanjima, arheolozi nisu uvek bili svesni potencijala i benefita koje donose analize sedimenata. Ta činjenica ukazivala je na mogućnost i potrebu za razvojem metoda istraživanja istih, a među kojima se izdvaja i analiza boje sedimenata. Pomenutom metodom moguće je doći do rezultata koji se mogu interpretirati kao pokazatelji stabilnosti uslova života paleolitskog perioda. Boja sedimenta

kao odokativni indikator starosti zemljišta takođe može pružiti i uvid u paleogeografske i paleoekološke uslove koji su bili dominantni u prošlosti. Takođe, zajedno sa nalazima od paleontološkog i arheološkog značaja, u istim sedimentima, moguće je stvaranje proširene slike o životnim uslovima u paleolitu [1].

Les predstavlja sitnozrnu, klastičnu sedimentnu stenu primarnog eolskog porekla. U Vojvodini je sastavljen od minerala dostupnih u basenu Dunava, jer njegovom taloženju prethodi rečna akumulacija prilikom nižih vodostaja ove reke. Les uglavnom u sebi sadrži kvarc (40–80%), a za njim slede feldspati, minerali gline (5–20%) i karbonati (1–20%) [2]. Geneza lesnih naslaga naziva se lesifikacija [3]. U Srbiji, naslage lesa nastale su u prethodnih devet ledenih doba, a kao reprezentativan profil izdvojena je sekvenca Stari Slankamen. Nemaju svi lesni profili sve slojeve lesa. Veoma je retko naći kontinentalni kontinuirani zapis klimatskih promena zbog erozije koja se neprekidno odigrava. Većina lesnih profila u Srbiji ima lako dostupna poslednja dva glacijalna ciklusa, koje razdvaja paleozemljište formirano između ledenih doba [4, 5].

Najveće naslage lesa na svetu nalaze se u Kini. U Evropi se izdvajaju četiri glavne lesne oblasti: lesni pojas u Severozapadnoj Evropi, naslage lesa u severnim podgorinama Alpa i u srednjem i donjem toku Dunava, pojas u Istočnoj Evropi i naslage u manjim basenima i rečnim dolinama [6]. Preko polovine geološke podloge Vojvodine (60%) čine les i njemu slični sedimenti. Depozicione oblasti lesa predodređene su reljefom Vojvodine. Tipičan les nataložen je na lesnim zaravnima između aluvijalnih ravni najvećih reka u Vojvodini – Dunava, Tise, Save i Tamiša (Prilog 1). Lesno-paleozemljišni profil Petrovaradin, na kome će akcenat biti u ovoj studiji, nalazi se na Petrovaradinskoj tvrđavi, 1,3 km istočno od Novog Sada, nedaleko od desne obale Dunava.

Razlika u boji između lesa i paleozemljišta jedan je od najvažnijih pokazatelja paleoklimatskih promena. Lesni horizonti slabo su podložni delovanju eluvijalnih procesa i žučkaste su boje, dok paleozemljišni horizonti podležu delovanju eluvijalnih procesa i imaju žučkasto-braon ili crveno-braon boju [7]. Na osnovu smene boja u lesnim horizontima nastala je i hrono-stratigrafija koja se danas koristi u literaturi, a nazvana je Dunavska. Prema njoj su topliji periodi kada je boja sedimenta bila tamnija označeni sa S, dok su svetliji slojevi označeni sa L [8].

Same karakteristike lesa i paleozemljišta utiču na njihovu boju. Naime, žuta boja lesa potiče od limonita i ostalih minerala koji ga sačinjavaju. Sa druge strane, boja paleozemljišta nastaje kao posledica pedogenetskih procesa i zastupljenosti feromagnetičnih minerala hematita i getita. Getit daje zemljištu žutu boju, a hematit crvenu i maskira žutu boju getita [9, 10]. Svetlija žučkasta boja sedimenta ukazuje na hladne i aridne periode glacijalnog ciklusa, kada se taloži les, a tamnija braonkasta boja ukazuje na toplije i vlažnije periode, kada se formira zemljište procesima pedogeneze [11].

Upoređivanjem lesno-paleozemljišnih sekvenci profila Petrovaradin sa drugim profilima u Vojvodini, kao što je profil Mišeluk [12], može se ustanoviti kakve su bile lokalne, pa i regionalne klimatske prilike i promene u kvartaru. Lokalitet Petrovaradin posebno je interesantan u kontekstu arheologije, budući da su se na istome vršila temeljna arheološka istraživanja, koja ukazuju na postojanje paleolitske kulture na području današnje Vojvodine [13].

MATERIJAL I METODE

Pre postupka merenja boje lesno-paleozemljišnih sedimenata sa odabranih profila u cilju paleoklimatske i paleoekološke rekonstrukcije pomoću kolorimetrijskih parametara, izvršeno je terensko istraživanje. Osnovu ovog rada predstavlja profil na arheološkom lokalitetu Petrovaradin. Sediment je uzorkovan u iskopini unutar zgrade Muzeja Grada

Novog Sada. Profil Petrovaradin otvoren je za uzorkovanje prilikom arheoloških istraživanja samog lokaliteta. Ispitivane lesno-paleozemljišne sekvence nalaze se na Petrovaradinskoj tvrđavi, 1.3 km istočno od Novog Sada u blizini desne obale reke Dunav. Geografske koordinate ovog lokaliteta su $\lambda=45^{\circ}15'06''$, $\varphi=19^{\circ}51'44''$, dok je podnožje ovog profila na 120 m apsolutne visine.

Terenska istraživanja vršena su u martu 2022. godine i uključivala su detaljan opis lesno-paleozemljišnih sekvenci i uzimanje uzoraka za laboratorijske analize (Prilog 2). Prikupljeni uzorci su dostavljeni na Departman za geografiju, turizam i hotelijerstvo Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu.

Determinacija boja vlažnih uzoraka izvršena je tokom avgusta i septembra 2022. godine na Departmanu za geografiju, turizam i hotelijerstvo Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu. Instrumentalno merenje boje lesno-paleozemljišnih uzoraka izvršeno je upotrebom tristimulusnog kolorimetra Conica Minolta CR-400 Chroma Meter, a izražavanje ovih vrednosti u CIE $L^*a^*b^*$ kolorimetrijskom sistemu poslužilo je za izračunavanje indeksa crvenila zemljišta „Redness index” (RI u daljem tekstu).

Do otvaranja profila na ovom lokalitetu došlo je prilikom arheološkog iskopavanja unutar zgrade muzeja. Na početku su iskopane dve rupe do dubine matične stene, uz ivice zgrade. Nakon toga se pristupa vertikalnom odseku, i posle utvrđivanja nepostojanja kolutivnog nanosa vrši se uzorkovanje profila. Uzorci sa pravilno i detaljno uređenog profila na lokalitetu Petrovaradin uzeti su u intervalima na svakih 2,5 centimetra od topografske površine do dubine od 0,6 m. Ukupan broj uzoraka na dva subprofila iznosi 48. Rezultati u ovoj studiji su nastali stvaranjem sintetičkog profila od dva subprofila koja su nastala u poslednjem glacialnom ciklusu.

Vlažni uzorci su usitnjeni u porcelanskom avanu, a reflektivnost boja lesnih i paleozemljišnih uzoraka određena je instrumentalno, pomoću tristimulusnog kolorimetra: Conica Minolta CR-400 Chroma Meter.

Instrument je kalibrisan prema apsolutno beloj boji „C” koja dolazi u sastavnom pakovanju sa aparatom. Tristimulusni kolorimetar je instrument koji može da meri boje preko tristimulusnih vrednosti pod fiksiranim uslovima kao što su izvor svetlosti i standardni posmatrač. Ovaj instrument je izuzetno pogodan za kvantitativno određivanje razlike u boji između dva uzorka. Osnovni delovi su izvor svetlosti, integrisana sfera i detektor. Osim toga, instrument sadrži od 3 do 4 filtera kako bi određivanje boje bilo što približnije CIE funkcijama.

Vrednosti boja izmerene pomoću tristimulusnog kolorimetra date su u CIE L^*, a^*, b^* kolornom sistemu. U ovom kolornom sistemu L^* koordinata označava svetloću (0 za crnu boju, a 100 za difuzno belu), dok a^* i b^* predstavljaju koordinate hromatičnosti (variraju od -120 do +120), i označavaju pravce u trodimenzionalnom pravougaonom koordinatnom sistemu. Pozitivne $+a^*$ vrednosti odnose se na udeo crvene, a negativne $-a^*$ na udeo zelene boje. Sa druge strane, pozitivne vrednosti za $+b^*$ se odnose na udeo žute, a negativne $-b^*$ na udeo plave boje. Što su vrednosti a^* i b^* brožčano veće (u apsolutnom smislu), veći je udeo i odgovarajućih primarnih boja u boji merenog objekta.

Kao pokazatelj crvenila zemljišta i promene u sadržaju hematita, poslužio je Redness index (RI), koji se koristi za procenu sadržaja hematita u zemljištima, a izračunat je prema formuli [12]:

$$RI = \frac{a^*(a^{*2} + b^{*2})^{0.5} \times 10^{10}}{b^*L^6}$$

Nakon izračunavanja RI, bilo je potrebno da se vrednosti normalizuju (svedu na određene vrednosti između 0 i 1), odnosno da najvećoj vrednosti bude dodeljena vrednost 1, a najmanjoj 0. Ovaj postupak je urađen preko formule za normalizaciju:

$$X = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}$$

REZULTATI

Uzorkovani profil Petrovaradin dostiže ukupnu moćnost od 0,6 m i sastoji se od dva subprofila: Petrovaradin 1 (0,6 m) i Petrovaradin 2 (0,6 m). Ovaj sloj ima moćnost oko 40 cm i predstavljen je zemljištem tamnije boje koje se razvilo u tipičan černoze, i koje je karakteristično za područja stepskih paleoekoloških uslova [14]. Najmanje i najveće vrednosti izmerenih parametara (L^* , a^* , b^* kolometrijske vrednosti i RI vrednosti sa normalizacijom (u zagradi)) ovog sloja su: $L^*_{\min} = 30,13$, $L^*_{\max} = 39,8$; $a^*_{\min} = 3,59$, $a^*_{\max} = 4,48$; $b^*_{\min} = 17,89$, $b^*_{\max} = 21,93$; $RI_{\min} = 9,98$ (0) na dubini od 0 m, $RI_{\max} = 50,85$ (1) na dubini od 0,125 m (Prilog 3).

Daljom analizom podataka dobijeni su sledeći rezultati na svaka četiri uzorka, odnosno 0,1 m uzorkovanog profila: u odnosu na 0 m, odnosno površinske uzorke, vrednosti se razlikuju, i iznose: $L^* = 33,49$, $a^* = 3,89$, $b^* = 19,34$, $RI = 28,12$ (0,44); na 0,2 m su vrednosti dosta slične onima na 0,1 m i iznose: $L^* = 33,96$, $a^* = 3,88$, $b^* = 18,43$, $RI = 25,85$ (0,39); na sledećoj dubini, 0,3 m, vrednost RI opada: $L^* = 35,19$, $a^* = 4,1$, $b^* = 19,49$, $RI = 22,1$ (0,29); vrednosti RI na dubini od 0,4 m su znatno manje od prethodno navedenih: $L^* = 38,83$, $a^* = 4,36$, $b^* = 20,89$, $RI = 12,99$ (0,07). Na poslednja 2 referentna uzorka 0,5 i 0,6 m primećuje se rast vrednosti RI, vrednosti na 0,5 m iznose: $L^* = 36,22$, $a^* = 4,16$, $b^* = 20,14$, $RI = 18,81$ (0,22); na poslednjem uzorku (0,6 m) vrednosti RI su najveće među ovim referentnim i iznose: $L^* = 33,16$, $a^* = 4,06$, $b^* = 19,31$, $RI = 31,21$ (0,52).

DISKUSIJA

U Srbiji je do sada urađeno mnogo istraživanja lesnih profila [15], ali retka su ona koja imaju parametar boje [12, 16]. Karpatski basen je služio kao koridor kojim su hominidi anatomske jednaki savremenom čoveku stigli u Evropu. Naročito se u literaturi spominje ruta duž reke Dunav [17]. Istraživani lokalitet se nalazi na rečnoj terasi, a kako je Dunav svoje korito usecao dublje u rastresitije sedimente, paleolitski nalazi su ostali visoko iznad reke, na skoro 50 m relativne visine. Iskopine iz 2003. i 2004. godine potvrdile su paleolitsku naseobinu u Petrovaradinu na osnovu hiljade nađenih artefakata, koji su odgovarali tehnologiji pronađenoj u Krapini i Veternici u Hrvatskoj, kao i u Erdu u Mađarskoj [18]. Bez obzira na to što je pronađak veoma bitan, još uvek nedostaju detaljna istraživanja ovog lokaliteta. Otežavajuća okolnost je činjenica da na lokalitetu nema ostataka faune koju su paleolici koristili u ishrani, tako da je teško rekonstruisati njihovu životnu sredinu. Nedavna istraživanja rečnih terasa u Petrovaradinu pokazala su da je terasa na kojoj je pronađen lokalitet nastala između 60 i 65 hiljada godina pre nove ere [13]. Zbog svega navedenog, istraživanju je trebalo da se pristupi sa novim metodama, poput kolorimetrije.

Preklapanjem pomenutih subprofila („PT1” i „PT2”) dobija se jedan sintetički profil. Njihovim spajanjem omogućen je grafički prikaz profila i sveobuhvatnija analiza paleoklimatskih promena. Subprofili su se nalazili na istoj nadmorskoj visini, dok je razdaljina između njih bila 10 m. Zbog njihove neposredne blizine, rezultati su veoma slični, međutim, njihovim poklapanjem dobija se verodostojniji zapis o paleoklimatskim promenama (usled mnogih faktora koji utiču na stopu sedimentacije i očuvanja sedimenata kroz vreme, neki od spomenutih faktora su matična stena, konfiguracija terena, aktivnost neandertalaca, itd.). Nedaleko od Petrovaradina nalazi se lesno-paleozemljišni profil Mišeluk koji je jedan od retkih za koje se pouzdano znaju vrednosti a^* , b^* i L^* po CIE sistemu boja.

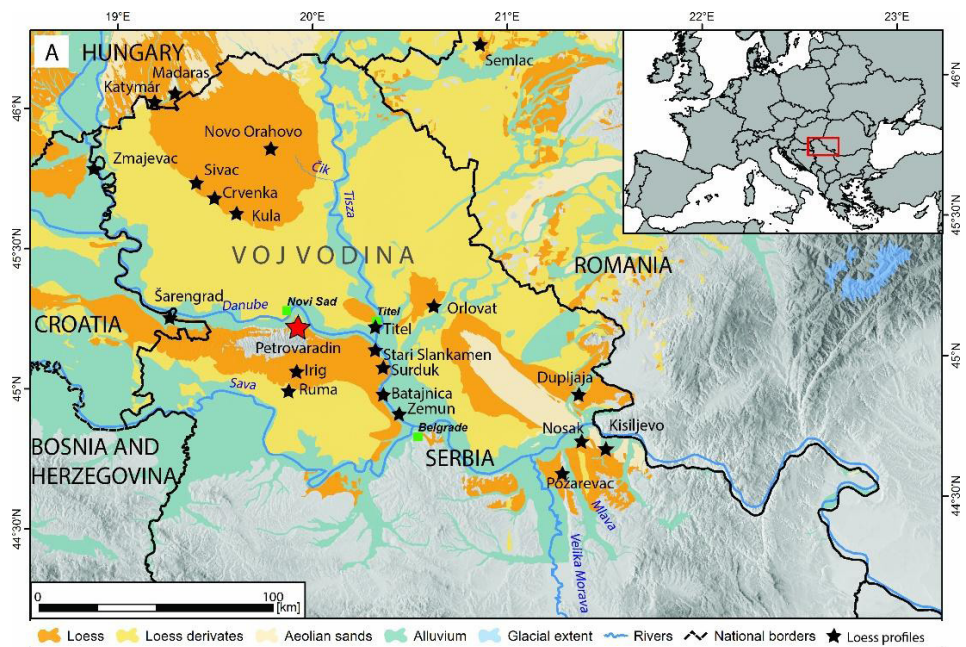
Prilog 4 prikazuje komparaciju normalizovanih vrednosti L^* i izračunat RI za Mišeluk i Petrovaradin. Udaljeni su oko 2,5 km, pretpostavljamo da se klimatski uslovi nisu značajno razlikovali, što znači da klima ne bi trebalo da bude drugačija. Mišeluk se nalazi na severnoj padini Fruške gore i kao takav vrlo verovatno je podložan procesima erozije, a uzevši u obzir činjenicu da je Petrovaradin nedaleko odatle, može se doneti isti zaključak i za ovaj profil. Sličnost između ova dva profila prikazana je isprekidanim sivim strelicama. Obe krive su uzete sa istih dubina na profilu, koje odgovaraju paleolitskoj okupaciji. Svrha boje u ovakvim istraživanjima je da pokaže eventualnu korelaciju između profila, kao i da otkrije razlike u staništu na malim razdaljinama. Iako današnjem profilu u Petrovaradinu nedostaju kosti životinja ili neki drugi pokazatelji uslova životne sredine, boja kao indikator može da otkrije podudarnosti sa drugim lesnim profilima u okolini i pomogne u rekonstrukciji. Starost terase na kojoj se nalazi lokalitet je procenjena apsolutnim datiranjem na period od pre ~60 hiljada godina, ali ukoliko ne bi postojala mogućnost apsolutnog datiranja, krive koje se dobijaju bojom mogu da nam sugerišu na njenu starost. U ovom slučaju vidimo kako se deo L^* i RI krive sa lesnog profila Mišeluk, kojem je već određena starost, poklapa sa krivom iz Petrovaradina. Ako pogledamo šta se dešavalo u tom lesnom horizontu na profilima u okolini, možemo primetiti da je preovladavala stepska vegetacija, kao i da je ustanovljeno prisustvo runastog mamuta (*Mammuthus primigenius*) na ovim prostorima [19].

ZAKLJUČAK

Analiza boje je metoda koja nalazi svoju primenu u brojnim granama nauke, pa tako i u geoarheologiji. U ovom radu, odlučeno je da se ona koristi za paleoklimatsku rekonstrukciju na osnovu boje sedimenta lesno-paleozemljišnog profila Petrovaradin, koji je uzorkovan 2022. godine. Ispitivanje lesno-paleozemljišne sekvence nalaze se na Petrovaradinskoj tvrđavi, 1,3 km istočno od Novog Sada, u blizini desne obale reke Dunav. Da bi se dobili verniji rezultati, preciznije rezolucije, lokacija kopanja se menjala, tako da postoje ukupno dva subprofila na relativno maloj udaljenosti. U ovom radu, koji se tiče aktuelnog interglacijalnog ciklusa, prikazani su rezultati dobijeni sa dva subprofila, čijom integracijom je dobijen sintetički profil Petrovaradin. Korišćen je aparat Conica Minolta CR-400 Chroma Meter pomoću kojeg je uspešno izmerena boja sedimenta. Rezultati su predstavljeni u 3 parametra: a^* , b^* i L^* koji su potom korišćeni da bi se izračunao Redness indeks, koji se do sada pokazao kao dobar indikator klimatskih promena. Veza boje sedimenta i klime ogleđa se u pedogenezi kojom se boja matičnog supstrata, u ovom slučaju lesa, intenzivno menja. Boja sedimenta poslužila je za korelaciju sedimentacionih uslova sa okolnim profilima. Iako je profil Petrovaradin sterilan u pogledu ostataka kostiju koje bi nam ukazale na aktivnosti paleolita, metodom boje se došlo do zaključka da je predstavljeni profil verovatno star približno 60 hiljada godina, kao i da je dominantna vegetacija bila stepa, naseljena runastim mamutima. Hipoteze ovog naučnog rada biće proverene analizom apsolutne starosti sedimenata Petrovaradina, čime će se pokazati valjanost boje kao indikatora paleoklimatskih promena, i pokazatelja stabilnosti životnih uslova sredine u paleolitu.

LITERATURA

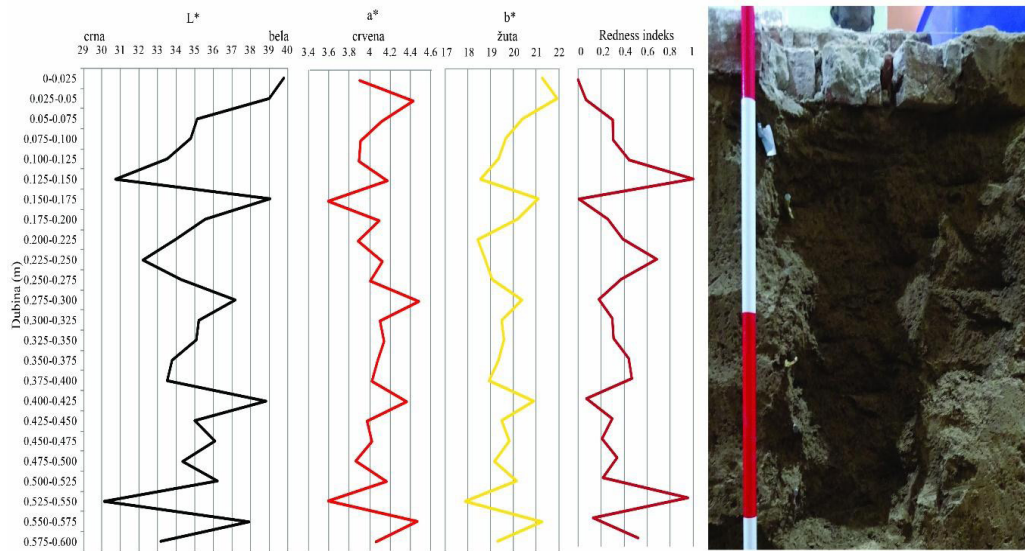
- (1) Hassan FA. Sediments in archaeology: methods and implications for palaeoenvironmental and cultural analysis. *Journal of Field Archaeology*. 1978 Jan 1;5(2):197-213.
- (2) Pécsi M. Loess is not just the accumulation of dust. *Quaternary international*. 1990 Jan 1;7:1-21.
- (3) Smalley IJ, Marković SB. Loessification and hydroconsolidation: There is a connection. *Catena*. 2014 Jun 1;117:94-9.
- (4) Smalley IJ. The properties of glacial loess and the formation of loess deposits. *Journal of Sedimentary Research*. 1966 Sep 1;36(3):669-76.
- (5) Marković SB, Hambach U, Stevens T, Kukla GJ, Heller F, McCoy WD, Oches EA, Buggle B, Zöller L. The last million years recorded at the Stari Slankamen (Northern Serbia) loess-palaeosol sequence: revised chronostratigraphy and long-term environmental trends. *Quaternary Science Reviews*. 2011 May 1;30(9-10):1142-54.
- (6) Lehmkuhl F, Nett JJ, Pötter S, Schulte P, Sprafke T, Jary Z, Antoine P, Wacha L, Wolf D, Zerboni A, Hošek J. Loess landscapes of Europe—Mapping, geomorphology, and zonal differentiation. *Earth-Science Reviews*. 2021 Apr 1;215:103496.
- (7) Liu T.S., et al., (unnamed). *Loess and the Environment*. China Ocean Press, Beijing, 1985.
- (8) Marković SB, Stevens T, Kukla GJ, Hambach U, Fitzsimmons KE, Gibbard P, Buggle B, Zech M, Guo Z, Hao Q, Wu H. Danube loess stratigraphy—Towards a pan-European loess stratigraphic model. *Earth-Science Reviews*. 2015 Sep 1;148:228-58.
- (9) Yang SL, Ding ZL. Color reflectance of Chinese loess and its implications for climate gradient changes during the last two glacial-interglacial cycles. *Geophysical Research Letters*. 2003 Oct;30(20).
- (10) Ji J, Chen J, Balsam W, Lu H, Sun Y, Xu H. High resolution hematite/goethite records from Chinese loess sequences for the last glacial-interglacial cycle: Rapid climatic response of the East Asian Monsoon to the tropical Pacific. *Geophysical Research Letters*. 2004 Feb;31(3).
- (11) Lukić T. Boja lesno-paleozemljišnih sekvenci kao pokazatelj paleoklimatskih i paleoekoloških procesa. Prirodno-matematički fakultet, Departman za geografiju, turizam i hotelijerstvo, Novi Sad. 2015 (in Serbian).
- (12) Nikolić, N., Pilipović, A., Puhar, D.. Boja sedimenta kao pokazatelj klimatskih promena poslednjeg glacijalnog ciklusa lesno-paleozemljišnog profila Mišeluk. 14. Naučno-stručni skup Studenti u susret nauci – StES 2021. Banja Luka. 75-85. 2021 (in Serbian)
- (13) Marković SB, Vandenbergh J, Stevens T, Mihailović D, Gavrilov MB, Radaković MG, Zeeden C, Obrecht I, Perić ZM, Nett JJ, Lehmkuhl F. Geomorphological evolution of the Petrovaradin Fortress Palaeolithic site (Novi Sad, Serbia). *Quaternary Research*. 2021 Sep;103:21-34.
- (14) Markovic SB, Oches EA, Gaudenyi T, Jovanovic M, Hambach U, Zöller L, Sümegi P. Palaeoclimate record in the Late Pleistocene loess-paleosol sequence at Miseluk (Vojvodina, Serbia). *Quaternaire*. 2004;15(4):361-8.
- (15) Slobodan M, Bokhorst M, Vandenbergh J, Zöller L, McCoy WD, Tivadar G, Mladen J, Hambach U. Late Pleistocene loess-paleosol sequences in the Vojvodina region, North Serbia. *Journal of Quaternary Science*. 2008.
- (16) Lukić T, Basarin B, Buggle B, Marković SB, Tomović VM, Raljić JP, Hrnjak I, Timar-Gabor A, Hambach U, Gavrilov MB. A joined rock magnetic and colorimetric perspective on the Late Pleistocene climate of Orlovat loess site (Northern Serbia). *Quaternary International*. 2014 Jun 17;334:179-88.
- (17) Chu W. The Danube corridor hypothesis and the Carpathian Basin: Geological, environmental and archaeological approaches to characterizing Aurignacian dynamics. *Journal of World Prehistory*. 2018 Jun;31(2):117-78.
- (18) Mihailović, D. Middle Palaeolithic Settlement at Petrovaradin Fortress: Chipped Stone Industry from Sectors I and II (Excavations in 2003 and 2004). "The" City Museum of Novi Sad. 2009.
- (19) Marković, S.B. McCoy, W.D., Oches, E.A., Savić, S., Gaudenyi, T., Jovanović, M., Stevens, T., Walther, R., Ivanišević, P., Galić, Z. Paleoclimate record in the Late Pleistocene loess-paleosol sequence at Petrovaradin Brickyard (Vojvodina, Serbia). *Geologica Carpathica*. 2005;56: 483-491.



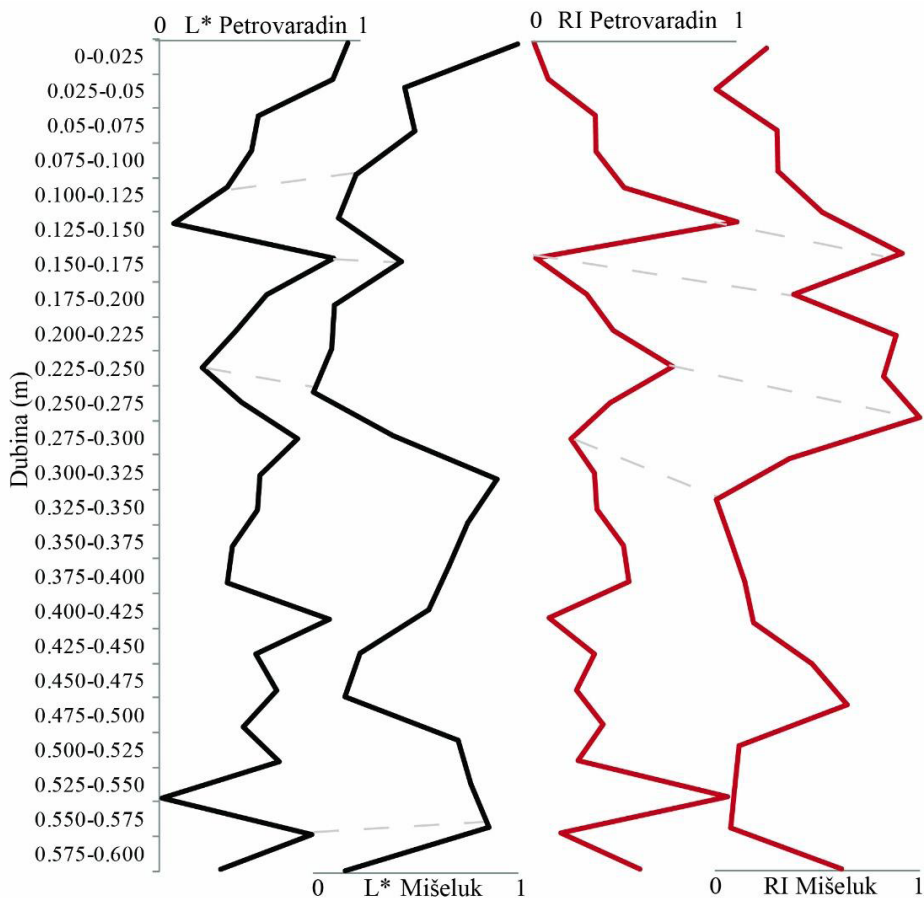
Prilog 1. Rasprostranjenje lesa u Vojvodini sa lokacijom lesno-paleozemljišnog profila Petrovaradin (Lemkul et al 2021)



Prilog 2. Fotografija sa uzorkovanja tokom arheoloških istraživanja



Prilog 3. Sintetički profil Petrovaradin sa vrednostima L* svetlina, a* boja, b* boja i Redness indeksom



Prilog 4. Uporedni prikaz normalizovanih vrednosti L* svetline i Redness indeksa (RI) u sedimentima profila Petrovaradin i Mišeluk (12)

COLORIMETRY OF SEDIMENT AT PETROVARADIN PALAEOLITHIC SITE, SERBIA

Authors: ALEKSANDAR PILIPOVIĆ, Dušan Puhar, Jelena Kolundžija

Email: acopilipovic@gmail.com

Mentor: TA Milica G. Radaković

Chair of Physical Geography, Department of Geography, Tourism and Hotel Management, Faculty of Science, University of Novi Sad

Introduction: Loess is an aeolian sedimentary deposit composed of silt-size grains. Loess deposits were formed during the last ice age. During glacial periods (the colder periods), loess was deposited, and during interglacial periods (the warmer periods), paleosol was formed. The difference in color between loess and paleosol horizons can indicate the differences in the climate of ice ages since loess is yellowish and paleosol brownish or reddish. On the synthetical loess-paleosol profile Petrovaradin, it will be shown how the color of sediment can be used as a palaeoclimatic proxy, specifically in the Paleolithic.

Aim: The aim of this research is to show that the color of sediment is a good palaeoclimatic proxy. Furthermore, it will be shown how the synthetical profile Petrovaradin fits in with international stratigraphies and with other loess-paleosol profiles.

Material and Methods: Field research and sample collection were conducted in March 2022. Instrumental color measurement of loess-paleosol samples was performed with a Konica Minolta CR-400 Chroma Meter. For all 48 samples from the two sub-profiles, the Redness Index was calculated, and then the values were normalized. Microsoft Excel and Adobe Illustrator were used.

Results: The analysis of two separate sub-profiles led to making one synthetical profile. The lighter samples represent loess horizons, which indicate that the climate was colder and more arid in that period. The darker samples represent paleosol horizons, which indicate that the climate was warmer and more humid. The glacial period is divided into two colder periods (stadial periods) and one warmer period (interstadial period).

Conclusions: Sediment color is a good palaeoclimatic proxy. The synthetical loess-paleosol profile Petrovaradin fits in with international stratigraphies and profiles. There is still space for using more precise methods to determine the exact time of the deposition of loess and the formation of paleosol.

Keywords: loess, climatology, palaeoclimatic reconstruction, geoarchaeology, Petrovaradin, color

UPOTREBA GIS ALATA U PROSTORNOM PLANIRANJU I OPTIMIZACIJI ZDRAVSTVENIH USTANOVA U SREMSKOM UPRAVNOM OKRUGU

Autor: ANĐELA MILOŠEVIĆ, Natalija Nikolić

e-mail: mandjela3@gmail.com

Mentor: Asis. dr Dajana Bjelajac

Katedra za regionalnu geografiju, Departman za geografiju, turizam i hotelijerstvo
Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Novom Sadu

Uvod: Zdravstvene ustanove obavljaju zdravstvenu delatnost na primarnom, sekundarnom, tercijarnom i na više nivoa zdravstvene zaštite. One se strateški planiraju i osnivaju u odnosu mnogobrojne faktore. Upotrebom geografskih informacionih sistema (GIS-a) u planiranju lokacija zdravstvenih ustanova može se postići njihova bolja optimizacija. Srem je najmanja od tri regije Vojvodine i nalazi se u njenom jugozapadnom delu. Sremski upravni okrug obuhvata 7 opština sa 109 naselja – Grad Sremska Mitrovica, Inđija, Irig, Pećinci, Ruma, Stara Pazova i Šid. Prema Popisu stanovništva iz 2011. godine, Sremski upravni okrug ima 312.278 stanovnika.

Cilj: Prikaz i evaluacija trenutne prostorne distribucije zdravstvenih ustanova korišćenjem GIS-a, kao i davanje predloga za moguće rešavanje trenutnih nedostataka i problema.

Materijali i metode: Podaci korišćeni za izradu ovog rada preuzeti su sa sajtova Republičkog zavoda za statistiku i Republičkog geodetskog zavoda. Za određivanje sfera uticaja ispitivanih lokacija korišćena je metoda Tisenovih poligona u softveru ArcMAP 10.5.

Rezultati: Od 109 naselja Sremskog upravnog okruga, 15 se nalazi bliže bolnici nepripadajuće opštine. Od ovih 15, pet se nalazi u Gradu Sremska Mitrovica, dva u opštini Inđija, a osam u opštini Ruma. Broj stanovnika u ovim naseljima iznosi ukupno 22.605 stanovnika.

Zaključak: Lokacija i pristupačnost veoma su značajne u planiranju zdravstvenih ustanova. Korišćenje GIS-a doprinelo bi poboljšanju položaja zdravstvenih ustanova. U Sremskom upravnom okrugu preko 22.000 stanovnika ima bližu zdravstvenu ustanovu od one u centru svoje opštine. Najveći problem ima opština Ruma, gde oko 25% stanovnika živi bliže opštini Pećinci. Dalja istraživanja trebalo bi da uključe još različitih faktora, radi poboljšanja položaja zdravstvenih ustanova.

Ključne reči: GIS; Srem; zdravstvene ustanove; prostorno planiranje

UVOD

Zdravstvene ustanove obavljaju zdravstvenu delatnost na primarnom, sekundarnom, tercijarnom i na više nivoa zdravstvene zaštite. One se strateški planiraju i osnivaju u odnosu na niz faktora: broja i starosne strukture stanovnika kojima pružaju zdravstvenu zaštitu, postojećeg broja, kapaciteta i rasporeda zdravstvenih ustanova, stepena urbanizacije, razvijenosti i saobraćajne povezanosti pojedinih područja, dostupnosti zdravstvene zaštite, potrebnog obima određenog nivoa zdravstvene delatnosti, kao i ekonomskih mogućnosti Republike Srbije. Zdravstvenu delatnost na primarnom nivou zdravstvene zaštite obavljaju dom zdravlja, apotekarska ustanova i zavod [1].

Javne službe postavljene na najpovoljnije lokacije dovode do njihove maksimalne iskorišćenosti. U odabiru najoptimalnije lokacije za bilo koji vid javnih službi, pa tako i zdravstvenih ustanova, GIS igra značajnu ulogu [2]. Jedno od glavnih pitanja medicinske geografije i zdravstvene politike jeste procena dostupnosti zdravstvenih ustanova i

usluga [3]. Prilikom planiranja sistema zdravstvene zaštite, najvažniji faktori su lokacija (prostorna distribucija) i dostupnost zdravstvenih ustanova [4]. Poslednjih decenija GIS metode postaju najpopularnije kao instrument u prostornom planiranju u svrhe utvrđivanja distribucije, položaja i dostupnosti, kao i određivanja najoptimalnijeg novog položaja zdravstvenih ustanova [5], ali i relokacije ili zatvaranja postojećih ustanova [6]. Analiziranjem prostorne pristupačnosti, koja može biti određena prostornom udaljenošću ili vremenom putovanja do najbliže ustanove, moguće je odrediti kritična mesta sa lošijom pristupačnošću, što je od velikog značaja za planiranje otvaranja novih zdravstvenih ustanova. Kompleksnost ovog problema zahteva multidisciplinarno rešenje, koje objedinjuje saobraćaj, zdravstvo i geoinformatiku [7].

Zadatak istraživanja jeste da se na osnovu postojećih demografskih i prostornih podataka, koristeći se GIS alatima, ispita efikasnost trenutne prostorne distribucije zdravstvenih ustanova u Sremskom upravnom okrugu.

Cilj rada je prikaz i evaluacija trenutne prostorne distribucije zdravstvenih ustanova, kao i davanje predloga za moguće rešavanje trenutnih nedostataka i problema.

Geografski položaj istraživanog područja

Srem predstavlja najmanju od tri regije Vojvodine. Vojvodina je autonomna pokrajina na severu Srbije, koja obuhvata jugoistočni i najniži deo Panonskog basena. Prirodnim granicama ova oblast podeljena je na tri regije – Banat, Bačku i Srem [8].

Srem zauzima jugozapadni deo Vojvodine. Severna granica predstavljena je tokom Dunava, koji Srem deli od Bačke. Južna granica predstavljena je tokom reke Save, koja odvaja Srem od ostatka Srbije i dela Republike Srpske. Prirodnom istočnom granicom takođe se smatra Dunav (ušće Save i Dunava), međutim, treba izuzeti opštine Novi Beograd i Zemun, koje fizički pripadaju Sremu, dok administrativno ulaze u sastav Beograda. Zapadna granica jedina nije određena prirodnim faktorima, već predstavlja administrativnu državnu granicu prema Republici Hrvatskoj. Prostire se od Dunava (između Neština i Iloka) do Save (kod Jamene) [9].

Površina Srema, između Dunava, Save i hrvatske državne granice iznosi 4.302 km². Administrativna površina prikazana je na karti br. 1. Manja je od fizičkogeografske površine i iznosi 3.671 km², jer isključuje površinu beogradskih opština. Međutim, istovremeno su mu priključena naselja jednog dela Mačve (Zasavica I, Zasavica II, Noćaj, Salaš Noćajski, Radenković i Mačvanska Mitrovica) [10].

U Sremskom upravnom okrugu nalazi se 7 opština sa 109 naselja: Sremska Mitrovica (26), Indija (11), Irig (12), Pećinci (15), Ruma (17), Stara Pazova (9) i Šid (19) [11]. Sremska Mitrovica je jedino naselje koje ima status grada.

Prema poslednjem Popisu stanovništva iz 2011. godine, Sremski okrug naseljava 312.278 stanovnika. Najveći broj stanovnika živi u najvećoj opštini Sremska Mitrovica (79.940). Na karti br. 2 prikazan je broj stanovnika svih opština Sremskog upravnog okruga [12].

Gustina naseljenosti svake od opština prikazana je na karti br. 3. Prosečna gustina naseljenosti Sremskog okruga iznosi 92 st/km². Najveću gustinu naseljenosti ima Stara Pazova (188 st/km²), dok najmanju ima opština Pećinci (40 st/km²) [12, 13].

Predmet istraživanja su zdravstvene ustanove primarne zdravstvene zaštite – domovi zdravlja, koji se nalaze u centrima svih 7 opština Sremskog upravnog okruga. Iz analize su izuzete apotekarske ustanove, kao i sve privatne zdravstvene ustanove.

MATERIJAL I METODE

Podaci koji su se koristili u izradi ovog rada jesu pre svega poligoni naselja i opština u Sremskom upravnom okrugu, preuzeti sa sajta Republičkog geodetskog zavoda [13], sa atributima naziva i površine, a zatim je dodat i broj stanovnika svakog naselja. Podaci o broju stanovnika preuzeti su iz Popisa stanovništva 2011. godine, iz Knjige 2 – Stanovništvo Republike Srbije prema polu i starosti [12]. Podaci o bolnicama preuzeti su iz Uredbe o planu mreže zdravstvenih ustanova, a od njih je napravljena klasa tačaka („Feature Class” – „Point”). Unutar jedne klase podataka nalaze se podaci koji se u prostoru pojavljuju na isti način i imaju bar jedan zajednički atribut. U ovom radu svaka tačka predstavlja lokaciju bolnice, što je ujedno i centar svake od opština.

Metoda korišćena u ovom istraživanju naziva se metoda Tisenovih poligona, a softver u kom je ono sprovedeno je ArcMap 10.5. Navedenu metodu razvio je meteorolog A. H. Tisen u svom radu iz 1911. godine [14]. Koristi se radi izdvajanja „sfera uticaja” svake od ispitivanih lokacija u određenom prostoru. Ovom metodom dobijaju se poligoni u kojima je svaka tačka unutar jednog poligona bliža njegovom centru, nego centru bilo kog drugog poligona. Tačke koje su jednako udaljene od dva ili više centara poligona predstavljaju granice između njih (Slika br. 1) [16].

Alatka „Create Thiessen polygons” nalazi se u grupi alatki „Analysis”, podgrupa „Proximity”. Kao ulazni sloj unesen je sloj tačaka na kom su koordinate bolnica u Sremskom upravnom okrugu, a kao izlazni sloj dobijen je sloj sa Tisenovim poligonima, isečen po granicama Sremskog upravnog okruga. Nakon toga obeležena su naselja, kojima je bliža bolnica susedne opštine nego ona u matičnoj opštini. Izdvojena naselja su prikazana različitom veličinom simbola, koji odgovaraju njihovom broju stanovnika.

REZULTATI

Rezultati rada predstavljeni su na karti br. 4. Prostiranje Tisenovih poligona u odnosu na površine opština i raspored naselja značajno je za dalju analizu, kako bi se utvrdilo u kolikoj meri je prostorni razmeštaj bolnica optimalan za stanovništvo pojedinih opština.

Od 109 naselja u Sremskom upravnom okrugu, u sedam se nalaze bolnice primarne zdravstvene zaštite (domovi zdravlja). Ukupno 15 naselja u tri opštine (Sremska Mitrovica, Ruma, Indija) nalazi se bliže bolnici susedne opštine. Od ovih naselja, površini Grada Sremske Mitrovice pripadaju naselja Sremska Rača, Bešenovo, Bešenovački Prnjavor, Šašinci i Jarak. Sremska Rača bliža je bolnici u Šidu nego u Sremskoj Mitrovici, Bešenovački Prnjavor bliži je bolnici u Irigu, a Bešenovo, Šašinci i Jarak bolnici u Rumi. Opštini Indija pripadaju naselja Čortanovci i Maradik, kojima je bolnica u Irigu bliža od bolnice u Indiji. Opštini Ruma pripadaju naselja Putinci, Donji Petrovci, Dobrinci, Budanovci, Nikinci, Platičevo, Vitojevci i Grabovci. Svako od ovih sela bliže je bolnici u Pećincima nego u Rumi.

Broj stanovnika svakog naselja predstavljen je u Tabeli br. 1. Najveće od ovih naselja je Platičevo, sa 2.745 stanovnika, a najmanje je Bešenovački Prnjavor sa 85 stanovnika. Broj stanovnika u ovim naseljima iznosi 22.605 [12].

U Tabeli br. 2 predstavljene su površine opština i njima odgovarajućih Tisenovih poligona, sa centrima u centrima opština. Najveću teritoriju obuhvata Grad Sremska Mitrovica, dok je najmanja opština Irig. Najveći Tisenov poligon je poligon sa centrom u Pećincima, koji je skoro duplo veći od njemu odgovarajuće opštine. Najmanji Tisenov poligon poklapa se sa najmanjom opštinom – Irigom. Najmanja poklapanja površine opštine i poligona imaju opštine Pećinci i Ruma.

DISKUSIJA

U 15 naselja iz 3 opštine živi 22.605 stanovnika koji, iako žive bliže bolnicama nepripadajućih opština, moraju da posećuju udaljenije ustanove u svojoj opštini radi dobijanja zdravstvenih usluga. Ovo stanovništvo čini nešto više od 7% ukupnog stanovništva Sremskog okruga koji žive u neodgovarajućoj blizini bolnica. U ovaj udeo nije uključeno ono stanovništvo koje živi u graničnim delovima Sremskog okruga i gravitira prema drugim naseljima, kao što su Beograd, Novi Sad ili Šabac. Oko 9% stanovništva naselja opštine Indije živi bliže bolnicama drugih opština. Ista situacija je sa 6,5% stanovništva iz Sremske Mitrovice i čak 24% stanovništva Rume.

Velika razlika u broju stanovnika koji žive na površini opštine i površini Tisenovog poligona uočava se kod opštine Pećinci. U ovoj opštini živi 19.720 stanovnika, dok ukupno 32.683 stanovnika (Pećinaca i Rume) živi najbliže bolnici u opštini Pećinci. Suprotna situacija se uočava kod opštine Ruma, u kojoj živi 54.339 stanovnika, dok prema Tisenovim poligonima, ka bolnici ove opštine gravitira 45.879 stanovnika. Za ovakav razmeštaj stanovništva i Tisenovih poligona zaslužno je izduženje po vertikalnoj osi teritorija opština Ruma i Pećinci, kao i bolnice pozicionirane u perifernim delovima opština. Ovo predstavlja određeni nedostatak u prostornoj organizaciji, kako stanovništvo opštine Ruma mora da odlazi u dom zdravlja svoje opštine, umesto u bližu ustanovu u susednoj opštini Pećinci.

Takođe, pet naselja nalazi se van sfere uticaja bolnice u Sremskoj Mitrovici, upravo zbog njenog oblika nalik trapezu. Važno je napomenuti da u Sremskoj Mitrovici, pored bolnice primarne, postoji i bolnica sekundarne zdravstvene zaštite (Opšta bolnica Sremska Mitrovica), kao i zavod za javno zdravstvo (Institut za javno zdravlje Sremska Mitrovica) [1], što obezbeđuje dovoljan kapacitet zdravstvenih službi u Gradu u odnosu na broj stanovnika.

Pored oblika opštine, pristupačnost zdravstvenih ustanova stanovništvu jedne opštine može biti determinisana i gustinom naseljenosti te opštine. Na primeru opštine Stara Pazova može se uočiti gotovo preklapanje površine opštine i Tisenovog poligona koji joj odgovara. Ova opština, u odnosu na ostale, ima malu površinu, a veći broj stanovnika koji su gušće skoncentrisani i kojima se bolnica nalazi na manjoj udaljenosti. Tome doprinosi i relativno povoljan položaj bolnice u središtu opštine.

U fokusu istraživanja nalazi se samo prostorna distribucija zdravstvenih ustanova primarnog nivoa zdravstvene zaštite i naselja prema njihovoj prostornoj udaljenosti od pomenutih ustanova, na području Sremskog okruga. Prostorna distribucija zdravstvenih ustanova odnosi se na lokaciju i raspored zdravstvenih ustanova na jednom prostoru, naročito u odnosu na broj i gustinu stanovništva, kako bi dostupnost i funkcionalnost bili na optimalnom nivou [6]. Analizirajući radove sa sličnom tematikom [4, 5, 6, 7], uočeni su brojni parametri na osnovu kojih je moguće izvršiti dodatnu i detaljniju analizu prostornog razmeštaja bolnica. U dalja istraživanja treba uključiti, pored prostorne, i vremensku distribuciju zdravstvenih ustanova, čime će biti objedinjeni podaci o saobraćaju (kategorija puteva, gustina saobraćaja, povezanost infrastrukture, maksimalna dozvoljena brzina i ostala saobraćajna pravila), veličini teritorije, vrstama i broju zdravstvenih ustanova, nivou zdravstvene zaštite, ali i demografski podaci (broj stanovnika, starosna struktura, gustina naseljenosti). Rezultati takve analize mogu biti predstavljeni izohronama, linijama koje na karti povezuju tačke do kojih se stiže za jednak vremenski period, uzimajući u obzir preporuke Svetske zdravstvene organizacije po kojima standard dostupnosti zdravstvenih ustanova treba da iznosi do 15 minuta hoda [6, 7].

ZAKLJUČCI

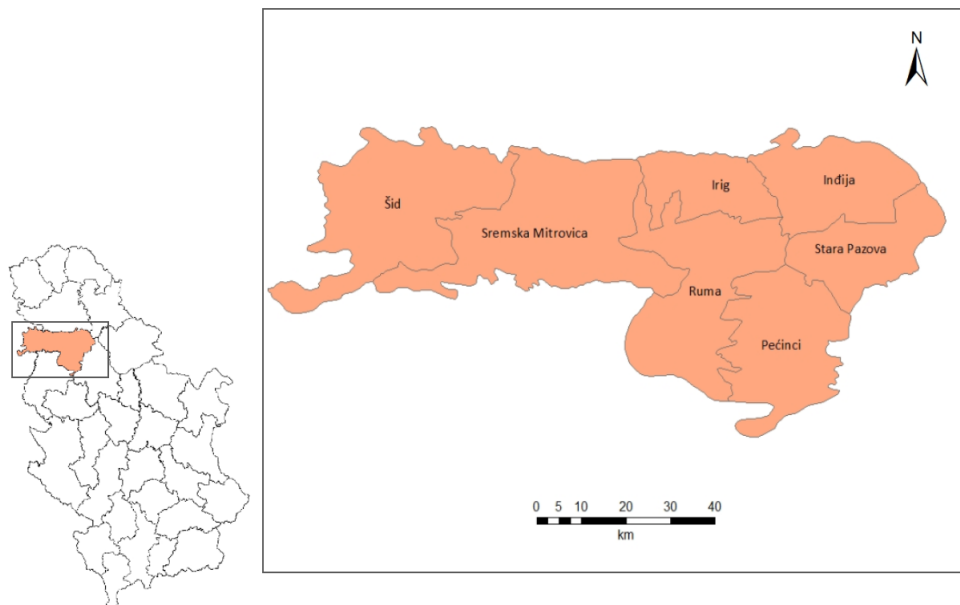
Lokacija i pristupačnost zdravstvenih ustanova predstavlja jednu od njihovih najbitnijih karakteristika. Prilikom planiranja novih i optimizacije postojećih zdravstvenih službi, a u svrhu njihove veće efikasnosti i poboljšanja kvaliteta, upotreba GIS alata ima široku primenu.

U radu je prikazana primena GIS alata u analizi prostorne distribucije zdravstvenih ustanova na području Sremskog upravnog okruga. Metodom Tisenovih poligona izvedeno je da preko 22.000 ljudi živi bliže zdravstvenoj ustanovi susedne opštine, što može predstavljati problem pri ostvarivanju zdravstvenih usluga za stanovništvo 15 naselja ovog okruga. U najlošijem položaju nalazi se gotovo $\frac{1}{4}$ stanovništva opštine Ruma, kojima je zdravstvena ustanova opštine Pećinci bliža od ustanove njihove opštine. Ovo može veoma negativno uticati na brzinu pružanja hitne zdravstvene usluge. Kako bi se doneli precizniji zaključci, neophodna su dalja istraživanja koja bi u obzir uzela i druge faktore (stanje infrastrukture, opremljenost bolnica, ostale vrste zdravstvenih ustanova, prostorni razmeštaj stanovništva, podatke o saobraćaju, demografske podatke itd.), ali i obuhvatila šire područje Republike Srbije. Podaci iz ove inicijalne i budućih detaljnih analiza pružaju niz praktičnih informacija o nedostacima zdravstvenih ustanova i usluga (njihov deficit u brojnosti, pritisak velikog broja stanovnika, kritična mesta sa lošom pristupačnošću i dostupnošću...), koje mogu biti korisne donosiocima odluka prilikom planiranja prostora, ali i širim javnim masama. Skretanje pažnje na važnost ovog pitanja može dovesti do povećanja kvaliteta i efikasnosti zdravstvenih usluga.

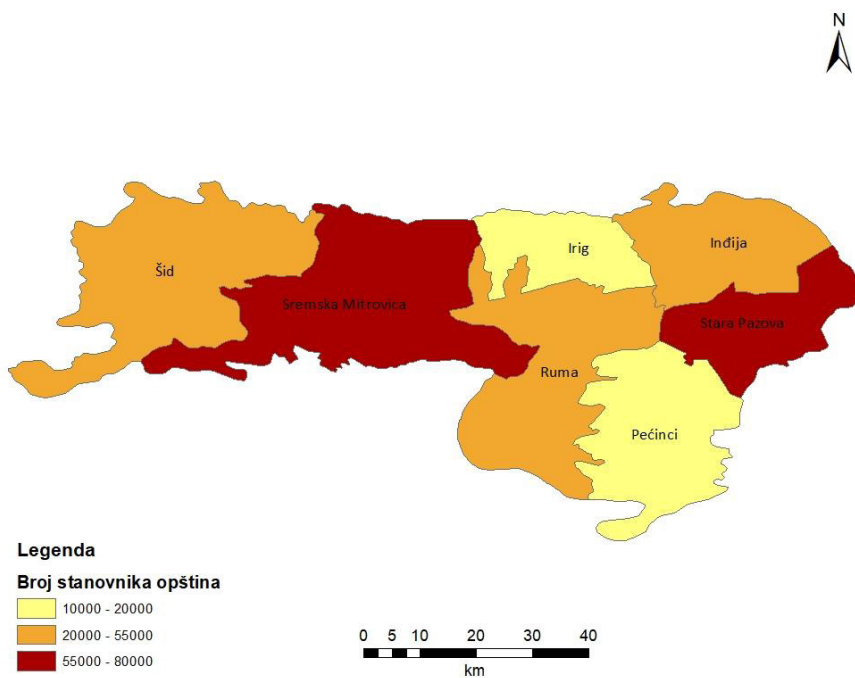
LITERATURA

- [1] Uredba o planu mreže zdravstvenih ustanova. Službeni glasnik Republike Srbije, br. 5/2020, 11/2020, 52/2020, 88/2020, 62/2021, 69/2021, 74/2021 i 95/2021.
- [2] Fredriksson, A. (2017): Location-allocation of public services–Citizen access, transparency and measurement. A method and evidence from Brazil and Sweden. *Socio-Economic Planning Sciences*, 59, 1-12.
- [3] Paez, A., Higgins, C. D., Vivona, S. F. (2019): Demand and level of service inflation in Floating Catchment Area (FCA) methods. *PloS one*, 14(6), e0218773.
- [4] Yang, D. H., Goerge, R., Mullner, R. (2006): Comparing GIS-based methods of measuring spatial accessibility to health services. *Journal of medical systems*, 30(1), 23-32.
- [5] Mansour, S. (2016): Spatial analysis of public health facilities in Riyadh Governorate, Saudi Arabia: a GIS-based study to assess geographic variations of service provision and accessibility. *Geo-spatial Information Science*, 19(1), 26-38.
- [6] Šiljeg, S., Marić, I., Živko, M. (2020): GIS analiza dostupnosti i prostorne distribucije zdravstvenih ustanova na primeru naselja Zadar, Hrvatska. *Geodetski glasnik*, 51, 105–126.
- [7] Kovačević, J., Stančić, N., Cvijetinović, Ž., Mihajlović, D., Brodić, N. (2019). Analiza prostorne pristupačnosti zdravstvenim ustanovama u Srbiji. *Doboj. Zbornik radova*, NH 2019, 527–534.
- [8] Bukurov, B. (1978): Bačka, Banat i Srem. Matica srpska. Novi Sad.
- [9] Grupa autora (1998/B): Reljef Srema. Prirodno-matematički fakultet. Institut za geografiju. Novi Sad.
- [10] Jovković, B. (2010): Geografske karakteristike naselja Zasavica I. Prirodno-matematički fakultet. Departman za geografiju, turizam i hotelijerstvo. Novi Sad.
- [11] Republički zavod za statistiku (2016): Opštine i regioni u Republici Srbiji. Republički zavod za statistiku. Beograd.
- [12] Republički zavod za statistiku (2012): Knjiga 2 – Stanovništvo Republike Srbije prema polu i starosti. Republički zavod za statistiku. Beograd.
- [13] <https://opendata.geosrbija.rs/> - pristupljeno avgusta 2022. godine.
- [14] Thiessen A. H. Precipitation averages for large areas, 1911, *Monthly weather review*, 39(7), 1082-1089.
- [15] <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/2.8/tool-reference/analysis/create-thiessen-polygons.htm> - pristupljeno avgusta 2022. godine

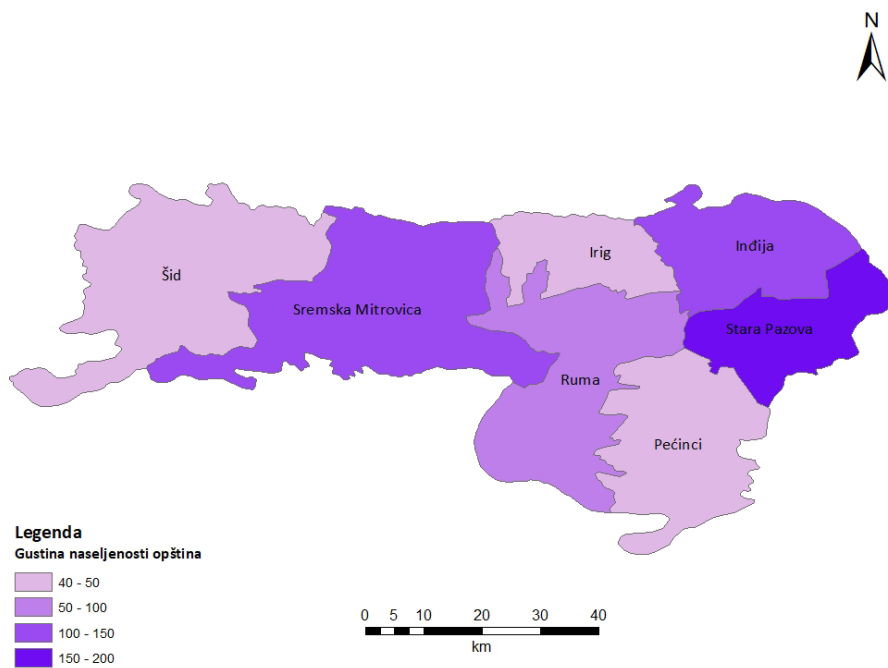
- [16] Heywood, I., Cornelius, S., Carver, S. (1998): An Introduction to Geographical Information Systems. Prentice Hall. Upper Saddle Creek, New Jersey.



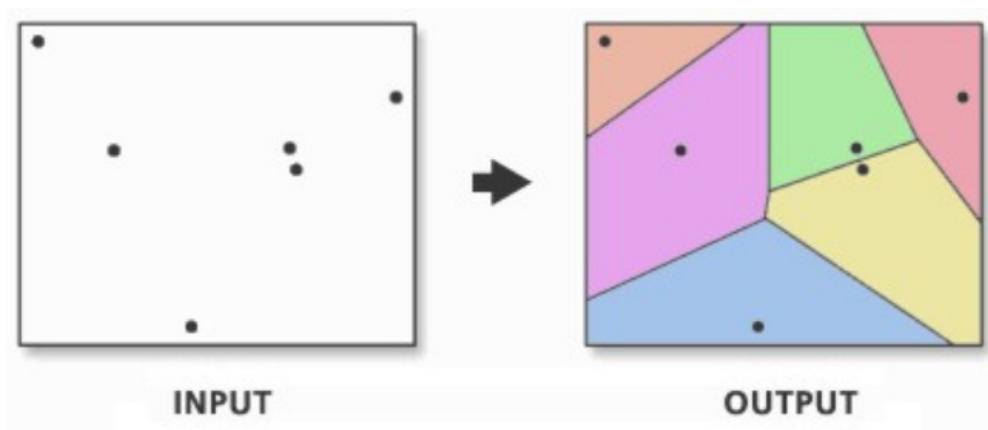
Karta br. 1 Geografski položaj Sremskog upravnog okruga i njegovih opština



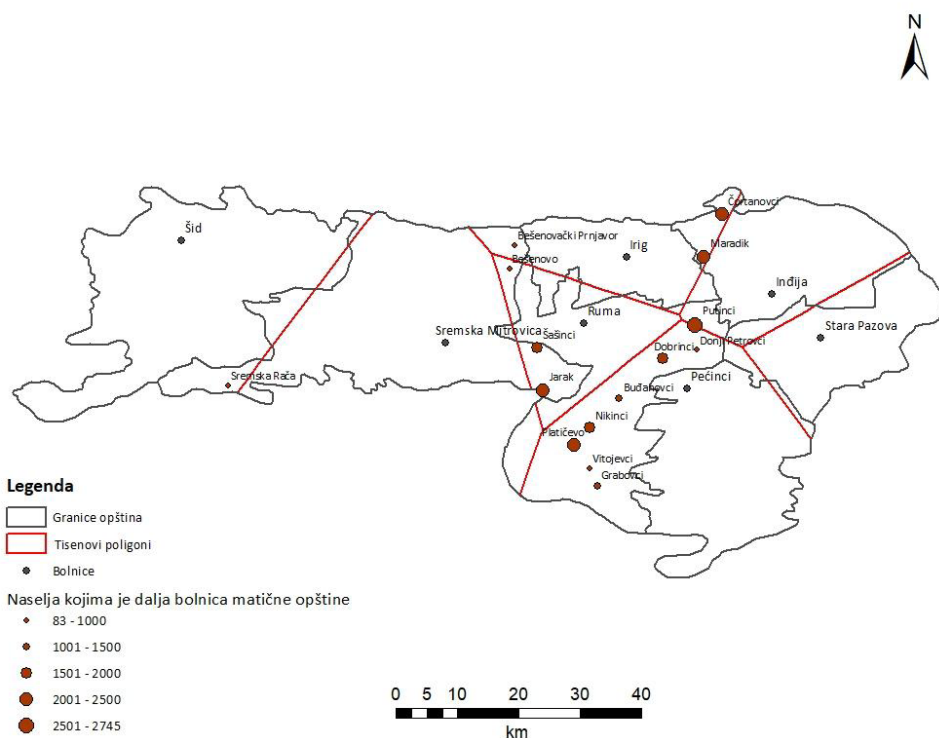
Karta br. 2 Opštine Sremskog upravnog okruga po broju stanovnika



Karta br. 3 Gustina naseljenosti Sremskog upravnog okruga



Slika br. 1 Ilustracija metode Tisenovih poligona
Izvor: 15



Karta br. 4 Položaj bolnica u Sremskom okrugu

Naziv naselja	Broj stanovnika
Bešenovački Prnjavor	83
Sremska Rača	624
Vitojevci	808
Bešenovo	841
Donji Petrovci	924
Grabovci	1189
Budanovci	1496
Dobrinčani	1549
Šašinci	1623
Nikinci	1808
Jarak	2039
Maradik	2095
Čortanovci	2337
Platičevo	2444
Putinci	2745

Tabela br. 1. Broj stanovnika u naseljima koja se nalaze bliže bolnici susednog grada/opštine
Izvor: 12

Grad/Opština	Površina grada/opštine	Površina odgovarajućeg Tisenovog poligona
Sremska Mitrovica	762	647
Indija	385	369
Irig	230	282
Pećinci	489	816
Ruma	582	291
Stara Pazova	350	310
Šid	687	770

Tabela br 2. Poređenje površine grada/opštine i njima odgovarajućeg Tisenovog poligona (u km²)
Izvor: 13

USE OF GIS TOOLS IN SPATIAL PLANNING AND OPTIMIZATION OF HEALTHCARE INSTITUTIONS IN SREM DISTRICT

Authors: ANĐELA MILOŠEVIC, Natalija Nikolić

Email: mandjela3@gmail.com

Mentor: TA Dajana Bjelajac

Chair of Regional Geography, Department of Geography, Tourism and Hotel Management, Faculty of Science and Mathematics, University of Novi Sad

Introduction: Healthcare institutions perform healthcare activities at primary, secondary, tertiary, and multiple levels of healthcare. They are strategically planned and established based on numerous factors. Using geographic information systems (GIS) in planning healthcare institutions' locations can increase their locations' optimization. Srem is the smallest region of Vojvodina and is situated in its southwest. The Srem District includes seven municipalities and 109 settlements—Sremska Mitrovica, Indija, Irig, Pećinci, Ruma, Stara Pazova, and Šid. According to the census conducted in 2011, the Srem District has 312,278 inhabitants.

Aim: The review and evaluation of the current spatial distribution of the healthcare institutions by using GIS, as well as giving suggestions for solving current shortcomings and problems.

Material and Methods: The data used in this paper were taken from the sites of the Statistical Office of the Republic of Serbia and the Republic Geodetic Authority of the Republic of Serbia. The method of Thiessen's polygons was used in the ArcMAP 10.5 software to determine the spheres of influence of the locations.

Results: Out of 109 settlements of the Srem administrative district, 15 are located closer to the hospital of a non-belonging municipality. Of these 15, five are located in the City of Sremska Mitrovica, two in the municipality of Indija, and eight in the municipality of Ruma. The number of inhabitants in these settlements is a total of 22,605 inhabitants.

Conclusion: Location and accessibility are very important in planning health facilities. The use of GIS would contribute to improving the position of health institutions. In the Srem Administrative District, over 22,000 residents live closer to the health facility outside of their municipality. The biggest problem is the municipality of Ruma, where about 25% of the population lives closer to the municipality of Pećinci. Further research should include more different factors in order to improve the location of healthcare institutions.

Keywords: GIS, Srem, healthcare institutions, spatial planning

UREĐENJE I ORGANIZACIJA PROSTORA „CRVENE STIJENE” NA TERITORIJI OPŠTINA PALE I SOKOLAC, REPUBLIKA SRPSKA

Autor: DIJANA GVOZDEN SLIŠKO

e-mail: d.gvozd-slisko@kipn.vladars.net

Republički zavod za zaštitu kulturno-istorijskog i prirodnog nasljeđa

Uvod: Područje Crvene stijene nalazi se u istočnom dijelu Republike Srpske, na teritoriji opština Pale i Sokolac, koje administrativno i teritorijalno pripadaju Gradu Istočno Sarajevo. Osnovnu vrijednost Crvenih stijena čine specifičan geomorfološki sastav stijena, kao i pejzažne vrijednosti, što ujedno predstavlja i osnovnu vrijednost prirodnog dobra.

Cilj: U radu će biti predstavljen prijedlog uređenja i organizacije prostora sa aspekta zaštite prirode i prostornog planiranja. Materijal i metode: Prilikom pisanja ovog naučno-istraživačkog rada korištene su analize u GIS-u (geografsko-informacioni sistem), uz korištenje ortofoto snimaka, topografske karte i katastarskih podloga. Postojeći način korištenja zemljišta je utvrđen prema CORINE klasifikaciji. Dok su ostala zapažanja i analize prostora urađene prilikom terenskog obilaska područja Crvene stijene.

Rezultati: Rezultati ovog naučno-istraživačkog rada proistekli su iz Studije za zaštitu „Spomenik prirode Crvene stijene”, koju je izradio Republički zavod za zaštitu kulturno-istorijskog i prirodnog nasljeđa. Analizom postojećeg načina korišćenja zemljišta Crvene stijene vidljivo je da dominiraju šume i šumsko zemljište. Riječ je uglavnom o neproizvodnim četinarskim šumama, izdanačkog porijekla, sa izrazitom zaštitnom funkcijom. Ostale površine pripadaju poljoprivrednom zemljištu, koje je uglavnom predstavljeno livadama. Izgrađeni prostori, odnosno naselja, nisu u predmetnom obuhvatu. Za potrebe uređenja i organizacije predmetnog područja predstavljen je određeni koncept uređenja i organizacije prostora. U skladu sa postojećim prirodnim vrijednostima, kao i utvrđenim potencijalima ovog područja, definisane su osnovne funkcije Crvene stijene: zaštitna, naučno-istraživačka, turističko-rekreativna i edukativna.

Zaključak: Područje Crvene stijene je područje koje ima veliki potencijal za razvoj kada je u pitanju turizam. Trenutno na području Crvenih stijena postoji izgrađena Via ferrata staza. Ovaj vid turizma je idealan za turiste i ljubitelje adrenalina i adrenalinskog sporta. U blizini Crvenih stijena nalaze se i druga prirodna dobra, od kojih su neka i zvanično zaštićena. Uz dobro prostorno planiranje, koje bi išlo u smjeru održivog razvoja, ovo područje moglo bi biti jedno od vodećih turističkih destinacija u istočnom dijelu Republike Srpske.

Ključne riječi: Crvene stijene; uređenje prostora; organizacija prostora; GIS; CORINE; turizam; održivi razvoj; prostorno planiranje

UVOD

Područje Crvene stijene nalazi se u Sarajevsko-romanijskoj regiji i pripada unutrašnjim Dinaridima. Prirodno dobro se nalazi na istočnom dijelu Republike Srpske, na teritoriji opština Pale i Sokolac, koje administrativno i teritorijalno pripadaju Gradu Istočno Sarajevo. Najbliža naseljena mjesta su Mokro na teritoriji opštine Pale i Ravna Romanija na teritoriji opštine Sokolac [1, 2].

Područje ima povoljan geografski položaj, nalazi se na raskrsnici magistralnih puteva iz Sarajeva prema Srbiji i Crnoj Gori, a iz Srbije i Crne Gore prema Jadranskom moru.

Saobraćajni pristupni put do Crvene stijene vrši se preko magistralnog puta M5 Sarajevo – Prača – Renovica, pravac Sarajevo – Pale, te se nastavlja na magistralni put E761 Sarajevo – Sokolac – Zvornik, sa kojeg se nakon 18 km odvaja na lokalni put koji vodi do planinarskog doma kojim upravlja planinarsko društvo „Glasinac“ iz Sokoca [9].

Osnovna vrijednost Crvenih stijena čini specifičan geomorfološki sastav stijena, kao i pejzažne vrijednosti (Slika 1). Iako su Crvene stijene, kao lako pristupačan geomorfološki fenomen, bile i ranije poznate kao izletišta na Sokocu, Palama i Sarajevu, nakon izgradnje adrenalinske staze *Via Ferrata* „Sokolov put“ kroz najstrmiji i najviši dio litice, ovaj lokalitet postao je vrlo posjećen i danas predstavlja pravu turističku atrakciju ovog kraja [3]. Generalno, geomorfološke i pejzažne vrijednosti su osnovno obilježje „Crvene stijene“ [8].

MATERIJAL I METODE

Prilikom pisanja ovog naučno-istraživačkog rada korištene su analize u GIS-u (geografsko informacijski sistem) uz primjenu ortofoto snimka, topografske karte i katastarskih podloga. Primjenom GIS-a, a uz korištenje navedenih podloga, opisana je granica područja. Postojeći način korištenja zemljišta je utvrđen prema CORINE klasifikaciji [4], dok su sva ostala zapažanja i analize prostora urađene nakon terenskog obilaska područja Crvene stijene. Terenski obilazak lokaliteta bio je 16. 05. 2022. godine. Prilikom terenskog obilaska korišten je GPS (Garmin Oregon 700), fotoaparat (Canon EOS 90D DSLR Camera) i dron (DJI Air 2s Air Fly more combo). Pomoću GPS-a uzete su tačne koordinate koje su potrebne za samoanalizu, uređenje i organizaciju ovog područja. Pomoću drona i fotoaparata su napravljene fotografije kako bi se zabilježile osnovne vrijednosti ovog područja. Prilikom pisanja ovog naučno-istraživačkog rada korištena je Studija zaštite „Spomenika prirode Crvene stijene“ koju je izradio Republički Zavod za zaštitu kulturno-istorijskog i prirodnog naslijeđa [9].

REZULTATI

Rezultati ovog naučno-istraživačkog rada proistekli su iz Studije zaštite „Spomenik prirode Crvene stijene“ koju je izradio Republički zavod za zaštitu kulturno-istorijskog i prirodnog naslijeđa [9].

Predložena granica obuhvata je iscrtana prema katastarskoj podlozi i prema ortofoto snimku (Slika 2). Ukupna površina predloženog područja iznosi 75,10 ha, od čega su 71,24 ha četinarske šume (Tabela 1).

Analizom postojećeg načina korišćenja zemljišta Crvene stijene, vidljivo je da dominiraju šume i šumsko zemljište (Slika 3). Riječ je uglavnom o neproizvodnim četinarskim šumama, izdanačkog porijekla, sa izrazitom zaštitnom funkcijom [7]. Ostale površine pripadaju poljoprivrednom zemljištu, koje je uglavnom predstavljeno livadama (Slika 3). Izgrađeni prostori, odnosno naselja nisu u predmetnom obuhvatu. Jedina izgrađena cjelina je planinarski dom (Slika 4).

Za potrebe uređenja i organizacije predmetnog područja predstavljen je određen koncept uređenja i organizacije prostora. U skladu sa postojećim prirodnim vrijednostima, kao i utvrđenim potencijalima ovog područja, definisane su osnovne funkcije Crvene stijene [9]:

1. zaštitna,
2. naučno-istraživačka,

3. turističko-rekreativna i
4. edukativna.

Definisane funkcije „Crvene stijene“ odvijaju se u sljedećim prostornim cjelinama:

1. zona šumarstva,
2. zona poljoprivrednih djelatnosti,
3. zone stanovanja – građevinske zone,
4. zona intenzivnog posjećivanja:
 - pojedinačni prirodni lokaliteti u funkciji turizma
5. površine infrastrukturnih objekata:
 - površine predviđene za infrastrukturne koridore,
 - površine predviđene za komunalne i turističke infrastrukturne objekte i
 - sportsko-rekreacione staze.

DISKUSIJA

Zona šumarstva – U ovoj zoni se odvijaju aktivnosti na uzgoju, zaštiti i korišćenju šuma i šumskog zemljišta propisanih šumskoprivrednom osnovom koja treba da bude usaglašena sa mjerama propisanim za ovo područje. Šume i šumsko zemljište tretiraju se kao privredne šume sa izraženom rekreativnom funkcijom [5]. Osnovna planska postavka uređenja i korištenja šuma u ovoj zoni treba da se zasniva na privrednom korištenju uz unapređenja stanja cjelokupnog šumskog fonda u ovoj zoni, a naročito izdanačkih šuma, a sve u cilju postizanja optimalne strukture koja će imati trajnost prinosa i prihoda [9]. Ovako formirane šume su privlačne za posjetioce, čime se otvaraju mogućnosti za povećanje rekreativnog korištenja istih. U ovim šumama posebnu pažnju potrebno je posvetiti formiranju pješačkih i biciklističkih staza, uređenju vidikovaca kao i izgradnji drvenih klupa za odmor i drugog mobilijara komplementarnog za ove namjene (Slika 4).

Zona poljoprivredne djelatnosti – Ova zona obuhvata postojeće poljoprivredne površine (livade, pašnjaci) (Slika 3, 4). U cilju očuvanja biodiverziteta, potrebno je spriječiti zakorovljavanje livada i pašnjaka, odnosno potrebno je stimulirati razvoj ekstenzivnog stočarstva, zaobilazeći intenzivno stočarstvo i poljoprivredu te upotrebu hemijskih zaštitnih sredstava.

Zona stanovanja, odnosno građevinska zona, obuhvata postojeće izgrađene cjeline. U okviru ovih površina dozvoljava se izgradnja objekata u funkciji stanovanja i drugih privrednih djelatnosti komplementarnih za ovo područje (ugostiteljski, turistički, smještajni objekti i slično), a u skladu sa dokumentima prostornog uređenja. Gradnja ovih objekata je moguća i u zonama poljoprivredne djelatnosti, ako je to u skladu sa dokumentima prostornog uređenja (Slika 3).

Zona intenzivnog posjećivanja – Ova zona obuhvata pojedinačne prirodne lokalitete, a koji će biti funkciji turizma u koje se ubrajaju staza *Via ferrata* na Crvenim stijenama „Sokolov put“, planinarske staze, odnosno penjačke staze, biciklističke staze, „zip line“, vožnja kvadovima po predviđenim putevima i slično. Izgradnja adrenalinskog parka prilagođenog ambijentu bi bila prava atrakcija za posjetioce ovog područja. Potrebno je da se urede vidikovci postavljanjem određenih informativnih i edukativnih tabli, drvenih klupa, odgovarajućeg sadržaja po kojem će ostati u posebnom sjećanju posjetiocima (Slika 4). Osim navedenog, potrebno je da se urede i površine infrastrukturnih objekata, kako bi sam pristup ali i boravak unutar zona intenzivnog posjećivanja bio lakši i ugodniji za turiste.

Površine infrastrukturnih objekata – Unutar navedenih zona potrebno je da se urede površine za infrastrukturne koridore, parking mjesta i da se izvrši asfaltiranje pristupnih

ulica. Takođe je potrebno obezbijediti rasvjetu po pravilima zaštite od svjetlosnog onečišćenja, tamo gdje je to potrebno (put koji vodi prema vidikovcima, pješačke i biciklističke staze i slično). Trebalo bi osigurati pitku vodu, odnosno uspostavljanje vodovodne mreže. Kao i sve objekte koji su prethodno spomenuti, a u svrhu razvoja turističke infrastrukture.

Osim navedenog, potrebno je postaviti naplatnu kućicu u neposrednoj blizini vizitor centra kao ulaz na lokalitet Crvene stijene, kako bi se mogao iskontrolisati broj turista koji posjećuje ovo prirodno dobro. Izgradnja vizitor centra je jedan od većih infrastrukturnih radova, koji bi doprinio promociji i razvoju turizma ovog područja. Osim izgradnje vizitor centra, potrebno je planiranje izgradnje smještajnih kapaciteta za posjetioce ovog područja.

Unutar zona trebalo bi urediti niz pješačkih i biciklističkih staza. Uz postojeće staze potrebno je postaviti signalizaciju koja se ogleda kroz: putokaze, oznake, informativne table, edukativne table, sanitarne čvorove, odmarališta, drvene klupe, nadstrešnice, česme sa vodom za piće i slično. Urediti vidikovce unutar područja. Dozvoljena vožnja sa kvadovima ali samo i isključivo po već postojećim putevima.

ZAKLJUČCI

Područje Crvene stijene je područje koje ima veliki potencijal za razvoj kada je u pitanju turizam. Nalazi se na prostoru koji ima dobar geografski položaj. U prilog daljem razvoju ide činjenica da se Crvene stijene nalaze na području koje je okarakterisano kao „netaknuta priroda“. U blizini Crvenih stijena se nalaze i druga prirodna dobra, od kojih su neka zaštićena u skladu sa aktuelnim zakonodavstvom Republike Srpske (Spomenik prirode „Pećina Orlovača“ i Spomenik prirode „Pećina Mokranjska Miljacka“). Uzimajući to u obzir, osim staze *Via ferrata* „Sokolov put“, može se napraviti i dobra turistička ponuda povezivanjem sa ostalim partnerima na području opština Pale i susjedne opštine Sokolac. Kada je u pitanju uređenje i organizacije prostora, može se reći da je ovo područje na kojem dominiraju šume i poljoprivredno zemljište te na kojem se nalaze vrijedni nasadi i biljne vrste, od kojih se neke nalaze na Uredbi o strogo zaštićenim i zaštićenim divljim vrstama („Službeni glasnik Republike Srpske“, broj: 65/20) [6]. Unutar tretiranog obuhvata nisu evidentirane „divlje“ gradnje, što ne narušava osnovnu vrijednost ovog područja. Područje je u koje treba da se ulaže kada su u pitanju infrastrukturni objekti, kako bismo dobili kvalitetnu zonu intenzivnog posjećivanja. Uz dobro prostorno planiranje, koje bi išlo u smjeru održivog razvoja, ovo područje bi moglo biti jedno od vodećih turističkih destinacija u istočnom dijelu Republike Srpske.

LITERATURA

- [1] Strategija razvoja opštine Pale za period od 2017. do 2026. godine, Pale 2016.
- [2] Izvještaj o stanju životne sredine opštine Pale 2012–2018. godine, Pale 2011.
- [3] Strategija razvoja ruralnog turizma u opštini Pale 2022–2027. godine, Pale 2022.
- [4] CORINE Land Cover (CLC) (2006). Raspoloživo na: <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover> [10. 8. 2022.]
- [5] Uredba o strogo zaštićenim i zaštićenim divljim vrstama. (2020). Službeni glasnik Republike Srpske 121/12: 33–35.
- [6] Непознат аутор. Шумскопривредна основа за Романијско шумскопривредно подручје (важност од 01. 01. 2015. до 31. 12. 2024. године). ЈПШ „Шуме Републике Српске“ а.д. Соколац, ШГ „Романија“ Соколац, стр. 73.

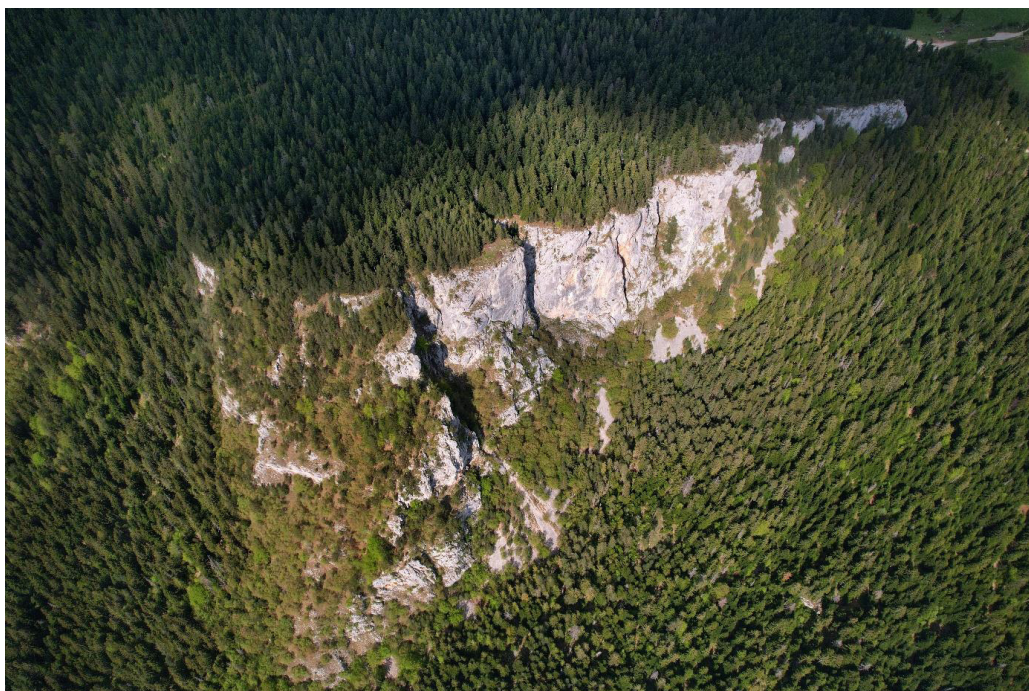
- [7] Милановић Ђ., Ступар В., Брујић Ј. (2021): Флора и вегетација Црвених стијена на Романији.
- [8] Чичић С., Реџеповић Р. (2005): О научном наслеђу у геологији Босне и Херцеговине.
- [9] Студија заштите „Споменик природе Црвене стијене“ (2022), Републички завод за заштиту културно-историјског и природног наслеђа

PRILOZI

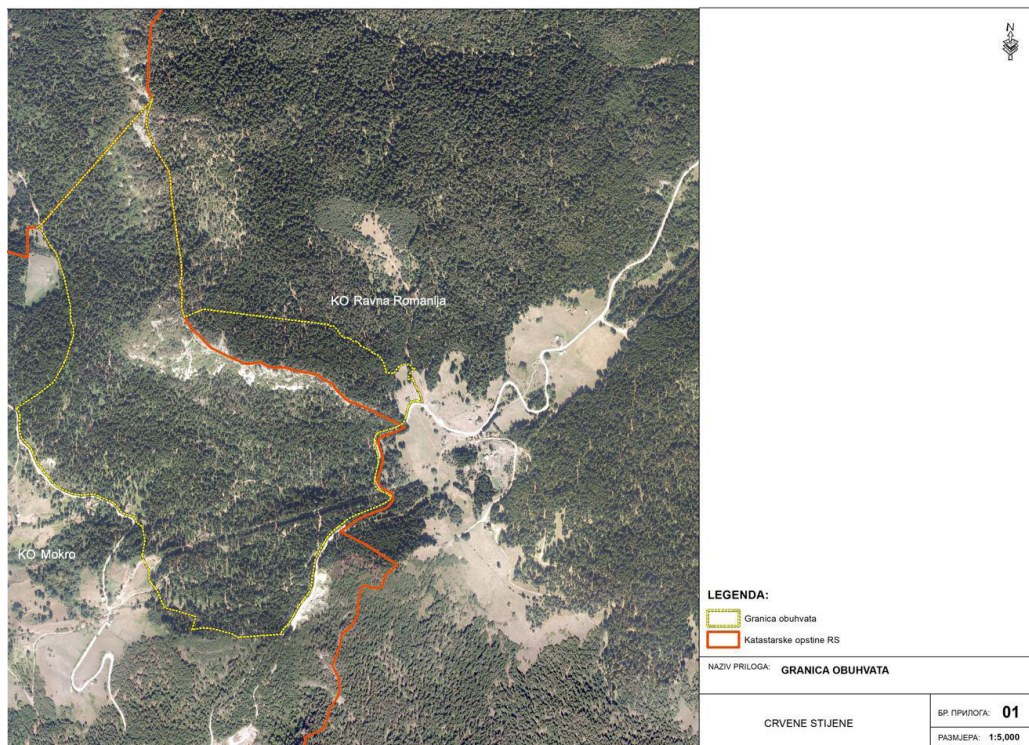
Tabela 1. Bilansi postojeće namjene površina za predmetni obuhvat „Crvene stijene“

CLC CODE	Namjena	ha	%
242	Kombinovana poljoprivredna proizvodnja	2,31	3,08
243	Pretežno poljoprivredno zemljište sa značajnim udjelom prirodne vegetacije	1,55	2,06
312	Četinarske šume	71,24	94,86
		75,10	100,00

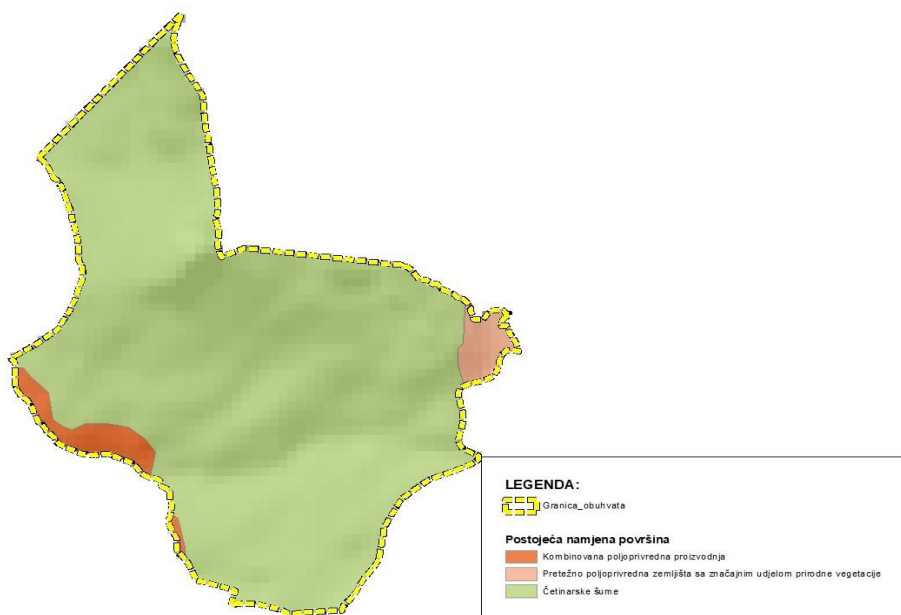
Izvor: CORINE Land Cover (CLC) (2006). Raspoloživo na: <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover> [10. 8. 2022.]



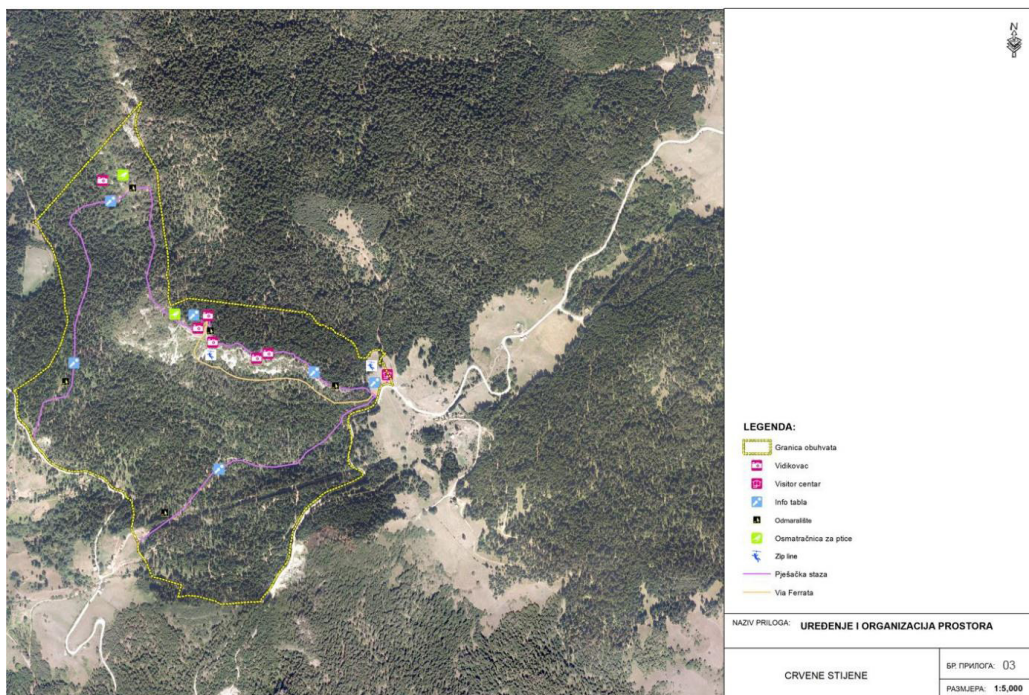
Slika 1. Prirodno dobro „Crvene stijene“



Slika 2. Granica predloženog obuhvata prirodnog dobra „Crvene stijene“



Slika 3. Pregled postojeće namjene površina prirodnog dobra „Crvene stijene“



Slika 4. Uređenje i organizacija prostora prirodnog dobra „Crvene stijene“

SPATIAL ARRANGEMENT AND ORGANIZATION OF CRVENE STIJENE LOCALITY IN MUNICIPALITIES OF PALE AND SOKOLAC, REPUBLIC OF SRPSKA

Author: DIJANA GVOZDEN SLIŠKO

Email: d.gvozden-slisko@kipn.vladars.net

Republic Institute for the Protection of Cultural, Historical and Natural Heritage

Introduction: The Crvene stijene locality is located in the eastern part of the Republic of Srpska, on the territory of the municipalities Pale and Sokolac, which administratively and territorially belongs to Istočno Sarajevo City. The basic value of the locality Crvene stijene is the specific rock geomorphological composition, as well as the landscape value, which also represents the basic value.

Aim: The paper will present a proposal for spatial arrangement and organization from the aspect of nature protection and spatial planning.

Material and Methods: The results of this scientific and research work stemmed from the study for the protection of the Nature Monument Crvene stijene prepared by the Republic Institute for the Protection of Cultural, Historical, and Natural Heritage. While writing this paper, we used GIS (geographical information system) together with orthophotos, topographic maps, and cadastral records for detailed analyses. The existing land usage is determined according to the CORINE classification, and the rest of the observations and spatial analyses were made in the field.

Results: Analyzing the existing land usage at the Crvene stijene locality, it is evident that forests and forest land dominate. They are mainly non-productive conifer forests, coppice forests origin, with a protective function. Other areas are within agricultural land, which is mainly represented by meadows. Built areas, i.e., settlements, are not included in the scope. For the purpose of spatial arrangement and organization of the area, a certain concept is presented. In accordance with the existing natural values, as well as the determined potential of the area, the basic functions of Crvene stijene are defined: protective, scientific-research, tourist-recreational, and educational.

Conclusion: The locality is an area that has great potential for tourism development. Currently, there is a Via ferrata trail built. This type of tourism is ideal for tourists and lovers of adrenaline sports. In the vicinity of Crvene stijene there are other natural assets, some of which are officially protected. With good spatial planning, which would go in the direction of sustainable development, this area could be one of the leading tourist destinations in the eastern part of the Republic of Srpska.

Keywords: Crvene stijene, spatial arrangement, spatial organisation, GIS, CORINE, tourism, sustainable development, spatial planning

HOSPITOVANJE IZ UGLA STUDENATA GEOGRAFIJE PRIRODNO-MATEMATIČKOG FAKULTETA U NIŠU

Autor: JOVANA VULETIĆ

e-mail: vuleticjovana98@gmail.com

Mentor: Doc. Jelena Živković

Departman za geografiju

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Nišu

Uvod: Najefikasnije učenje postiže se kroz spoj teorijskog i praktičnog učenja. Odgovornost koju posao nastavnika nosi sa sobom zahteva da se studenti koji se opredele za ovu profesiju u toku svog akademskog obrazovanja praktično upoznaju sa radom u školi. Na fakultetima na kojima se poučavaju predmetne nauke školska praksa predstavlja prvi susret studenata sa atmosferom u učionici i interakcijom sa učenicima.

Cilj: Cilj rada je ispitati kakvo je mišljenje studenata o hospitovanju i na koji način organizuju svoj ispitni čas.

Materijal i metode: Prikupljanje podataka izvršeno je metodom anketnog istraživanja. Rezultati ankete analizirani su metodom deskriptivne statistike.

Rezultati: Većina studenata hospitovala je u osnovnoj školi. Određivanje vremenske artikulacije časa zadalo je najviše poteškoća studentima prilikom pisanja pripreme za čas. Na ispitnom času studenti su uglavnom obrađivali gradivo sa učenicima primenom dijalogske metode i metode pokazivanja. Najčešće je korišćen frontalni oblik rada. Zidna karta i udžbenik su najčešće upotrebljavana nastavna sredstva na ispitnim časovima. Studenti se pretežno slažu da im je broj časova predviđen za hospitovanje bio dovoljan da se upoznaju sa načinom rada nastavnika u školama i pripreme za ispitni čas. Veći deo studenata je zadovoljan održanim ispitnim časom. Iskustvo stečeno na hospitovanju mnogima je olakšalo savladavanje teorijskog gradiva iz metodike nastave geografije i omogućilo da sebe vide u ulozi nastavnika u budućnosti.

Zaključak: Poznavanje stavova i mišljenja studenata na određenu temu u vezi sa obrazovanjem doprinosi njegovom poboljšanju i formiranju kvalitetnog mladog kadra. Hospitovanje za studente predstavlja pozitivno iskustvo koje im pruža priliku da steknu uvid u obaveze i odgovornosti nastavnika, kao i da prepoznaju svoje kompetencije i nedostatke na kojima treba da rade.

Ključne reči: hospitovanje; organizacija časa; studenti geografije; Prirodno-matematički fakultet u Nišu

UVOD

Osnovni zadatak škole je organizovana i planski usmerena edukacija mladih naraštaja sa ciljem održanja usvojenih društvenih vrednosti okruženja u kojoj ustanova egzistira [1]. Vaspitno-obrazovni sistem određenog društva pred nastavnika stavlja znatan i odgovoran zadatak [2]. Vodeća uloga nastavnika u procesu vaspitanja i obrazovanja učenika zahteva stalan rad na dograđivanju i usavršavanju stručnih i pedagoških znanja [3]. Usavršavanje nastavničkih kompetencija dovodi do podizanja kvaliteta nastave. Osim stručnih znanja, veština i motivacije, u kompetencije nastavnika ubrajamo i lične osobine koje nastavniku omogućavaju da adekvatno pristupi različitim pedagoškim situacijama [4]. Prvi korak u prepoznavanju postojećih i izgradnji novih kompetencija studenata koji su se opredelili

za studije predmetnih nauka predstavlja školska praksa. Teorijsko obrazovanje iz pedagoških disciplina studenata koji planiraju da prihvate nastavnički poziv nije dovoljno za njihovo osposobljavanje da deluju efikasno u konkretnim situacijama koje rad u školi kreira. Integracija akademskog i praktičnog obrazovanja neophodna je za generisanje kvalitetnog mladog kadra [5].

Na Prirodno-matematičkom fakultetu u Nišu studenti na Departmanu za geografiju školsku praksu obavljali su u okviru predispitnih obaveza iz predmeta Metodika praktične nastave geografije, koji je obavezan predmet u parnom semestru na trećoj, odnosno završnoj godini osnovnih akademskih studija na ovom fakultetu. Hospitovanje se realizuje kroz nekoliko etapa u osnovnim školama ili gimnazijama. Studenti najpre hospituju određeni broj časova kod svog školskog mentora u izabranoj ili dodeljenoj školi, tokom kojih se upoznaju sa načinima izvođenja nastave, pedagoškom dokumentacijom ali i odeljenjem u kome će održati svoj ispitni čas. Tokom ovog dela hospitovanja, zadatak studenata je da popunjavaju evaluacione listove za svaki čas kome su prisustvovali. Druga etapa hospitovanja podrazumeva kreiranje nastave, pre svega izradu priprema za časove, a zatim i njihovu realizaciju. Treća faza školske prakse je izvođenje ispitnog časa kome prisustvuje asistent za Metodiku praktične nastave geografije, koji vrši pregled dokumentacije izrađene tokom hospitovanja i evaluaciju ispitnog časa. Poslednja etapa obuhvata analizu ispitnog časa od strane školskog mentora, asistenta ali i samog studenta, kao i davanje smernica studentu za poboljšanje rada u nastavi [4].

Cilj rada je sagledavanje utisaka koje su studenti geografije Prirodno-matematičkog fakulteta u Nišu poneli sa svojih hospitovanja. Pored utisaka studenata, rad pruža i statistički uvid u način organizovanja ispitnog časa koji su studenti održali.

MATERIJAL I METODE

Istraživanje u okviru rada započeto je metodom anketnog istraživanja. Za prikupljanje potrebnih podataka napravljen je upitnik na veb-aplikaciji Google Forms. Studenti su upitniku pristupali online preko podeljenog linka putem društvenih mreža ili Microsoft Teams platforme. Upitnik se sastoji iz dva dela. Prvi deo upitnika ispitivao je način organizacije ispitnog časa koji je svaki student održao na kraju svog hospitovanja. U ovom delu studenti su mogli da zaokruže ponuđeni odgovor i/ili dopišu svoj. U drugom delu upitnika dato je trinaest tvrdnji koje se odnose na hospitovanje. Zadatak studenata bio je da označe svoj stepen slaganja sa određenom tvrdnjom. Za iskazivanje stepena slaganja korišćena je Likertova petostepena skala. Na kraju upitnika studenti su imali mogućnost da ostave komentar. Odgovori studenata analizirani su metodom deskriptivne statistike.

REZULTATI

Sprovedenom anketnom istraživanju odazvalo se šezdeset šest studenata. Svi ispitanici su hospitovanje obavili u periodu od 2016. do 2022. godine. Udeo ženskih ispitanika prevladava i iznosi 60,6%. U osnovnoj školi hospitovalo je 87,9%, dok se samo 7,6% studenata izjasnilo da je želelo da hospituje u srednjoj školi. Planiranje vremenske artikulacije, definisanje ishoda i analiza časa nakon održanog časa bili su najteži zadaci za studente prilikom izrade pripreme za ispitni čas. Daleko najzastupljeniji tip časa koji su studenti održali kao ispitni bio je čas obrade gradiva (90,9%). Tri studenta su na svom ispitnom času proveravala znanja učenika, dva vršila sistematizaciju gradiva, a jedan utvrđivao i uvežbavao gradivo sa učenicima. Studenti su najčešće koristili dijalošku metodu (78,8%), zatim metodu pokazivanja (57,6%) i metodu ekspozitornog poučavanja (45,5%). Za primenu tekstualne metode opredelilo se 21,2% studenata, za metodu posmatranja 9,1%, a

metodu simulacije i eksperimentalno-laboratorijskog rada primenila su tri (4,5%) studenta. Najčešće primenjen oblik rada bio je frontalni (68,2%). Zadatke za grupni rad pripremilo je 42,4% studenata, a zadatke za rad u paru postavilo je 21,2% studenata. Individualan rad učenika na rešavanju zadataka organizovalo je dvanaest studenata (18,2%). Tokom časa najkorišćenija nastavna sredstva bila su zidna karta i udžbenik (78,8%). Korišćenje atlasa zahtevalo je 42,4% studenata, a isti procenat studenata je za učenike pripremio PowerPoint prezentaciju. Učenici su pojmove za ucrtavanje na nemim kartama dobili od petnaest studenata (22,7%). Za objašnjavanje i demonstraciju svoje nastavne jedinice globus je primenilo šest studenata (9,1%). Samo po jedan student je koristio model reljefa i primere različitih stena prema postanku za vizuelizaciju svog predavanja. Najčešće aktivnosti nastavnika na času bile su da predaje gradivo (84,8%) i postavlja pitanja u vezi sa istim (83,3%). Najmanje zastupljena aktivnost studenata u ulozi nastavnika bila je vrednovanje rada učenika (21,2%). Od učenika je najviše zahtevano da prate izlaganje nastavnika kod 86,4% i odgovaraju na postavljena pitanja kod 80,3% studenata. Mogućnost za iskazivanje kreativnosti ali i znanja kroz izradu panoa ili brošure na zadatu temu učenicima je omogućio samo jedan student. Studenti su najčešće pokušavali da podstaknu učenike da budu aktivni ili aktivno misle o gradivu na času postavljanjem pitanja (74,2%) ili iznošenjem zanimljivosti u vezi sa gradivom (72,7%). Zadatke za samostalan rad učenika postavilo je dvadeset šest (39,4%) studenata. Video ili audio sadržaj za učenike pripremilo je petnaest studenata (22,7%), a učenje kroz igricu osmislilo je 47% studenata. Učenicima je za domaći zadatak najčešće bilo zadato da urade pitanja iz knjige ili radne sveske ili ucrtaju pojmove na nemoj karti (80,3%). Šesnaest studenata (24,2%) zamolilo je učenike da razmisle ili porazgovaraju sa nekim na temu vezanu za gradivo, a sedam (10,6%) da pročitaju dodatnu literaturu vezanu za gradivo. Izradu prezentacije, panoa ili brošure kao domaći zadatak dalo je pet studenata (7,6%).

Tabela br. 1 Procentualno izražen stepen slaganja studenata koji su hospitovali sa određenom tvrdnjom

Redni broj	Tvrdnja	Likertova skala				
		Uopšte se ne slažem	Ne slažem se	Niti se slažem, niti se ne slažem	Slažem se	U potpunosti se slažem
1	Bilo mi je zanimljivo na časovima koje sam slušao/la	1,5%	1,5%	4,5%	24,2%	68,2%
2	Pisanje evaluacionih listova za časove koje sam slušao/la je dosadno	16,7%	21,2%	24,2%	18,2%	19,7%
3	Zadovoljan/na sam časovima koje sam održao/la	0,0%	1,5%	10,6%	37,9%	50%
4	Imao/la sam tremu dok sam držao/la časove	15,2%	19,7%	24,2%	19,7%	21,2%
5	Trebalo je više da podstičem aktivnost učenika tokom časova koje sam držao	15,2%	27,3%	24,2%	22,7%	10,6%
6	Mogao/la sam da budem kreativniji/a u pripremi časova	9,1%	24,2%	24,2%	28,8%	13,6%
7	Pisanje priprema za časove mi je bio na-jteži deo hospitovanja	9,1%	18,2%	25,8%	30,3%	16,7%

8	Pripremanje za časove mi je oduzelo dosta vremena (sadržaj lekcije, nastavna sredstva ili materijali, igrice)	4,5%	19,7%	34,8%	27,3%	13,6%
9	Broj časova predviđen za slušanje i držanje pripremnih časova bio mi je dovoljan da se pripremim za svoj ispitni čas	0,0%	3,0%	13,6%	30,3%	53%
10	Vreme predviđeno za hospitovanje bilo mi je dovoljno da se upoznam sa načinom rada nastavnika u školama	3,0%	4,5%	22,7%	31,8%	37,9%
11	Iskustvo stečeno na hospitovanju mi je olakšalo savladavanje teorijskog gradiva iz metodike	3,0%	0,0%	18,2%	31,8%	47%
12	Tokom hospitovanja shvatio/la sam da bih voleo/la da radim kao nastavnik	6,1%	6,1%	16,7%	27,3%	43,9%
13	Hospitovanje je za mene predstavljalo samo još jednu predisipitnu obavezu	30,3%	19,7%	19,7%	9,1%	21,2%

DISKUSIJA

Većina studenata hospitovala je u osnovnoj školi. Još veći procenat studenata se izjasnio da je želeo da hospituje u osnovnoj školi. Činjenica je da hospitovanje obavljaju studenti osnovnih, a ne master akademskih studija, te samim tim nemaju dovoljno razvijena znanja i veštine za izvođenje nastave na višem nivou obrazovanja (u srednjim školama i gimnazijama). Ipak, studenti imaju mogućnost izbora, te razlozi za biranje osnovne škole mogu biti ti što je gradivo za srednju školu obimnije i što je učenike osnovnih škola lakše animirati. Prema novoj akreditaciji Prirodno-matematičkog fakulteta iz 2021. godine, studenti geografije će imati priliku da na osnovnim akademskim studijama hospituju u osnovnoj školi, ali i u srednjoj školi odnosno gimnaziji na master akademskim studijama.

Svaki nastavni čas trebalo bi da se sastoji iz dva dela, njegove pripreme i realizacije. Dobro osmišljen scenario časa vodi ka njegovom uspešnom izvođenju. Planiranje nastavnog časa sadrži tri komponente: sadržajnu, pedagošku i tehničku [4]. Određivanje trajanja uvodnog, središnjeg i završnog dela časa predstavlja tehnički deo pripreme. Zbog nemogućnosti tačnog predviđanja vremena koje je potrebno učenicima da odgovore na pitanje, reše zadatak ili da student da dodatno objašnjenje, najteži deo prilikom pisanja pripreme za čas studentima je bio planiranje vremenske artikulacije. Pisanje ishoda koje spada u pedagošku komponentu pripreme zauzelo je drugo mesto, dok se sadržajna komponenta planiranja nije pokazala kao izazov za studente.

Čas obrade gradiva, kao i frontalni oblik rada studentima pruža najviše kontrole nad časom zbog toga su to najčešće birani tip časa i oblik rada za ispitni čas. Takođe, i ovde je razlog nemogućnost predviđanja vremena koje je potrebno učenicima da ispune zadate aktivnosti i ostvarivanje definisanih ciljeva, ishoda i vremenske artikulacije časa. Međutim, mali broj časova koji studenti imaju na raspolaganju za pripremu svog ispitnog časa ne pruža studentima mogućnost da steknu dovoljno iskustva i upoznaju karakteristike odeljenja u kome drže ispitni čas da bi mogli da predvide ili naslute kakav bi mogao da bude tok časa ako bi izabrali drugi tip časa ili primenili drugi oblik rada. Najčešće se novo gradivo predaje frontalno, a zatim se koriste drugi oblici rada za obnavljanje i sumiranje pređene nastavne jedinice, jer su tada učenicima sveže informacije i potrebno im je manje

vremena za davanje odgovora ili rešavanje zadataka. U nastavnom radu frontalni oblik, zastupljen sa oko 75% ukupnog radnog vremena, smatran povoljnom formom geografskog obrazovanja i vaspitanja, pokazao je određene slabosti koje se uglavnom odnose na pasivnost učenika i odsustvo razmene mišljenja među učenicima [4, 5].

Dijaloška metoda može se koristiti tokom svih delova časa i na svim tipovima časa, pored toga, lako se kombinuje sa drugim metodama rada [6] pa nije iznenađenje da su studenti nju najviše primenjivali na ispitnom času. Druga najkorišćenija metoda bila je metoda pokazivanja koja, pored metode dijaloga, najbrže aktivira misaonu aktivnost učenika i usmerava je ka adekvatnom usvajanju znanja o stvarnosti te pruža osnovu za razvoj kritičkog mišljenja [7]. Metodom ekspozitornog poučavanja studenti najbolje mogu da iskažu svoja stručna znanja i obezbede ispunjavanje definisanih ciljeva i ishoda časa.

Karta predstavlja nezamenljivo nastavno sredstvo u nastavi geografije, služi konkretizaciji geografskih znanja i povezivanju geografskih pojmova, njihovoj vizuelizaciji i boljem razumevanju [8]. Za obradu skoro svih geografskih nastavnih jedinica koje se predaju u školama može se koristiti karta sa odgovarajućom tematikom. Kada nastavnik pokazuje na zidnoj karti, učenici koriste atlase za praćenje nastavnikovog izlaganja, precrtavanje pojmova na nemim kartama, ali i za učenje kod kuće. Na prvom mestu najkorišćenijeg nastavnog sredstva sa zidnom kartom nalazi se udžbenik koji je primaran i standardan izvor znanja [9]. Drugo mesto najčešće upotrebljivanog nastavnog sredstva sa atlasom deli PowerPoint prezentacija. PowerPoint prezentacija je relativno novo nastavno sredstvo koje je našlo čestu primenu među studentima. Kako studenti, tako i nastavnici, PowerPoint prezentacijom mogu na jednom mestu da objedine sav dodatni materijal pripremljen za čas, bilo da je to tekstualni, audio ili video sadržaj, zatim modernizuju gradivo i učine ga približnijim učenicima.

Najčešće aktivnosti studenata u ulozi nastavnika i aktivnosti učenika tokom časa bile su uslovljene odabranim metodama i oblicima rada, kao i tipom časa koji su studenti održali kao svoj ispitni čas. Obradivanje nove lekcije podrazumevalo je da nastavnik izlaže gradivo, najvažnije informacije zapisuje na tabli, postavlja pitanja koja podstiču uključivanje učenika u rad na času i odgovara na pitanja učenika. Grupni, individualni i rad u paru zahtevali su od učenika da samostalno rade na rešavanju zadataka, pronalaze pojmove na kartama, a od nastavnika da prati i vrednuje njihov rad.

Osmišljavanjem različitih igrica za učenike, koje služe za otkrivanje, obnavljanje ili uvežbavanje gradiva, kod učenika se postiže motivisanost, zainteresovanost i otvorenost ka novom iskustvu [10]. Ovaj efekat može se postići i iznošenjem zanimljivosti i najnovijih informacija na obrađivanu temu. Pripremanje ovih aktivnosti i studentima predstavlja najzabavniji deo pripreme časa, a reakcije učenika na njih studentima pokazuju da li su uspeli u pridobijanju njihove pažnje.

Većina studenata nije pokazala kreativnost u osmišljavanju domaćeg zadatka. Najlakše im je bilo da učenicima zadaju da urade zadatke koji se nalaze u udžbenicima na kraju nastavne jedinice koju su obrađivali ili da pronađu i ucrtaju pojmove koji se odnose na predenu nastavnu jedinicu. Ovi zadaci svakako jesu važni i imaju svoju svrhu ali ne deluju motivišuće na učenike za rad kod kuće.

Stечena diploma visokog obrazovanja iz neke od nauka koje se izučavaju u školi nije garancija za dobrog nastavnika. Student koji se opredeljuje za posao nastavnika mora da sagleda da li poseduje potrebne kompetencije za prosvetnog radnika, da li želi da radi taj posao i usavršava svoja znanja i veštine tokom celog radnog veka [4]. Jedna od uloga hospitovanja je upravo da pruži mogućnost studentima da sebe oprobaju u ulozi nastavnika i shvate da li je to zanimanje za njih.

Velika većina studenata se slaže da su im časovi kojima su prisustvovali kod svojih školskih mentora bili zanimljivi, ali su podeljenog mišljenja da li im je pisanje evaluacionih listova za te časove bilo dosadno ili ne. Takođe, slaganje sa tvrdnjom da li su imali tremu

dok su držali ispitni čas daje neujednačene rezultate. Raznolike rezultate daju i odgovori vezani za tvrdnju da li je više trebalo da podstiču aktivnost učenika tokom časa. Najčešći odgovor za ovu tvrdnju bio je „ne slažem se”, ali ima i onih koji smatraju da je više trebalo da uključe učenike u rad na svom času. Među studentima heterogen je i stepen slaganja sa tvrdnjom da li je trebalo da budu kreativniji u pripremi časova, brojniji su oni koji se slažu sa ovom tvrdnjom. Skoro polovini ispitanika je pisanje pripreme za čas bio najteži deo hospitovanja, ali „niti se slažem, niti se ne slažem” je bio najčešći odgovor za tvrdnju da li je studentima pripremanje celokupnog časa, u šta ne spada samo pisanje pripreme, već i priprema sadržaja lekcije, igrice ili PowerPoint prezentacije, oduzelo dosta vremena, ali je više onih koji se slažu sa tom tvrdnjom od onih koji se ne slažu.

Više od polovine ispitanih studenata u potpunosti se slaže da im je broj časova predviđen za hospitovanje bio dovoljan da se pripreme za svoj ispitni čas, što možemo potvrditi brojem studenata saglasnih sa tvrdnjom da su zadovoljni održanim ispitnim časom. Ipak, nešto manji broj studenata se složio da im je vreme određeno za hospitovanje bilo dovoljno da se upoznaju sa radom nastavnika u školama. Ovo je moguće jer rad nastavnika u školi ne podrazumeva samo izvođenje nastave već i popunjavanje pedagoške dokumentacije, saradnju sa kolegama, kao i profesionalno usavršavanje van radnog vremena u školi.

Iskustvo stečeno na hospitovanju omogućava studentima da bolje razumeju teorijsko gradivo iz Metodike nastave geografije i da na ispitu sa profesorom, ali i među sobom, ulaze u diskusiju, što otvara put ka novim saznanjima.

Hospitovanje se po načinu izvođenja, trajanju i značaju umnogome razlikuje od predispitnih obaveza iz drugih predmeta, ipak, za skoro trećinu ispitanika je hospitovanje predstavljalo samo još jednu predispitnu obavezu koju je trebalo da obave.

Jedan student ostavio je komentar da hospitovanje treba obaviti početkom školske godine jer im se poklopilo sa ispitnim rokom, što je za studente predstavljalo veliko opterećenje. Nastavnicima u školama je lakše da zadatak mentora obave u prvom polugođu do Nove godine, kada su rasterećeniji jer nema zaključivanja ocena, raspusta i ekskurzija. Neki od studenata i jesu hospitalovali tokom svog neparnog semestra, ali se to razlikuje od školske godine do školske godine i zavisi od dogovora nastavnika mentora u školama i predstavnika fakulteta koji vodi studente kroz njihovo hospitovanje.

Dva studenta su u komentaru napisala da smatraju da treba povećati broj časova kako bi studenti stekli više iskustva. Novom akreditacijom studijskih programa na Prirodno-matematičkom fakultetu u Nišu iz 2021. godine metodička grupa predmeta na Departmanu za geografiju postala je brojnija, što će obezbediti studentima više mogućnosti za praktično učenje. Pored hospitovanja u okviru predmeta Metodika praktične nastave geografije, studenti će imati Školsku praksu kao poseban predmet na trećoj godini osnovnih akademskih studija i drugoj godini master akademskih studija na smeru za Geografiju. U okviru Školske prakse biće uključeni u nastavni proces geografije u osnovnim ili srednjim školama odnosno gimnazijama, tokom kog će imati zadatak da prisustvuju časovima školskih mentora, vode dnevnik prakse, izrade portfolio i sami učestvuju u izvođenju nastave. Na master smeru za Geografiju na prvoj godini akreditovan je predmet Metodičke inovacije u nastavi geografije. U sklopu ovog predmeta studenti prve generacije upisane na master akademske studije po novom programu prisustvovali su projektnoj nastavi koju je držao nastavnik geografije u jednoj gimnaziji iz izbornog predmeta Održivi razvoj. Cilj ovog predmeta je da studente dovede u dodir sa nastavnim inovacijama kako bi budući nastavnici bili otvoreni ka inovativnim modelima nastave. Metodika nastave turizma kao izborni predmet odobren je na drugoj godini master smera za Turizam. U okviru ovog predmeta turizmolozi će imati priliku da svoje nastavno iskustvo prošire hospitovanjem u srednjim stručnim školama [11].

Pored povećanja broja časova na kojima će studenti hospitalovati, studenti bi trebalo da imaju zadatak da za svaki od pripremnih časova odaberu različit tip časa i metodič-

ko-didaktičke elemente. Ovakva očekivanja od studenata mogla bi da dovedu do izvođenja raznolike nastave i prepuštanja „glavne uloge” učenicima koja bi ih vremenom kroz stečeno iskustvo dovela do uvođenja inovativnih modela nastave, kao što su problemska, egzemplarna ili integrativna, u svoj nastavni rad. Kada je reč o organizaciji ispitnog časa, studentima treba ostaviti slobodu izbora uz praćenje nastavnog plana i programa škole u kojoj vrše hospitovanje.

ZAKLJUČCI

Tradicionalni način izvođenja nastave još uvek je najzastupljeniji u Srbiji i ovo istraživanje ide u prilog toj činjenici. Taj model nastave studenti najčešće primenjuju na svojim pripremnim i ispitnim časovima jer su u njega najsigurniji, takvoj nastavi prisustvovali su dvanaest godina tokom svog osnovnog i srednjeg obrazovanja. Zadatak visokoškolskih ustanova koje obrazuju buduće prosvetne radnike je da studentima omoguće više praktičnog rada u školama ali i da im postave određene izazove. Izazovi od studenata treba da izvuku kompetencije koje već poseduju, ali koje treba usavršavati i nedostatke na kojima treba raditi.

Na fakultetima su neretke anonimne ankete koje ispituju mišljenja i stavove studenata na različite teme vezane za fakultet, nastavu i nastavno osoblje, sa namerom poboljšanja uslova za studiranje. Mišljenja, viđenja i stavovi mladih koji se obrazuju za rad u prosveti treba da budu polazna tačka u planiranju i kreiranju bilo kakvih promena sa ciljem poboljšanja obrazovnog dometa. Osluškiivanje potreba i ideja studenata, uz stručna znanja starijih kolega, može da doprinese boljem kvalitetu obrazovanja budućeg nastavnog kadra.

LITERATURA

- [1] Kranjc, M. (2021): Odgojni ciljevi nastave geografije. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet. Zagreb.
- [2] Stanojević D., Kako biti uspešan nastavnik geografije, Globus – časopis za metodološka i didaktička pitanja geografije, Srpsko geografsko društvo, 2009, 34, 145–150.
- [3] Romelić, J., Ivanović Bibić, Lj. (2015): Metodika nastave geografije. II izdanje. Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Departman za geografiju, turizam i hotelijerstvo. Novi Sad.
- [4] Dragović, R. (2017): Metodika nastave geografije. II izdanje. Univerzitet u Nišu, Prirodno-matematički fakultet. Niš.
- [5] Živković, Lj. (2018): Školska praksa. Srpsko geografsko društvo. Beograd.
- [6] Stanislavljević, N., Momčilović, J., Milojević, Z. (2013): Dobra priprema za čas – uspešan čas. Materijal sa seminara. Obrazovno kreativni centar. Bor.
- [7] Jahić E., Demonstracija kao veoma značajan metod rada u nastavi geografije, Globus – časopis za metodološka i didaktička pitanja geografije, Srpsko geografsko društvo, 2007, 32, 109–116.
- [8] Simović Ž. Z., Primena geografskih atlasa i karata u nastavi geografije, Zbornik radova Geografskog Instituta „Jovan Cvijić” SANU, 2007, 57, 459–463.
- [9] Knežević D., Značaj udžbenika u nastavi geografije, Vaspitanje i obrazovanje – časopis za pedagošku teoriju i praksu, 2011, 93–105.
- [10] Trifunović M., Jedan primjer primjene metoda igre u nastavi geografije, Globus – časopis za metodološka i didaktička pitanja geografije, Srpsko geografsko društvo, 2007, 32, 139–146.
- [11] Dokumentacija za akreditaciju studijskih programa na Departmanu za geografiju na Prirodno-matematičkom fakultetu Univerziteta u Nišu, 2021.

Anketni upitnik o utiscima studenata geografije Prirodno-matematičkog fakulteta iz Niša sa hospitovanja

Poštovane kolege,

Pred Vama se nalazi upitnik namenjen istraživanju organizacije ispitnog časa i prikupljanju utisaka studenata geografije sa obavljenog hospitovanja u okviru predispitnih obaveza iz predmeta Metodika praktične nastave geografije na Prirodno-matematičkom fakultetu u Nišu.

Istraživanje je potpuno anonimno. Podaci prikupljeni anketom korišće se isključivo za potrebe naučnog rada.

Za popunjavanje upitnika potrebno je 15 minuta. Upitnik se sastoji iz dva dela. U prvom delu je potrebno da izaberete ili dopišete odgovor, a u drugom da označite stepen slaganja sa datom tvrdnjom.

Pol: M Ž

Koje kalendarske godine ste obavljali hospitovanje? _____

Da li ste hospitalovali u osnovnoj ili srednjoj školi?

- ☐ Osnovnoj
- ☐ Srednjoj

U kojoj školi ste želeli da hospitalujete?

- ☐ Osnovnoj
- ☐ Srednjoj

I DEO

Pitanja iz ovog dela upitnika odnose se na organizaciju Vašeg ispitnog časa.

1. Koji deo u izradi pripreme Vam je bio najteži? (moguće je zaokružiti više odgovora ili dopisati svoj)

- ☐ Vremenska artikulacija
- ☐ Definisane ciljeve
- ☐ Definisane ishoda
- ☐ Opisivanje aktivnosti nastavnika i učenika
- ☐ Izgled table
- ☐ Analiza časa nakon održavanja

Drugo _____

2. Da li je Vaš čas bio:

- Uvodni čas
- Čas obrade gradiva
- Čas utvrđivanja i uvežbavanja gradiva
- Čas proveravanja znanja
- Čas sistematizovanja gradiva

3. Koje metode rada ste koristili? (moguće je zaokružiti više odgovora)

- Metodu ekspozitornog poučavanja
- Dijalošku metodu
- Tekstualnu metodu
- Metodu pokazivanja
- Metodu simulacije i laboratorijsko-eksperimentalnog rada
- Metodu posmatranja

4. Koje ste oblike rada primenili? (moguće je zaokružiti više odgovora)

- Grupni oblik rada
- Rad u paru
- Frontalni rad
- Individualni rad

5. Koja nastavna sredstva ste Vi i učenici koristili tokom časa? (moguće je zaokružiti više odgovora ili dopisati svoj)

- PowerPoint prezentaciju
- Zidnu kartu
- Globus
- Model reljefa
- Atlas
- Nemu kartu
- Udžbenik

Drugo _____

6. Koje su bile aktivnosti nastavnika tokom časa? (moguće je zaokružiti više odgovora ili dopisati svoj)

- Predaje gradivo
- Postavlja pitanja u vezi sa gradivom
- Zapisuje na tabli gradivo ili diktira
- Odgovara na postavljena pitanja
- Deli učenike u parove ili grupe
- Postavlja zadatke za rešavanje u paru, grupi ili individualno
- Prati rad učenika
- Sluša izlaganje učenika
- Vrednuje rad učenika

Drugo _____

7. Koje su bile učenikove aktivnosti tokom časa? (moguće je zaokružiti više odgovora ili dopisati svoj)

- ☐ Sluša izlaganje nastavnika
- ☐ Postavlja pitanja u vezi sa gradivom
- ☐ Prepisuje gradivo sa table ili ono što nastavnik diktira
- ☐ Odgovara na postavljena pitanja
- ☐ Na karti ili u atlasu pronalazi pojmove
- ☐ Ucrtava pojmove na nemoj karti
- ☐ Rešava zadatke u grupi ili paru
- ☐ Rešava zadatke koji su dati u knjizi
- ☐ Izlaže deo gradiva koji je prethodno pripremio na času ili za domaći
- ☐ Izrađuje pano/brošuru na zadatu temu

Drugo _____

8. Na koji način ste podsticali učenike da budu aktivni ili aktivno misle o gradivu na času? (moguće je zaokružiti više odgovora ili dopisati svoj)

- ☐ Postavljanjem pitanja
- ☐ Zadavanjem zadataka
- ☐ Iznošenjem zanimljivosti u vezi sa gradivom
- ☐ Pripremanjem video ili audio sadržaja
- ☐ Osmišljavanjem igrice (asocijacija, ukrštenica, korak po korak...)

Drugo _____

9. Da li ste učenicima za domaći zadatak dali da:

- ☐ Urađe pitanja iz knjige ili radne sveske / ucrtaju pojmove na nemoj karti
- ☐ Pročitaju neku literaturu
- ☐ Naprave prezentaciju/pano/model
- ☐ Razmisle ili porazgovaraju sa nekim na temu vezanu za gradivo

Drugo _____

II DEO

U nastavku se nalazi 13 tvrdnji koje se odnose na hospitovanje. Za svaku tvrdnju zaokružite jedan broj od 1 do 5 koji odgovara Vašem stepenu slaganja sa istom.

1 – uopšte se ne slažem

2 – ne slažem se

3 – niti se slažem, niti se ne slažem

4 – slažem se

5 – u potpunosti se slažem

Redni broj	Tvrdnja	Stepen slaganja sa tvrdnjom				
1.	Bilo mi je zanimljivo na časovima koje sam slušao/la	1	2	3	4	5

2.	Pisanje evaluacionih listova za časove koje sam slušao/la je dosadno	1	2	3	4	5
3.	Zadovoljan/na sam časovima koje sam održao/la	1	2	3	4	5
4.	Imao/la sam tremu dok sam držao/la časove	1	2	3	4	5
5.	Trebalo je više da podstičem aktivnost učenika tokom časova koje sam držao	1	2	3	4	5
6.	Mogao/la sam da budem kreativniji/a u pripremi časova	1	2	3	4	5
7.	Pisanje priprema za časove mi je bio najteži deo hospitovanja	1	2	3	4	5
8.	Pripremanje za časove mi je oduzelo dosta vremena (sadržaj lekcije, nastavna sredstva ili materijali, igrice)	1	2	3	4	5
9.	Broj časova predviđen za slušanje i držanje pripremljenih časova bio mi je dovoljan da se pripremim za svoj ispitni čas	1	2	3	4	5
10.	Vreme predviđeno za hospitovanje bilo mi je dovoljno da se upoznam sa načinom rada nastavnika u školama	1	2	3	4	5
11.	Iskustvo stečeno na hospitovanju mi je olakšalo savladavanje teorijskog gradiva iz metodike	1	2	3	4	5
12.	Tokom hospitovanja shvatio/la sam da bih voleo/la da radim kao nastavnik	1	2	3	4	5
13.	Hospitovanje je za mene predstavljalo samo još jednu predispositnu obavezu	1	2	3	4	5

Ukoliko želite, ovde možete dodati komentar vezan za Vaše hospitovanje ili ovu anketu:

Hvala na izdvojenom vremenu i saradnji!

GEOGRAPHY STUDENTS' HOSPITATION IMPRESSIONS AT FACULTY OF SCIENCE AND MATHEMATICS IN NIŠ

Author: JOVANA VULETIĆ

Email: vuleticjovana98@gmail.com

Mentor: Assist. Prof. Jelena Živković

Department of Geography

Faculty of Sciences and Mathematics, University of Niš

Introduction: The most effective learning is achieved through a combination of theoretical and practical learning. The responsibility that comes with the job of a teacher requires that students who opt for this profession should become familiar with working at school during their academic education. At faculties where future teachers are educated, school practice is the students' first encounter with the atmosphere in the classroom and interaction with pupils.

Aim: The goal of this paper is to examine students' opinions about hospitation and how they organize their examination classes.

Material and Methods: Survey method and descriptive statistical method.

Results: Most of the students were hospitating in an elementary school. Determining the time articulation caused the most difficulties for students while they were writing the class preparation. Students mostly processed the material using the dialogic method and the demonstration method. The frontal form of work was most often used. A wall map and textbook were the most used teaching aids in the examination class. Students mostly agree that the number of classes scheduled for the hospitation was enough to understand how teachers work in schools and prepare for the examination class. Most of the students were satisfied with the examination class. The experience gained during the hospitation made it easier for many to master the theoretical material from the geography teaching methodology and enabled them to see themselves in the role of a teacher in the future.

Conclusion: Knowing the attitudes and opinions of students on a certain topic related to education contributes to its improvement and formation of quality young staff. For students, hospitation is a positive experience that gives them an opportunity to look into the duties and responsibilities of teachers, as well as to recognize their competencies and shortcomings that need to be worked on.

Keywords: hospitation, class organization, geography students, Faculty of Sciences and Mathematics in Niš

ZNAČAJ UPISIVANJA DOBARA NA LISTU UNESCO ZAŠTITE ZA RAZVOJ ODRŽIVOG TURIZMA. STUDIJA SLUČAJA: REPUBLIKA SRBIJA

Autor: JOVANA MILJKOVIĆ

e-mail: miljkovic.jovana.95@gmail.com

Mentor: Redovni profesor dr Tatjana Pivac

Departman za geografiju, turizam i hotelijerstvo

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Novom Sadu

Uvod: Republika Srbija je punopravna članica UNESCO-a od 2000. godine, a bivša Socijalistička Federativna Republika Jugoslavija je bila deo pionirskog rada pomenute organizacije od 1950. godine. Ovo ukazuje na dugu tradiciju i želju za očuvanjem dobara i elemenata, koja će ostati za naredne generacije. Danas se pod UNESCO zaštitom nalazi 19 dobara i elemenata na teritoriji Republike Srbije, a država neprestano ulaže napore u poštovanje i primenu različitih programskih aktivnosti koje su pod UNESCO nadležnostima.

Cilj: Cilj rada je da se predstave dobra i elementi koji se nalaze pod zaštitom, te da se na osnovu primera dobre prakse daju predlozi za osnaživanje turističke ponude Republike Srbije uz maksimalno korišćenje zaštićenih dobara, sa naglaskom na razvoj održivog turizma.

Materijali i metode: Pregledom dostupne literature predstavljena su dobra i elementi pod zaštitom na teritoriji Republike Srbije. Kroz komparativnu analizu indukcijom se dolazi do zaključnih preporuka.

Rezultati: Republika Srbija aktivno učestvuje u zaštiti i očuvanju dobara i elemenata, uz određene poteškoće sa kojima se susreće iz više razloga, među kojima se ističu finansijski, organizacioni i politički. Učešće u različitim aktivnostima i dalje treba da bude prioritarno, uz kontinuirani razvoj održivog turizma.

Zaključak: U momentu kada se neko dobro ili element upiše na listu UNESCO svetske baštine, ono dobija dodatnu zaštitu na osnovu potvrđenog značaja i vrednosti za materijalno ili nematerijalno nasleđe neke države ili oblasti. Republika Srbija kao punopravna članica sa 19 dobara i elemenata upisanih tokom godina dokazuje da neprestano radi na očuvanju svoje baštine za buduće generacije. Kako je turizam jedan od značajnih faktora za razvoj područja, neophodno je da se on razvija sistematski, kako bi se obezbedilo održivo upravljanje lokalitetima i očuvanje zaštićenog područja ili dobra.

Ključne reči: UNESCO zaštita; održivi turizam; UNESCO kulturna dobra; UNESCO prirodna dobra; zaštita nasleđa

UVOD

UNESKO (*UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*) je organizacija za obrazovanje, nauku i kulturu Ujedinjenih nacija, osnovana 1945. godine, sa sedištem u Parizu, sa ciljem ostvarivanja dugotrajnog mira, ekonomskih i političkih dogovora među državama. Želja organizacije je da članice zajedno spoje različite ljude i ojačaju intelektualne i moralne vrednosti čovečanstva kroz međusobno razumevanje i saradnju između različitih kultura. Mnogobrojni programi su potekli iz UNESKA, među kojima se posebno ističu program „Čovek i biosfera” iz 1952. godine, Konvencija iz 1972. godine koja se bavi očuvanjem svetskog nasleđa, Konvencija o očuvanju nematerijalnog

kulturnog nasleđa iz 2003. godine, kao i mnoge druge [1]. Danas se na listi Svetske baštine nalazi 1154 dobra, u 167 država sveta [2]. Republika Srbija je članica UNESKA od 2000. godine, ali je kao članica bivše Socijalističke Federativne Republike Jugoslavije bila članica pionirskog rada organizacije od 1950. godine. Ministarstvo spoljnih poslova ponosi se dugom tradicijom prihvatanja Konvencija i učešća u UNESCO programskim aktivnostima, na teme obrazovanja, nauke, kulture, informacija i komunikacija, koje su direktno povezane sa agendom Ujedinjenih nacija. Republika Srbija je potpisnica svih relevantnih Konvencija i učestvuje u radu brojnih međunarodnih programa [3].

Cilj rada je da se predstave dobra i elementi koji se nalaze pod zaštitom, te da se na osnovu primera dobre prakse daju predlozi za osnaživanje turističke ponude Republike Srbije uz maksimalno korišćenje zaštićenih dobara, sa naglaskom na razvoj održivog turizma.

Da bi se na odgovarajući način izvršila analiza i došlo do odgovarajućih zaključaka, izvedene su sledeće hipoteze:

H_1 : U Republici Srbiji se aktivno radi na zaštiti dobara i elemenata;

H_2 : Republika Srbija primenjuje Uneskove preporuke za zaštitu;

H_3 : Problemi u zaštiti mogu da se prevaziđu kroz adekvatne preporuke ispoštovane od strane zaposlenih na lokalitetima pod zaštitom.

Programi UNESCO zaštite

Od osnivanja, UNESCO je razvio mnoge programe i konvencije koji su zaslužni za očuvanje velikog broja prirodnih i kulturnih lokaliteta i dobara.

Komitet svetske baštine je 1972. godine usvojio Konvenciju o zaštiti prirodnih i kulturnih lokaliteta, sa ciljevima da se ojača kredibilitet liste svetske baštine, sačuvaju zaštićena dobra, da se promoviše izgradnja infrastrukture radi poboljšanja šansi da bude upisana na listu i da se ostvari komunikacija između svih zainteresovanih strana, uz povećanje uloge zajednice [4]. Prema trenutnim podacima, na listi zaštite se nalazi 1154 dobara.

Program „Čovek i biofera” usvojen je 1976. godine, kako bi se obezbedili međunarodni okviri za povezivanje zaštićenih područja sa radnim predelima [5]. Trenutno se na ovoj listi nalazi 738 rezervata biosfere u 134 države članice [6].

„Geopark” program usvojen je u novembru 1997. godine, sa ciljem da se unapredi međunarodni značaj nacionalnog geološkog nasleđa. Tri glavne svrhe geoparkova su zaštita, edukacija i istraživanja, te razvoj lokalne ekonomije [7]. Trenutno se na listi Geoparkova nalazi 177 lokaliteta u 46 država sveta [8].

Konvencija o zaštiti Nematerijalnog kulturnog nasleđa je UNESCO ugovor koji je usvojila Generalna konferencija UNESKA 2003. godine. Cilj ove konvencije je da zaštiti nematerijalno kulturno nasleđe, obezbedi poštovanje nematerijalnog kulturnog nasleđa određenih zajednica, grupa i pojedinaca, istovremeno podižući svest na lokalnom, nacionalnom i međunarodnom nivou o njegovom značaju, kao i da obezbedi međunarodnu saradnju i pomoć. Pod ovom konvencijom je trenutno zaštićeno 530 elemenata u 136 država članica [9].

Program „Mreža kreativnih gradova” (*UCCN – UNESCO Creative Cities Network*) je kreiran 2004. godine kako bi se promovisala saradnja među gradovima u kojima je kreativnost identifikovana kao strateški faktor za održivi urbani razvoj, tj. da bi se radilo na zajedničkom cilju razvoja grada oko kreativne i kulturne industrije [10].

Kulturna dobra mogu da budu materijalna i nematerijalna. Materijalna dobra se dele na pokretna (muzejska, arhivska, audio-vizuelna, fotografska i biblioteka građi) i nepokretna (spomenici kulture, arheološki lokaliteti, kao i istorijska mesta). Nematerijalna dobra obuhvataju nematerijalno nasleđe jednog naroda, oralne tradicije, izvođačke umetnosti, društvene prakse, rituali, svečani događaji, znanja i prakse koje se tiču prirode i univer-

zuma ili znanja i veštine za proizvodnju tradicionalnih zanata [11].

IKOMOS (*ICOMOS – International Council on Monuments and Sites*) je Međunarodni savet za spomenike i lokalitete, osnovan 1965. godine, kao profesionalno udruženje koje radi na zaštiti i očuvanju mesta kulturne baštine u svetu, a prilikom formiranja Konvencije o svetskoj baštini 1972. godine, UNESCO je imenovao IKOMOS za jedno od tri formalna savetodavna tela Komiteta za svetsku baštinu, te je odgovoran za procenu svih nominacija kulturnih dobara koje je odredio Komitet svetske baštine [12].

Da bi dobro ili element bilo upisano na listu zaštite, neophodno je da država potpisnica prođe kroz proces nominacije lokaliteta za koje smatra da treba da se nađu na Uneskovoj listi. Svaka država treba da prođe put od pet koraka kako bi dobro ili element bili upisani na listu. Prvi i najbitniji korak je „*Tentative List*”, što je zapravo Privremena lista na koju država upisuje prirodna i kulturna dobra koja se nalaze unutar njenih granica, za koje smatra da ispunjavaju zadate kriterijume za upisivanje na listu. Drugi korak jeste nominacija, koja može da se priprema istovremeno sa pripremom Privremene liste. Ovaj korak zapravo uključuje popunjavanje formulara i pripremu svih neophodnih priloga, te slanje prijave u „Sedište svetskog nasleđa“ (*World Heritage Centre*) na pregled i ocenjivanje. Kada je nominacija kompletna, sedište šalje savetnicima na dalji pregled i razmatranje. Savetnici koji su zaduženi za procenu nominacija su IKOMOS i „Međunarodna unija za zaštitu prirode“ (*IUCN – International Union for Conservation of Nature*). Treći savetnik je Međunarodni centar za proučavanje očuvanja i restauracije kulturnih dobara (*ICCROM – International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property*). Nakon što savetnici završe svoju procenu, šalju odgovor u sedište, koje ima finalnu odluku da li će dobro ili element biti prihvaćeno i upisano na listu zaštite, ili odbijeno uz ukazivanje na neophodnost unošenja izmena u način očuvanja i restauracije, kao i drugih faktora koji utiču na održivost programa zaštite kulturnog dobra. Komitet se sastaje jednom godišnje i zajednički odlučuju o prispelim nominacijama. Danas, da bi dobro bilo upisano na listu, mora da ispunjava jedan od deset kriterijuma selekcije, dok je do 2004. lista kriterijuma bila podeljena na šest kulturnih i četiri prirodna kriterijuma [13].

Kada se element ili dobro upiše na listu Uneskove zaštite, smatra se da mu je potvrđen značaj za ceo svet. Iz tog razloga se smatra da UNESCO programi Svetske baštine imaju veliki uticaj, jer od momenta kada se dobro upiše na listu, ono pripada svima, bez obzira na čijoj teritoriji se nalazi [14].

Tvrđenje da upisivanje dobara na listu Svetske baštine povećava broj dolazaka turista su uticale na to da se države članice lakše odluče da nominuju svoje nasleđe i da rade na njegovom očuvanju [15]. Ovo je uticalo na to da se rade brojna istraživanja koja ispituju tačnost date tvrdnje. Istraživanje rađeno analizom dobijenih podataka o broju poseta turista u 66 različiti država u periodu između 2000. i 2009. godine, nagoveštava da država koja ima više dobara na listi zaštite, beleži povećan broj dolazaka turista [16]. Istraživanje rađeno na teritoriji zemalja članica Evropske unije [17] ukazuje na to da su zabeleženi pozitivni uticaji u vidu povećanja broja dolazaka turista i zapošljavanju ljudi u turističkoj industriji.

Sve akcije usmerene ka zaštiti nasleđa se moraju u velikoj meri oslanjati na zajedničke napore svih aktera, uz aktivno uključivanje članova kulturnih zajednica [18]. IKOMOS je 2011. godine uveo alat „Okvir za procenu uticaja na nasleđe” koji obavezuje vlade da izvrše procenu za svaki predloženi projekat prostornog razvoja, koji bi mogao negativno da utiče na izuzetnu univerzalnu vrednost mesta svetske baštine [19].

Prema podacima dostupnim na zvaničnom sajtu UNESKA, čak 52 dobra sa liste se nalaze na posebnoj listi „Ugrožena dobra”, u 32 države članice [20]. Problematika prilikom upisivanja elemenata ili dobra na Uneskovu listu jeste neadekvatno prepoznavanje geološke strukture lokaliteta na kojem se nalazi dobro, posledica izgradnje u različitim vremenskim razdobljima i od različitih materijala [21].

Ukoliko dobro bude upisano na listu ugroženih dobara, neophodno je posebno obratiti

pažnju na njega, kako ne bi bio uklonjen sa liste Svetske baštine. Do sada su tri dobra uklonjena sa ove liste [22]. Prvo ikada dobro uklonjeno sa liste se nalazi u Omanu, Prirodno dobro „Arapsko Svetište Oriksa”, danas „Rezervat divljih životinja u Al Vursti”. Uklonjeno je 2007. godine nakon što je država Oman objavila da smanjuje teritoriju zaštićenog dobra za čak 90% nakon što je pronađena nafta, što je kao posledicu imalo smanjenje populacije Oriksa sa 450 na 65 jedinki [23]. Samo dve godine nakon uklanjanja prirodnog dobra u Omanu sa liste, u Nemačkoj je kulturno dobro „Drezden – dolina Elbe” uklonjeno 2009. godine kao posledica izgradnje mosta unutar zaštićenog kulturnog lokaliteta, te narušavanja njegove jedinstvene vrednosti [24]. Treće dobro koje je uklonjeno sa liste je takođe kulturno dobro u Velikoj Britaniji, istorijski centar Liverpula koji je 2012. godine bio proglašen za ugroženo dobro, 2021. godine je uklonjen sa liste kao posledica razvoja grada na zaštićenom lokalitetu, narušavajući originalne vrednosti [25]. Stručnjaci se slažu da je neophodno koristiti IKOMOS alat „Okvir za procenu uticaja na nasleđe”, kako bi se obezbedilo učešće svih aktera u procesu donošenja odluke, kako bi se iz potencijalnih projekata iskoristilo najviše, uz minimalno ugrožavanje zaštićenog prostora [26].

MATERIJAL I METODE

Pregledom dostupne literature su predstavljena dobra i elementi pod zaštitom na teritoriji Republike Srbije, kao i primeri dobre ili loše prakse upravljanja zaštićenim dobrima u inostranstvu.

Osnovu ovog rada čini komparativna analiza, kojom su upoređena javna dokumenta o predstavljenim dobrima i elementima, dok se posebno mogu izdvojiti i metode analize dokumenata kao i indukcija postojećih kvalitativnih podataka u opšte zaključke sa preporukama za dalji razvoj programa zaštite domaćih elemenata i dobara.

Komparativni metod je korišćen radi upoređivanja dobara i elemenata pod zaštitom, njihovog značaja, korišćenja i upravljanja, dok su metodom indukcije odabirani oni podaci iz svetske baštine koji se mogu upoređivati sa odgovarajućim podacima iz domaćih primera, kako bi se finalno izveli opšti zaključci kao preporuke još neprepoznate ili nepromenjene u Srbiji. Kako su se zaključne preporuke poklapale, došlo je do generalizacije preporuka za zaštitu baštine Republike Srbije.

Metod analize je korišćen sa ciljem dobijanja potpunih informacija o zaštićenim dobrima i elementima u svetu i u Republici Srbiji pod zaštitom UNESKA, te za njihovo predstavljanje u ovom radu. Radi potpune analize elemenata i dobara pod zaštitom, korišćeni su internet izvori – veb sajtovi (npr. <https://www.mfa.gov.rs/spoljna-politika/srbija-u-medjunarodnim-organizacijama/unesko/srbija-u-unesko>) i naučni radovi domaćih i stranih autora navedenih u literaturi, koji se bave problematikom korišćenja i zaštite dobara u Srbiji.

Za metod indukcije, radi upoređivanja sa odgovarajućim primerima iz Srbije, korišćeni su zvanični UNESCO sajtovi, pri čemu svaki program ima poseban sajt (<https://www.unesco.org/en>; <https://ich.unesco.org/en/>; <https://en.unesco.org/mab>; ...) na kojima su dati detaljni podaci o svakom programu, prikazane su liste dobara i elemenata, navedena su ugrožena dobra. Kombinacijom sajtova i naučnih radova, prikupljeni su neophodni podaci o programima i listama pod nadležnošću UNESKA.

REZULTATI

Prema Zakonu o kulturnom nasleđu Republike Srbije, kulturna dobra mogu da budu materijalna i nematerijalna. Materijalna dobra se dele na pokretna (muzejska, arhivska, audio-vizuelna, fotografska i bibliotečka građa) i nepokretna (spomenici kulture, arhe-

ološki lokaliteti, kao i istorijska mesta). Nematerijalna dobra obuhvataju nematerijalno nasleđe jednog naroda, oralne tradicije, izvođačke umetnosti, društvene prakse, rituali, svečani događaji, znanja i prakse koje se tiču prirode i univerzuma ili znanja i veštine za proizvodnju tradicionalnih zanata [26].

U sedam različitih kategorija, podeljeno je 19 dobara i elemenata koji se nalaze pod UNESCO zaštitom [3].

Na Listi svetske baštine UNESKA, među najvrednijim dobrima svetskog kulturnog i prirodnog nasleđa našla su se četiri dobra. Prvo dobro koje je upisano je „Stari Ras i Sopoćani”, zatim „Manastir Studenica“, dobro „Gamzigrad – Romulijana”, te prekogranično dobro „Srednjovekovni nadgrobni spomenici stećci”, koje je upisano zajedno sa Bosnom i Hercegovinom, Crnom Gorom i Hrvatskom.

Elementi na UNESCO listi „Ugrožena dobra” su pod nazivom „Srednjovekovni spomenici na Kosovu (Srbija)” i to su „Dečani”, „Pečka Patrijaršija”, „Manastir Gračanica i crkva Bogorodice Ljeviške”.

Kako Republika Srbija ima veliki broj značajnih nematerijalnih bogatstava, četiri elementa su se našla na UNESCO „Reprezentativnoj listi nematerijalnog kulturnog nasleđa čovečanstva”, od kojih je „Slava” upisana prva, zatim „Kolo”, „Pevanje uz gusle” i „Zlaskusko lončarstvo”.

UNESCO zaštita obuhvata i arhivsku građu i dokumenta, a Republika Srbija ima tri dobra koja su upisana na listu „Pamćenje sveta” (*Memory of the World*). Prvi na listu je upisan „Arhiv Nikole Tesle”, „Miroslavljevo jevanđelje” i „Telegram” – ultimatum Austro-ugarske Srbiji o objavi Prvog svetskog rata.

Republika Srbija se ponosi svojim prirodnim dobrima i pokušava na mnoge načine da ih zaštiti. UNESCO je prepoznao to, te se dva dobra nalaze na listi rezervata biosfere (*MAB – Man and Biosphere*), a to su „Golija – Studenica” i „Bačko Podunavlje”. Takođe, geopark „Đerdap” je prvi geopark na teritoriji Republike Srbije upisan na Uneskovu listu.

Jedan grad u Srbiji se izabran za člana Uneskove Mreže kreativnih gradova u oblasti muzike, a ta čast je pripala Vranju.

Kako bi se unapredilo prostorno planiranje, radi bolje zaštite i upravljanja dobrima koji se nalaze na Uneskovoj listi zaštite, neophodno je usaglasiti domaće zakone sa značajnim međunarodnim regulacijama, te uspostaviti Zakon o očuvanju kulturnog nasleđa na osnovu kojeg će biti olakšan proces zaštite [27].

Kada je bivša Jugoslavija 1974. godine potpisala Konvenciju o zaštiti prirodne i kulturne svetske baštine, ovaj prostor je dobio priliku da zaštiti svoje spomenike na međunarodnom nivou. Već 1976. godine je UNESCO u prethodno pomenutu Konvenciju dodao dokument „*Preporuka o istorijskim predelima*”, kojim je objavljeno da bi svaki prostor sa svojom okolinom trebalo da bude posmatran kao povezana celina. Tada se prvi put javlja termin „*Kulturni predeo*” [28].

Institut za zaštitu nasleđa u bivšoj Jugoslaviji je 1977. godine prepoznao predeo „Stari Ras i Sopoćani” kao prostornu kulturnu i istorijsku celinu, koji je zvanično upisan na Uneskovu listu 1979. godine, kao prvi srpski srednjovekovni prostor uvršten na ovu listu. Ovim je započeta posebna zaštita i upravljanje celinom, uz programe revitalizacije prepoznate od Ministarstva kulture. Problem koji se javlja danas na ovom prostoru je veliki broj ilegalno izgrađenih građevina u okolini zaštićenog područja, bez dobijene dozvole republičkog Zavoda za zaštitu spomenika, niti bilo koje druge institucije, što posebno ugrožava postojanje zone zaštite oko ove celine [28].

Manastir Studenica je drugo dobro na teritoriji Republike Srbije koje je upisano na Uneskovu listu Svetske baštine. Zbog velikog značaja tokom vekova, ali i brojnih oštećenja koja su zadesila ovaj spomenik, Studenica je 1986. godine upisana na listu zaštite, a deo manastira koji se ističe jeste Bogorodičina crkva, glavna manastirska crkva sa fasadom u mermeru. Osim fasada, Studenica je prepoznata zahvaljujući arhitektonskim elementima

kamenorezačkog, umetničkog i ikonografskog majstorstva [29].

„Gamzigrad – Romulijana” je arheološko nalazište koje se nalazi u Istočnoj Srbiji, na teritoriji grada Zaječara i od 2007. godine se nalazi na Uneskovoju listi svetske baštine. Predstavlja jedno od najznačajnijih lokaliteta u svetu koje datira još iz antičkog perioda, upisano pod zvaničnim nazivom „Gamzigrad – Romulijana, rimska palata Galerija”. Ovo je u vreme antičkog Rima bila rezidencija rimskog cara Gaja Valerija Maksimilijana Galerija [30].

„Srednjovekovni nadgrobni spomenici stećci” su kulturno dobro upisano 2016. godine na Uneskovu listu svetske baštine, zahvaljujući zajedničkoj kandidaturi Bosne i Hercegovine, Srbije, Crne Gore i Hrvatske, na čijim teritorijama se nalazi 4.100 spomenika na 30 lokaliteta. Stećci predstavljaju jedan od najosobnijih tragova prošlosti na prostoru bivše Jugoslavije, na teritoriji Zapadnog Balkana. Prema dostupnim podacima, klesani su između 12. i 15. veka, a postavljeni su uglavnom u grupama. Koliko je obiman i dug proces pripreme nominacije dobra govori i činjenica da su sve četiri zemlje delegirale predstavnike za novoformirano stručno telo, te da je nakon šest godina rada komisija podnela dokument sa više od 1.500 strana, na kojima je dobro detaljno predstavljeno uz razloge zašto treba da bude upisano na Listu svetske baštine [31].

„Srednjovekovni spomenici na Kosovu (Srbija)” je zajednički naziv za spomenike koji se nalaze na Kosovu, od kojih je manastir Dečani pod zaštitom od 2004. godine, dok su manastiri Pečka Patrijaršija i Gračanica, kao i crkva Bogorodice Ljeviške u Prizrenu upisane na listu „Ugrožena dobra” 2006. godine, što je predstavljao značajan korak u internacionalizaciji i unapređenju zaštite spomenika koji su od osamdesetih godina prošlog veka posebno nastradali [32]. Glavni razlog upisivanja spomenika na Kosovu na listu ugroženih dobara je činjenica da postoji nerazjašnjeno pitanje statusa lokaliteta, nezadovoljavajuće stanje procesa zaštite i održavanja, kao i otežavajuće okolnosti da se prate lokaliteti zbog političke nestabilnosti u toj regiji [33].

Na „Reprezentativnoj listi nematerijalnog kulturnog nasleđa čovečanstva” nalaze se četiri elementa nominovana od strane Republike Srbije. „Slava” je prvi nematerijalni kulturni element koji je upisan na Uneskovu listu, kao srpska tradicija proslavljanja praznika sveca zaštitnika porodice, sa porodicom i prijateljima. „Kolo” kao narodna tradicionalna igra je upisan na listu 2017. godine. Predstavlja simbol nacionalnog identiteta i nosi obeležja lokalnih i regionalnih identiteta zajednice. „Pevanje uz gusle” je element upisan 2018. godine na listu, koji predstavlja tradicionalno pevanje narodnih epskih pesama, koje su se nekada prenosile usmeno, dok se danas ispevavaju poznate zapisane pesme. Ovaj oblik narodne umetnosti podstiče najviše etničke vrednosti, a predstavlja spoj tradicionalnih muzičkih veština i pamćenja zajednice [34]. „Zlakuska lončarija” je najnoviji element upisan na listu 2020. godine, a predstavlja autentični tehnološki postupak izrade posuda na ručnom vitlu, a registrovanjem žiga i apliciranjem oznake geografskog porekla unapređuje se kvalitet i sprečava se falsifikovanje zlakuskih proizvoda [35].

„Pamćenje sveta” (*Memory of the World*) je program pokrenut od strane UNESKA 1993. godine kako bi se promovisalo očuvanje biblioteka i arhiva, posebno onih koji su ugroženi [36]. Republika Srbija ima tri dobra na ovoj listi, a prvi je upisan „Arhiv Nikole Tesle” 2004. godine, zatim „Miroslavljevo jevanđelje” 2005. godine i „Telegram” – ultimatum Austrougarske Srbiji o objavi Prvog svetskog rata 2015. godine. „Arhiv Nikole Tesle” predstavlja kolekciju naučne dokumentacije, rukopisa, prepiski, fotografija i ličnih dokumenata Nikole Tesle [37]. Miroslavljevo jevanđelje se smatra najstarijim i najreprezentativnijim spomenikom srpske pismenosti, nastalo u doba stare srpske države, prema dokumentima krajem 12. veka. Danas se čuva u Narodnom muzeju u Beogradu [38]. Treće dobro na listi „Telegram” predstavlja dokument telegram, u kojem Austrougarska objavljuje rat Srbiji 28. 06. 1914. godine, koji ujedno predstavlja i početak Prvog svetskog rata. Danas se čuva u Državnom arhivu Srbije u Beogradu [39].

Republika Srbija ima dva rezervata biosfere registrovana na listi „Čovek i biosfera”. Rezervat biosfere „Golija – Studenica” je upisan na listu 2001. godine, a nalazi se u jugozapadnom delu Srbije, na istočnoj padini Dinarskih Alpa. Ono po čemu se ističe ovaj rezervat jeste da se kontinuirano otkrivaju nova staništa, flora i fauna. Manastir Studenica se nalazi u severoistočnom delu rezervata prirode Golija, i zajedno čine rezervat biosfere koji je upisan na Uneskovu listu. Golija je proglašena za nacionalni park prirode, što doprinosi dodatnoj zaštiti [40]. Rezervat prirode „Bačko Podunavlje” predstavlja jedno od najvećih i najbolje očuvanih močvarnih područja na prostoru gornjeg Dunava. Međunarodni koordinacioni savet je uvrstio Bačko Podunavlje na listu rezervata biosfere 2017. godine, zahvaljujući jedinstvenosti ekološkog sistema [41]. Još jedno od prirodnih bogatstava Srbije koje je upisano na listu svetske baštine je „Đerdap”, koji je 2020. upisan kao prvi geopark na teritoriji Srbije [42]. Od uspostavljanja liste geoparkova 2000. godine, geoproizvodi su strategija lokalnog razvoja i inovacije na teritoriji geoparkova, i tesno su povezani sa geoturizmom [43].

Uneskova Mreža kreativnih gradova je osnovana 2004. godine, sa akcentom na revitalizaciju gradova koji imaju potencijala za ekonomsku isplativost, putem kreativnih akcija i kulturnih aktivnosti. Koncept „Kreativni grad” podrazumeva grad u kojem žive i rade kreativni ljudi i gde se odvijaju kreativni procesi [44]. Vranje je uključeno u mrežu kreativnih gradova 2020. godine [45].

Primeri iz prakse

Kako UNESCO prepoznaje materijalno i nematerijalno nasleđe, postoje brojni primeri dobre prakse u zaštiti i održivom razvoju nasleđa koje je već upisano na listu.

Nematerijalno kulturno nasleđe je od velikog značaja za tradiciju i kulturu jednog naroda. UNESCO je u periodu između 2011. i 2018. godine izdvojio 38 elemenata koji se smatraju dobrim primerima kako se čuva nematerijalno kulturno nasleđe. Pregledom liste elemenata koji su izdvojeni kao dobri primeri [46] može se uočiti da UNESCO kao glavnu pozitivnu stvar izdvaja činjenicu da su svi elementi originalni, da se poštuje tradicija koja je prenošena sa kolena na koleno, da nije prilagođeno i promenjeno zbog turizma i većeg broja dolazaka, čime bi se ugrozila jedinstvenost elementa. Uz sve navedeno, značajan broj ljudi posećuje i aktivno učestvuje u aktivnostima.

„Mreža kreativnih gradova” je program koji u prvi plan stavlja kreativne ljude i njihove stvaralačke procese. Na primeru Temišvara se vidi pozitivna povezanost između industrijskog nasleđa i kreativne industrije, jer se smatra da industrijski prostor sa jedinstvenim karakteristikama nudi velike mogućnosti za kreiranje projekata, posebno zahvaljujući veličini prostora koji može da bude podeljen među različitim grupama u skladu sa njihovim potrebama [45].

Pojam koji se sve češće javlja u turizmu jeste „*over-tourism*”, što označava preveliki broj turista na određenoj destinaciji koji može negativno da utiče na zajednicu [47]. Ovaj pojam se povezuje sa velikim brojem evropskih gradova. Jedan od njih je i Venecija, koja poslednjih godina ima veliki problem sa jednodnevnim posetiocima i kruzima. Pre nekoliko godina, posetioци su se susretali sa velikim brojem antiturističkih demonstracija, uglavnom lokalnog stanovništva koje pati zbog prevelikog broja turista. Značajan broj stanovnika je napustio Veneciju, jer osim gužve koja je bila na svakom koraku, cene u gradu su se značajno povećale. Sve ovo pretpostavlja da UNESCO uvrsti Veneciju na listu „Ugroženog nasleđa” [48]. Plitvička jezera, nacionalni park u Hrvatskoj, koja se 1979. godine nalaze na Uneskovoј listi svetske baštine, takođe imaju problem sa prevelikim gužvama i previše turista koji posećuju lokalitet, posebno tokom letnjih meseci. Ovaj problem je prepoznao i menadžment nacionalnog parka, koji je doneo poseban plan za upravljanje

lokalitetom u periodu 2019–2028, u kojem se pominje nezadovoljstvo turista zbog prevelikog broja posetilaca, nemogućnosti da se pronađe parking, prošetati u miru i napraviti dobre fotografije [49].

Zabrinutost se javlja i na ostrvu Korzika, gde se nalazi Skandola, prirodno dobro na listi svetske baštine UNESKA. Smatra se da se razvojem primorskog i ekoturizma uznemirava divlji svet, čemu bi trebalo posebno da se posveti pažnja prilikom planiranja aktivnosti u zaštićenom području [50].

DISKUSIJA

Republika Srbija aktivno učestvuje u zaštiti i očuvanju dobara i elemenata, uz određene poteškoće sa kojima se susreće iz više razloga, među kojima se ističu finansijski, organizacioni i politički. Učešće u različitim aktivnostima i dalje treba da bude prioritarna, uz kontinuirani razvoj održivog turizma.

Arheološko nalazište „Gamzigrad – Romulijana” je pod upravom Narodnog muzeja u Zaječaru, koji je zadužen za održavanje lokaliteta, prezentovanje pokretnih otkrića, ali i brigu o turističkim poslovima na lokalitetu kao što su prodaja ulaznica, suvenira i publikacija. Osim Narodnog muzeja, brigu o lokalitetu vode i druge institucije, a to su Republički zavod za zaštitu spomenika, Arheološki institut u Beogradu i grad Zaječar. Problemi koji se javljaju na lokalitetu su ozbiljni i ugrožavaju ga. Kao jedan od glavnih problema koji se javlja jeste nepristupačnost lokaliteta, tj. loš prilazni put, zatim poljoprivrednici koji se tokom obrade zemljišta u okolini lokaliteta previše približavaju i narušavaju objekat. Nedostatak finansijskih sredstava utiče na neadekvatnu turističku infrastrukturu, a autori ističu da trenutno stanje lokaliteta ne ukazuje da se ono nalazi na Uneskovoju listi svetske baštine [30].

Problemi koji su prisutni sa dobrima pod zaštitom na teritoriji Kosova jesu u činjenici da se konvencije o zaštiti koje su potpisane ne primenjuju u dovoljnoj meri u praksi, posebno deo da u kontekstu razmatranja ekonomskih i političkih problema zaštita nasleđa zahteva osnaživanje odnosa sa međunarodnim institucijama, njihovu finansijsku podršku, te podršku u vidu saradnje sa stručnjacima iz sveta koji mogu da doprinesu očuvanju znamenitosti [32].

U rezervatu biosfere „Golija – Studenica” se takođe javljaju finansijski problemi koji otežavaju održavanje i očuvanje rezervata, jer su lokalni budžeti nedovoljni za neometano upravljanje prirodnim dobrom [40]. Istraživanje u Nemačkoj [51] naglašava značaj povezivanja prirode i ljudi, koji su glavni faktor za očuvanje prirode u današnje vreme, ali i priroda na mnogo načina može da doprinese većem ljudskom blagostanju. Ukoliko se istovremeno radi na očuvanju i održivom razvoju rezervata biosfere, zoniranje može da bude od velike koristi. Ekološke aktivnosti oko zone stroge zaštite mogu pozitivno da utiču na zapošljavanje lokalnog stanovništva i povećanje ekonomske dobiti [52]. Republika Srbija može da promoviše značaj boravka u prirodi, pogotovo na mestu kao što je rezervat biosfere, da bi podstakla lokalno stanovništvo da se uključi u aktivnosti unutar i u blizini ovog lokaliteta, te da indirektno kroz ekoturizam povećaju finansijsku dobit.

Potencijal za Srbiju predstavlja postojanje velikog broja objekata industrijskog nasleđa koji bi mogli da se koriste kao prostori kreativnog stvaralaštva, koji bi mogli da budu osnova za uključivanje gradova u „Mrežu kreativnih gradova”. Jedno od takvih mesta se nalazi u Novom Sadu, danas poznato kao „Kineska četvrt” između dela grada Telep i mosta Slobode, koje je transformisano u kreativni distrikt, u okviru projekta „Novi Sad 2021 – Evropska prestonica kulture” [53]. Industrijska četvrt predstavlja jednu od najvećih oblasti industrijskog nasleđa u Novom Sadu i sastoji se od 27 građevina izgrađenih između 1920. i 1970. godine. Kineska četvrt je kao prostor za kreativnu industriju imala

veliku ulogu u dobijanju titula „Novi Sad Omladinska prestonica Evrope” za 2019. godinu i „Novi Sad Evropska prestonica kulture” za 2021. godinu [54].

„Zlakuška lončarija” je i pre upisivanja na Uneskovu listu privlačila mnogo pažnje, dovela je do stvaranja udruženja koja se bave izradom proizvoda i čuvanjem tradicije, organizacije događaja u cilju promocije i veliku potražnju za samim proizvodima. Događaj koji se tradicionalno organizovao „Demonstracija gradnje lonaca i pečenja na otvorenoj vatri” je minimalno iskorišćen poslednjih godina organizacije, dok je nekada činio osnovni element događaja, što se daje kao primer nekontrolisane eksploatacije kulturnog dobra, koje pretilo da ugrozi njegovo postojanje. Neophodno je da lokalna zajednica sarađuje sa institucijama zaštite kulturnog nasleđa i lokalnom turističkom organizacijom, kako bi se zaštitilo kulturno dobro [35].

Republika Srbija aktivno radi na zaštiti prirodnih i kulturnih dobara koji se nalaze na Uneskovim listama zaštićenih dobara i elemenata, ali i ostalih, što ukazuje da je hipoteza 1 prihvaćena. Svakako, elementi i dobra koji se nalaze na listi zaštite privlače veću pažnju domaćih i stranih posetilaca, ali i zaštitara koji prate svaku promenu, kako bi se na vreme moglo reagovati i sprečiti eventualna šteta. Pregledom literature i navođenjem dobara koja su na listi zaštite, primećuje se da Srbija ima značajna dobra i elemente, ukorenjene u kulturi naroda. Kako je UNESCO krovna organizacija koja se bavi unapređenjem i zaštitom materijalnih i nematerijalnih dobara i elemenata, bitno je da se na osnovu primera iz prakse iskoriste iskustva i metode zaštite i unapređenja trenutnih, ali i potencijalnih dobara koja su u fazi evaluacije. Navedeno delimično potvrđuje hipotezu 2, jer Srbija prati smernice koje dobija, ali je neophodno još više uključivanja zainteresovanih strana i još detaljnije praćenje, kako bi se osigurala maksimalna zaštita lokaliteta, uz održivo korišćenje. U svetu postoji veliki broj istih ili sličnih primera koji bi mogli da se iskoriste kao primeri dobre prakse, kako bi se došlo do najboljeg rešenja. Kada se uzme u obzir da postoje rute formirane za posetu dobara na Uneskovo listi, kao što su „Sistem puteva Inka” u Južnoj Americi [55], „Kubansko moderno nasleđe” na Kubi [56], kao i mnoge druge koje doprinose povećanju turističkih poseta. Iz tog razloga, neophodno je da se posveti posebna pažnja održivom razvoju turizma, kako ne bi došlo do prevelikog broja poseta koji može negativno da utiče na lokalitet i ugrozi ga. Primer dobra koje treba više računati da vodi o održivom turizmu i kontrolisanju broju posetilaca jeste Venecija, koja godinama ima problem sa previše poseta, posebno jednodnevnih, čime se ugrožava zaštićeno kulturno dobro, ali se i javlja negativno osećanje kod lokalnog stanovništva zbog prevelike gužve i visokih cena uslovljenih turizmom [56].

Srbija, u zavisnosti od mesta i sezone, već ima na nekim mestima problem sa velikim brojem dolazaka, te je neophodno praćenje i dodatna zaštita kako ne bi došlo do ugrožavanja dobara, što se može učiniti adekvatnim menadžmentom na lokalitetima. Ova tvrdnja potvrđuje hipotezu 3 i ukazuje na neophodnost zapošljavanja stručnih kadrova radi lakšeg prevazilaženja problema.

ZAKLJUČAK

UNESCO kao svetska organizacija ima veliki značaj za očuvanje kulturnog ili prirodnog nasleđa. To se posebno ogleda u činjenici da kada se neko dobro ili element nađu na listi UNESCO baštine, ono dobija dodatnu zaštitu na osnovu potvrđenog značaja i vrednosti za neku državu ili oblast. Republika Srbija kao punopravna članica sa 19 dobara i elemenata upisanih tokom godina dokazuje da neprestano radi na očuvanju svoje baštine za buduće generacije. Cilj ovog rada je ispunjen, predstavljena su dobra i elementi u Srbiji pod zaštitom, kao i problemi sa kojima se država susreće u procesu zaštite i praćenja dobijenih smernica. Analizom dobrih i loših primera iz prakse, predložene su smernice koje

bi Srbija trebalo da prati kako bi bila na listi zemalja sa primerima dobre prakse. Takođe, može se zaključiti da je neophodno značajnije uključivanje nadležnih institucija i usklađivanje domaćih zakona sa međunarodnim, ali i saradnja sa međunarodnim institucijama. Ljudski faktor je od najvećeg značaja, te je potrebno uključivanje domaćih i međunarodnih stručnjaka kako bi se obezbedilo očuvanje nasleđa. Jedan od glavnih problema sa kojima se institucije koje upravljaju lokalitetima susreću jeste nedostatak finansijskih sredstava. Rešenje za ovaj problem može da bude unapređenje održivog turizma, što bi značilo korišćenje dostupnih resursa uz minimalno ugrožavanje. Su i Lin [16] ističu da veći broj dobara upisanih na listu Svetske baštine imaju značajniji pozitivni efekat na broj dolazaka stranih turista, te da se osim na razvoju turističke ekonomije, pozitivan efekat vidi i u održivoj konzervaciji kulturnih i prirodnih dobara. Zbog svega navedenog, javlja se pitanje da li je upisivanje na Uneskovu listu blagoslov ili opterećenje, jer sa jedne strane se više ulaže i radi na očuvanju dobra i elementa, dok sa druge strane se kao posledica javlja preveliki broj turista, ugrožavanje ekosistema, ali i negativni utisci lokalne zajednice [57]. Iako turizam dovodi do povećanja broja posetilaca, treba voditi računa o očuvanju tradicije nematerijalne kulturne baštine i promovisati je kao originalnu.

Republika Srbija ima veliki potencijal da bude prepoznata u svetu po jedinstvenim dobrima i elementima koji se nalaze na listi svetske baštine, što je i potvrđeno prihvatanjem postavljenih hipoteza. Neophodan je kontinuirani rad na očuvanju i promociji nasleđa, uz uključivanje svih zainteresovanih strana, posebno lokalne zajednice.

Istraživanje je finansiralo Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (Ev. br. 451-03-68/2022-14/200125)

LITERATURA

1. Centre U. The World Heritage Convention [Internet]. Whc.unesco.org. 2022 [pristupljeno 13 August 2022]. Dostupno na: <https://whc.unesco.org/en/convention/>
2. Centre U. UNESCO World Heritage Centre - World Heritage List [Internet]. Whc.unesco.org. 2022 [pristupljeno 13 August 2022]. Dostupno na: <https://whc.unesco.org/en/list/>
3. Srbija u UNESCO | Ministarstvo spoljnih poslova [Internet]. Ministarstvo spoljnih poslova. 2022 [pristupljeno 13 August 2022]. Dostupno na: <https://www.mfa.gov.rs/lat/spoljna-politika/srbija-u-medjunarodnim-organizacijama/unesco/srbija-u-unesco>
4. Centre U. The World Heritage Convention [Internet]. Whc.unesco.org. 2022 [pristupljeno 13 August 2022]. Dostupno na: <https://whc.unesco.org/en/convention/>
5. Matysek KA., Stratford E., Kriwoken LK. The UNESCO Biosphere Reserve Program in Australia: constraints and opportunities for localized sustainable development. Canadian Geographer/Le Géographe Canadien. 2006 Mar;50(1):85-100.
6. World Network of Biosphere Reserves [Internet]. UNESCO, 2022 [pristupljeno 15 Avgust 2022], Dostupno na: <https://en.unesco.org/biosphere/wnbr>
7. Patzak M., Eder W. " UNESCO GEOPARK". A new programme-a new UNESCO label. Geologica Balcanica. 1998;28:33-6.
8. List of Geoparks & Regional Networks [Internet]. UNESCO. 2022 [pristupljeno 15 August 2022]. Dostupno na: <https://en.unesco.org/global-geoparks/list>
9. UNESCO – Browse the Lists of Intangible Cultural Heritage and the Register of good safeguarding practices [Internet]. Ich.unesco.org. 2022 [pristupljeno 27 Septembra 2022]. Dostupno na: <https://ich.unesco.org/en/lists?text=&inscription=&country=&type=00002>
10. About us | Creative Cities Network [Internet]. En.unesco.org. 2022 [pristupljeno 23 August 2022]. Dostupno na: <https://en.unesco.org/creative-cities/content/about-us>
11. UNESCO - What is Intangible Cultural Heritage? [Internet]. Ich.unesco.org. 2022 [pristupljeno 20 August 2022]. Dostupno na: <https://ich.unesco.org/en/what-is-intangible-heritage-00003>.
12. Bellet B. History - International Council on Monuments and Sites [Internet]. Icomos.org. 2022 [pristupljeno 18 August 2022]. Dostupno na: <https://www.icomos.org/en/about-icomos/mission-and->

vision/history?start=1

13. Centre U. UNESCO World Heritage Centre - World Heritage List Nominations [Internet]. Whc.unesco.org. 2022 [pristupljeno 22 August 2022]. Dostupno na: <https://whc.unesco.org/en/nominations/>
14. Rakytova I., TOMČÍKOVÁ Ľ. Using UNESCO world heritage site of Vlkolinec (Slovakia) in geographical education. *Review of International Geographical Education Online*. 2019 Jun 1;9(2):426-46.
15. Adie BA., Hall CM., Prayag G. World Heritage as a placebo brand: A comparative analysis of three sites and marketing implications. *Journal of Sustainable Tourism*. 2018 Mar 4;26(3):399-415.
16. Su Y., Lin H. Analysis of international tourist arrivals worldwide: The role of world heritage sites. *Tourism Management*. 2014;40:46-58.
17. Škrabić Perić B., Šimundić B., Muštra V., Vugdelija M. The role of unesco cultural heritage and cultural sector in tourism development: The case of EU countries. *Sustainability*. 2021 Jan;13(10):5473.
18. Blake J. UNESCO's 2003 Convention on Intangible Cultural Heritage: the implications of community involvement in 'safeguarding'. In *Intangible heritage 2008 Dec 3* (pp. 59-87). Routledge.
19. Patiwaël P., Groote P., Vanclay F. Does local planning culture influence the effectiveness of impact assessments?: reflecting on infrastructure projects in a Dutch UNESCO World Heritage site. *Impact Assessment and Project Appraisal*. 2022;40(3):254-265.
20. Centre U. UNESCO World Heritage Centre - World Heritage List [Internet]. Whc.unesco.org. 2022 [cited 17 August 2022]. Available from: <https://whc.unesco.org/en/list/?&danger=1>.
21. Duraj M., Marschalko M., Niemiec D., Yilmaz I. Monuments of the Czech Republic on the UNESCO World Heritage Site List and their Significance for Geotourism. *Procedia Engineering*. 2016;161:2265-2270.
22. Centre U. UNESCO World Heritage Centre - World Heritage List [Internet]. Whc.unesco.org. 2022 [pristupljeno: 17 August 2022]. Dostupno na: <https://whc.unesco.org/en/list/?&delisted=1>
23. Centre U. Oman's Arabian Oryx Sanctuary : first site ever to be deleted from UNESCO's World Heritage List [Internet]. Whc.unesco.org. 2022 [cited 19 August 2022]. Available from: <https://whc.unesco.org/en/news/362>
24. Schneider H. Deliberative Topoi and the Pull of the Future: Bridging Disparate Visions of Dresden Elbe Valley. *Rhetoric Society Quarterly*. 2019;49(5):495-516.
25. Gaillard B., Rodwell D. A failure of process? Comprehending the issues fostering heritage conflict in Dresden Elbe valley and liverpool—Maritime Mercantile city world heritage sites. *The Historic Environment: Policy & Practice*. 2015 May 1;6(1):16-40.
26. Službeni glasnik RS, br. 129/2021
27. Dobricic M., Ristic K., Josimovic B. The spatial planning, protection and management of world heritage in Serbia. *Spatium*. 2016;(36):75-83.
28. Špehar P., Debljović Ristić N., Špehar O. Stari (Old) Ras and Sopoćani: Challenges and Opportunities in Managing UNESCO Cultural Heritage. *Analecta Archaeologica Ressoviensia*. 2018;13:135-153.
29. Debljović Ristić N., Šekularac N., Mijović D., Ivanović Šekularac J. *Studenica Marble: Significance, Use, Conservation*. Sustainability. 2019;11(14):3916.
30. Maksić M., Dobričić M., Trkulja S. Institutional limitations in the management of UNESCO cultural heritage in Serbia: The case of Gamzigrad-Romuliana archaeological site. *Land Use Policy*. 2018 Nov 1;78:195-206.
31. Mihajlović V. V. Stećci kao (inter) nacionalno nasleđe: tri studije slučaja. *Etnoantropološki problemi/ Issues in Ethnology and Anthropology*. 2018; 13 (3): 677–93.
32. Nikolić M., Lazar M. V., Blagojević M. R. Spomenici svetske kulturne baštine na Kosovu i Metohiji – problemi i perspektive zaštite. *Arhitektura i urbanizam*. 2021. Dec 9 (53): 89–99.
33. Centre U. Medieval Monuments in Kosovo [Internet]. Whc.unesco.org. 2022 [Pristupljeno 18 August 2022]. Dostupno na: <https://whc.unesco.org/en/list/724/indicators/>
34. Sančanin BS., Dramićanin SV. The significance of the Representative List of the Intangible Cultural Heritage for the preservation of Serbian cultural heritage. *Baština*. 2019(49):419-31.
35. Krasojević B., Đorđević B. NEMATERIJALNO KULTURNO NASLEĐE: TURISTIČKI RESURS SRBIJE. In *Synthesis 2015-International Scientific Conference of IT and Business-Related Research 2015* (pp. 561-565). Singidunum University.
36. Heaney M. The UNESCO memory of the world programme. *Alexandria*. 2016 Apr;26(1):46-55.
37. Jović-Lazić A., Nikolić M. Saradnja Republike Srbije sa Organizacijom za obrazovanje nauku i kulturu (UNESKO). *Institut za međunarodnu politiku i privredu*.
38. Rodić N. *Miroslavljevo jevanđelje: kritičko izdanje*. Srpska akademija nauka i umetnosti; 1986.

39. Telegram of Austria-Hungary's declaration of war on Serbia on 28th July 1914 [Internet]. UNESCO. 2022 [pristupljeno 24 August 2022]. Dostupno na: <https://en.unesco.org/memoryoftheworld/registry/555>
40. Pantić M., Čolić N., Milijić S. Golija-Studenica Biosphere Reserve (Serbia) as a Driver of Change. *Journal on Protected Mountain Areas Research and Management*. 2021 Nov;13:58-69.
41. Obradović S., Pantelić M., Stojanović V., Tešin A., Dolinaj D. Danube water quality and assessment on ecotourism in the biosphere reserve 'Bačko Podunavlje' in Serbia. *Water Supply*. 2020 Jun 1;20(4):1215-28.
42. Jovanović J., Stojanović M., Janković T., Drobnjak S., Djordjević D., Banković R et al. A Case Study on the Danube Limes in Serbia: Valorisation and Cartographic Analyses of Selected Tourism Products. *Sustainability*. 2022;14(3):1480.
43. Rodrigues J., de Carvalho CN., Ramos M., Ramos R., Vinagre A., Vinagre H. Geoproducts–Innovative development strategies in UNESCO Geoparks: Concept, implementation methodology, and case studies from Naturtejo Global Geopark, Portugal. *International Journal of Geoheritage and Parks*. 2021 Mar 1;9(1):108-28.
44. Strykiewicz T., Męczyński M., Stachowiak K. Role of creative industries in the post-socialist urban transformation.
45. Marian-Potra AC., Işfănescu-Ivan R., Pavel S., Ancuța C. Temporary uses of urban brownfields for creative activities in a post-socialist city. Case study: Timișoara (Romania). *Sustainability*. 2020 Oct 1;12(19):8095.
46. UNESCO - Browse the Lists of Intangible Cultural Heritage and the Register of good safeguarding practices [Internet]. *ich.unesco.org*. 2022 [pristupljeno 19 August 2022]. Dostupno na: <https://ich.unesco.org/en/lists&exemplary=1#tabs>
47. Dodds R., Butler R. The phenomena of overtourism: A review. *International Journal of Tourism Cities*. 2019 Oct 8;5(4):519-28.
48. Sheeran P., Pilato M. THE FALL AND RISE OF VENICE AS A SEA PORT: MARINE MANAGEMENT, SUSTAINABILITY, AND THE ECONOMICS OF HERITAGE 1. *Calitatea*. 2017 Mar 1;18(S2):416-8.
49. Sergiacomi C., Vuletić D., Paletto A., Barbierato E., Fagarazzi C. Exploring National Park Visitors' Judgements from Social Media: The Case Study of Plitvice Lakes National Park. *Forests*. 2022 May;13(5):717.
50. Monti F., Duriez O., Dominici J., Sforzi A., Robert A., Fusani L et al. The price of success: integrative long-term study reveals ecotourism impacts on a flagship species at a UNESCO site. *Animal Conservation*. 2018;21(6):448-458.
51. Winkler KJ. The implementation of the conceptual shift in conservation: pathways of three German UNESCO biosphere reserves, *Ecosystems and People*, 2019 Jan 1;15(1):173-80.
52. Hedden-Dunkhorst B., Schmitt F. Exploring the potential and contribution of UNESCO Biosphere Reserves for landscape governance and management in Africa, *Land*, 2020 Jul 22;9(8):237.
53. Kopic MD., Polić DM. Transformation potentials of the Danube coast in Novi Sad on the move from Šodros to Štrand. *Tehnika*. 2020;75(1):87-93.
54. Cizler J. Aktivacija nekadašnjih industrijskih područja: Kreativni i civilni sektor kao glavni akteri prevladavanja institucionalnih ograničenja u Srbiji. *Sociologija i prostor: časopis za istraživanje prostornoga i sociokulturnog razvoja*. 2019 Apr 25;57(1 (213)):23-44.
55. Salin E. Heritage routes and multiple narratives. The Inca Road System (Qhapaq Ñan, Camino principal andino/Andean road system): a specific case of a non-tourism heritage route?. *Via. Tourism Review*. 2021 Dec 15(20).
56. Coscia C., Curto R., Rolando D., Peña Díaz J., Gadaleta V. Enjoyment of the Cuban Modern Heritage: an innovative cultural visitors route to connect the UNESCO site of old Havana to the National Schools of Art. *Enjoyment of the Cuban Modern Heritage: an innovative cultural visitors route to connect the UNESCO site of old Havana to the National Schools of Art.*. 2018:102-5.
57. Caust J., Vecco M. Is UNESCO World Heritage recognition a blessing or burden? Evidence from developing Asian countries. *Journal of Cultural Heritage*. 2017 Oct 1;27:1-9.

SIGNIFICANCE OF INSCRIPTION OF GOODS ON UNESCO PROTECTION LIST FOR DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE TOURISM CASE STUDY: REPUBLIC OF SERBIA

Author: JOVANA MILJKOVIĆ

Email: miljkovic.jovana.95@gmail.com

Mentor: Full Prof. Tatjana Pivac

Department of Geography, Tourism and Hospitality

Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Novi Sad

Introduction: The Republic of Serbia has been a full member of UNESCO since 2000, and the former Socialist Federal Republic of Yugoslavia was part of the pioneering work of UNESCO since 1950. This indicates a long tradition and aspiration to preserve goods and elements which will remain for future generations. Today, there are 19 goods and elements in the territory of the Republic of Serbia under UNESCO's protection. The state constantly invests efforts in respecting and implementing various UNESCO program activities.

Aim: The aim of the paper is to present the goods and elements under protection and to give suggestions based on examples of good practices, to strengthen the tourist offer of the Republic of Serbia simultaneously using protected goods, with an emphasis on the development of sustainable tourism.

Material and Methods: The literature review displays the elements under protection on the territory of the Republic of Serbia. Through comparative analysis of the existing literature, the recommendations were concluded by induction.

Results: The Republic of Serbia actively participates in heritage protection, with genuine difficulties encountered for several reasons, mainly financial, organizational, and political. Participation in various activities should continue to be a priority simultaneously with the ongoing sustainable tourism development.

Conclusion: When a good or element is registered on the UNESCO World Heritage List, it receives additional protection based on the confirmed significance and value of the tangible or intangible inheritance. The Republic of Serbia, a full member with 19 goods and elements registered over the years, is constantly striving to preserve its heritage for future generations. Since tourism is one of the crucial factors for the development of the area, systematic development is necessary in order to ensure the sustainable management of localities and the preservation of protected areas or goods.

Keywords: UNESCO protection, sustainable tourism, UNESCO cultural goods, UNESCO natural goods, heritage conservation

ODRŽIVI RAZVOJ TURIZMA – STUDIJA SLUČAJA „VRUĆA TAČKA” BIODIVERZITETA TROPSKI ANDI

Autor: MARIJA ZELJKOVIĆ

e-mail: maki.zeljko96@gmail.com

Mentor: Prof. Snežana Đurđić

Geografski fakultet Univerziteta u Beogradu

Uvod: Održivi turizam uspeva da pomiri ekonomske, sociokulturne i ekološke aspekte razvoja. „Vruća tačka” biodiverziteta Tropski Andi je područje najveće biološke raznovrsnosti na svetu, veoma važno za očuvanje životne sredine i uspostavljanje održivog turizma. Istovremeno, ovo je oblast sa bogatim kulturno-istorijskim nasleđem, multietnicizmom i veoma siromašnim stanovništvom, kome bi uključivanje u održivo turističko poslovanje moglo umnogome da unapredi kvalitet života.

Cilj: Cilj rada je ukazati na oblike turističkog prometa kroz koje će se na najbolji način valorizovati prirodne vrednosti i raznovrsnost biodiverziteta u Tropskim Andima Venecuele, Kolumbije, Ekvadora, Perua, Bolivije, Argentine i Čilea i istaći aktivnosti neophodne za unapređenje održivog razvoja turizma na ovom prostoru.

Materijal i metode: U ovom radu je izvršena analiza podataka iz sekundarnih izvora, korišćen je metod studije slučaja radi isticanja osobenosti prostora i biodiverziteta Tropskih Anda pri usmeravanju održivog turističkog razvoja i komparativni metod, u cilju poređenja pokazatelja razvijenosti turizma u okviru država koje su obuhvaćene ovom „vrućom tačkom”.

Rezultati: Utvrđeno je postojanje velikih regionalnih razlika u zastupljenim oblicima turističkog prometa, materijalnoj bazi za razvoj turizma i zabeleženom broju turista na području Tropskih Anda. Takođe, brojne pretnje po biodiverzitet otežavaju usklađivanje turističkog razvoja sa principima održivosti.

Zaključak: Potrebno je kontinuirano pratiti uticaje turizma na destinaciju i zajedničkim naporima privatnog, državnog sektora i lokalne zajednice, proglašenjem novih zaštićenih područja, podizanjem ekološke svesti kod turista i kod stanovnika, stvaranjem integralne ponude i intenziviranjem promotivnih aktivnosti, prostor Tropskih Anda afirmisati kao jednu od najznačajnijih destinacija održivog turizma u svetu.

Ključne reči: održivi razvoj; biodiverzitet; Tropski Andi; turizam; vruća tačka biodiverziteta

UVOD

Održivi turizam predstavlja koncept koji je tokom poslednjih godina implementiran u sve većem broju destinacija. Njegova sveobuhvatnost uspeva da pomiri ekonomske, sociokulturne i ekološke aspekte razvoja, koji su dosadašnjoj turističkoj praksi obično bili sukobljeni [1]. „Vruća tačka” biodiverziteta Tropski Andi izabrana je kao oblast istraživanja koegzistencije održivog turizma i očuvanja živog sveta, kao područje najveće biološke raznovrsnosti na svetu. Istovremeno, ovo je oblast sa bogatim kulturno-istorijskim nasleđem, multietnicizmom i veoma siromašnim stanovništvom, kome bi uključivanje u održivo turističko poslovanje moglo umnogome da unapredi kvalitet života [2].

Predmet ovog rada je analiza potencijala i ograničenja za razvoj održivog turizma na

području „vruće tačke“ biodiverziteta Tropski Andi.

Cilj rada je ukazati na oblike turističkog prometa kroz koje će se na najbolji način valorizovati prirodne vrednosti i raznovrsnost biodiverziteta u Tropskim Andima Venecuele, Kolumbije, Ekvadora, Perua, Bolivije, Argentine i Čilea, istovremeno minimizirajući negativne ekološke, ekonomske i sociokulturne uticaje po lokalnu zajednicu i okruženje.

Koegzistencija „vrućih tačaka“ biodiverziteta i održivog razvoja turizma

„Vruće tačke“ biodiverziteta su područja koja imaju prioritet u zaštiti prirode. Začetak ovog koncepta vezuje se za studije britanskog ekologa Normana Majersa iz 1988. godine, u kojima se kao osnovni pokazatelj bogatstva biodiverziteta uzimaju biljke. Ovim konceptom se izdvajaju oblasti koje su najbogatije endemičnim vrstama, gde se biodiverzitet najozbiljnije ugrožava i gde bi ulaganja u njegovu zaštitu ostvarila najznačajnije efekte. Najčešće se područja sa najvećim diverzitetom poklapaju sa oblastima najugroženijih staništa [3]. Trenutno je identifikovano 36 „vrućih tačaka“ kopnenog biodiverziteta na svetu. Poslednja je uvrštena 2016. godine i obuhvata obalski prostor Severne Amerike duž severoistočnih delova Meksika, Meksičkog zaliva, Floride i istočno do Masačusetsa.

„Vruće tačke“ biodiverziteta zauzimaju samo 2,4% kopnene površine Zemlje, ali sadrže više od polovine svetskih biljnih endemskih vrsta i skoro 43% endemskih vrsta ptica, sisara, gmizavaca i vodozemaca [4].

Da bi se određena regija svrstala u „vruću tačku“ biodiverziteta, neophodno je da zadovolji dva kriterijuma:

- da raspolaže sa najmanje 1500 endemskih vaskularnih biljaka,
- da ima 30% ili manje autohtone vegetacije.

Shodno navedenom, može se zaključiti da su osnovni uslovi da neka regija bude proglašena „vrućom tačkom“ biodiverziteta to da je nezamenjiva, odnosno da se veliki broj vrsta nalazi samo u okviru njene teritorije i nigde više na svetu, i da je ugrožena, odnosno da je veliki procenat vegetacije uništen. Rasprostranjenost ovih žarišta preklapa se sa prirodnim područjima od kojih veliki procenat svetskog stanovništva ostvaruje značajne koristi. Uzrok tome je što su ova područja veoma bogati i najvažniji ekološki ekosistemi, a ne tako retko su nastanjeni siromašnom, ugroženom populacijom koja svoj opstanak bazira na bogatstvu ovih predela [4]. Takođe, ova područja su često specifična i po velikoj gustini naseljenosti, te je u 16 „vrućih tačaka“ gustina naseljenosti preko globalnog proseka od 42 st/km², i iznosi 73 st/km² [5].

Od 1992. godine, kada je u Rio de Ženeiru održana Konferencija UN o životnoj sredini i razvoju, gde je istaknuto da održivi razvoj teži zadovoljenju potreba sadašnjeg društva, bez narušavanja mogućnosti da buduće generacije takođe zadovolje svoje potrebe, koncept održivosti je sve više promovisan kao neraskidivi deo razvoja, a podstaknuta je i međunarodna saradnja i zajednički naponi usmereni ka rešavanju problema životne sredine [6].

Održivi razvoj je našao svoju primenu i u turizmu, uzimajući u obzir heterogenost uticaja koji proističu iz ove delatnosti na području na kome se razvija. Održivi razvoj turizma podrazumeva uvažavanje ekonomskih, ekoloških i socijalnih aspekata turističke destinacije i iskorišćavanje resursa radi zadovoljenja potreba sadašnjih turista, tako da se one mogu na istom ili višem nivou zadovoljiti i u budućnosti. Ovakav vid turističkog razvoja se ne fokusira samo na povećanje prihoda i broja posetilaca u destinaciji, već i na uticaje turizma na lokalno stanovništvo, sociokulturna obeležja i stanje životne sredine. Održivi razvoj turizma podrazumeva plansko usmeravanje razvoja onih aktivnosti koje će na najbolji način omogućiti iskorišćavanje prirodnih i antropogenih atrakcija, uz minimiziranje negativnih uticaja na destinaciju i život u njoj. Održivi razvoj turizma zahteva sinergetsko delovanje turističke privrede, lokalne zajednice i nosilaca zaštite životne sredine [7].

Prirodne vrednosti su jedan od najznačajnijih motiva za preduzimanje turističkih kretanja ka određenoj destinaciji. Očuvana priroda, nezagađena životna sredina i bogat biljni i životinjski svet predstavljaju okosnicu razvoja turizma. S druge strane, prirodne vrednosti su najugroženije usled raubovanja, neplanskog i predimenzioniranog iskorišćavanja, što dovodi do narušavanja osnove na kojoj se zasniva turistički razvoj određene destinacije. „Vruće tačke“ biodiverziteta su područja koja su zbog svoje netaknute prirode, raritetnih vrsta i kuriozitetnih obeležja predmet interesovanja velikog broja turista [2]. Sve veća urbanizacija, globalizacija, zagađenje vazduha i stresna svakodnevnica uslovljavaju intenziviranje potrebe savremenog turista za putovanjem u nezagađene predele bogatog biodiverziteta radi odmora i relaksacije. Kako bi se uskladilo zadovoljavanje turističkih potreba i sticanje ekonomskih koristi po tom osnovu sa očuvanjem i zaštitom prirodnih vrednosti od velikog značaja, neophodno je planirati i usmeravati razvoj turizma uz poštovanje principa održivosti. Stoga je najbolje rešenje za „vruće tačke“ biodiverziteta i slične predele sa bogatim ali ugroženim biljnim i životinjskim svetom da svoj turistički razvoj baziraju na uključivanju lokalne zajednice u planiranje, očuvanje i prezentaciju lokalnih sociokulturnih obeležja, zaštitu prirodnih resursa, poštovanje nosećeg kapaciteta destinacije, edukaciju zajednice o značaju održivog razvoja i promociju ekološki odgovornog ponašanja [8].

Analiza pokazatelja zaštite prirode tropskih Anda

Tropski Andi predstavljaju oblast koja se rasprostire na teritoriji Venecuele, Kolumbije, Ekvadora, Perua, Bolivije, Argentine i Čilea. Obuhvataju Severne i Centralne Ande (Kordiljere) i predstavljaju seizmički aktivnu zonu. Ovo područje se smatra biološki najraznovrsnijim na planeti. Specifične fizičko-geografske odlike ovog podneblja doprinele su diverzifikovanosti živog sveta. Ovde postoji više od 30.000 biljnih vrsta, što ovu oblast čini prvom na planeti po biljnoj raznolikosti. Oko 50% zastupljenih biljaka je endemično. Najčešće se sa povećanjem nadmorske visine biljna raznovrsnost smanjuje, dok se endemičnost povećava. Slično florističkoj raznovrsnosti, i životinjski svet Tropskih Anda je veoma bogat i neobičan. Među životinjskim vrstama najbrojnije su ptice, među kojima je više od 30% endemično. Visok stepen endemizma (oko 45%) zastupljen je i među gmizavcima [2].

Uprkos bogatoj biološkoj raznovrsnosti, Tropski Andi se svrstavaju u jedno od najugroženijih područja po opstanak živog sveta. Poljoprivreda i urbanizacija su uslovile transformaciju pejzaža ove regije. Ovde je identifikovano 814 globalno ugroženih vrsta, što je više nego na prostoru bilo koje „vruće tačke“. Međutim, ovaj broj predstavlja samo deo ugroženih vrsta, jer su u ovoj oblasti sistematski procenjeni samo vodozemci, ptice i sisari, dok je za druge vrste istraživanje i identifikovanje ugroženosti još u početnoj fazi [9].

Tabela 1. Endemičnost vrsta u Tropskim Andima

Taksonomska grupa	Broj vrsta	Broj endemičnih vrsta	Endemičnost (%)
Biljke	~ 30 000	~ 15 000	50
Ribe	380	131	34,5
Vodozemci	981	673	38,6
Gmizavci	610	275	45,1
Ptice	1724	579	33,6
Sisari	570	75	13,2
Ukupno	~ 34 265	~ 16 733	~ 48,8

Izvor: CEPF, 2015.

Zaštita biodiverziteta u državama Tropskih Anda najčešće podrazumeva izdvojene nacionalne i regionalne parkove, kao i rezervate prirode. Brojne oblasti su označene i kao važna područja ptica (IBA – Important bird area), dok važna biljna područja (IPA – Important plant area) u Tropskim Andima nisu izdvojena. U ovoj regiji su određena ključna područja biodiverziteta (KBA – key biodiversity areas), koja imaju za cilj očuvanje vrsta koje su pod najvećim rizikom od izumiranja i nestanka. Dosta mesta je određeno i kao AZE (Alliance of Zero Extinction) lokacija, u kojoj se takođe teži sprečavanju izumiranja ugroženih vrsta. U Tropskim Andima je izdvojeno 429 KBA, 337 IBA i 116 AZE. U Kolumbiji postoji najveći broj (121) izdvojenih ključnih područja biodiverziteta u odnosu na druge zemlje Tropskih Anda. Argentina nema ni u okviru jednog ključnog područja biodiverziteta dovoljan broj i nivo ugroženosti vrsta da bi ono imalo visoku vrednost biološke raznovrsnosti. Ovdajšnje vrste se najčešće svrstavaju u one sa statusom niske pretnje, a obuhvataju šume istočnih andskih padina i pune na području Altiplana. Među faunom Argentine najugroženija je vrsta ptica amazonski tukuman [9].

Kada je reč o zaštiti od strane UNESCO-a, na području Tropskih Anda postoji znatno više izdvojenih lokacija sa kulturnom baštinom u odnosu na prirodnu. Etnička heterogenost, različiti arhitektonski uticaji i tragovi drevnih civilizacija uslovi su da kulturna baština Tropskih Anda bude svetski prepoznatljiva i turistički posećena. S druge strane, uprkos znatnom biološkom diverzitetu, izdvojen je mali broj prirodnih vrednosti koje su zaštićene od strane UNESCO-a. Na teritoriji Ekvadora, to je NP Sangaj sa složenim ekosistemima, dva aktivna vulkana, jezerima, i kontrastima tropskih šuma, glečera, planinskih strana i ravnica. U Peruu su pod zaštitom UNESCO-a nacionalni parkovi Huaskaran i Manu. Takođe, zaštićene su i dve mešovite lokacije sa kulturnim i prirodnim vrednostima. To su Maču Pikču i NP Rio Abiseo. Parkovi prirode Iskigualasto i Talampaja nalaze se jedan do drugog u provincijama San Huan i Rioha u Argentini i predstavljaju najkompletniju zbirku fosila iz perioda trijasa. Ovaj lokalitet je pod zaštitom UNESCO-a zbog šest geoloških formacija u parkovima koje sadrže fosile mnogih sisara, dinosaurusu i biljaka i otkrivaju evoluciju kičmenjaka i prirodu iz perioda trijasa [10–12].

U okviru „vruće tačke“ Tropski Andi izdvojeno je 47 ramsarskih područja. Ramsarska područja su stecišta biološke raznolikosti koja odlikuju specifični uslovi od kojih zavisi opstanak velikog broja vrsta. Ova močvarna područja pružaju vodu i hranljive materije, ublažavaju klimatske promene, odlikuju se specifičnom mikroklimom i često obezbeđuju građevinski materijal. Močvare na području Tropskih Anda imaju značajnu ulogu u regulaciji protoka u periodima kišne sezone, ali i onda kada je padavina veoma malo. Pored značaja za opstanak ekosistema, neke su važne i kao turistički resurs, te bivaju valorizovane i najčešće uključene u sadržaj eko-tura. Svrstavanjem andskih močvara u grupu ramsarskih područja omogućena je njihova efikasnija zaštita i upravljanje, kao i očuvanje ugroženih biljnih i životinjskih vrsta koje su u njima nastanjene. Regionalna kancelarija organizacije Wetlands International za Latinsku Ameriku i Karibe pokrenula je projekat zaštite ramsarskih područja Pozuelos lagune u Argentini i jezera Junan u Peruu, koji su ključni za lokalne ekonomije, ispašu, prehrambene resurse i dobijanje treseta za gorivo. Ljudske aktivnosti uticale su negativno na ove ekosisteme, zbog rudarenja i neregulisane ispaše stoke. To je rezultiralo degradacijom močvarnih područja, ugrožavanjem njihove biološke raznolikosti, snabdevanja vodom i doprinosa izdržavanju lokalnih zajednica. Realizacija projekta treba da doprinese usklađivanju rudarskih i poljoprivrednih aktivnosti sa principima zaštite i očuvanja močvarnih područja i njihovog živog sveta [13]. Ramsarska konvencija ističe da su andska močvarna područja izuzetno krhki ekosistemi, kako zbog klimatskih promena ili dugotrajne suše tako i zbog ljudske intervencije u vidu neodržive poljoprivrede, preterane ispaše i rudarenja. Usled neadekvatnog upravljanja i nepoznavanja ekološke i ekonomske vrednosti močvarnih područja Anda, mnoga od njih ubrzano nestaju [14].

U okviru programa Čovek i biosfera (Man and the Biosphere Reserves – MAB) izdvojene su 42 lokacije na području Tropskih Anda. U Argentini su to Laguna Blanka, Laguna de Pozuelos i Las Jungas. Laguna blanka podrazumeva planinske i brdske sisteme i slatkovodnu lagunu, i tipična je patagonska stepa koja uključuje i neke sedimentne stene sa fosilima. Laguna de Pozuelos je tipična planinska laguna, sa površinom vode oko 7000 ha. Njena veličina se povećava i smanjuje zavisno od količine padavina. U periodu suša ponekad dođe do potpunog presušivanja lagune. Na ovom prostoru prisutan je i vulkanski reljef, rečne doline, planinske padine. Las Jungas se nalazi u najjužnijem delu istočne planinske šume Andskog lanca u provincijama Salta i Huhuj. Odlikuje se planinskim šumama Čako Serano, suptropskom niskoplaninskom prašumom, travnatim zajednicama i poljoprivrednim zemljištem sa šećernom trskom, agrumima, sojom i pamukom. Ovde živi preko 33.000 ljudi koji su razvili tradicionalne poljoprivredne aktivnosti, pravljenje rukotvorina, lov, a rade i na farmama šećerne trske i u voćarskoj industriji. U Boliviji su rezervati biosfere Pilon-Lahas i Ula-Ula. Pilon-Lahas predstavlja mešani planinski, brdski i ekosistem tropskih kišnih šuma. Glavni ciljevi upravljanja ovim rezervatom su uključivanje starosedelaca u donošenje odluka u cilju održivog korišćenja prirodnih resursa i minimiziranja negativnih uticaja na životnu sredinu. Ula-Ula je rezervat koji se rasprostire u najvišim delovima Bolivije i obuhvata tundre, visoravni, snežne vrhove, jezera i rečne tokove. Glavni cilj je zaštititi prirodne, kulturne, istorijske i antropološke vrednosti održivim upravljanjem prirodnim resursima uz lokalno učešće i naučnu podršku. U Čileu se na prostoru Tropskih Anda nalazi jedino rezervat biosfere Lauka. Poseban značaj u okviru njega imaju planinska močvarna područja, jer su izvor hrane i vode za divlje i domaće životinje. Postoji i veliki broj vrsta ptica, oko 150, što je oko 30% ukupnog broja ptica u Čileu. Najvažniji rezervati biosfere u Tropskim Andima Kolumbije su – Sijera Nevada de Santa Marta i Sinturon Andino. Sijera Nevada de Santa Marta je deo rezervata biosfere zajedno sa NP Tajrona. Glavni problem na ovom području je što ne postoji politika upravljanja rezervatom kao celinom, a ni zoniranje nije jasno određeno. Sinturon Andino smešten je u Andima na jugu Kolumbije. Sastoji se od tri nacionalna parka: NP Kueva de los Gvaćaros, NP Puracse i NP Nevado del Huilja. Ovde postoje složene geološke formacije i pećine nastale radom reke, 7 vulkanskih kratera i izvori termalne vode, 30 laguna, vodopadi, rečni tokovi. Etnička struktura stanovnika je izuzetno heterogena, sa nastanjenih 8 etničkih grupa [2]. U Ekvadoru postoji najviše rezervata biosfere. U Tropskim Andima se nalaze Sumako, Podokarpus – El Kondor, Kahas, Boske Seko i Čoko Andino de Pinčiča, dok Tropski Andi Perua obuhvataju rezervate biosfere Huaskaran, Manu, Oksapampa – Ašaninka-Janeša i Gran Pahaten. Rezervat Huaskaran je i istoimeni nacionalni park koji obuhvata pojas od 1020 m do 6768 m, što je ujedno i najviši vrh Perua. Zbog znatnog visinskog obuhvata, ovde postoji 11 različitih vrsta staništa. Rezervat i NP Manu obuhvata 19 vrsta staništa i predstavlja jedno od najheterogenijih mesta na svetu po pitanju raznovrsnosti ornitofaune [15].

Pretnje po biodiverzitet

Uprkos različitim sistemima i nivoima zaštite biodiverziteta u Tropskim Andima, sve češće su prisutne pretnje koje mogu dovesti do razaranja ekosistema i istrebljenja biljnih i životinjskih vrsta. Doline i kotline među planinskim vencima su najviše ugrožene, jer predstavljaju najgušće naseljene i obrađivane prostore. Usled konstantnog povećanja broja stanovnika, rastu i potrebe za poljoprivrednim resursima, vodom i energijom. Dolazi do sve veće deforestacije, izgradnje transportnih sistema i narušavanja prirodnih staništa. U periodu između 2000. i 2005. godine, godišnja stopa deforestacije bila je oko 1%, a rasta stanovništva preko 2% [16].

Otežavajuća okolnost u očuvanju biodiverziteta je to što se većina lokalnog stanovništva oslanja na resurse koji potiču direktno iz okruženja. Takođe, oko 30% vegetacije je potpuno transformisano u obradive površine i naselja. Veliki procenat stanovništva Tropskih Anda je veoma siromašno, bez pristupa osnovnoj zdravstvenoj zaštiti, čistoj pijaćoj vodi i obrazovanju. Ovo je značajna prepreka u očuvanju staništa, čijim bi se rešavanjem omogućio dodatni podstrek, razumevanje i uključenost lokalnog stanovništva u očuvanje ekosistema ove regije [17].

Veliki problem predstavlja i iskopavanje bakra, zlata, srebra i drugih minerala, što u potpunosti transformiše pejzaže i nanosi trajne štetne posledice po biodiverzitet. Prekomeran lov i ribolov takođe imaju negativan uticaj po biosferu, a često je zastupljen i lov na životinje usled ilegalne trgovine njima i njihovom kožom. Kao posledica navedenih aktivnosti dolazi do ugrožavanja i istrebljenja pojedinih vrsta ili ograničavanja staništa na kojima su zastupljene.

Međunarodna unija za zaštitu prirode i prirodnih resursa je organizacija koja se bavi istraživanjima i sprovođenjem raznih projekata u cilju očuvanja prirode i održivog iskorišćavanja prirodnih resursa. Ova organizacija je formirala i koncept Crvene liste ugroženih vrsta, tj. globalno najobuhvatnijeg pregleda stanja i stepena očuvanja bioloških vrsta. Termin ugrožene vrste obuhvata tri kategorije prema stepenu ugroženosti: ranjive, ugrožene i kritično ugrožene vrste. Na Crvenu listu je upisan veliki broj životinjskih vrsta čija su staništa u Tropskim Andima. Treba naglasiti i to da postoji veliki broj ugroženih biljnih vrsta, ali istraživanje statusa i stepena njihove ugroženosti tek počinje. Do sada, nijedna grupa andskih biljaka nije sveobuhvatno procenjena i objavljena na Crvenoj listi ugroženih vrsta. Slična je situacija i sa ribama i gmizavcima, čija se istraživanja i dalje odvijaju [15].

Ovi podaci predstavljaju broj vrsta koji je do 2015. godine uključen na Crvenu listu. Treba napomenuti da navedeni brojevi nisu konačni, već se konstantno menjaju, jer novim istraživanjima bivaju otkrivene i uključene nove vrste na spisak ugroženih. Prema podacima iz 2015. godine, najveći broj vrsta označeno je kao ranjivo (Tabela 2). Najveća procena ugroženosti je izvršena među vodozemcima i pticama, te su oni i najbrojniji predstavnici ugroženih vrsta, i to vodozemci u kategoriji ugroženih, a ptice u kategoriji ranjivih. Vodozemci i biljke prednjače kada je reč o problemu ograničene rasprostranjenosti.

Tabela 2. Ugrožene vrste Tropskih Anda prema IUCN listi

Taksonomska kategorija	Kritično ugroženi	Ugroženi	Ranjivi	Ukupno	Ograničene rasprostranjenosti
Biljke	0	0	0	0	324
Ribe	2	0	5	7	/
Vodozemci	133	207	163	503	567
Gmizavci	2	5	12	19	38
Ptice	18	75	110	203	257
Sisari	10	18	54	82	127
Ukupno	165	305	344	814	1313
Procenat	19	35	38	100	/

Izvor: CEPF, 2015.

Shodno svemu navedenom, svi stakeholderi na području Tropskih Anda treba da deluju sinergetski i da usmeravaju dalji razvoj na održivim principima, podstičući one aktivnosti i delatnosti koje ne narušavaju živi svet ovog područja. Od značaja bi bilo i povećati svest lokalne zajednice o važnosti očuvanja biodiverziteta u njihovom okruženju i uključiti ih u procese planiranja i donošenja odluka.

MATERIJALI I METODE

Nakon predstavljanja stanja i zaštite biodiverziteta Tropskih Anda, autor je nastojao da prikupi i analizira podatke iz sekundarnih izvora o oblicima turističkog prometa i usklađenosti turizma sa održivim razvojem na ovom prostoru. Korišćene metode u ovom radu su metoda studije slučaja, radi isticanja osobenosti prostora i biodiverziteta Tropskih Anda pri usmeravanju održivog turističkog razvoja, i komparativni metod, u cilju poređenja pokazatelja razvijenosti turizma u okviru država koje su obuhvaćene ovom „vrućom tačkom“. Takođe, prilikom prikupljanja, obrade i analize podataka, korišćene su statističke metode.

REZULTATI

Dominantni oblici turističkog prometa

Andi pripadaju zapadnoj turističkoj regiji Južne Amerike, koja je manje turistički razvijena u odnosu na istočnu, u kojoj turističkom ponudom dominiraju Brazil i Argentina. Otežavajuće okolnosti za razvoj turizma u Tropskim Andima su velika udaljenost ove regije od značajnih emitivnih područja u svetu, loša saobraćajna povezanost, niska bezbednost, politička nestabilnost, ekonomska nerazvijenost, potreba za periodom aklimatizacije usled velike vlažnosti vazduha ili razređenosti vazduha na velikim nadmorskim visinama. Usled velikog bogatstva i raznovrsnosti prirodnih i kulturno-istorijskih vrednosti i različitih atributa njihove atraktivnosti, Tropski Andi omogućavaju razvoj više oblika turizma. Netaknuta priroda, neobičan biljni i životinjski svet, kontrasti snežnih planinskih i vrelih nizijskih predela, jezera i vulkani, antropogene vrednosti oličene u tragovima drevnih civilizacija, etnografski i gastronomski motivi – samo su neki od stimulusa za dolazak turista na ovo područje [18].

Prema podacima iz 2012. godine, u većini zemalja čije teritorije spadaju pod „vruću tačku“ Tropski Andi, rast turističkog sektora, meren brojem dolazaka stranih turista, veći je od prosečne globalne stope rasta turizma. Venecuela je zabeležila rast od 19,3%, Bolivija 17,8%, Čile 13,3%, Ekvador 11,5% i Peru 9,5% [9].

Argentina generiše mnogo veći broj domaćih i stranih turista u odnosu na zemlje zapadne turističke regije Južne Amerike, ali važna područja biodiverziteta u okviru Tropskih Anda su malim delom na teritoriji Argentine i nisu dovoljno iskorišćena za potrebe turizma, tako da se povećani promet u ovoj državi ne vezuje toliko za „vruću tačku“ Tropski Andi koliko za druge destinacije. Ekološki turizam u Boliviji pretežno se vezuje za bekpekere sa niskom kupovnom moći, koji se uključuju u aktivnosti planinarenja, pešačenja i biciklizma. Salina Ujuni se takođe istakla kao značajna turistička destinacija u Tropskim Andima, u okviru oblasti Potosi i Oruro i dela čileansko-bolivijskog koridora koji preseca Altiplano. Ponuda eko-tura u Čileu je usmerena na posetu laguna, salara, gejzira, suvih dolina u pustinjskim predelima, kupanje u mineralnim izvorima. U skladu s tim, mesto San Pedro de Atakama, koje pripada žarištu Tropskih Anda, dobija javne i privatne investicije za razvoj i unapređenje eko-turizma [9]. Zbog svoje meridijanske izduženosti, u Čileu su prisutna različita fizičko-geografska obeležja koja su uslovia formiranje diverzifikovane turističke ponude. Posetioci se mogu uključiti u posmatranje ptica, fotografisanje pejzaža, kampovanje, istraživanje biljnog i životinjskog sveta, astroturizam, ali i u aktivnosti koje

akcenat stavljaju na kulturnu ponudu, gastronomska obeležja i tradiciju stanovništva [19].

Eko-turizam beleži porast u Kolumbiji, pogotovo u oblasti Sijera Nevada de Santa Marta. Ova država je idealna destinacija za odgovorni turizam zasnovan na prirodnim atrakcijama, zbog velike biološke raznovrsnosti usled prisutnih klimatskih razlika. U turističkoj ponudi su prisutne edukativne ture u sklopu nacionalnih parkova, posmatranje ptica, biciklističke ture, kampovanje, ture na farmama. Nedavno je izgrađen sistem biciklističkih staza u Bogoti koje omogućavaju aktivniji obilazak ovog grada, a ovde se takođe nedeljom zatvaraju ulice za vozila, što dodatno doprinosi smanjenju negativnih uticaja na životnu sredinu i podsticanje stanovnika i posetilaca na aktivnije oblike kretanja. Eko-ture u Kolumbiji omogućavaju i uključivanje u svakodnevni život farmera koji imaju sopstvenu poljoprivrednu proizvodnju, učenje o njihovoj kulturi i tradiciji i pripremanje jela uz njihovu asistenciju. Ovakve ture imaju veliki potencijal zbog rastuće potrebe za doživljajnim turizmom, kroz koji se najbolje upoznaju druge zajednice i kulture [20].

Ekološki najznačajnije destinacije Ekvadora su povezane sa oblastima od ključnog značaja za biodiverzitet, poput oblasti Mindo, Los Bankos, NP Podokarpus. Organizuju se pešačke i planinarske ture, foto-ture i avanturističke, koje podrazumevaju kontakt sa živim svetom ekvadorskih šuma. Zahvaljujući pozicioniranosti grada Kito u ovom žarištu, on predstavlja takođe značajno odredište za eko-ture i obilazak delova grada koji su stavljeni pod zaštitu UNESKO-a. Posebnu atrakciju predstavlja i obilazak atraktivnih ekvadorskih vulkana i prevoženje žičarom u mestu Mindo, u području tropskih kišnih šuma, u okviru rezervata prirode Mindo-Nambiljo, na mestu gde se sreću nizijski predeli i Tropski Andi [21].

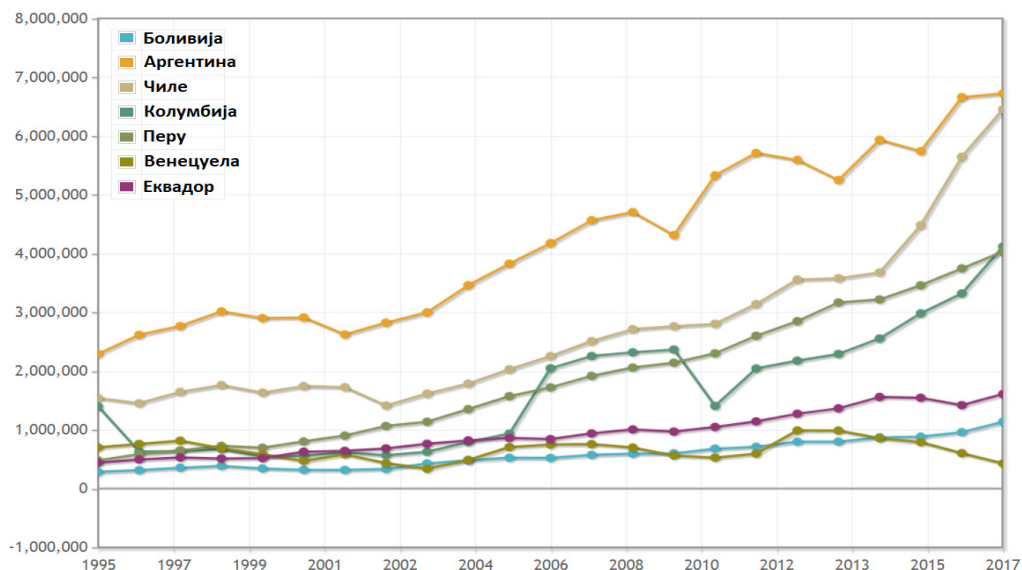
Turističke aktivnosti u Peruu povezane su sa kulturnim turizmom koji se bazira na međunarodno poznatoj inkanskoj i predinkanskoj arhitekturi i arheološkim ruševinama i drugim i nacionalnim spomenicima (npr. Maču Pikču, Olantajtambo, Karal). Među svim zemljama koje pripadaju Tropskim Andima, Peru je vodeća u turističkoj infrastrukturi, stopi posećenosti i prihodima iz turizma. Uprkos velikoj procentualnoj pokrivenosti teritorije nacionalnim parkovima, Venecuela zbog političke i ekonomske nestabilnosti ima mnogo otežavajućih okolnosti za razvoj turizma i privlačenje inostranih turista u većoj meri. Veliki broj turista ne percipira ovu destinaciju bezbednom, te se znatno teže odlučuju za turistička kretanja ka njoj. U neposrednoj blizini Karakasa, povezanog sa razvojem kulturnog, gastronomskog i gradskog turizma, nalaze se nacionalni parkovi ključni za očuvanje biodiverziteta ove zemlje [9]. Međutim, turistička promocija ovih atrakcija je izuzetno mala, ne postoji ni adekvatna internet prezentacija Venecuele kao destinacije, što dodatno otežava donošenje odluke o poseti ove destinacije od strane turista.

Turistički promet

Ukoliko se turistički promet analizira na nivou država koje su u sastavu Tropskih Anda, sa slike 1. može se zaključiti da najveći broj međunarodnih dolazaka beleži Argentina, a najmanji Venecuela i Bolivija. Međutim, Argentina je u okviru „vruće tačke” Tropski Andi samo malim, severozapadnim delom teritorije, dok je najveća koncentracija njenih posetilaca vezana za Buenos Aires na istoku. Broj turista koji dolazi zbog atraktivnosti biodiverziteta Tropskih Anda i posećuje područja koja su pod zaštitom zbog svojih prirodnih vrednosti je mnogo značajniji u Peruu i Čileu.

Pozitivno je to što se skoro u svim zemljama poslednjih godina beleži rast turista, što je u skladu sa globalno povećanom potražnjom za prirodnim vrednostima, održivim turizmom i avanturističkim aktivnostima čija je ponuda zastupljena upravo na ovom prostoru. Jedina država koja beleži turistički pad od 2012. godine je Venecuela, što je posledica kriminala, ekonomskih i političkih nestabilnosti u njoj. Najveće oscilacije tokom poslednje

dve decenije zabeležene su u turizmu Argentine i Kolumbije, dok Peru beleži konstantan, stabilan rast još od kraja devedesetih godina.



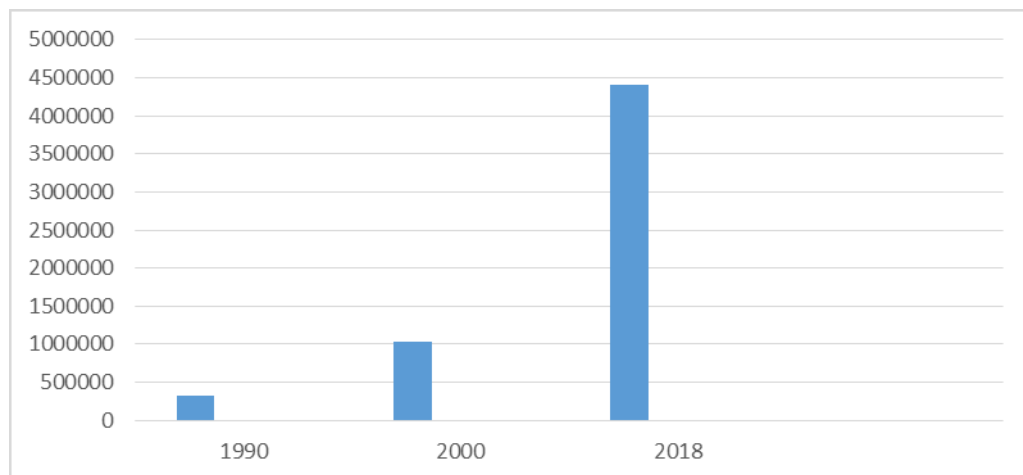
Slika 1. Međunarodni turistički dolasci u državama Tropskih Anda
Izvor: Worldbank, 2019.

S druge strane, turistički promet ni u jednoj državi Tropskih Anda ne prelazi 7 miliona, te su turistička kretanja u ovoj regiji daleko ređa u poređenju sa onim u Severnoj Americi, Evropi i Aziji. Broj turista u ovom području u sličnom je rasponu kao u većini zemalja Srednje i Južne Afrike. Shodno tome, ovo i dalje nije visoko razvijena turistička regija, zahvaljujući čemu su i brojne prirodne vrednosti uspele da se očuvaju u autentičnom obliku.



Slika 2. Turistički promet država u Tropskim Andima u odnosu na svet za 2017. godinu
Izvor: Worldbank, 2019.

Međutim, treba uzeti u obzir činjenicu da pojedine regije i lokaliteti beleže nagli porast posećenosti, što stvara veliku koncentraciju ljudi na malom prostoru i može biti pretnja za očuvanje biodiverziteta. Država Peru je primer zemlje koja ima rast turizma veći od 100%. Za period 1990–2000. rast turizma je iznosio oko 240%, a 2000–2018. taj broj je došao do 330%. U ovakvim okolnostima, neophodno je da razvoj turističkog sektora koji donosi ekonomske koristi lokalnom stanovništvu bude usklađen sa očuvanjem prirodnih vrednosti i autentičnosti prostora, kako ne bi bila narušena osnova na kojoj se zasniva povećano interesovanje turista za posetu ovoj državi [22].



Slika 3. Porast broja turista u Peruu od 1990. do 2018.

Izvor: Grupa autora, 2013.

Kada je reč o ekonomskim pokazateljima, najveće prihode od međunarodnog turizma ostvaruje Argentina, dok među zemljama u kojima veći procenat teritorije pripada „vrućoj tački“ Tropski Andi u tome prednjači Kolumbija, gde je i najveća prosečna turistička potrošnja. Najmanje od turizma zarađuju Venecuela i Bolivija. Kolumbija i Peru su zemlje u kojima turizam u najvećem procentu učestvuje u ukupnom izvozu roba i usluga.

Tabela 3. Ekonomski pokazatelji razvijenosti turizma u državama Tropskih Anda, 2016.

2016.	Venecuela	Kolumbija	Ekvador	Peru	Bolivija	Čile	Argentina
Prihod od međunarodnog turizma (milijardi USD)	0,5	4,5	1,4	3,5	0,7	2,7	5,5
Prosečna turistička potrošnja po osobi (USD)	790	1360	1020	940	740	470	740
Udeo turizma u ukupnom izvozu (%)	2	14	8	10	10	5	8

Izvor: UNWTO, 2016.

Smeštajni kapaciteti u državama Tropskih Anda su veoma heterogeni po pitanju kvaliteta pruženih usluga, vrsta smeštaja i prijemnog kapaciteta. Najvećim brojem soba u hotelskom i sličnom smeštaju raspolaže Peru, a najvećim brojem ležaja Argentina. Statistički podaci o smeštajnom sektoru Bolivije nisu dostupni u zvaničnim publikacijama UNWTO-a, ali se zbog manje turističke posećenosti može pretpostaviti da ova država ima najmanje razvijenu i najhomogeniju ponudu smeštajnih kapaciteta.

Tabela 4. Smeštajni kapaciteti u državama Tropskih Anda

2018.	Venecuela	Kolumbija	Ekvador	Peru	Bolivija	Čile	Argentina
Broj soba	150387	269763	80626	296748	/	120487	265386
Broj ležaja	342343	438889	180617	516245	/	251898	704509

Izvor: UNWTO, 2019.

Smeštajni kapaciteti variraju od luksuznih hotela koji nude brojne dodatne usluge i namenjeni su bogatijoj klijenteli i poslovnim turistima, do privatnog smeštaja, bungalova, odsedanja u domovima lokalnog stanovništva i korišćenja P2P (peer to peer) platformi za rezervaciju smeštaja, poput Airbnb-a. Ekspanzijom eko-turizma i povećanjem broja odgovornih turista koji brinu o očuvanju životne sredine, raste i ponuda smeštajnih kapaciteta koji ispunjavaju ekološke standarde, uklapaju se građevinskim materijalima u lokalno okruženje i minimiziraju negativne uticaje koje hotelski sektor ostavlja po okolinu. Primer za ovakav tip smeštaja su autentične eko-kolibe u NP Madidi u Boliviji, koje su locirane u dubini džungle i pristupačne jedino brodićem. Pored toga što su u skladu sa naporima ka očuvanju okolne prirode, one doprinose i ekonomiji lokalnog stanovništva koje njima upravlja. Ovde se koriste obnovljivi izvori energije, nema dometa ni interneta, svi materijali su potpuno prirodni, snabdevanje vodom je sa izvora, a u okruženju su nastanjene brojne biljne i životinjske vrste [23]. Ovo je dobar primer kako se kroz smeštajni sektor ostvaruje korist i po lokalno stanovništvo i po prirodu, dok se istovremeno turistima pruža autentičan doživljaj divljine i izolacije za kojim tragaju.

DISKUSIJA

Uprkos velikim turističkim potencijalima, raznovrsnosti biodiverziteta, netaknutim prirodnim predelima i bogatom kulturno-istorijskom nasleđu, turizam na prostoru „vruće tačke“ Tropski Andi i dalje nije razvijen u potpunosti u skladu sa principima održivosti [18]. U brojnim destinacijama turistički razvoj se neplanski usmerava, narušavajući resursnu osnovu na kojoj se bazira, dok u mnogim destinacijama ne postoji adekvatna infrastrukturna podrška koja bi omogućila zadovoljenje osnovnih potreba turista za smeštajem i ishranom. Velika diverzifikovanost reljefa uslovlja je i tešku pristupačnost brojnim atraktivnim predelima, što je sa jedne strane omogućilo očuvanje njihove autentičnosti, a sa druge strane njihovi potencijali nisu iskorišćeni i ne donose ekonomsko osnaživanje lokalne zajednice. Razvoj turizma na prostoru Tropskih Anda bi trebalo usmeravati u pravcu scenarija koji se pozicionira između dva prethodno navedena. Trebalo bi podsticati one privredne aktivnosti koje će maksimizirati pozitivne, a minimizirati negativne uticaje po više različitih interesnih grupa u destinaciji, uz očuvanje i zaštitu okolnih pejzaža i odgovorno korišćenje resursa. U nastavku su izdvojeni predlozi za unapređenje održivog razvoja turizma na području „vruće tačke“ Tropski Andi, čijom je primenom moguće ostvariti valorizaciju neiskorišćenih resursa, ograničiti raubovanje prirode i unaprediti ekološka, ekonomska i sociokulturna obeležja ovog prostora.

Zbog neplanskog razvoja, mnoge prirodne celine na teritoriji Venecuele, Kolumbije,

Bolivije, Ekvadora, Perua, Argentine i Čilea stradaju. Od značaja bi bilo fokusirati se na izradu strategija razvoja turizma koje će obuhvatiti ekološku dimenziju razvoja, i pomiriti interese više subjekata u destinaciji. Lokalna zajednica treba intenzivnije da bude uključena u donošenje odluka, upravljanje nacionalnim parkovima i drugim oblicima zaštićene prirode, ali i u zaposlenost u turističkom sektoru i direktan kontakt sa turistima. S obzirom na nizak nivo obrazovanja, loše uslove života i zdravstvene zaštite u mnogim oblastima Tropskih Anda, treba dodatno poraditi na obrazovanju stanovništva za potrebe razvoja turizma i stvaranje kvalifikovanog kadra koji će umeti da interpretira turistima vrednosti iz svog okruženja i da tim putem unapredi svoj socijalni status i ostvari materijalne koristi [24]. Dobro bi bilo povećati broj edukativnih radionica kroz koje će lokalna zajednica shvatiti važnost očuvanja prirodnih resursa i koristi koje iz toga proizilaze. Potrebno je i formirati više neprofitnih organizacija kroz koje će ekološki osvešćeni i odgovorni pojedinci iz svih krajeva sveta moći volonterski da doprinesu zaštiti biljnih i životinjskih vrsta ili unaprede kvalitet života lokalnog stanovništva Tropskih Anda.

Iako su istraživanja veoma značajna za utvrđivanje trenutnih situacionih uslova u destinaciji, valjalo bi staviti veći fokus na podsticanje praktičnih aktivnosti koje će doprineti održivom turizmu. Pogodno bi bilo da vlade država i međunarodne organizacije izdvajaju više novčanih sredstava namenjenih projektima u turizmu Tropskih Anda i izgradnji saobraćajne infrastrukture koja će poboljšati pristupačnost ovih predela. U ovoj oblasti se treba fokusirati na razvoj specifičnih oblika turizma koji će privlačiti visokoobrazovanu, visokoplatežnu klijentelu koja je ekološki osvešćena, željna da upozna nove prostore i zadovolji kulturne i rekreativne potrebe. Trebalo bi se baviti utvrđivanjem nosećeg kapaciteta područja sa visoko ugroženim ekosistemima i uspostaviti ograničenja na broj posetilaca u nacionalnim parkovima i rezervatima prirode gde su počele da se osećaju negativne posledice razvoja turizma. Masovni turizam treba zameniti pojedinačnim posetama, prilagođenim potrebama i zahtevima turista, kako bi se istovremeno ostvario autentični doživljaj i očuvala prirodna sredina [25].

Sve veća popularnost održivih oblika turizma širom sveta koji su planski organizovani i koncipirani tako da minimiziraju negativne uticaje po okruženje, može usloviti pad konkurentnosti destinacija Tropskih Anda, ukoliko države iz ovog područja ne preduzmu intenzivnije promotivne napore kako bi se brendirale na tržištu kao eko-turističke destinacije [26]. Slabo prisustvo u savremenim promotivnim kanalima, pogotovo u slučaju Venecuele, otežava mogućnost da se potencijalni turista opredeli za posetu ovim destinacijama. Potrebno je intenzivirati promociju koja će države Tropskih Anda jasnije predstaviti kao prostore najbogatijeg živog sveta na planeti, kontakta prašume i snežnih vrhova, pustinja i vulkana i značajne etničke heterogenosti. Ovo je neophodno radi stvaranja prepoznatljivog brenda na svetskom turističkom tržištu, sa kojim će turisti moći da poistovećuju i vlastite vrednosti.

Neophodno je unaprediti kvalitet turističke ponude i istaći sve one vrednosti po kojima se ova destinacija izdvaja od drugih, konkurentskih. Trebalo bi više ulagati u izgradnju smeštajnih objekata koji se uklapaju u okolnu ambijentalnu celinu, izgrađeni su od prirodnih materijala i usmereni na korišćenje obnovljivih izvora energije. U radu su navedeni pozitivni primeri ovakvih graditeljskih poduhvata koji treba da budu smernica za izgradnju na andskim destinacijama koje su trenutno u početnoj fazi razvoja. Ekvador kao država sa dugogodišnjim iskustvom u eko-turizmu, treba istovremeno da redefiniše pravce razvoja u destinacijama koje su počele da dobijaju obeležja masovnog turizma zbog velike posećenosti i da predstavlja primer drugim državama zbog nacionalnih parkova i drugih zaštićenih područja u kojima je razvoj turizma dimenzioniran. U Venecueli je potrebno uložiti najveće napore radi prevazilaženja posledica ratova, političkih nestabilnosti i nebezbednosti, kako bi se turisti osećali bezbedno pri poseti ove zemlje. Takođe, promocija vrednosti Tropskih Anda je najslabija u ovoj državi, te i na ovom polju treba

intenzivirati napore.

Zbog velikog prostornog obuhvata i diverzifikovanih prirodnih i kulturnih vrednosti Tropskih Anda, kao i velike prosečne dužine boravka turista, od značaja bi bilo kreirati integralnu turističku ponudu i rute koje će obuhvatiti atrakcije svih država ove „vruće tačke” sa ciljem upoznavanja, prezentacije i podsticanja očuvanja biodiverziteta ovog prostora. Ovakva ponuda bi obilovala sadržajima atraktivnih, kuriozitetnih, rekreativnih i estetskih atributa i omogućila ostvarivanje podjednakog doprinosa u svim andskim državama.

Potrebno je i kontinuirano pratiti uticaje turizma na destinaciju, definisati preventivne mere protiv širenja negativnih uticaja i plan korektivnih akcija ukoliko turistički razvoj krene da se odvija van okvira održivosti. Zajedničkim naporima privatnog, državnog sektora i lokalne zajednice, proglašenjem novih zaštićenih područja, podizanjem ekološke svesti kod turista i kod stanovnika, stvaranjem integralne ponude i intenziviranjem promotivnih aktivnosti, prostor Tropskih Anda, uz sve prirodno i kulturno bogatstvo koje poseduje, ima potencijal da se u budućnosti afirmiše kao jedna od najznačajnijih destinacija održivog turističkog razvoja u svetu.

ZAKLJUČAK

U ovom radu je analizirana „vruća tačka” biodiverziteta Tropski Andi, koja predstavlja biološki najheterogenije područje na svetu i obiluje atraktivnim, estetskim, kuriozitetnim i rekreativnim atributima od važnosti za razvoj turizma. Uz izuzetne prirodne potencijale, brojne endemične i reliktno vrste, ova oblast suočava se sa ugroženošću velikog broja biljnih i životinjskih vrsta, gubitkom njihovih staništa i narušavanjem složenih ekosistema koji ovde egzistiraju.

Diverzifikovanost fizičko-geografskih obeležja uslovlja je postojanje gotovo svih ekosistema na ovom prostoru, počevši od pustinskih, preko tropskih šumskih pa do visokoplaninskih. Ovakva raznovrsnost sama po sebi predstavlja atrakciju i budi interesovanje kod potencijalnih posetilaca. Međutim, intenzitet i obim njihovih poseta mora se planski usmeravati, kako se ne bi dodatno narušile prirodne vrednosti ovog prostora, koji, kao i druge „vruće tačke” biodiverziteta, ima prioritet kada je reč o zaštiti i očuvanju živog sveta, revitalizaciji prirodnih predela i zaustavljanju daljeg ugrožavanja vrsta.

Zaštita biodiverziteta u državama Tropskih Anda odražava se kroz nacionalne i regionalne parkove, kao i rezervate prirode. Ovo područje obuhvata planinski sistem na teritoriji Venecuele, Kolumbije, Ekvadora, Perua, Bolivije, Argentine i Čilea, nastanjenih multietničkim stanovništvom sa autentičnim sociokulturnim obeležjima, stilom življenja i bogatim istorijskim nasleđem. Ubrzana urbanizacija, privredne aktivnosti, siromaštvo i neobrazovanost stanovništva uzrokuju brojne negativne posledice na ovom prostoru i ugrožavaju biodiverzitet. Posebno štetni uticaji nastaju kao posledica intenzivnog rudarenja, seče i spaljivanja šuma, kreiranja obradivih površina na prostoru staništa zaštićenih vrsta, nepropisno odlaganje otpada i predimenzionirani turistički promet u pojedinim destinacijama, čime se narušava njihov noseći kapacitet.

Kako bi se sprečilo uništavanje resursne osnove koja je baza za opstanak lokalnog stanovništva, osnovni razlog brojnih režima zaštite i glavni privlačni faktor za posetioce širom sveta, potrebno je razvijati one aktivnosti koje bi doprinele ostvarivanju višestrukih koristi za očuvanje prirode, blagostanje lokalne zajednice i ostvarivanje prihoda za sve interesne grupe na ovom prostoru. Privredne delatnosti koje su veoma štetne za životnu sredinu a trenutno su izvor prihoda za stanovništvo mogu biti zamenjene ili bar dopunjene održivim turističkim razvojem, koji bi težio ostvarenju višestrukih ciljeva i interesa koji ovde postoje. U tom smislu bi bilo neophodno uložiti u edukaciju stanovništva, ekološko osvešćivanje

i unapređenje turističke ponude koja bi bila prilagođena potrebama savremenih turista željnih autentičnog doživljaja, uz poštovanje principa očuvanja prirode. Najbolje bi bilo da se unapredi ponuda pešačenja, posmatranja biljnog i životinjskog sveta, foto-safarija, posmatranja ptica, sakupljanja biljaka, avanturističkih aktivnosti, edukativnih predavanja i radionica, participacije u svakodnevnom životu autohtonih zajednica, biciklizma i planinarenja. One bi najadekvatnije prezentovale potencijale i prirodna bogatstva ove regije, ali i podstakle njihovu dalju zaštitu. Zapošljavanje lokalnih stanovnika u turističkoj industriji moglo bi da ih odvraća od bavljenja rudarenjem i uništavanjem šuma, ojača njihov kulturni identitet i poboljša kvalitet života uz ostvarivanje ekonomskih koristi. Kako bi se navedeno postiglo, potrebno je pratiti postojeće pozitivne primere održivog turizma u zemljama Tropskih Anda i fokusirati se na implementaciju sličnih primera širom ove „vruće tačke” biodiverziteta.

Turizam je od velike važnosti za opstanak stanovništva, razvoj privrede i unapređenje prirodnih obeležja andskih država. Iako Tropski Andi ne predstavljaju visoko razvijenu turističku regiju, turistički promet na ovom prostoru raste iz godine u godinu i sve veći broj lokalnih aktera se uključuje u njegov razvoj. Preusmeravanje pravaca turističkih kretanja od destinacija čijom je ponudom savremena tražnja prezasićena ka neotkrivenim, egzotičnim predelima očuvane prirode, uslovilo je porast turizma i preko 300%, posebno kada je reč o Peruu, koji generiše najveći broj posetilaca. Uzimajući u obzir navedene trendove rasta i stanje biodiverziteta u Tropskim Andima, neophodno je naglasiti važnost planiranja održivog turističkog razvoja koji će pomiriti suprotstavljene interese na destinaciji. Takođe, potrebno je sprovoditi konstantan monitoring i kontrolu aktivnosti koje se realizuju, ograničiti turistički promet uvažavajući noseći kapacitet destinacije i preduzeti korektivne akcije, ukoliko to postane neophodno. Jedino na ovaj način moguće je podjednako se fokusirati ekonomsku, ekološku i sociokulturnu dimenziju održivog razvoja i omogućiti očuvanje prirodnih resursa za zadovoljenje potreba budućih generacija.

LITERATURA

1. Stojanović V. Turizam i održivi razvoj, 2011, Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet.
2. The Critical Ecosystem Partnership Fund, Biodiversity hotspot of the Tropical Andes – ecosystem profile, 2021, cited 2022 June 8, available at: <https://andestropicales.net/wp-content/uploads/2022/02/tropical-andes-ecosystem-profile-2021-english.pdf>
3. Perzić N. „Vruće” tačke biodiverziteta, Zemlja i ljudi, 2010, 60, 15–17.
4. Conservation International, Biodiversity hotspots, (n.d.), cited 2022 June 5, available at: <https://www.conservation.org/priorities/biodiversity-hotspots>
5. Đurđić S. Zaštita prirode, 2015, Univerzitet u Beogradu - Geografski fakultet.
6. Krajinović V. Propitivanje ključnih izazova u mjerenju održivog razvoja turizma, *Acta Turistica*, 2015, 27 (1), 63–91.
7. Jegdić V., Škrbić I. & Milošević S. Specifičnost planiranja održivog turizma, *TIMS Acta*, 2013, 7(2), 153–162.
8. Salcedo L. and Quevedo L. Volunteering Tourism and Sustainable Development: A Case Study of an Andean Indigenous Project: Quilla Pacari, Chimborazo, *Open Journal of Ecology*, 2021, 11, 596–609. [10.4236/oje.2021.119038](https://doi.org/10.4236/oje.2021.119038).
9. The Critical Ecosystem Partnership Fund, Biodiversity hotspot of the Tropical Andes – ecosystem profile, 2015, cited 2022 June 6, available at: https://www.cepf.net/sites/default/files/tropical_andes_profile_final_4_2015.pdf
10. UNESCO, *Ecuador - Properties inscribed on the World Heritage List*, 2020, cited 2022 June 7, available at: <https://whc.unesco.org/en/statesparties/ec/>

11. UNESCO, *Peru - Properties inscribed on the World Heritage List*, 2020, cited 2022 June 7, available at: <https://whc.unesco.org/en/statesparties/pe/>
12. UNESCO, *Argentina - Properties inscribed on the World Heritage List*, cited 2022 June 7, available at: <https://whc.unesco.org/en/statesparties/ar/>
13. Wetlands International, „*Saving High Andean Wetlands*” for nature and people, 2017, cited 2022 June 4, available at: <https://www.wetlands.org/news/saving-high-andean-wetlands-nature-people/>
14. World Wildlife Fund, *High Andean Wetlands Regional Strategy*, 2006, cited 2022 June 4, available at: <https://wwf.panda.org/?63460/High-Andean-Wetlands-Regional-Strategy>
15. UNESCO, *Latin America and the Caribbean biosphere reserves*, 2018, cited 2022 June 6, available at: <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/ecological-sciences/biosphere-reserves/latin-america-and-the-caribbean/>
16. Rieckmann M., Adomßent M., Haerdtle W. & Aguirre P. *Sustainable Development and Conservation of Biodiversity Hotspots in Latin America: The Case of Ecuador*, In: Zachos, F. & Habel, J. (Eds.), *Biodiversity Hotspots: Distribution and Protection of Conservation Priority Areas*, 2011, Berlin, Springer, 435-452.
17. Sarkar S., Sánchez-Cordero V., Londoño-Murcia M. & Fuller, T. Systematic conservation assessment for the Mesoamerica, Chocó, and Tropical Andes biodiversity hotspots: A preliminary analysis, *Biodiversity and Conservation*, 2008, 1793-1828.
18. Barros A., Monz C. & Pickering C. Is tourism damaging ecosystems in the Andes? Current knowledge and an agenda for future research, *AMBIO*, 2015, 44, 82-98 <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0550-7>
19. Chile Travel, *Nature in Chile*, cited 2022 June 17, available at: <https://chile.travel/en/what-to-do/nature>
20. See Colombia Travel, *Colombia Eco Tours*, cited 2022 June 20, available at: <https://seecolombia.travel/tours/ecotours/>
21. Mindo Cloud Forest, *Mindo tours*, n.d. cited 2022 June 20, available at: <https://www.mindo-cloudforest.com/mindo-tours.html>
22. Christ C., Hillel O., Matus S. & Sweeting J. *Tourism and biodiversity. Mapping Tourism's global footprint*, 2003, Conservation International, Washington DC.
23. Madidi Junge ecolodge, cited 2022 June 15, available at: <http://www.madidijungle.com/ecolodge.php>
24. Mitchell R. E., & Eagles P. F. J. An Integrative Approach to Tourism: Lessons from the Andes of Peru, *Journal of Sustainable Tourism*, 2001, 9(1), 4-28. doi:10.1080/09669580108667386
25. Mystie A. W. & Jan G. L. Nature Tourism and Enterprise Development in Ecuador, *World Leisure & Recreation*, 1988, 29:1, 22-27, [10.1080/10261133.1988.10558980](https://doi.org/10.1080/10261133.1988.10558980)
26. Divino J.A. & McAleer M. Modelling and forecasting daily international mass tourism to Peru, *Tourism Management*, 2010, 31(6), 846-854, <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2009.09.002>

SUSTAINABLE TOURISM DEVELOPMENT–CASE STUDY OF THE TROPICAL ANDES BIODIVERSITY HOTSPOT

Author: MARIJA ZELJKOVIĆ

Email: maki.zeljkovic96@gmail.com

Mentor: Full Prof. Snežana Đurđić

Faculty of Geography, University of Belgrade

Introduction: Sustainable tourism reconciles the economic, socio-cultural, and environmental aspects of development. The Tropical Andes biodiversity hotspot is an area with the greatest biodiversity in the world, which is very significant for preserving the environment and establishing sustainable tourism. At the same time, this is an area famous for its rich cultural and historical heritage and very poor multiethnic population whose inclusion in the sustainable tourism business could improve their quality of life.

Aim: The aim of the paper is to point out the forms of tourism through which the natural values and biodiversity in the Tropical Andes of Venezuela, Colombia, Ecuador, Peru, Bolivia, Argentina, and Chile will be best valued and highlight the activities necessary to promote sustainable tourism development.

Material and Methods: In this paper, the author analyzed secondary data sources. Also, the case study method highlighted the specific features of space and biodiversity of the Tropical Andes regarding directing sustainable tourism development. Furthermore, a comparison method was used to compare tourism development indicators within the countries on the territory of this hotspot.

Results: This paper determined large regional differences in the tourist traffic, the material base for tourism development, and the number of tourists in the Tropical Andes. Also, it was discovered that numerous threats to biodiversity complicate the alignment of tourism development and sustainability principles.

Conclusion: It is necessary to continuously monitor the impact of tourism on the destination. Also, the Tropical Andes should be affirmed as one of the most important destinations for sustainable tourism in the world by making joint efforts of the private, state sector, and local community, declaring new protected areas, raising environmental awareness among tourists and residents, creating an integrated offer, and intensifying promotional activities.

Keywords: sustainable development, biodiversity, Tropical Andes, tourism, biodiversity hotspot

STATISTIČKA ANALIZA SREDNJIH MESEČNIH I GODIŠNJIH PROTICAJA NA JUŽNOJ MORAVI DO HIDROLOŠKE STANICE KORVINGRAD

Autor: MILAN MILETIĆ

e-mail: milanmiletic181@gmail.com

Mentor: Doc. Milena Gocić

Departman za geografiju

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Nišu

Uvod: Južna Morava nastaje spajanjem Binačke Morave i Preševske Moravice kod Bujanovca. Sliv Južne Morave do hidrološke stanice Korvingrad obuhvata površinu od 9396 km². Proticaji zavise od velikog broja faktora i iz tog razloga mogu da se proučavaju različitim statističkim metodama i testovima.

Cilj: Cilj rada je da se određenim statističkim testovima da ocena veličine proticaja koji se javljao u periodu 1976–2020. godine na hidrološkoj stanici Korvingrad.

Materijal i metode: U radu je izvršena statistička analiza srednjih godišnjih i mesečnih proticaja Južne Morave na hidrološkoj stanici Korvingrad, u periodu 1976–2020. godine. Rangiranje godina prema vodnosti određeno je pomoću Streamflow Drought Index (SDI), dok su za utvrđivanje postojanja trenda promene vrednosti proticaja korišćeni neparametarski Mann-Kendall i Pettitt testovi.

Rezultati: Srednji godišnji proticaj za posmatrani period iznosi 52,47 m³/s. Maksimalni srednji mesečni proticaji zabeleženi su u martu (111,6 m³/s), dok se minimalni srednji mesečni proticaji javljaju u septembru (15,5 m³/s) za istraživani period. Mann-Kendall i Pettitt testom nije utvrđena promena srednjih godišnjih proticaja tokom perioda istraživanja.

Zaključak: Vrednosti maksimalnih srednjih proticaja u prolećnim mesecima su za 1,8 puta veće, dok su srednje minimalne vrednosti proticaja za 2,9 puta manje od srednjeg godišnjeg proticaja (52,47 m³/s). Analiza srednjih godišnjih proticaja pokazuje da su najbrojnije blago sušne godine – njih 22, dok je 21 blago vlažna godina. Neparametarski testovi (Mann-Kendall i Pettitt) nisu pokazali postojanje trenda, kao ni tačke promene u podacima o srednjim godišnjim proticajima za period istraživanja.

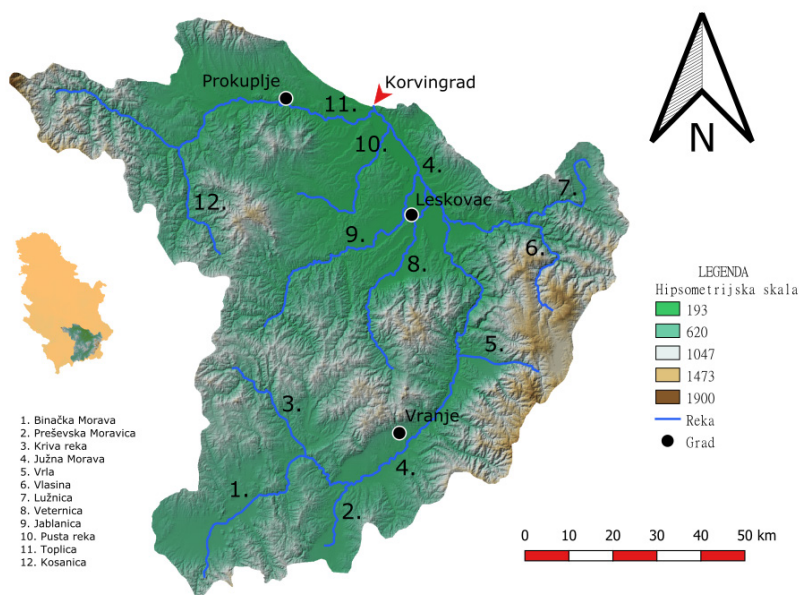
Ključne reči: proticaj; trend; SDI; neparametarski statistički testovi

UVOD

Južna Morava je desna sastavnica Velike Morave. Nastaje spajanjem Binačke Morave i Preševske Moravice kod Bujanovca. Ukupna dužina Južne Morave, sa njenom dužom sastavnicom Binačkom Moravom, jeste 295 km [1]. Sliv Južne Morave je karakterističan po intenzivnoj eroziji. Zbog toga su korita Južne Morave i njenih pritoka puna nanosa. Pritoke Južne Morave tokom leta imaju malu količinu vode a neke i presuše [2].

Sliv Južne Morave do hidrološke stanice Korvingrad obuhvata veći deo Južne Srbije. Površina podsliva je 9396 km². Podsliv ima meridijanski pravac pružanja, što je posledica evolucije Panonskog basena. Jedna od najvažnijih odlika doline Južne Morave je to što je ona poligenetska, polifazna i polimorfna [3]. Najstarije stene preovlađuju u južnim i istočnim delovima Srpsko-makedonske mase. Severne delove Srpsko-makedonske mase prekrivaju mlađe formacije. Sve stene su pretrpele jake metamorfne promene i nabiranja u tercijaru [4]. (Slika br. 1)

Podsliv Južne Morave



Slika br. 1. Podsliv Južne Morave do hidrološke stanice Korvingrad

Veći deo istraživane oblasti karakteriše umereno-kontinentalna klima, dok se najviši tereni odlikuju alpskom klimom [5]. U podslivu Južne Morave nalaze se tri sinoptičke (glavne) meteorološke stanice: Vranje (432 m n. v.), Leskovac (230 m n. v.) i Kuršumlja (362 m n. v.). Srednja godišnja temperatura vazduha u Vranju iznosi 11,61°C, u Leskovcu 11,58°C, dok je u Kuršumlji 10,76°C za period 1991–2020. godine. Srednja godišnja količina padavina u istom periodu na stanici Vranje iznosi 606 mm, stanici Leskovac 661 mm, dok je u Kuršumlji 670 mm [6].

Najvažniji zadatak hidroloških proučavanja jeste procena veličine proticaja koji se u budućnosti mogu očekivati na nekom hidrološkom profilu. Proticaji zavise od brojnih faktora koji se mogu proučavati statističkim metodama [7–10]. U radu je izvršena statistička analiza srednjih godišnjih i mesečnih proticaja Južne Morave na hidrološkom profilu Korvingrad, u periodu 1976–2020. godine. Merenja na hidrološkom profilu Korvingrad otpočela su 1922. godine, i traju do danas. Hidrološka stanica Korvingrad, sa kotom „0”, nalazi se na 188,09 m n. v. i udaljena je od ušća 105,7 km [11].

Cilj rada je da se određenim statističkim testovima i metodama prikaže ocena veličine proticaja koji se javljao u periodu 1976–2020. godine na hidrološkoj stanici Korvingrad, kao i da se izvrši rangiranje godina po vodnosti, što ima veliki hidrološki značaj za proučavanje sliva.

Metodologija

Za utvrđivanje postojanja trenda promene vrednosti proticaja korišćen je Mann-Kendall test. Ovaj test je neparametarski, zasniva se na poređenju svih podataka u vremenskoj seriji sa podacima koji slede u vremenu. Nulta hipoteza podrazumeva da ne postoji nikakva monotona promena vremenskog niza. Ovim testom se određuju dva parametra

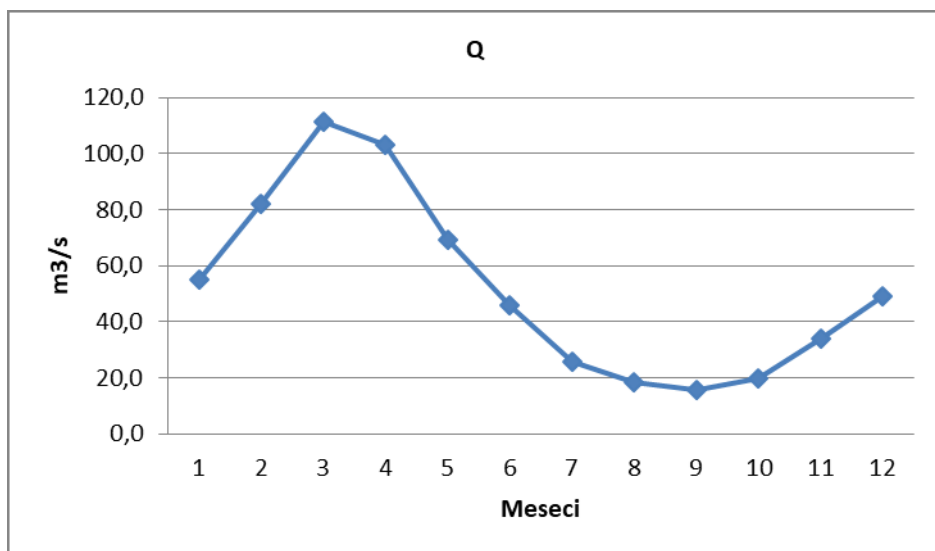
koja su bitna prilikom određivanja trendova [12]. To su nivo značajnosti α koji ukazuje na statističku jačinu trenda i procena veličine nagiba koja ukazuje na smer i veličinu trenda. Vrednost (Z) Mann-Kendall testa određuju se na osnovu tabele za standardnu normalnu raspodelu na pragu nivoa značajnosti. Prag nivoa značajnosti od 95% iznosi 1,96, dok na pragu nivoa značajnosti od 99% iznosi 2,576. Nulta hipoteza se odbacuje kada su vrednosti (Z) iznad kritičnih vrednosti i tada se uvodi alternativna hipoteza (H_a). Senov test (Sen's slope) se koristi za identifikaciju veličine trenda u seriji podataka koja nije serijski autokorelisana. Vrednost Senovog pokazatelja predstavlja prosečan porast ili pad vrednosti srednjih godišnjih ili mesečnih proticaja [13]. Mann-Kendall test se koristi za identifikaciju nivoa značajnosti (da li je ova veličina statistički značajna ili ne) na različitim nivoima poverenja (95 ili 99%).

Petit test je neparametarski test, što znači da njegova primena ne zahteva pretpostavku o distribuciji podataka. Ovaj test daje procenu nulte hipoteze H_0 , što implicira da su podaci homogeni tokom perioda posmatranja, tj. da su podaci dobijeni iz jedne ili više distribucija sa istim lokacijskim parametrom (prosečne vrednosti). Alternativna hipoteza podrazumeva prisustvo neslučajne komponente među podacima, koja izaziva pomeranje parametra lokacije u određenom trenutku. Osim što obezbeđuje proveru homogenosti podataka, Petitov test takođe određuje da li je alternativna hipoteza prihvaćena u tački promene kada je došlo do promene parametra lokacije [14, 15].

Za rangiranje godina po vodnosti korišćen je Streamflow Drought Index (SDI). Ovaj indeks se računa za svaku godinu posebno, kada se od vrednosti proticaja oduzme srednja vrednost proticaja i rezultat se podeli standardnom devijacijom. Srednja vrednost proticaja i standardna devijacija se određuju za posmatrani period. Računanjem se dobijaju pozitivne vrednosti koje pokazuju da je proticaj iznad proseka i negativne ako je proticaj ispod proseka [9].

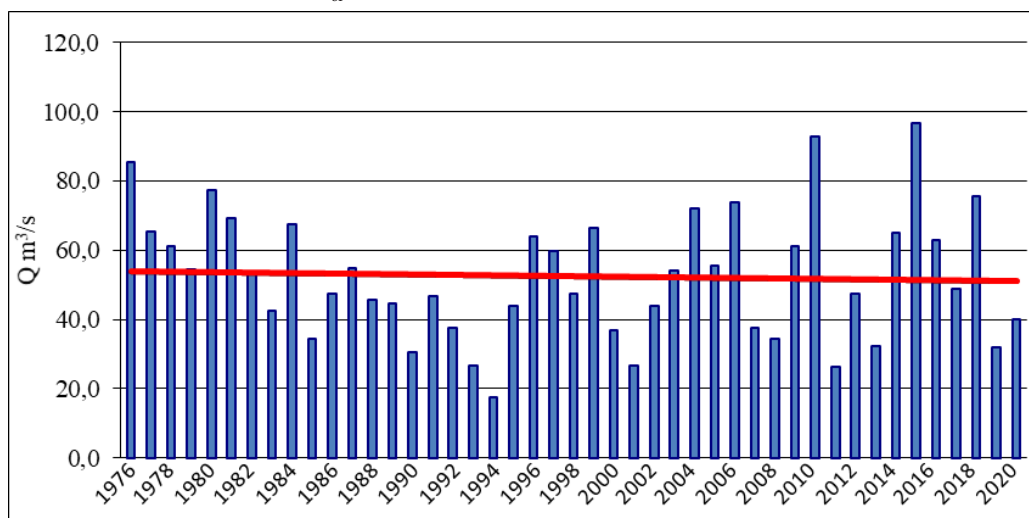
REZULTATI I DISKUSIJA

Na osnovu podataka o proticaju Južne Morave na hidrološkoj stanici Korvingrad u periodu 1976–2020. godine, izračunati su srednji mesečni i srednji godišnji proticaji. Na Grafiku br. 1 predstavljene su srednje mesečne vrednosti proticaja za istraživani period.



Grafik br. 1. Srednje mesečne vrednosti proticaja na hidrološkoj stanici Korvingrad (u m³/s) (1976–2020)

Maksimalni srednji mesečni proticaji zabeleženi su u martu ($111,6 \text{ m}^3/\text{s}$) i aprilu ($103,4 \text{ m}^3/\text{s}$). Minimalni srednji mesečni proticaji javljaju se u septembru ($15,5 \text{ m}^3/\text{s}$), avgustu ($18,5 \text{ m}^3/\text{s}$) i oktobru ($19,5 \text{ m}^3/\text{s}$). Vrednosti maksimalnih srednjih proticaja su u prolećnim mesecima veći 1,8 puta od srednjeg godišnjeg proticaja, dok su vrednosti minimalnih srednjih proticaja krajem leta i početkom jeseni manji za 2,9 puta od srednje vrednosti proticaja (Q_{sr}). Maksimalni srednji mesečni proticaji početkom proleća posledica su veće količine padavina koja se poklapa sa maksimumom padavina i topljenjem snega u višim delovima sliva. Dok su minimalni srednji mesečni proticaji krajem leta posledica male količine padavina, visokih temperatura i velikog isparavanja. Srednji godišnji proticaj za posmatrani period iznosi $Q_{sr} = 52,47 \text{ m}^3/\text{s}$.



Grafik br. 2. Srednje godišnje vrednosti proticaja Južne Morave na profilu Korvingrad (crvena linija predstavlja srednju višegodišnju vrednost proticaja u m^3/s za period 1976–2020)

U slivu Južne Morave do hidrološke stanice Korvingrad kolebanje proticaja je česta pojava, kako na mesečnom, tako i na godišnjem nivou. Jedan od zadataka je da se utvrdi koliko proticaji odstupaju od prosečne vrednosti i kojih godina su se velike i male vode javljale u istraživanom periodu. U posmatranom periodu najvodnija je bila 2015. godina ($96,7 \text{ m}^3/\text{s}$), a najsušnija 1994. godina ($17,6 \text{ m}^3/\text{s}$). Od 45 godina tokom 22 godine proticaj je bio iznad, a tokom 23 godine ispod prosečnih vrednosti.

Na osnovu analize Mann-Kendall testa vrednosti srednjih godišnjih proticaja Južne Morave na hidrološkoj stanici Korvingrad, nije utvrđeno postojanje trenda. Rezultati testa su pokazali da je trend srednje godišnje vrednosti proticaja na profilu Korvingrad u blagom opadanju, ali da nema promena koje bi se okarakterisale kao značajne. Na profilu Korvingrad Z ima vrednost -0.73 , što ukazuje na trend blagog opadanja vrednosti.

(Tabela br. 1)

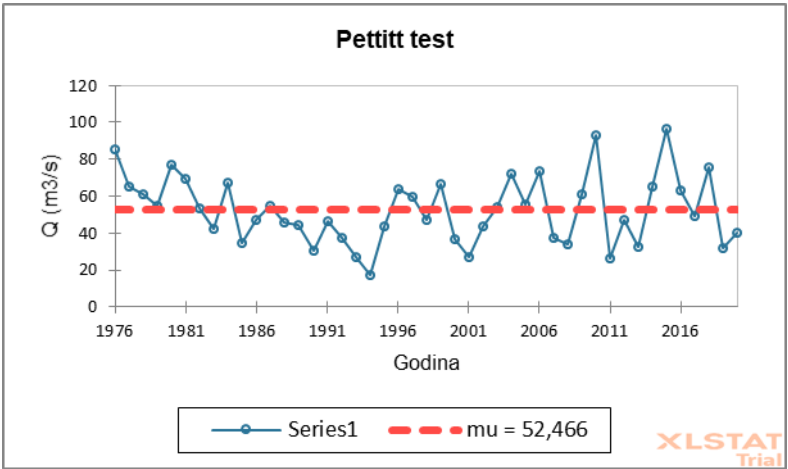
Mann-Kendall testom se zapaža nezatno povećanje trenda proticaja (Z) u martu (0,40), aprilu (0,10) i avgustu (0,11), dok su vrednosti ostalih meseci negativne. Test je pokazao da je najveća stopa smanjenja u septembru i iznosi $-1,07$. Blagi trend smanjenja proticaja (Z) je tokom svih godišnjih doba. U proleće iznosi $-0,08$, tokom leta $-0,08$, jeseni $-0,74$, zime $-0,8$. Senove prosečne stope smanjenja i povećanja vrednosti (Q) su u direktnoj vezi sa promenom trenda proticaja dobijenog Mann-Kendall testom. Po Senovom testu, godišnja promena Q_{sr} iznosi $-0,177 \text{ m}^3/\text{s}/\text{god}$.

Tabela br. 1. Rezultati Mann-Kendall testa (1976–2020)

	Z (Man-kandall)	Trend *	Q (Sen estimate)	Trend
Januar	-0.83	nema	-0.272	nema
Februar	-0.67	nema	-0.312	nema
Mart	0.40	nema	0.196	nema
April	0.10	nema	0.055	nema
Maj	-0.73	nema	-0.200	nema
Jun	-0.19	nema	-0.071	nema
Jul	-0.16	nema	-0.016	nema
Avgust	0.11	nema	0.012	nema
Septembar	-1.07	nema	-0.090	nema
Oktobar	-0.17	nema	-0.009	nema
Novembar	-0.99	nema	-0.219	nema
Decembar	-0.89	nema	-0.280	nema
Srednja godišnja	-0.73	nema	-0.177	nema

*Vrednosti trenda promene koje bi se okarakterisale kao značajne prema pragu značajnosti od 95% i 99% iznose 1,96, odnosno 2,576

Na Grafiku br. 3 i Tabeli br. 2 prikazani su rezultati Pettitt testa. Na osnovu tih rezultata zaključujemo da ne postoji tačka promene u podacima srednjih godišnjih proticaja na Južnoj Moravi, profilu Korvingrad.



Grafik br. 3. Podaci srednjih godišnjih proticaja obrađeni Pettit testom

Tabela br. 2. Rezultati Pettit testa

Pettitt's test (Series 1):	
K	166,000
t	1984
p-value (Two-tailed)	0,477
alpha	0,05

Na osnovu SDI indeksa veličine proticaja, godine se mogu podeliti na: ekstremno vodne ($SDI > 2.0$), jako vodne ($1.5 < SDI \leq 2$), umereno vodne ($1.0 < SDI \leq 1.5$), blago vodne ($0.0 < SDI \leq 1.0$), blago sušne ($-1.0 \leq SDI \leq 0.0$), umereno sušne ($-1.5 \leq SDI < -1.0$), jako sušne ($-2.0 \leq SDI < -1.5$), ekstremno sušne ($SDI < -2.0$) [9].

Dobijeni rezultati prikazani su u Tabeli br. 3. Podaci pokazuju da je broj vodnih i sušnih godina približno jednak. Ukupan broj vodnih godina je 22, dok je broj sušnih 23. Dominiraju blago sušne i blago vodne godine koje su se ukupno javile 43 puta. Vrednosti SDI indeksa pokazuju da su ukupno registrovane 22 blago sušne godine, dok je 21 godina označena kao blago vodna. U posmatranom periodu ističu se dve godine, jedna kao jako vodna a druga kao umereno sušna. Jako vodna godina je bila 1976. godina, dok je umereno sušna bila 1994. godina.

Tabela br. 3. Rangiranje godina po vodnosti prema vrednostima SDI

SDI	Broj godina
Ekstremno vodne	0
Jako vodne	1
Umereno vodne	0
Blago vodne	21
Blago sušne	22
Umereno sušne	1
Jako sušne	0
Ekstremno sušne	0

Proučavanja trenda u hidrološkim podacima dužih vremenskih serija značajni su kao podaci za sagledavanje globalnog stanja vodnosti sliva. U ovom radu vrednosti srednjih mesečnih i godišnjih proticaja su korišćeni kao hidrološki parametri. Neparametarskim testovima koji su korišćeni u radu utvrđen je opadajući trend u nizovima podataka, što karakteriše i veliki broj reka na teritoriji Centralne i Južne Srbije [8, 9, 13, 15–17]. Kada je reč o evropskim rekama, istraživanje [18] ukazuje da jedna trećina istraživanih reka ima blago opadajući (negativan) trend, pretežno reke Španije i Francuske i jugoistočne i Centralne Evrope. Međutim, usled razlika u veličini i obliku sliva, u različitim klimatskim i topografskim uslovima javljaju se i razlike u vodnosti slivova u godinama kada se javljaju velike/male vode. Od faktora koji najviše utiču na trend opadanja proticaja su: klima (smanjenje količine padavina i povećanje temperature vazduha) kao i brojni antropogeni faktori (korišćenje vode iz reke za navodnjavanje, odvođenje vode u druge slivove, akumulacije u slivu i dr.).

ZAKLJUČAK

Na osnovu primenjenih testova, utvrđeno je da na hidrološkoj stanici Korvingrad na Južnoj Moravi nema značajnog trenda promene srednjih godišnjih proticaja (iako postoji negativan trend). Tačka promene (Pettit test) nije utvrđena za istraživani period iako je primećeno da je na klimatskim stanicama u ovom delu sliva došlo do smanjenja godišnje količine padavina poslednjih decenija.

Rangiranjem godina po vodnosti utvrđeno je da je odnos vodnih i sušnih godina skoro jednak. Neparametarski testovi (Mann-Kendall i Pettitt) nisu pokazali postojanje trenda kao ni tačke promene u podacima o srednje godišnjim proticajima za period istraživanja. Bez obzira što nije utvrđen trend promene niti tačka preloma, zaključci mogu da budu

značajni i da pomognu u sagledavanju stanja vodnosti u podslivu Južne Morave. Vodopri-vredni problemi koji se javljaju u slivu Južne Morave do hidrološkog profila Korvingrad posledica su kolebanja proticaja Južne Morave u izvorišnom delu sliva kao i njenih pritoka. Poznavanje promena vrednosti proticaja na mesečnom i godišnjem nivou je veoma zna-čajno jer se dobija prava slika vodnosti na čitavoj površini sliva. Dalja istraživanja mogu da budu u pravcu međuzavisnosti proticaja od pojedinih klimatskih elemenata i klimatskih promena koje se predviđaju u budućnosti.

LITERATURA

- [1] Dukić, D. (1952): Naše reke. Novo Pokolenje. Beograd.
- [2] Gavrilović Lj., Dukić D. (2014): Reke Srbije. Zavod za udzbenike i nastavna sredstva. Beograd.
- [3] Pavlović M. (2019): Geografske regije Srbije 2 - planinsko-kotlinsko-dolinska makroregija. Univerzitet u Beogradu – Geografski fakultet. Beograd.
- [4] Jovanović V., Srećković-Botočanin D. (2009): Osnovi geologije. Zavod za udzbenike i nastavna sredstva. Beograd.
- [5] Pavlović M. (2019): Geografija Srbije 1. Univerzitet u Beogradu - Geografski fakultet. Beograd.
- [6] Meteorološki godišnjaci (1976–2020). Republički hidrometeorološki zavod. Beograd.
- [7] Martić-Bursać N., Stričević Lj., Nikolić M., Ivanović R., Statistical analysis of average, high and low waters of the Toplica river, Glasnik Srpskog geografskog društva, 2016, 96 (1), 26–45, doi.org/10.2298/GSGD1601026M.
- [8] Gocić M., Martić-Bursać N., Radivojević A., Statistical analysis of annual water discharge of Jablanica and Toplica Rivers, Serbian Journal of Geosciences, 2016, 2 (1), 101–110.
- [9] Đokić M. (2015): Nišava – Potamološka studija. Doktorska disertacija, Univerzitet u Nušu - Prirodno-matematički fakultet. Niš.
- [10] Stojković M., Plavšić J., Proharska S., Dugoročne promene godišnjih i sezonskih proticaja: primer reke Save, Vodoprivreda, 2014, 46, 29–48.
- [11] Hidrološki godišnjaci (1976–2020). Republički hidrometeorološki zavod. Beograd.
- [12] Kendall M.G. (1975): Rank Correlation Methods, Charles Griffin, 4th edition, London.
- [13] Langović M., Manojlović S., Čvorović Z., Trends of mean annual river discharges in the Zapadna Morava River Basin, Glasnik Srpskog geografskog društva, 2017, 97 (2), 19–45, doi.org/10.2298/GSGD1702019L.
- [14] Pettitt N., A non-parametric approach to the change-point problem, Appl. Statist., 1979, 28 (2), 126–135.
- [15] Radivojević A., Martić-Bursać N., Gocić M., Filipović I., Pavlović M., Radovnović M. et al., Statistical analysis of temperature regime change on the example of Sokobanja basin in Eastern Serbia, Thermal Sciences, 2015, 19 (2), 323–330, DOI: 10.2298/TSCI150119019R.
- [16] Kovačević-Majkić J., Urošev M., Trends of mean annual and seasonal discharges of rivers in Serbia, Zbornik radova Instituta “Jovan Cvijić”, 2014, 64(2), 143–160.
- [17] Stričević Lj., Gocić M., Martić-Bursać N., Statistical analysis of annual water discharge of the Jovanovačka River, 5th Serbian Congress of Geographers “Innovative approach and perspectives of the applied geography” 9-11 September, 2021, Department of Geography, Tourism and Hotel Management, Novi Sad.
- [18] Stahl K., Hisdal H., Hannaford J., Tallaksen L.M., van Lanen H.A.J., Sauquet E. et al., Streamflow trends in Europe: evidence from a dataset of near-natural catchments, Hydrological and Earth System Sciences, 2010, 14, 2367–2382, https://doi.org/10.5194/hess-14-2367-2010.

STATISTICAL ANALYSIS OF MEAN MONTHLY AND ANNUAL WATER DISCHARGE ON JUŽNA MORAVA RIVER TO KORVINGRAD HYDROLOGICAL STATION

Author: MILAN MILETIĆ

Email: milanmiletic181@gmail.com

Mentor: Assist. Prof. Milena Gocić

Department of Geography

Faculty of Sciences and Mathematics, University of Niš

Introduction: The Južna Morava is formed by the Binačka Morava and the Preševska Moravica merging near Bujanovac. The surface area of the Južna Morava sub-basin up to the Korvingrad Hydrological Station is 9,396 km². Discharges depend on a large number of factors and, for this reason, can be studied by various statistical methods and tests.

Aim: The aim of the paper is to use certain statistical tests to evaluate the size of the discharges that occurred in the period from 1976 to 2020 at the Korvingrad hydrological station.

Material and Methods: In the paper, a statistical analysis of the mean annual and monthly discharges at the Korvingrad Hydrological Station was performed in the period from 1976 to 2020. The ranking of years according to water content was determined using the Streamflow Drought Index (SDI), while non-parametric Mann-Kendall and Pettit tests were used to determine the existence of a trend of mean annual discharges and a change point in annual water discharge.

Results: The average annual discharge for the observed period was 52.47 m³/s. The maximum mean monthly discharges were recorded in March (111.6 m³/s), while the minimum mean monthly discharges occurred in September (15.5 m³/s) for the investigated period. The Mann-Kendall and Pettitt tests did not determine the change in mean annual flows during the research period.

Conclusion: The values of the maximum mean discharges in the spring months are 1.8 times higher, while the mean minimum values of the discharges are 2.9 times lower than the mean annual discharges for the period of this investigation (52.47 m³/s). The analysis of mean annual discharges shows that slightly dry years are the most numerous ones—there are 22 of them, while the number of slightly wet years is 21. Non-parametric tests (Mann-Kendall and Pettitt) did not show a trend or a change point in the mean annual discharge values for the studied period.

Keywords: discharge, trend, SDI, non-parametric tests

SCENARIO KAO KONSTRUKTIVISTIČKI POSTUPAK U NASTAVI

Autor: MILICA CRNOBRNJA

e-mail: knezevicmilica343@gmail.com

Mentor: Prof. dr Mladen Trifunović

Osnovna škola „Petar Kočić“, Kola

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Banjoj Luci

Uvod: Ovaj rad pružiće čitaocu objašnjenje postupka scenario, koji se koristi kao vid konstruktivističke nastave. Takođe, biće prikazan primjer jednog scenarija koji je primijenjen na uzorku učenika IX razreda (12) u Osnovnoj školi „Petar Kočić“ Kola. Na kraju, putem upitnika, nastavnik je dobio povratnu informaciju od učenika, u smislu koliko im se sviđa ovaj tip nastave, te će rezultati biti predstavljeni i detaljno objašnjeni.

Cilj: Cilj rada jeste da se jasno prikaže značaj konstruktivističke nastave, kao i da nastavnicima posluži kao ideja za izvođenje jednog konstruktivističkog nastavnog časa u nastavi, te da se naglasi značaj životnog iskustva, kao vrste predznanja i kao mjesta primjene znanja i vještina naučenih u školi.

Materijali i metode: Deskriptivni metod, klasifikacija, sistematizacija, statistički metod, upitnik, analiza, sinteza.

Rezultati: Djeca su (preko 90%) zainteresovana za scenario kao tip konstruktivističke nastave, kao i za druge slične metode u okviru pomenute nastave.

Zaključak: Ovaj rad nosi jednu vrlo važnu pouku, a to je otvorenost djece za saradnju, odnosno za primjenu konstruktivističkih metoda i postupaka u nastavi, te želja za većim udjelom pomenute nastave ne samo iz geografije, već i iz drugih nastavnih predmeta.

Ključne riječi: konstruktivizam; scenario; životno iskustvo; povezivanje; primjena

UVOD

U ovom radu, čitaocu će se pružiti mogućnost spoznaje konstruktivističkog postupka „scenario“, te njegove primjene u nastavi. Cilj rada jeste da se prikaže značaj konstruktivističke nastave, otvorenost učenika za istu. Akcenat se stavlja na važnost životnog iskustva, kao vrstu predznanja i mjesto primjene znanja, vještina stečenih u školi kao mjestu gdje se pomenuto znanje i stečene vještine „čuvaju“, jer su pronašle svoju svršishodnost. Autoru je pružena mogućnost rada u nastavi, gdje je primijenio ovaj i slične konstruktivističke postupke. Eksperimentalnu grupu činili su učenici Osnovne škole „Petar Kočić“ Kola. Ovom prilikom zahvaljujem upravi škole i pojedinim kolegama na podršci i savjetima vezanim za pomenuto istraživanje. Veliko hvala dugujem direktorici Dubravki Bosančić na pruženoj mogućnosti izvršenja istraživanja, kao i na velikoj nesebičnoj podršci.

MATERIJAL I METODE

Metode koje su korištene tokom pisanja rada su sljedeće: deskriptivni metod, analiza, sinteza, metod klasifikacije i sistematizacije, te anketiranje.

REZULTATI

Učenici su u 91,66% slučajeva zainteresovani za konstruktivističku nastavu, odnosno

za postupak „scenario“, kao i za slične postupke (misterije, „živi graf“ itd.). Izjasnili su se kao otvoreni za pomenuti tip nastave, sa iskazanom željom za većim udjelom iste ne samo u geografiji već i u drugim nastavnim predmetima.

DISKUSIJA

Konstruktivizam je pravac koji se u didaktici manifestuje kroz „konstruisanje“ znanja, dok već stečeno znanje i životno iskustvo predstavlja vid predznanja na koje se novo znanje „gradi“. Nastavnik preuzima ulogu „vodiča ka znanju“, dok je učenik aktivni istraživač i „konstruktor“. Proces nastave zasnovan na postupku scenario organizovan je tako da se od učenika traži da napravi sopstveni scenario određenog procesa, događaja ili pojave. Postupak djeluje motivaciono na nastavnika i učenika, aktivira čula i proces razvoja vještina vizuelne memorije, te razvija sposobnost imaginacije (1).

Prema autoru Litu, pomenuti postupak sastoji se:

- Iz priče, koja ima samo prvi dio, dok je zadatak za učenike da je završe. Prvi dio priče mora biti dobro osmišljen, primjenjiv sa više mogućih „rješenja“ / individualnih priča.
- Poslije čitanja priče učenici rade u parovima.
- Jedan učenik treba da za oko 2 minuta ispriča svoj scenario, a drugi da piše bilješke i da izdvoji: sličnosti između njihovih „filmova“, razlike i ono što im je bilo iznenađujuće.
- Nakon toga svaki učenik piše svoj esej/scenario.
- Čitanje scenarija, diskusija – primjena/svrha (2).

Zadaci za nastavnika su sljedeći:

- Napraviti uvod kroz malu priču o snovima i povezati je sa mentalnim slikama koje se stvaraju u našim umovima.
- Objasniti svojim učenicima da će upravo danas koristiti takve mentalne slike i filmove prilikom obrade nastavne jedinice.
- Skrenuti pažnju učenicima da je najvažnije da budu skoncentrisani.
- Reći učenicima da sklope oči, te pustiti im neku umirujuću muziku.
- Kada se postigne određena tišina, jasno, glasno i izražajno čitati scenario.
- Poslije čitanja reći učenicima da nastave da par minuta zamišljaju šta se događalo dalje.
- Važno je održavanje tišine – gestovima, a ne vikom!
- Nakon oformljenog scenarija, podsticati komentare, diskusije.
- Sprečavati kritičizam i preobimno pričanje.
- Zadatak za domaći rad da se scenario dopuni i da se ilustruje.
- Započeti diskusiju o tome koja je svrha ovog scenarija (2).

Primjer postupka scenario – Turistički vodiči

„Nedjelja ujutro, Sunce polako obasjava vaše prozore i unosi zlatno-žutu svjetlost u vaš dom. Naporna radna sedmica je iza vas i željni ste odmora. Još uvijek ste u krevetu, a oči se same sklapaju, čeznu za još kojim satom sna dok su roditelji već nekoliko dana na poslovnom putu. Iznenada, začuje se zvono na vašim vratima. Skaćete iz kreveta, oblaćite se, usput se pogledate u ogledalo i prstima kao četkom brzo slažete pramen po pramen vaše kose da ostavite dojam da ste odavno na nogama. Sa radoznalošću i pomalo zbunjenošću otvarate vrata, kad ono, imate šta da vidite. Jao ne, od velikog broja školskih obaveza i prevelikog angažovanja oko veoma važne utakmice u kojoj je vaš tim bio veliki favorit, te ste bili pred-

stavnici vašeg grada, zaboravili ste dogovor sa direktorom škole o razmjeni učenika. Dakle, narednih sedam dana u vašem domu boraviće dva učenika iz daleke zemlje, te je vaš zadatak da im predstavite prirodne ljepote i turističke potencijale naše zemlje. U sekundi vam ideje prolaze kroz glavu. U mislima su se redale slike kao na traci o našoj Uni, Savi, Bosni, Drini, Kozari, Jahorini, Rastuši, Vjetrenici, kotlinama, kanjonima i kraškim poljima. Nakon prirodnih ljepota, misli su krenule putem umjereno-kontinentalne klime, poljoprivrednih kultura, a posebno su se zadržale oko topline naših domova, mirišljive kuhinje domaćica, njihove uvijek pune trpeze starih specijaliteta od prabaka, koji su se generacijama prenosili i sladili nepca uvijek gospodski dočekanih gostiju. Slijed misli prekinulo je jedno veselo i radoznalo „haaj“ (pozdrav). Šta se dalje dešavalo....?“ (1).

Rad učenice: Anđele Bojanić IX₁ OŠ „Petar Kočić“ Kola

Uđi dragi moj prijatelju, odmori se malo od putovanja, pa ćemo uz „čašicu“ razgovora da se bolje upoznamo i skupimo snagu za predstojeća putovanja na kojima ćeš bolje upoznati našu zemlju. Nakon našeg kratkog druženja, krenuli smo. Prvi dan obišli smo našu ostrvsku planinu Kozaru, tamo smo vidjeli spomenik, muzej, memorijalni zid. Drugu planinu koju smo posjetili je Manjača. Dio Manjače je oblast Zmijanja gdje se rodio naš poznati srpski pisac Petar Kočić. Drugi dan išli smo na izvor rijeke Plive, pa na rijeku Janj, obišli smo i najpoznatije vještačko jezero Banjalučke regije Balkanu. Treći dan krenuli smo u obilazak Dobojsko-bijeljinske regije, išli smo na planinu Ozren, koja se nalazi između rijeka Spreče i Bosne i koja je dobro pošumljena, takođe obišli smo i planinu Borju. Četvrti dan obišli smo Bijeljину i grad Doboj koji se nalazi na lijevoj obali Bosne i koji je vrlo važan saobraćajni čvor. Posjetili smo i najveće etno-selo u RS – Stanišići, izgrađeno kod Bijeljine. Etno-selo sadrži drvene kućice, ugostiteljske objekte, manastir sv. Nikole, sportske terene i sl. Peti dan obišli smo planinu Romaniju na kojoj je razvođe između sliva Drine i Bosne, potom smo otišli na planinu Jahorinu koja je najznačajniji turistički planinski centar u BiH. Taj dan obišli smo i najveće vještačko jezero u Istočnosarajevsko-zvorničkoj regiji – Perućac. Šesti dan obišli smo grad Višegrad čiji je simbol kameni most građen 1571–1577 godine. Roman „Na Drini ćuprija“ o mostu u Višegradu napisao je pisac Ivo Andrić. Sedmi dan, ujedno i posljednji dan našeg druženja, obišli smo najveći nacionalni park Sutjesku, a u okviru parka je prašuma Perućica sa očuvanim biljnim i životinjskim svijetom. Takođe, obišli smo manastire Tvrdoš i Hercegovačku Gračanicu, gdje je sahranjen srpski pjesnik Jovan Dučić. Naše druženje završavamo obilaskom Hercegovačke Gračаницe, odakle se vidi grad Trebinje i predivna Hercegovina, gdje smo i napravili nekoliko divnih fotografija koje će nas sjećati na ovo vrlo sadržajno i lijepo druženje, na kojem smo upoznali čari ove jedinstvene države.

Obrazloženje rada učenika

Proces konstrukcije znanja tekao je veoma složeno i individualno. Dakle, znanje o prirodno-geografskim karakteristikama RS i BiH učenica je primijenila, odnosno turistima predstavila po njoj važna mjesta. Nakon toga, učenica je znanje o društveno-geografskim karakteristikama BiH/RS takođe predstavila u turističke svrhe. Naučivši reljef BiH, učenica je u stanju da selektivnim izborom turistima predstavi najvažnija i najljepša mjesta. „Znanje iz života“ iskoristila je u opisivanju, kao i znanja iz drugih predmeta, npr. istorije.

Opis kognitivnih procesa koji su prisutni tokom učenja:

Znanje – poznavanje reljefa izučavanog prostora koje se prepliće tokom cijelog scenarija.

Razumijevanje – razumijevanje naučenog gradiva o reljefu koje izdvaja kao turistima privlačna.

Primjena – predstavljanje gorenavedenog u turističke svrhe.

Analiza – analizirala prirodno-geografske i društveno-geografske odlike BiH.

Sinteza – isticanje važnih mjesta koje je potrebno posjetiti sa adekvatnim obrazloženjem.
Evaluacija – svaki učenik će na osnovu prethodnih znanja, prostornog i neprostornog posmatranja, kao i uputa od strane nastavnika, moći formulisati po njemu turistički privlačna mjesta, te obrazložiti zašto smatra da su baš ta mjesta turistički atraktivna, sa ili bez svog ličnog doživljaja, što je u ovom slučaju Anđela sistematično odradila.

ZAKLJUČAK

Nakon realizovanog nastavnog časa „scenario“, učenici su dobili kratka pitanja, na koja su efikasno odgovorili, te je tako nastavnik dobio povratnu informaciju o realizovanju ovog i sličnih postupaka u okviru konstruktivističke nastave. Dakle, na pitanje o tome da li im se sviđa ovaj postupak, njih 11/12 odgovorilo je pozitivno. Kao razloge sviđanja, navodili su: da je nivo njihove motivacije viši nego ranije, zanimljiv nastavni čas, drugačiji od ostalih časova. Naveli su da bi voljeli imati više ovakvih nastavnih časova kako iz geografije tako i iz ostalih predmeta. Sve vrijeme bili su pozitivno iznenađeni, jer nisu dosad imali priliku da pišu esej na času geografije, pa su osjetili dosad netaknutu slobodu pisanja i primjene geografskog znanja, kao i znanja iz života.

LITERATURA

1. Crnobrnja M., Razvoj prostornog mišljenja u nastavi geografije. Banja Luka. Univerzitet u Banjoj Luci, Prirodno – matematički fakultet. Master rad, odbranjen 25. 10. 2021.
2. Leat D., Thinking through geography. Published by Chris Kington. 1998.

SCENARIO AS A CONSTRUCTIVIST PROCEDURE IN TEACHING

Author: MILICA CRNOBRNJA

Email: knezevicmilica343@gmail.com

Mentor: Assoc. Prof. Mladen Trifunović

Petar Kočić Elementary School, Kola; Faculty of Science and Mathematics, University of Banja Luka

Introduction: This paper will provide the reader with an explanation of the scenario procedure used as a form of constructivist teaching. Also, an example of a scenario will be presented, which was applied to a sample of ninth-grade students (12) at Petar Kočić Elementary School in Kola. Finally, through a questionnaire, the teacher received feedback from the students regarding how much they like this type of teaching, and the results will be presented and explained in detail.

Aim: The objective of the paper is to show the importance of constructivist teaching clearly and to serve as an idea for teachers to conduct a constructivist lesson in teaching. Additionally, the aim is to emphasize the importance of life experience as a type of prior knowledge and as a place to apply the knowledge and skills learned at school.

Material and Methods: Descriptive method, classification, systematization, statistical method, questionnaire, analysis, synthesis.

Results: Children (over 90%) are interested in the scenario as a type of constructivist teaching and in other similar methods within the mentioned type of teaching.

Conclusion: This work carries a very important lesson, which is children's openness to cooperation, that is, to the application of constructivist methods and procedures in teaching and the desire for a greater share of the mentioned type of teaching not only in geography but also in other subjects.

Keywords: constructivism, scenario, life experience, connection, application

BIOLOŠKA STRUKTURA STANOVNIŠTVA GRADA BANJA LUKA

Autor: SANDRA NIKOLIĆ

e-mail: sandranikolic001@gmail.com

Mentor: Prof. dr Draško Marinković

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Banjoj Luci

Uvod: Biološka struktura stanovništva predstavlja strukturu prema polu i starosti, što se odražava na biološku reprodukciju i buduću radnu snagu, zbog čega je neophodno izvršiti izračun koeficijenta maskuliniteta i feminiteta, kao i procentualnih udjela stanovništva po starosnim grupama.

Cilj: Rad predstavlja analizu promjena nastalih u biološkoj strukturi i promjena u starosnim grupama stanovništva grada Banja Luka sa akcentom na popise 1991, 2013. i procjenu za 2020. godinu. Cilj je utvrditi promjene u biološkoj strukturi stanovništva grada Banja Luka u periodu od 1991. do 2013. godine koje negativno utiču na demografsku sliku grada.

Materijal i metode: Materijali korišteni za istraživanje i izradu ovog rada predstavljaju zvanične dokumente statističkih zavoda Republike Srpske i Federacije BiH: Statistički godišnjaci SR Bosne i Hercegovine za 1971, 1981. i 1991, Popis stanovništva u Republici Srpskoj 2013. godine, Procjena stanovništva za 2020. godinu. Tokom obrade podataka korišten je demografski metod (specifični koeficijenti, procenti i indeksi), kao i metod analize, sinteze, komparacije, klasifikacije, deskripcije i grafičko-ilustrativni metod.

Rezultati: Rezultati analize ukazuju na promjene u polnoj i starosnoj strukturi stanovništva, naročito u određenim starosnim grupama kao što je mlado i staro stanovništvo, što ukazuje na demografsko starenje stanovništva.

Zaključak: Stanovništvo grada demografski stari, što dovodi do promjena u biološkoj strukturi i predstavlja posljedicu niske stope rađanja i povećanja indeksa starosti. Ovakve promjene negativno se odražavaju buduću reproduktivnu normu i opterećenost fondova zbog potrebe izdvajanja ekonomskih sredstava za staro stanovništvo, zbog čega je neophodno raditi na promociji mjera populacione politike.

Ključne riječi: biološka struktura; stanovništvo; Banja Luka; promjene

UVOD

Biološka struktura stanovništva predstavlja strukturu stanovništva prema polu i godinama starosti posmatrano na određenom prostoru. Sama struktura stanovništva prvenstveno zavisi od prirodnog kretanja stanovništva, tj. od osnovnih komponenata prirodnog kretanja stanovništva (natalitet, mortalitet, prirodni priraštaj), kao i nupcijaliteta i divorcijaliteta koji neposredno utiču na stopu prirodnog kretanja. Sve navedene značajke odnose se na populacije zatvorenog tipa u kojima nije prisutan uticaj migracija. Značajna odstupanja nastaju u društvima gdje su izrazito prisutne migracije stanovništva, što se direktno održava na vidljivu diferencijaciju stanovništva po polu kao i na diferencijaciju stanovništva u strukturi radnog kontingenta. Ona predstavlja jedan od najbitnijih pokazatelja stepena razvoja stanovništva posmatranog područja kao glavni instrument saznavanja demografske prošlosti i projekcije demografske budućnosti [1].

Važnost biološke strukture stanovništva ogleda se upravo kroz budući fertilni kontigent ali i radni kontigent stanovništva [2]. Polna struktura predstavlja odnos broja muškog i ženskog stanovništva u ukupnom stanovništvu određenog područja i može varirati od države do države kao i od oblasti do oblasti unutar neke države, što je prvenstveno uslovljeno određenim društveno-ekonomskim ili kulturološkim faktorima koji preovladavaju na datom prostoru u određenom vremenu. Da bi se polna struktura što bolje analizirala, potrebno je koristiti osnovni pokazatelj, tj. koeficijent maskuliniteta koji predstavlja udio muškog stanovništva na 100 ili 1000 žena. Samim tim, moguće je izračunati i koeficijent feminiteta (broj ženskog stanovništva na 100 ili 1000 muškaraca). Ovi koeficijenti mogu se primijeniti i u starosnim grupama stanovništva, odnosno na mladom, zreлом i starom stanovništvu, kao i procentualni odnosi muškog i ženskog stanovništva u ukupnom stanovništvu. Starosna struktura stanovništva dijeli ukupno stanovništvo na određene starosne grupe, što direktno pokazuje prošlost, sadašnjost i budućnost stanovništva određenog prostora [2].

Cilj ovog rada predstavlja komparativni prikaz stanja biološke strukture stanovništva grada Banja Luka za period od 1971. do 2013. godine sa posebnim akcentom na popise provedene 1991. i 2013. godine. Za prikaz pojedinih parametara koristiće se Procjena broja stanovnika 2020. godine urađena sredinom godine. Potrebno je naglasiti da na prostoru Bosne i Hercegovine popis stanovništva nije proveden 22 godine, tj. od 1991. godine, kada je proveden popis stanovništva u tadašnjoj Socijalističkoj Republici Bosni i Hercegovini. Nedostatak popisa koji se po pravilu provodi svakih 10 godina onemogućio je preciznu analizu stanja većine demografskih pokazatelja.

Grad Banja Luka predstavlja drugi najveći grad Bosne i Hercegovine (nakon Sarajeva) i najveći grad na prostoru Republike Srpske [3]. Prema popisu stanovništva provedenom 2013. godine, na prostoru Republike Srpske popisano je 1 170 342 stanovnika, od čega je stanovništvo grada Banja Luka činilo 180 053 stanovnika ili 15,38%, što čini 1/6 ukupnog stanovništva Republike Srpske. Geografski položaj grada veoma je povoljan. Grad se nalazi na sjeverozapadu Republike Srpske na kontaktnoj zoni Dinarskog planinskog sistema i Panonske nizije u Banjalučkoj kotlini i predstavlja centar Banjalučke nodalno-funkcionalne regije. Banja Luka je povezana sa autoputem R-70 Zagreb-Beograd, što gradu omogućava bolju i lakšu povezanost sa Evropom. Geografski položaj i dobra saobraćajna povezanost znatno utiču na populaciju grada kao i na njegove funkcije. Banja Luka predstavlja administrativni, obrazovni, kulturni i zdravstveni centar Banjalučke nodalno-funkcionalne regije kao i same Republike Srpske. Zbog toga biološka struktura stanovništva grada Banja Luka predstavlja jedan od značajnih pokazatelja sveukupnog demografskog stanja na prostoru Republike Srpske.

MATERIJALI I METODE

Analiza promjena nastalih u biološkoj strukturi stanovništva na prostoru grada Banja Luka izvršena je na osnovu podataka demografske statistike prikupljenih iz Statističkih godišnjaka Socijalističke Republike Bosne i Hercegovine za 1971, 1981. i 1991. godinu, kao i podataka iz Popisa stanovništva, domaćinstava i stanova u Bosni i Hercegovini 2013. godine na teritoriji Republike Srpske. Za vjerniji prikaz trenutnog stanja biološke strukture na prostoru grada, kao i za izračun koeficijenata i procenata, korištena je Procjena stanovništva, prema polu i starosti (starosne grupe) po gradovima/opštinama, 2020 – sredinom godine, Republika Srpska, koja je urađena na osnovu popisa stanovništva 2013. godine preuzetog od strane Republičkog zavoda za statistiku Republike Srpske. U radu je kao osnova korišten diplomski rad autora ovog rada pod nazivom „Strukturna obilježja stanovništva grada Banja Luka”. Popis stanovništva, domaćinstava i stanova u Republici

Srpskoj 2013. godine preuzet je od Republičkog zavoda za statistiku Republike Srpske (RZS RS), dok su Statistički bilteni za SR Bosnu i Hercegovinu preuzeti od Federalnog zavoda za statistiku Federacije Bosne i Hercegovine (FZS FBiH). Potrebno je naglasiti da postoje razlike u konceptu popisa 1991. i 2013. godine. Za potrebe popisa stanovništva 1991. godine primjenjivan je model stalnog stanovništva (*de iure*), gdje se u ukupno stanovništvo ubrajala svaka ona osoba koja ima prebivalište na određenoj teritoriji bez obzira na to da li je u samom momentu provođenja popisa bila kraće ili duže vrijeme odsutna. Za potrebe popisa stanovništva 2013. godine stanovništvo je popisivano prema modelu stalnog mjesta boravka (*place of usual residence*), što podrazumijeva „... mjesto u kojem lice živi i obično provodi svoj dnevni odmor, bez obzira na privremeno odsustvo u svrhu rekreacije, odmora, obilaska prijatelja i rodbine, posla, škole, liječenja ili vjerskog hodočašća” [4].

Primjenom demografske metode izvršena je analitičko-sintezno-komparativna analiza svih demografskih procesa vezanih za kretanje stanovništva i strukturna obilježja stanovništva. Klasifikacijom i analizom izdvojeni su svi statistički podaci vezani za biološku strukturu stanovništva iz statističkih biltena i popisa stanovništva, prvenstveno radi što bolje komparacije, izračuna određenih koeficijenata ali i zbog lakšeg grafičko-ilustrativnog prikaza.

Da bi se uradila što bolja analiza, potrebno je izvršiti diferencijaciju ukupnog broja stanovnika prema godinama starosti, što je moguće uraditi po jednogodišnjim (0, 1, 2, 3...) ili petogodišnjim (0–4, 5–9, 10–14...) starosnim grupama. Pored ovakvog načina klasifikacije, stanovništvo se dijeli u tri velike grupe i to mlado (od 0 do 14 godina), zrelo (od 15 do 64 godine) i staro (stanovništvo starije od 65 godina). Nakon podjele stanovništva na ove starosne grupe, moguće je izračunati procentualne udjele predfertilnog, fertilnog i postfertilnog stanovništva, izvršiti ocjenu radnog potencijala stanovništva, izračunati koeficijent starosti i mladosti stanovništva kao i indeks starosti stanovništva. Osnovni pokazatelji starosti stanovništva definišu se na sledeći način:

1. Koeficijent maskuliniteta predstavlja udio muškog stanovništva na 100 ili 1000 žena,
2. Koeficijent feminiteta predstavlja udio ženskog stanovništva na 100 ili 1000 muškaraca,
3. Koeficijent starosti predstavlja udio stanovništva starijeg od 65 godina u ukupnom stanovništvu,
4. Koeficijent mladosti predstavlja udio stanovništva od 0 do 14 navršenih godina starosti u ukupnom stanovništvu i
5. Indeks starosti predstavlja brojčani odnos starog (65 i više godina) i mladog (od 0 do 14 godina) stanovništva [2].

Da bi se što bolje prikazala i shvatila biološka struktura stanovništva, potrebno je uraditi grafički prikaz strukture stanovništva, za šta se koristi polno-starosna piramida stanovništva. Kako se u literaturi koristi podjela na mlado, zrelo i staro stanovništvo, po modelu Sundbärga, moguće je izvršiti klasifikaciju stanovništva na 3 tipa:

1. Mladi ili ekspanzivni tip (progresivni tip),
2. Zreli ili stacionirani tip (stagnantni tip) i
3. Stari ili regresivni tip (kontraktni tip) stanovništva [2].

REZULTATI

Prema popisima stanovništva na prostoru SR Bosne i Hercegovine (Tabela br. 1), stanovništvo grada Banja Luka bilježilo je konstantan rast. Najveći broj stanovnika zabilježen je popise 1991. godine i on je iznosio 195 692 stanovnika. U prijeratnom periodu, Banja Luka je konstantno uvećavala broj stanovnika preko veće stope rađanja ali i imigracija

iz drugih manjih opština tadašnje SR Bosne i Hercegovine prvenstveno zbog razvijene privredne i obrazovne funkcije koja je privlačila stanovništvo. Prema zadnjem provedenom Popisu stanovništva, domaćinstava i stanova u Republici Srpskoj 2013. godine, na prostoru grada Banja Luka popisano je ukupno 180 053 stanovnika, dok je prema procjeni stanovništva sredinom 2020. godine grad Banja Luka imao 185 094 stanovnika. Primjetno je da je 2013. godine u gradu popisano 15 639 stanovnika manje nego što je to bio slučaj 1991. godine. Ovakav negativan trend uslovljen je ratnim dešavanjima na prostoru Bosne i Hercegovine i gubitkom velikog broja stanovništva, kao i niskom stopom rađanja, koja predstavlja jedan od najvećih problema Republike Srpske pa samim tim i grada Banja Luka.

Polna struktura stanovništva

Komparacijom popisa provedenih 1971, 1981. i 1991. godine primjetno je da je polna struktura stanovništva prilično ujednačena a žene su neznatno dominantnije. Posmatrajući sve popisne godine na prostoru grada Banja Luka, primjetno je da žensko stanovništvo čini dominantno stanovništvo u ukupnom stanovništvu grada. Značajna odstupanja vidljiva su prema popisu 2013. godine, gdje je broj ženskog stanovništva u odnosu na muški dio stanovništva veći za 7 033 stanovnika (Tabela br. 1). Primjetno je da je koeficijent maskuliniteta značajno veći u prijeratnom periodu, kao i da je svoj maksimum dosegao 1991. godine (Tabela br. 2). Pored toga, ova popisna godina predstavlja godinu sa najviše popisanih stanovnika na prostoru grada Banja Luka. Prema popisu iz 2013. godine, koeficijent maskuliniteta je niži za 6%, što predstavlja direktnu posljedicu ratnih dešavanja na prostoru Bosne i Hercegovine tokom 90-ih godina 20. vijeka, što se direktno odrazilo na ukupan broj muškog stanovništva na prostoru grada. Prema podacima procjene stanovništva 2020. godine, koeficijent maskuliniteta je i dalje u neznatnom padu i to za 0,20%.

Posmatrano kroz popisne godine, primjetno je da je koeficijent feminiteta skoro izjednačen za popisnu 1981. i 1991. godinu, dok je 2013. godine porastao za 6,61% u odnosu na 1991. godinu. Razlika između koeficijenta maskuliniteta i feminiteta 1991. godine iznosila je 3,01%, dok se taj odnos 2013. godine povećao za 15,64%. Prema procjeni stanovništva za 2020. godinu primjetno je da je koeficijent feminiteta dostigao svoj maksimum (Tabela br. 2). Do ovakve promjene dolazi prvenstveno zbog povećanog broja ženskog stanovništva u grupi starog stanovništva (starije od 65 godina), ratnih gubitaka muškog stanovništva kao i smrtnosti muškog stanovništva usljed fizički težih poslova, kao i sve većih migracija stanovništva. Sve navedene pojave dovode do feminizacije stanovništva, demografskog starenja koje prati produžavanje životnog vijeka i samim tim utiče na smanjenje nivoa reprodukcije stanovništva na prostoru grada Banja Luka.

Starosna struktura stanovništva

Posmatrajući starosne grupe stanovništva, mlado (0–14 godina), zrelo (15–64 godine) i staro (starije od 65 godina), moguće je odrediti i posebne koeficijente maskuliniteta i feminiteta. Posmatrajući sve popisne godine, veći koeficijent maskuliniteta prisutan je u udjelu mladog stanovništva i u prosjeku iznosi oko 105,29%. U ovoj grupi stanovništva koeficijent feminiteta je niži od 100% ali je dosta ujednačen i u prosjeku iznosi oko 94,94%. Veći udio muškog stanovništva u grupi mladog stanovništva je direktna posljedica bioloških fenomena rađanja većeg broja muške djece.

U grupi zrelog stanovništva dolazi do značajnih promjena. Koeficijent maskuliniteta se smanjuje i u prosjeku iznosi 96,50% posmatrano za sve popisne godine, dok koeficijent feminiteta lagano raste i njegov prosjek iznosi 103,65%. Razlika od 7,15% ukazuje da je

odnos između ova dva koeficijenta još uvijek prilično izjednačen.

Posmatrajući grupu starog stanovništva, vidljive su značajne razlike u odnosu ova dva koeficijenta. Koeficijent maskuliniteta za sve popisne godine u prosjeku iznosi 73,12%, dok koeficijent feminiteta u prosjeku iznosi 137,16%, što predstavlja drastičnu razliku od 64,04%. Kao što je prethodno navedeno, u grupi starog stanovništva dominantan je ženski dio populacije, što je direktna posljedica bolje biološke otpornosti žena i obavljanja fizički lakših poslova, za razliku od muškog dijela populacije, koji je sklon većem broju bolesti uzrokovanih težim fizičkim poslovima (Tabela br. 3).

Pored prethodno prikazanih koeficijenata, potrebno je prikazati i procentualne odnose muškog i ženskog dijela stanovništva u ukupnom stanovništvu. Prema prikazanim procentima (Tabela br. 4), broj muškog i ženskog stanovništva grada Banja Luka po prijeratnim popisnim godinama bio je dosta ujednačen. Prema procjeni stanovništva 2020. godine, primjetna je najveća razlika u procentualnom odnosu muškog i ženskog stanovništva i ona iznosi 4,02%. Povećanje udjela ženskog i smanjenje udjela muškog stanovništva predstavlja direktnu posljedicu građanskog rata koji je uticao na smanjenje udjela broja muškog stanovništva ali i na povećanja udjela broja ženskog stanovništva u grupi starog stanovništva, što se direktno odražava na cijelu populaciju stanovništva grada Banja Luka. Prema navršenim godinama starosti, moguće je izdvojiti određene grupe, odnosno starosno-polne kontigente stanovništva [2]. Samim tim, stanovništvo se može klasifikovati po velikim starosnim grupama, za istraživanje bioreprodukcije kao i za ocjenu radnog potencijala.

Kao što je prethodno navedeno, stanovništvo se prema starosti može klasifikovati u tri grupe i to mlado, zrelo i staro stanovništvo. Posmatrajući popisne godine, dominantna grupa stanovništva na prostoru grada bila je grupa zrelog stanovništva čiji je procenat rastao kroz sve popisne godine. Procjena stanovništva za 2020. godinu pokazuje da je procentualni udio zrelog stanovništva iznosio 66,06%, što ukazuje na povećanje procentualnog udjela u drugim starosnim grupama. Razlike su primjetne u grupi mladog i zrelog stanovništva. Najveći udio mladog stanovništva zabilježen je popisom 1971. godine, da bi svoj minimum dostigao 2013. godine. Prema procjeni broja stanovnika 2020. godine, zabilježen je rast udjela mladog stanovništva u odnosu na 2013. godinu za 0,9%. Uprkos blagom porastu, grupa mladog stanovništva još uvijek čini najmanje zastupljenu grupu u ukupnom stanovništvu grada Banja Luka. Posmatrajući grupu starog stanovništva, primjetno je da se njegov procentualni udio konstantno povećavao tokom popisnih godina, da bi dostigao svoj maksimum prema procjeni stanovništva 2020. godine, kada je iznosio 18,38%. Posmatrajući 1991. godinu, procentualna razlika između starog i mladog stanovništva iznosila je 14,42% u korist mladog stanovništva, dok je ta razlika 2013. godine iznosila 0,47% u korist starog stanovništva. Procjena stanovništva za 2020. godinu pokazuje da je došlo do povećanja procentualnog udjela starog stanovništva u ukupnom stanovništvu i da ta razlika iznosi 2,81% u korist starog stanovništva. Skoro izjednačen procentualni udio mladog i starog stanovništva na prostoru grada predstavlja direktnu posljedicu starenja fertilnog stanovništva i niske stope rađanja, što dovodi do usporenog demografskog rasta i sve intenzivnijih emigracija stanovništva, što u budućnosti može dovesti do ozbiljnih demografskih posljedica koje će uticati na strukturu radnog kontigenta grada. Sve navedene pojave direktno će se odraziti na dinamiku i smjer društveno-ekonomskog razvoja grada.

Za istraživanje bioreprodukcije, moguće je izvršiti klasifikaciju stanovništva na tri grupe i to na predfertilno, fertilno i postfertilno stanovništvo. Kod muškog dijela populacije, fertilni period traje od 14 do 64 godine starosti, dok kod ženskog dijela populacije fertilni period traje od 14 do 49 godina starosti.

Posmatrajući popisne godine, primjetno je da je na prostoru grada Banja Luka dominantna grupa stanovništva koje se nalazi u fertilnoj dobi. Primjetno je procenat predfertilnog stanovništva znatno manji 2013. godine u odnosu na prethodne popisne godine. U

periodu od 1971. do 1991. godine, procenat muškog i ženskog predfertilnog stanovništva bio je veći od 20%. Prema popisu 2013. godine došlo je do značajnog pada procenta. Procenat predfertilnog muškog stanovništva iznosio je 15,59% a ženskog 13,80%. Prema procjeni za 2020. godinu, udio muškog predfertilnog stanovništva iznosio je 16,80% a ženskog 14,43%, gdje je vidljiv blagi rast. Udio postfertilnog stanovništva u periodu od 1971. do 1991. godine doživio je rast. Procenat muškog postfertilnog stanovništva 1991. godine iznosio je 13,50%, a ženskog 25,40%. Prema procjeni stanovništva za 2020. godinu, zabilježen je i najveći udio postfertilnog stanovništva i to 16,22% muškog i 40,51% ženskog stanovništva (Tabela br. 6). Nepovoljan odnos predfertilnog i postfertilnog stanovništva uzrokovan je produženjem životnog vijeka, niskom stopom reprodukcije i migracijama. Ocjena radnog potencijala predstavlja bitan pokazatelj demografskog stanja nekog društva. Pod radno sposobnim stanovništvom podrazumijeva se stanovništvo staro od 15 do 59 godina starosti za ženski dio populacije i od 15 do 64 godine starosti za muški dio populacije. Ova granica je značajno pomjerena prvenstveno zbog produženog vremena školovanja, te se sada kao donja granica za radno sposobno stanovništvo uzima 20 godina starosti. Prema podacima, najveći udio stanovništva grada čini upravo radno sposobno stanovništvo. Posmatrajući popisne godine, procentualni udio radno sposobnog stanovništva konstantno je rastao. Popisne 1971. godine procentualni udio iznosio je 53,48% da bi dostigao 64,50% 2013. godine. Ovakav rast radno sposobnog stanovništva uslovljen je povećavanjem broja radnih mjesta, ali i povećanjem broja stanovništva koje emigrira iz drugih opština na prostor grada Banja Luka. Procentualni udio predradnog stanovništva za 2013. godinu iznosi 20,37% dok procentualni udio postradnog stanovništva (penzionera) iznosi 15,13% [5]. Prema procjeni stanovništva za 2020. godinu, udio predradnog stanovništva neznatno je opao u odnosu na 2013. godinu i iznosio je 20,16%, dok je udio postradnog stanovništva porastao za 3,25% i ukupno iznosi 18,38%.

Pored klasifikacije koja je već urađena, potrebno je izvršiti i analizu nekoliko bitnih pokazatelja. Ti pokazatelji su koeficijent starosti i mladosti kao i indeks starosti. Koeficijent starosti predstavlja udio starog stanovništva u ukupnom stanovništvu posmatranog prostora. U periodu od 1971. do 1991. godine, nisu prisutne drastične promjene u povećanju udjela starog stanovništva u ukupnom stanovništvu jer su te promjene iznosile oko 1%. Posmatrajući 1991. i 2013. godinu, vidljivo je da je došlo do značajnog povećanja udjela starog stanovništva za 8,48%. Procjena 2020. godine bilježi najveći udio starog stanovništva na prostoru grada i on iznosi 18,38% (tabela br. 7). Smatra se da populacija počinje stariti kada procenat starog stanovništva (starijeg od 65 godina) u ukupnom stanovništvu dosegne 8% [1]. Stanovništvo grada Banja Luka prema procjeni stanovništva za 2020. godinu premašilo je ovaj procenat za 10,38%, što ukazuje na stanje stanovništva grada, te se u budućnosti može očekivati povećanje ovog procentualnog udjela.

Koeficijent mladosti predstavlja udio mladog stanovništva u ukupnom stanovništvu posmatranog prostora. Udio mladog stanovništva u ukupnom stanovništvu konstantno opada (Tabela br. 7). Posmatrajući 1971. i 2013. godinu, primjetno je da se taj udio prepolovio. Procjena stanovništva za 2020. godinu pokazuje da je došlo do blagog rasta u odnosu na 2013. godinu, koji je iznosio svega 0,91%. Tokom svih popisnih godina, udio starog stanovništva bio je značajno niži od udjela mladog stanovništva, što govori da je Banja Luka u prijeratnom periodu imala mnogo povoljniju starosnu strukturu. Popisne 2013. godine došlo je do promjene. Udio starog stanovništva veći je od udjela mladog stanovništva za 0,47%. Naizgled, 0,5% stanovništva ne predstavlja ozbiljnu razliku, ali je ta razlika za sedam godina porasla na 2,81%. Ovakav negativan trend u budućnosti može se odraziti na sve aspekte života stanovništva posmatranog prostora, prvenstveno na prirodno kretanje stanovništva, fertilne karakteristike stanovništva, ekonomsku i obrazovnu strukturu stanovništva, kao i na razvoj pojedinih funkcija na prostoru grada. Indeks starosti predstavlja odnos starog i mladog stanovništva u ukupnoj populaciji posmatranog

prostora. Posmatrajući dobijene rezultate, primjetno je da je indeks starosti u prijeratnom periodu bio ispod 40%, što govori da stanovništvo grada Banja Luka još uvijek nije bilo na kritičnoj granici. Prema popisu sprovedenom 2013. godine, primjetno je da je indeks starosti dosegao visoku razinu. Smatra se da na nekom prostoru stanovništvo demografski počinje stariti kada na 100 stanovnika iz mlade grupe stanovništva dolazi 40 stanovnika iz stare grupe stanovništva. U gradu Banja Luka situacija je alarmantna, jer na 100 mladih stanovnika dolaze 103 stara stanovnika. Prema procjeni 2020. godine indeks starosti se povećao za 14,83% u odnosu na 2013. godinu. Ubrzan i visok porast indeksa starosti na prostoru grada prisutan je zbog niske stope nataliteta kao i sve izraženijih emigracija mladog i zrelog stanovništva u razvijenije države Evrope. Povećanje indeksa starosti takođe je uslovljeno i ulaskom nekadašnje „Baby boom” generacije u kontingent starog stanovništva [4].

Za što bolji prikaz polne i starosne strukture stanovništva koristi se Polno-starosna piramida koja daje najočitiji prikaz populacije posmatranog prostora. Prema ovom utvrđenom modelu, moguće je ustanoviti kojem tipu stanovništva pripada stanovništvo bilo kojeg posmatranog područja.

Polno-starosna piramida grada za 1971. godinu pripada tipu mladog ili ekspanzivnog stanovništva. Osnovica piramide dosta je široka a odnos muškog i ženskog stanovništva prilično je ravnomjeran. Primjetan je manji udio stanovništva u dobi od 25 do 30 godina, što je direktna posljedica Drugog svjetskog rata koji je doveo do velikih gubitaka kako muškog tako i ženskog dijela populacije. Broj stanovnika u starosnoj grupi od 5 do 20 godina je visok. Ovakva pojava predstavlja posljedicu visoke stope nataliteta koja je karakteristična za poslijeratne godine, tj. došlo je do „Baby Boom-a”. Grupa starog stanovništva je mala i iznosi oko 5%. Odnos između dva pola u ovoj starosnoj grupi je dosta ujednačen, ali su žene ipak dominantnije (Grafikon br. 1).

Polno-starosna piramida za 1981. godinu pripada tipu zrelog ili stacioniranog stanovništva. Došlo je do sužavanja osnove kao i do povijanja strana koje su dobile konveksan oblik. Udio zrelog stanovništva se značajno povećao dok je odnos između broja ženskih i muških stanovnika ujednačen. U odnosu na prethodnu popisnu godinu, povećan je udio stanovnika starijih od 25 godina, kao i udio starog stanovništva u ukupnom stanovništvu gdje su žene bile dominantnija grupa (Grafikon br. 2).

Polno-starosna piramida za 1991. godinu još uvijek pripada stacioniranom tipu stanovništva sa velikim tendencijama da stanovništvo grada pripada tipu starog ili regresivnog stanovništva. Osnovica piramide je drastično sužena dok dolazi do širenja u ostalim starosnim grupama. Dominantno je zrelo stanovništvo i to grupa od 30 do 44 godine starosti. Grupa mladog stanovništva dominantnija je od grupe starog stanovništva, dok je struktura stanovništva po polu u starosnim grupama ujednačena, osim u grupi starog stanovništva, gdje su dominantnije žene (Grafikon br. 3).

Polno-starosna piramida za 2013. godinu pokazuje velike promjene. Prema ovoj piramidi, stanovništvo pripada starom ili regresivnom tipu stanovništva. Osnovica ove piramide je najuža u odnosu na sve prethodne piramide, tj. udio mladog stanovništva značajno je manji od udjela zrelog i starog stanovništva. Uska osnovica piramide predstavlja direktnu posljedicu niske stope rađanja. U grupi zrelog stanovništva dominantna je starosna grupa od 30 do 39 godina starosti. Udio starog stanovništva je povećan a u ovoj grupi dominantnije su žene, što predstavlja direktnu posljedicu ratnih dešavanja na prostoru Bosne i Hercegovine (Grafikon br. 4).

Polno-starosna piramida prema procjeni stanovništva za 2020. godinu ne odstupa mnogo od polno-starosne piramide 2013. godine. Najmanji udio stanovništva nalazi se u dobi od 10 do 19 godina starosti, dok se broj ženskog stanovništva povećao u svim starosnim grupama osim u grupi mladog stanovništva. Prema ovoj polno-starosnoj piramidi stanovništvo grada i dalje pripada starom ili regresivnom tipu stanovništva. Veći udio

starog stanovništva ukazuje na to da grad Banja Luka demografski stari. Ako u budućnosti stopa rađanja i dalje bude niska, grad Banja Luka postaće grad starih bez mogućnosti demografskog oporavka. Niska stopa nataliteta i povećanja stopa mortaliteta, kao i sve učestalije emigracije, ostvaruju direktan uticaj na biološku strukturu stanovništva. Promjene u biološkoj strukturi stanovništva, kao što je povećanje indeksa starosti, direktno se odražavaju na društveno-ekonomsku strukturu stanovništva koja je usko povezana sa biološkom strukturom stanovništva.

DISKUSIJA

Udio mladog stanovništva konstantno je u padu. Najniži procentualni udio mladog stanovništva zabilježen je 2013. godine i iznosio je 14,66%. Prema procjeni stanovništva za 2020. godinu, uočen je rast od 0,91% ali se ova promjena nije značajno odrazila na biološku strukturu prvenstveno zbog niske stope rađanja koja je i dalje prisutna na prostoru grada. Posmatrajući stanovništvo za istraživanje bioreprodukcije, primjetno je da je na prostoru grada dominantna grupa fertilnog stanovništva, dok se udio predfertilnog stanovništva značajno smanjio. Posmatrajući prijeratne popisne godine, procentualni udio predfertilnog muškog i ženskog stanovništva bio je veći od 20%. Popisne 2013. godine zabilježen je najmanji udio muškog i ženskog predfertilnog stanovništva, što predstavlja posljedicu niske reproduktivne norme pa samim tim i niske stope rađanja. Prisutan je konstantan porast udjela radno sposobnog stanovništva, koji je svoj maksimum dosega 2013. godine, kada je iznosio 64,50%. Porast udjela radnosposobnog stanovništva uslovljen je povećavanjem broja radnih mjesta ali i migracijama stanovništva iz drugih opština Republike Srpske na prostor grada Banja Luka. Prema procjeni stanovništva za 2020. godinu, udio radno sposobnog stanovništva je smanjen, što je posljedica povećanja udjela postradnog stanovništva na 18,38%. Primjetan je konstantan porast koeficijenta starosti. Najviši procenat koeficijenta starosti zabilježen je prema procjeni stanovništva 2020. godine i iznosio je 18,38%. Populacija počinje stariti kada procenat starog stanovništva u ukupnom stanovništvu iznosi 8%. Na prostoru grada Banja Luka, u budućnosti, moguće je očekivati tendenciju rasta koeficijenta starosti upravo zbog ulaska „Baby boom” generacije u grupu starog stanovništva, što može značajno usporiti prosperitet grada. Najveći koeficijent mladosti zabilježen je 1971. godine, nakon čega je uslijedio konstantan pad. U prijeratnom periodu koeficijent mladosti bio je veći od 20% zahvaljujući visokim reproduktivnim normama na prostoru Bosne i Hercegovine. Posmatrajući popis stanovništva 2013. godine i procjenu stanovništva 2020. godine, primjetan je neznatan porast udjela za 0,91%. Nizak procenat rasta ukazuje na nisku stopu rađanja koja se može očekivati i u budućnosti, prvenstveno zbog niza socioekonomskih faktora koji u velikoj mjeri utiču na stanovništvo pa samim tim i na stopu rađanja. Prijeratne popisne godine pokazuju da indeks starosti nije prelazio 40%. Prema procjeni stanovništva za 2020. godinu, indeks starosti je iznosio 118,04%. Stanovništvo počinje stariti kada na 100 mladih stanovnika dolazi 40 starih stanovnika, što nam govori da je grad Banja Luka skoro utrostručio broj starih stanovnika. Prema svim procjenama, u budućnosti je moguće očekivati porast ovog procenta, što će se odraziti na opterećenost fondova zbog potreba za izdvajanjem za staro stanovništvo. Polno-starosne piramide ukazuju na promjene u tipovima stanovništva kroz popisne godine. Počevši od mladog ili ekspanzivnog tipa stanovništva, stanovništvo grada napredovalo je u negativnom smislu ka tipu zrelog ili stacioniranog stanovništva. Prema popisu 2013. godine, stanovništvo grada dostiglo je nivo starog ili regresivnog stanovništva koje odlikuje prirodna depopulacija, smanjivanje udjela fertilnih grupa kao i visoko očekivanje trajanja života. Na prostoru grada uočavaju se mnogi demografski problemi koji imaju direktan uticaj na biološku strukturu stanovništva, kako trenutnu tako i buduću. Da

bi došlo do promjena u biološkoj strukturi i promjena u starosnim kontingentima stanovništva, neophodno je poduzeti niz mjera koje bi zadržale trenutno demografsko stanje na prostoru grada i ublažile očekivane negativne scenarije. Za ublažavanje promjena donose se mjere populacione politike, koje predstavljaju provođenje određenih promjena od strane države koje bi pozitivno uticale na ukupno stanovništvo. Prema definiciji Geoffreya Mc Nicolla-a „... *populaciona politika predstavlja zajedničku viziju željene demografske budućnosti i uređuje niz kreiranih akcija koje dovode do tog cilja...*” [6].

ZAKLJUČAK

Administrativni centar, a ujedno i najveći grad Republike Srpske, Banja Luka, susreće se sa mnogim demografskim problemima, naročito niskom stopom rađanja, migracijama mladog stanovništva, kao i konstantnim povećanjem udjela starog stanovništva u ukupnom stanovništvu grada. Povećanje udjela ženskog stanovništva u staroj grupi stanovništva dovodi do feminizacije grada, što predstavlja direktan odraz veće biološke otpornosti žena, kao i ratnih dešavanja na prostoru Bosne i Hercegovine tokom 90-ih godina prošlog vijeka, koja su značajno izmijenila polnu strukturu u datom momentu. Posmatrajući podatke za popisne godine i procjenu broja stanovnika za 2020. godinu, primjetno je da se grad Banja Luka susreće sa ozbiljnim demografskim problemima. Najveći problem predstavlja konstantno povećanje pokazatelja koji ukazuju na demografsku starost grada. Stanovništvo grada ubrzano stari bez mogućnosti oporavka, što se direktno odražava na sve sektore djelatnosti koji su prisutni na prostoru grada kao i na buduće stanje društveno-ekonomske strukture stanovništva. Polna struktura dosta je ujednačena u kontingentu fertilnog stanovništva ali su žene za nekoliko procenata dominantnije, što se u budućnosti može odraziti na „poremećaj bračnog stanja”, tj. „... *neravnoteža prema spolu u najvitalnijim dobnim skupinama gradskog stanovništva (višak žena), pridonosi smanjenju općeg nupcijaliteta i stope rodnosti*” [2]. Posmatrajući ovakvo stanje, u budućnosti je moguće očekivati značajne promjene na polju obrazovne strukture, tj. niska stopa nataliteta direktno utiče na broj upisanih učenika u osnovne škole, što se kasnije odražava na sve ostale nivoe obrazovanja. Ovakva lančana reakcija direktno se odražava na ukupan broj osnovnih i srednjih škola kao i visokoškolskih ustanova koje će pohađati sve manje učenika, što može dovesti do sve većeg zatvaranja istih. Da bi se zadržao trenutni ili povećao budući udio mladog stanovništva u gradu, neophodno je raditi na jačanju privrede i povećanju broja radnih mjesta, što bi u budućnosti znatno uticalo na bračnost stanovništva i reproduktivno ponašanje stanovništva. Ovakve mjere uticale bi na povoljniju starosnu strukturu stanovništva. Kako stanovništvo stari, dolazi do izmjene infrastrukture grada. Nema potrebe za izgradnjom vrtića, parkova i mjesta za rekreaciju upravo zbog prilagodljivosti cijelog grada starim licima, što bi dovelo do veće potrebe za smještajnim kapacitetima za stare i iznemogle osobe kao i obučених stručnih lica koja bi pružala pomoć i njegovala stara lica. Ovakav scenario nije nemoguć ako se u budućnosti ne preduzmu brojne mjere pronatalitetne politike kao i mjere pomoći koje će ciljano pratiti mlado stanovništvo tako što će ga zadržati u gradu i omogućiti brz demografski oporavak grada. Da bi došlo do promjene demografskog stanja na prostoru grada, neophodno je utvrditi određene lokalne mjere koje će se provoditi na posmatranom području uz pomoć samog grada ili države. Postoji nekoliko vrsta mjera koje se mogu provoditi u svrhu poboljšanja demografske slike a to su:

1. Mjere materijalne prirode koje uključuju: bebi-paket, dodatak za porodice sa samohranim roditeljem, dodatak za djecu sa posebnim potrebama, dodatak za porodice sa troje i više djece, pomoć za školovanje na svim nivoima obrazovanja i dr.

2. Mjere nematerijalne prirode koje uključuju: promociju znanja o mjerama demografske politike, reproduktivnog zdravlja, kao i formiranje institucija koje će provoditi ove mjere.
3. Mjere podsticajne i organizacione politike koje uključuju: provođenje raznih akcija i medijskih kampanja za poboljšanje položaja porodica sa djecom i same djece, vrednovanje provedenih istraživanja i obavješćavanje javnosti o istim.
4. Mjere za usklađivanje roditeljstva i rada koje uključuju: potreba za usklađivanjem rada javnih ustanova kao što su vrtići, kulturne i zdravstvene ustanove sa radnim vremenom roditelja.
5. Mjere u sferi komunalnih usluga koje uključuju: olakšice u cijenama komunalnih usluga za višečlane porodice, izgradnja i održavanje igrališta kao i uređenje javnih površina.
6. Ostale mjere koje uključuju: poboljšanje u načinu korištenja slobodnog vremena koje bi se koristilo za odmor i rekreaciju u prirodi, saradnja sa drugim opštinama i razmjena iskustava kao i obavješćavanje javnosti o postignutim rezultatima [4].

Sve prethodno navedene mjere primjenjive su na prostoru grada, naročito mjere materijalne prirode, mjere za usklađivanja roditeljstva i rada kao i mjere u sferi komunalnih usluga. Važnost ovih mjera i njihovo efikasno provođenje u značajnoj mjeri bi poboljšalo demografsko stanje na prostoru grada. Mjere podsticajne i organizacione politike značajno bi uticale na razmišljanje mladih ljudi koji planiraju brak i porodicu, dok bi mladim bračnim parovima osigurale budućnost. Sve mjere pronatalitetne politike uticale bi na odluku rađanja većeg broja djece čime bi sama populacija mladih bila značajno uvećanja a demografska starost na prostoru grada značajno smanjena. Aktivnom primjenom pronatalitetnih mjera, grad Banja Luka bi uvećao broj stanovnika i značajno izmijenio starosnu strukturu stanovništva, te usporio demografsko starenje.

LITERATURA

- [1] Živković Lj. Jovanović S. Promjene u starosnoj strukturi opštine Negotin. Demografija, knj. III, Beograd: Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet; 2006.
- [2] Nejašmić I. Demogeografija: stanovništvo u prostornim odnosima i procesima. Zagreb: Školska knjiga; 2005.
- [3] Mandić M. Karakteristike urbanog razvoja Banje Luke: savremena prostorno-funkcionalna transformacija grada. Geografsko društvo Republike Srpske; 2013.
- [4] Marinković D. Majić A. Stanovništvo Republike srpske: demografski faktori i pokazatelji. Banja Luka: Univerzitet u Banjoj Luci, Prirodno-matematički fakultet; 2018.
- [5] Nikolić S. Strukturna obilježja stanovništva grada Banja Luka. Banja Luka: Univerzitet u Banjoj Luci, Prirodno-matematički fakultet, Diplomski rad, neobjavljen, odbranjen 12. 06. 2019.
- [6] Marinković D. Demografske determinante populacione politike Republike Srpske. Banja Luka: Prirodno-matematički fakultet; 2014.
- [7] Republički zavod za statistiku Republike Srpske, Popis, stanovništva, domaćinstava i stanova u Republici Srpskoj 2013. Godine– Rezultati popisa– gradovi, opštine, naseljena mjesta, Banja Luka; 2017.
- [8] Republički zavod za statistiku Republike Srpske, Procjena stanovništva, prema polu i starosti (starosne grupe) po gradovima/opštinama, 2020- sredinom godine
- [9] Federalni zavod za statistiku, Statistički bilten: Stanovništvo- uporedni podaci za 1971, 1981 i 1991. godinu, Sarajevo, 1998.
- [10] Internet izvori:
<http://www.rzs.rs.ba/> Republički zavod za statistiku Republike Srpske
<http://fzs.ba/> Federalni zavod za statistiku Federacije Bosne i Hercegovine

Tabela br. 1. Starosna i polna struktura stanovništva grada Banja Luka po petogodištima za 1971, 1981, 1991, 2013. i 2020. (procjena) godinu

Godina popisa	1971.			1981.			1991.			2013.			2020. procjena		
Starosna struktura	Muških	ženskih	Ukupno	Muških	ženskih	Ukupno	Muških	ženskih	Ukupno	Muških	ženskih	Ukupno	Muških	ženskih	Ukupno
0-4	7815	7504	15319	7878	7507	15385	6232	5825	12057	4803	4633	9436	5185	4667	9852
5-9	8579	8077	16656	7927	7578	15505	7296	6964	14260	4351	4160	8511	5133	4814	9947
10-14	8659	8466	17125	8000	7560	15560	7630	7294	14924	4330	4117	8447	4603	4414	9017
15-19	8898	8727	17625	8767	8235	17002	7866	7461	15327	5233	5054	10287	4439	4109	8507
20-24	7747	7380	15127	8746	8502	17248	7697	7039	14736	4996	5121	10117	5113	4896	10009
25-29	5322	5543	10865	8670	8563	17233	7963	7572	15535	6210	6488	12698	5459	5815	11274
30-34	6457	6607	13064	7740	7456	15196	8080	8165	16245	7203	7721	14924	6202	6734	12936
35-39	6395	6441	12836	5448	5577	11025	8357	8285	16642	7198	7228	14426	7311	7775	15086
40-44	5329	5593	10922	6758	6810	13568	7354	7252	14606	6117	6019	12136	7341	7586	14927
45-49	3515	4321	7836	6351	6376	12727	5103	5330	10433	5719	5975	11694	6567	6461	13028
50-54	2096	2790	4886	5091	5466	10557	6142	6373	12515	6289	7055	13344	5566	5770	11336
55-59	2135	2745	4880	3199	4055	7254	5644	5960	11604	6507	7468	13975	5637	6487	12124
60-64	2038	2434	4472	1835	2618	4453	4186	4880	9066	5878	6938	12816	5908	7129	13037
65-69	1497	1688	3185	1665	2319	3984	2462	3529	5991	4146	4750	8896	5383	6774	12157
70-74	839	1128	1967	1349	1797	3146	1189	1889	3078	3115	4173	7288	4125	5331	9456
75 i više	535	882	1417	1380	1880	3260	1527	2409	3936	4415	6643	11058	4900	7501	12401
Nepoz.	256	298	554	279	236	515	2382	2355	4737	*	*	*	*	*	*
Uk.	78112	80624	158736	91083	92535	183618	97110	98582	195692	86510	93543	180053	88831	96263	185094

Tabela br. 2. Koeficijent maskuliniteta i feminiteta grada Banja Luka za 1971, 1981, 1991, 2013. i 2020. (procjena) godinu

Godina	1971.	1981.	1991.	2013.	2020.
Km	96,84%	98,43%	98,50%	92,48%	92,28%
Kf	103,21%	101,59%	101,51%	108,12%	108,37%

Tabela br. 3. Koeficijent maskuliniteta i feminiteta po starosnim grupama za grad Banja Luku 1971, 1981, 1991. 2013. i 2020. (procjena) godine

Starosne grupe	1971.		1981.		1991.		2013.		2020. (procjena)	
	Km	Kf	Km	Kf	Km	Kf	Km	Kf	Km	Kf
0-14	104,18%	95,98%	105,12%	95,13%	105,35%	94,92%	104,45%	95,74%	107,38%	93,12%
15-64	94,96%	105,31%	98,35%	101,68%	100,11%	99,89%	94,29%	106,06%	94,81%	105,48%
65 i više	77,64%	128,81%	73,28%	136,46%	66,16%	151,16%	75,01%	133,32%	73,49%	136,08%

Tabela br. 4. Procentualni udio stanovništva po polu za grad Banja Luku 1971, 1981, 1991. 2013. i 2020. (procjena) godine

Godina	1971.	1981.	1991.	2013.	2020.
Muškarci	49,21%	49,60%	49,62%	48,05%	47,99%
Žene	50,79%	50,40%	50,38%	51,95%	52,01%

Tabela br. 5. Procentualni udio starosnih kontigenata u ukupnom stanovništvu grada Banja Luka 1971, 1981, 1991, 2013. i 2020. (procjena) godine

Starosna grupa	1971.	1981.	1991.	2013.	2020. (procjena)
Mlado stanovništvo	30,93%	25,30%	21,07%	14,66%	15,57%
Zrelo stanovništvo	64,58%	68,76%	69,86%	70,21%	66,06%
Staro stanovništvo	4,14%	5,66%	6,65%	15,13%	18,13%

Tabela br. 6. Procentualni udio predfertilnog, fertilnog i postfertilnog stanovništva po polu za grad Banja Luka 1971, 1981, 1991, 2013. i 2020. (procjena) godine

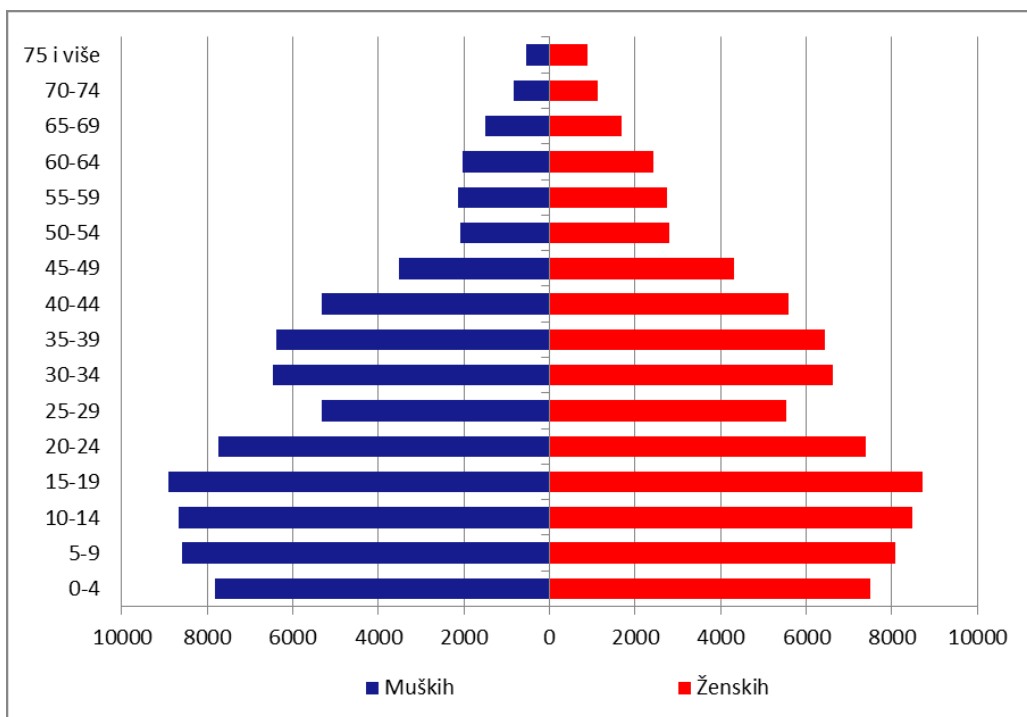
Godina	Predfertilno st.		Fertilno st.		Postfertilno st.	
	M (0-14)	Ž (0-14)	M (15-64)	Ž (15-49)	M (65+)	Ž (50+)
1971.	32,07%	29,83%	63,92%	55,33%	3,68%	14,47%
1981.	26,14%	24,47%	68,73%	55,68%	4,82%	19,60%
1991.	21,79%	20,37%	70,43%	51,84%	5,33%	25,40%
2013.	15,59%	13,80%	70,92%	46,62%	13,50%	39,58%
2020. (procjena)	16,80%	14,43%	66,98%	45,06%	16,22%	40,51%

Tabela br. 7. Koeficijent starosti i koeficijent mladosti stanovništva za grad Banja Luka 1971, 1981, 1991, 2013. i 2020. (procjena) godine

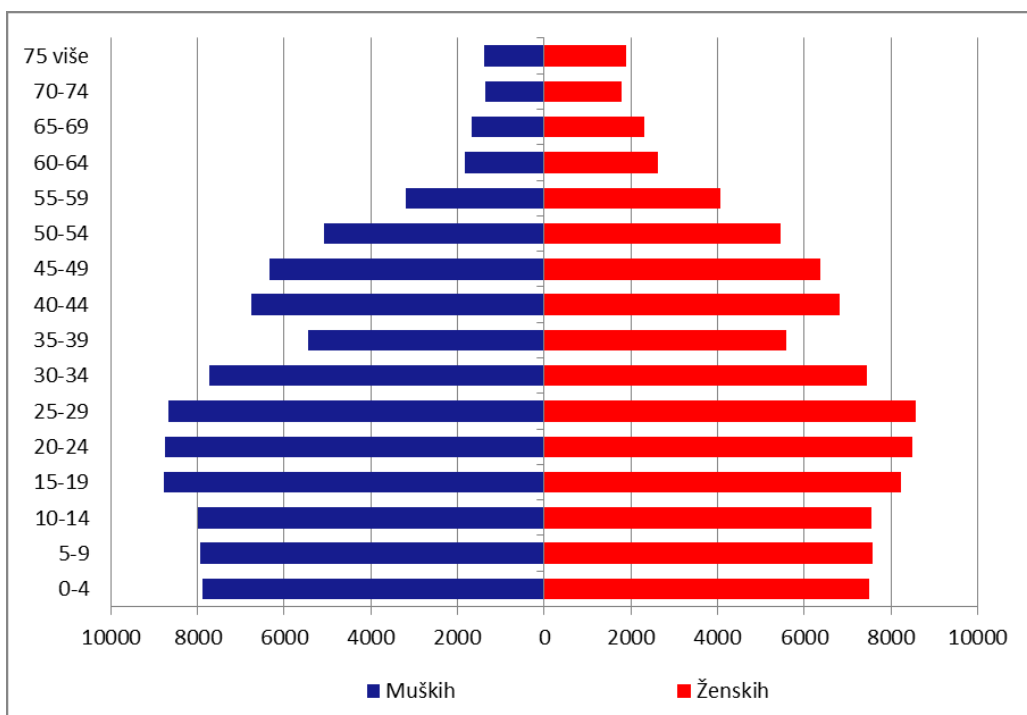
Godina	1971.	1981.	1991.	2013.	2020.
Koeficijent starosti	4,14%	5,66%	6,65%	15,13%	18,38%
Koeficijent mladosti	30,93%	25,30%	21,07%	14,66%	15,57%

Tabela br. 8. Indeks starosti stanovništva za grad Banja Luka 1971, 1981, 1991, 2013. i 2020. (procjena) godine

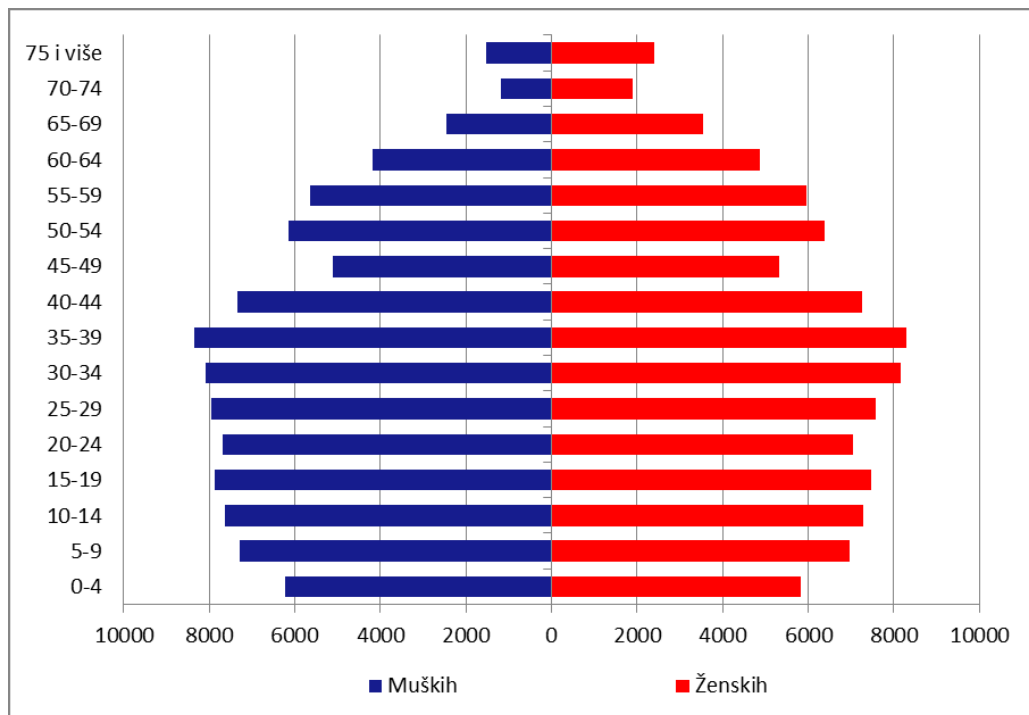
Godina	1971.	1981.	1991.	2013.	2020.
Indeks starosti	13,38%	22,37%	31,53%	103,21%	118,04%



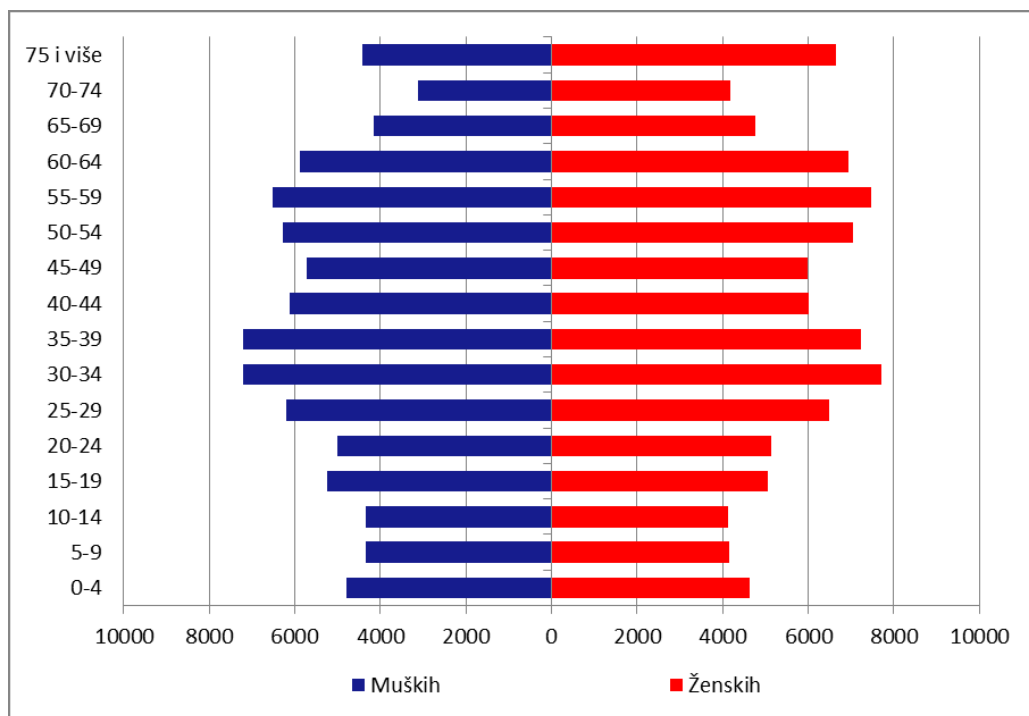
Grafikon br. 1. Polno-starosna piramida grada Banja Luka za 1971. godinu



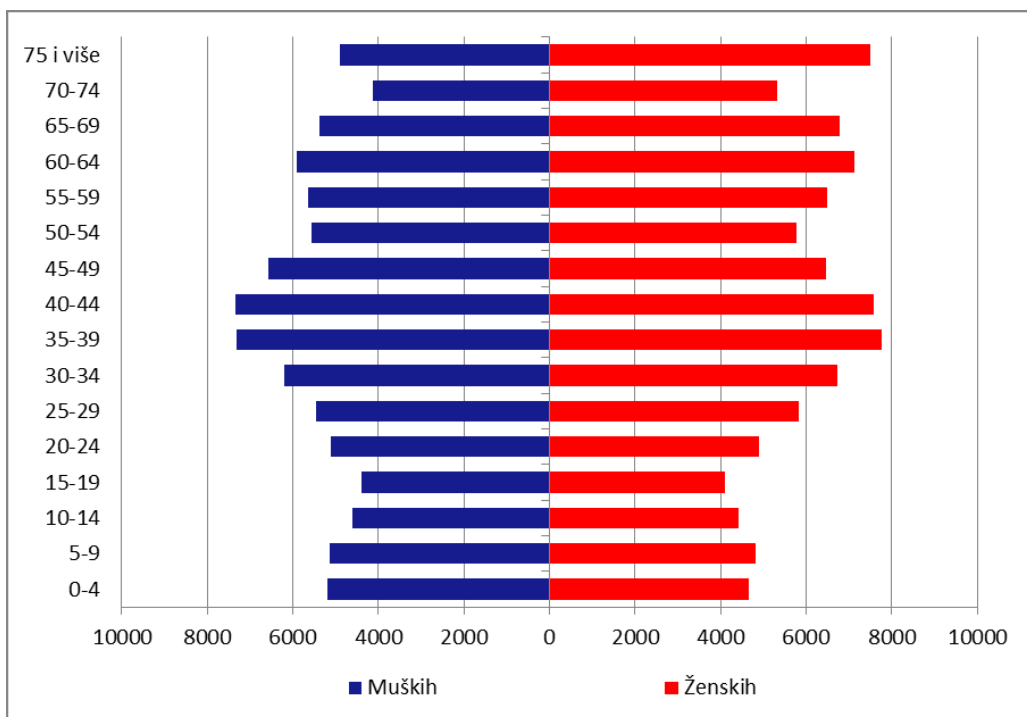
Grafikon br. 2. Polno-starosna piramida grada Banja Luka za 1981. godinu



Grafikon br. 3. Polno-starosna piramida grada Banja Luka za 1991. godinu



Grafikon br. 4. Polno-starosna piramida grada Banja Luka za 2013. godinu



Grafikon br. 5. Polno-starosna piramida grada Banja Luka za 2020. godinu

BIOLOGICAL STRUCTURE OF POPULATION OF CITY OF BANJA LUKA

Author: SANDRA NIKOLIĆ

Email: sandranikolic001@gmail.com

Mentor: Full Prof. Draško Marinković

Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Banja Luka

Introduction: The biological structure of the population represents the structure according to gender and age, which affects biological reproduction and the future workforce. That is why it is necessary to calculate the coefficient of masculinity and femininity as well as the percentage shares of the population by age group.

Aim: The paper presents an analysis of the changes in biological structure and changes in age groups of the population of the city of Banja Luka with an emphasis on the 1991 and 2013 censuses and an estimate for the year 2020. The goal is to determine the changes in the biological structure of the population of the city of Banja Luka in the period from 1991 to 2013, which negatively affect the demographic picture of the city.

Material and Methods: The materials used for the research and preparation of this paper are official documents of the statistical institutes of the Republic of Srpska and the Federation of Bosnia and Herzegovina: statistical yearbooks of the SR Bosnia and Herzegovina for 1971, 1981, and 1991, the Population Census in the Republic of Srpska in 2013, and the Population Estimate for 2020. During the data processing, the demographic method (specific coefficients, percentages, and indices) was used, as well as the methods of analysis, synthesis, comparison, classification, description, and the graphic-illustrative method.

Results: The results of the analysis indicate changes in the gender and age structure of the population, especially in certain age groups such as the young and old population, which indicates the demographic aging of the population.

Conclusion: The city's population is demographically aging, which leads to changes in the biological structure and is a consequence of a low birth rate and an increase in the age index. Such changes have a negative impact on the future reproductive rate and on burdening the funds due to the need to allocate economic resources for the elderly population, which is why it is necessary to work on the promotion of population policy measures.

Keywords: biological structure, population, Banja Luka, changes

ЈУГОИСТОЧНА ЕВРОПА У КОНТЕКСТУ САВРЕМЕНИХ ГЕОПОЛИТИЧКИХ ПРОЦЕСА – ПОЛИТИЧКО-ГЕОГРАФСКА ПРОМИШЉАЊА

Аутор: ВАЊА МИРЈАНА ВУЈИЋ

e-mail: vanjamirjana11@gmail.com

Ментор: Проф. др Игор Зекановић

Природно-математички факултет Универзитета у Бањој Луци

Увод: У трећој деценији 21. вијека, свједоци смо незауостављивих геополитичких процеса у међународној заједници. Геопростор Југоисточне Европе поново је актуелизован и атрактиван у геополитичком смислу, те у фокусу савремених геополитичких промјена. Ове промјене, проузроковане, прије свега, глобалним геополитичким процесима, промјенама у хијерархији констелација у међународној заједници, као и актуелизацији неких готово заборављених геополитичких теорија са детерминистичким премисама, нашле су своје упориште у геопростору Југоисточне Европе и Западног Балкана.

Циљ: Проучавањем геополитичких карактеристика Југоисточне Европе са политичко-географског аспекта, које су условљене различитим детерминантама, покушавамо указати на сву комплексност регионалних и глобалних геополитичких трендова у савременим политичко-географским процесима.

Материјал и методе: Проучавање савремених геополитичких процеса у геопростору Југоисточне Европе подразумева систематизацију геополитичких карактеристика региона сагледану кроз призму политичко-географских промишљања. На основу сложене проблематике рада, користиће се различите научне методе: историјски, дескриптивни метод истраживања. Такође, рад се планира реализовати како општим (анализа и синтеза) тако и посебним географским методама истраживања и техникама обраде података (статистичка, ГИС анализа).

Резултати: Савремена међународна заједница захваћена је глобалним друштвеним и политичким промјенама. На садашње геополитичке карактеристике ЈИ Европе утичу глобалне геополитичке констелације у међународној заједници, као и политичке прилике у региону, односно бројни регионални и локални фактори. У раду је сагледан утицај Европске уније, Сједињених Америчких Држава, НАТО-а, Русије, Кине и Турске на истраживани простор.

Закључак: Историјски, политички, социодемографски и бројни географски фактори утичу на обликовање и стварање политичког и културног идентитета овог простора, а савремени геополитички процеси указују на интезивирање значаја Југоисточне Европе у међународној заједници сагледаног кроз призму валоризације политичко-географских карактеристика. Због тога је Југоисточна Европа као геополитички регион у фокусу савремених политичко-географских анализа.

Кључне ријечи: Југоисточна Европа; савремени геополитички процеси; балканизација; глобализација

УВОД

Геополитичке карактеристике одређеног геопростора представљају једну од најважнијих квалитативних особина територије и индиректно утичу на политич-

ко-географске, демографске, економске, привредне, историјске и друге процесе. Геопростор Југоисточне Европе односно Балкана као специфичан цивилизацијско-религијски и културни ареал представља регион у којем се вијековима прожимају и сукобљавају елементи европских и ваневропских утицаја са једне, и локални – унутарбалкански фактори са друге стране.

Простор ЈИ Европе у геополитичком контексту представља конгломерат малих националних држава и етничких група, идентификован у општеприхваћеном геополитичком појму – „балканизација”, који можемо идентификовати као синоним за политичко-територијалну уситњеност, етничке и религијске конфликте, мијешање и покушаје геополитичке доминације ванбалканских и балканских елемената.

Резултат процеса балканизације у 21. вијеку у геопростору ЈИ Европе представљен је политичко-географском фрагментацијом, односно великим бројем политичко-географских заједница, базираних на националној концепцији, тражећи подршку центара моћи да би осигурале државну егзистенцију и национални опстанак. Југоисточна Европа као геополитичка категорија представља релативно нови термин са политичко-територијалног аспекта, који је замијенио термин Балкан. Представљен је као неутрална геополитичка одредница послје завршетка „Хладног рата” и ратног конфликта у бившој Социјалистичкој Федеративној Републици Југославији.

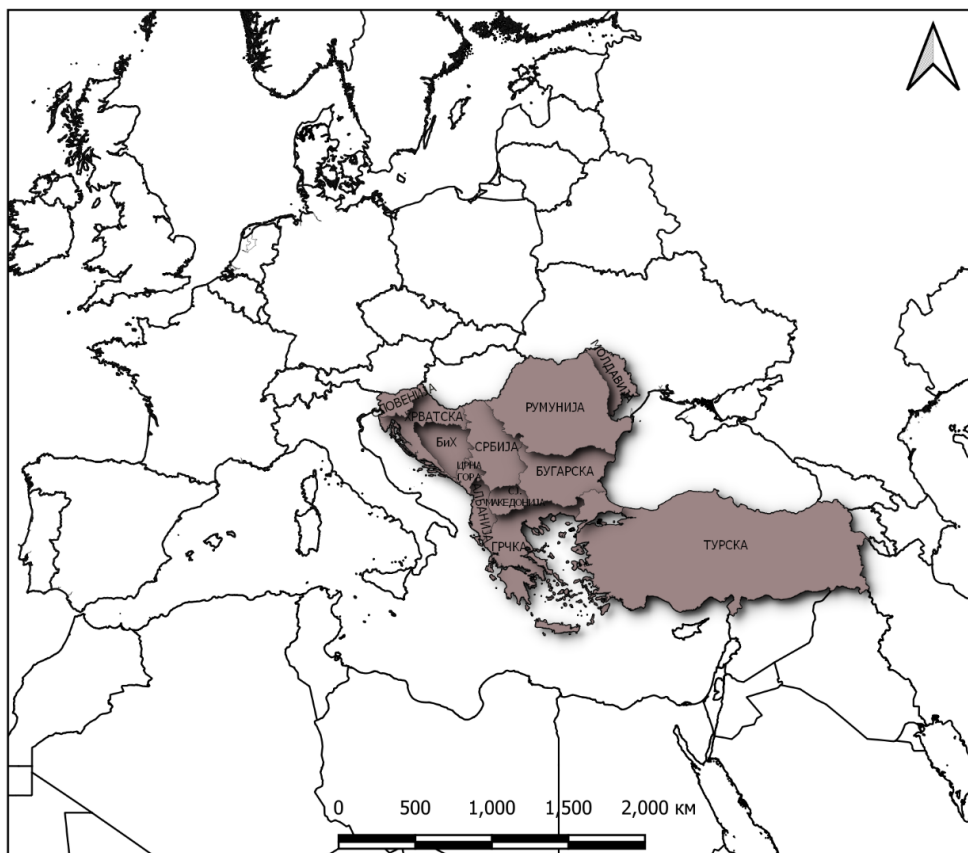
Настанак овог термина је политички мотивисан балансирањем између два супротна геополитичка процеса. Крајем 20. вијека на Балкану је био доминантан процес дезинтеграције, док су почетком 21. вијека доминанти интеграциони процеси, што је условило наглашену примјену термина. Дакле, општеприхваћен је посљедњих 20-ак година, тако је и иницијатива Европске уније за 1999. годину названа Пакт стабилности за Југоисточну Европу, а онлајн новине „*Balkan Times*” су 2003. године преименоване у „*Southeast European Times*” [6].

ЈИ Европа у геополитичком смислу представља мост између три континента и увијек је имала наглашен географски, политички и стратешки значај који се одликује додирима и прожимањима различитих цивилизација, религија, култура, политичких и идеолошких одређења. Значај ЈИ Европе се огледа и кроз војностратешке интересе локалног, регионалног и глобалног карактера.

Професор Мирко Грчић са Географског факултета у Београду дефинише овај геопростор на сљедећи начин: „Балканско полуострво заузима 1/20 део, или 5% површине и око 1/15 део становништва Европе. Појам Балкана као економског простора је шири, обухвата територије 11 држава и три ентитета, које партиципирају на Балканском полуострву, плус Кипар и Молдавија које му гравитирају. Балкански економски простор, укључујући и Турску, има површину близу 1.550.000 km² и 133 милиона становника. Ако се узме само европски део Турске а искључи њен малоазијски део, онда је Балкан упола мањи и има 789 816 km² и 68,6 милиона становника, али још увек значајан по свом економском и тржишном потенцијалу” [3] (Слика 1).

Регион Југоисточне Европе, захваљујући географском положају, представља простор утицаја култура, друштвених и економских система, политичких и војних сила Истока и Запада. То је простор супростављених унутрашњих геополитичких интереса. Због ових утицаја, Балкан је неисцрпан извор регионалне и унутрашње нестабилности, која је подстакнута националним, вјерским и религијским антагонизмом [1].

Геополитичке карактеристике ЈИ Европе су условљене националним, вјерским, културним, етничким, цивилизацијским и економским специфичностима геопростора. Циљ проучавања геополитичких карактеристика ЈИ Европе, са политичко-географског аспекта, јесте да се прикаже комплексност регионалних и глобалних геополитичких трендова у савременим политичко-географским процесима.



Слика 1. Геоположај Југоисточне Европе
(Извор: QGIS Desktop 3.22.1)

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ

Геопростор ЈИ Европе је у фокусу актуелних геополитичких промјена, проузрокованих глобалним и регионалним геополитичким процесима. Проучавање савремених геополитичких процеса подразумева систематизацију геополитичких карактеристика ЈИ Европе сагледане кроз призму политичко-географских промишљања. На основу сложене проблематике рада, користиће се различите научне методе: историјски, дескриптивни метод истраживања; као и историјско-географски и структурно- функционални методолошки приступи. За проучавање геополитичког положаја одређеног простора неопходно је сагледати узрочно-последичне односе и законитости природне средине и друштвено-политичких односа. Геополитички положај је у дијалектичкој вези са политичко-географским процесима у региону и свијету. Методологија истраживања подразумева праћење развојних функција, процеса и развојних проблема, сходно научно прихваћеним индикаторима појединачног и општег регионалног развоја. Теоријско-методолошке поставке геополитичког положаја се темеље на примјени географског метода који подразумева приступ просторној стварности на бази проучавања интеракције елемената и фактора географске средине.

Историјско-географске премисе Југоисточне Европе

Простор Југоисточне Европе у геополитичком смислу се може означити као регион у којем историјско-географски и политичко-географски процеси из прошлости имају своје продужено дјеловање и утицај на савремене геополитичке констелације.

Резултат ових процеса често су националне, вјерске и културно-цивилизацијске нетолеранције и конфликтности између геополитичких заједница које су у међусобним вишевијековним споровима [6].

ИИ Европа је кроз историју била мјесто спајања и прожимања различитих цивилизација, култура, религија, које су свака на свој начин остављале неизбрисиве трагове у овом геопростору. Ипак, три су кључна историјска догађаја највише утицала на етнички и религијски мозаик Балканског полуострва. Први је да су словенски народи Балканског полуострва до краја 9. вијека примили хришћанство. Други је раскол хришћанске цркве 1054. године, и трећи да почетком 14. вијека на Балканско полуострво продире Османлијско царство, доносећи са собом нову религију – ислам.

Посебан политичко-географски печат историјско-географским процесима на Балкану, осим подијеле хришћанске цркве на Источну и Западну, те продора ислама, дало је рјешавање „Источног питања”.

Наиме, „За време турског војно-политичког слабљења (1683–1912), на Балкану је отворено тзв. Источно питање, тј. отпочела је борба више ванбалканских држава за „наследника” Турске у том дијелу Европе. Правци утицаја тих ванбалканских сила на унутарбалканске односе обликовали су *геоисторијски* на Балканском полуострву са крацима сјеверозапад–југоисток и сјевероисток–југозапад. Са сјеверозапада су дејствовале Немачка и Аустрија, са сјевероистока Русија и Мађарска, са југоистока Турска и са југозапада Ватикан, Млетачка република и Италија. Са јужне, средоземне стране, дејствовале су поморске силе – Велика Британија и Француска, а касније, у 20. веку и Сједињене Америчке Државе” [11].

Религијска и културно-цивилизацијска дивергентност¹, њихово преплитање, нарочито на њиховим додирним тачкама, као што је геопростор Босне и Херцеговине, често су били узрок ратним конфликтима, па и овом посљедњем крајем двадесетог вијека [7].

Елаборирајући турбулентне историјске процесе може се доћи до закључка да су се у овом дијелу међународне заједнице дешавали бурни догађаји и ратни конфликти који су доводили до различитих етничких интеграционих и дезинтеграционих периода, етнонационалних и културних асимилација, смјене освајача, империја, монархија. Један од важнијих процеса у новијој историји Балкана, односно Западног Балкана, јесте дезинтеграција Социјалистичке Федеративне Републике Југославије [3].

Политичко-географске процесе у геопростору Балкана у посљедњој декади 20. вијека обиљежила је дезинтеграција југословенске државне заједнице, која се одвијала у знаку етничко-вјерског и грађанског ратног конфликта, чија је ескалација била у геопростору Босне и Херцеговине. Конфликт у БиХ је трајао око три и по године, а завршен је усаглашавањем Општег оквирног споразума у Дејтону (21. 11. 1995. године) и његовом ратификацијом у Паризу 14. 12. 1995. године. Конституисана је држава Босна и Херцеговина коју чине двије политичко-територијалне јединице, ентитета: Република Српска и Федерација Босне и Херцеговине. Посебну админи-

¹ Раскол хришћанске цркве 1054. године и исламско-турски долазак дефинисаће религијску и културно-цивилизацијску дивергентност балканског геопростора, који ће бити подијељен између три културно-цивилизацијска круга: православног (источнохришћанског), католичког (западнохришћанског), исламског (турскоисточњачки).

стративно-територијалну цјелину чини Дистрикт Брчко, који Републику Српску у административно-територијалном смислу дијели на два дијела, па га у том смислу треба посматрати као геополитички фактор од посебног значаја.

Конституисање Босне и Херцеговине као сложене државе и дефинисање њених политичко-територијалних јединица био је комплексан проблем, с обзиром на етничку и културну хетерогености простора. Њено уређење се заснива на етно-демографским карактеристикама, прецизније на формули 1 + 2 + 3, тачније: једна држава, два ентитета и три конститутивна народа.

РЕЗУЛТАТИ

Геополитички процеси и ЈИ Европа – геополитичка парадигма

Као што је наведено, једна од најважнијих одлика Југоисточне Европе у геополитичком смислу јесте етничка, културна и религијска миксација. Овдје су се вијековима насељавале бројне етничке скупине, од којих су најбројније словенског, романског и азијског поријекла. Због тога овај геопростор представља јединствену религијско-цивилизацијску „арену” два основна облика хришћанства и ислама, који су често трагично сукобили преваходно словенске народе. Ово је простор најдубљег продора ислама у Европу, најдубљег досега католичког мисионарства на истоку, те најзападнијих утврда православног свијета.

У средишту балканског „геополитичког чвора” налази се геопростор Босне и Херцеговине, који и данас карактеришу различити геостратешки, геополитички, геоекономски, војно-стратејски и остали интереси разних геополитичких субјеката. Ријетко гдје у свијету су на релативно малом, природно-географски разноликом и геостратејски важном простору испреплетене три међусобно антагонизоване и до искључивости супротстављене религије. Овдје се налазе њихови кључни просторни домети, њихове територије и зоне најнепосреднијих интереса и експанзионистичких намјера.

Дакле, геоположај и историјско-географске околности Балканског полуострва у зони великих религијско-цивилизацијских граница или *лимиширофа*, између Европе и Азије, утицао је да се са историјског аспекта мијењала динамика везе „стварање – разарање” [9].

На простору Југоисточне Европе се и данас укрштају интереси глобалних и регионалних сила, тако да је простор и даље актуелан као „изазов за америчке планетарне војне и економске позиције, руске трансбалканске визуре, њемачку средњоевропску завјесу од Балтика до Јадрана, Турску замишљену од Јадрана до Кинеског зида, италијанско-католички *Sprita l oriente...* Ови интереси истовремено су у колизији са егзистенцијалним интересима аутохтоних балканских народа” [16].

У овом геополитички све атрактивнијем геопростору водеће државе у међународној заједници имају своје савезнике али и своје опоненте у етничким, националним и политичко-територијалним заједницама, што додатно усложњава већ вијековима комплексне геополитичке констелације, али и ефикасност рјешавања политичких криза иницираних управо интересима глобалних сила.

Услијед промјена у хијерархији међународних односа, све више се осјећају супротстављени интереси САД и ЕУ са једне, и Русије, Кине и Турске са друге стране. У питању су, прије свега, још увијек супротстављени геоекономски, укључујући и специфичне геополитичке интересе између САД и осталих актера у међународним односима.

Не треба занемарити чињеницу да ЈИ Европа никад није била изван сфере геополитичког утицаја Русије, нарочито када су значајни политичко-географски процеси

у питању. Некада су ови утицаји имали наглашенији а некада слабији интензитет, све у односу на положај Русије у међународним односима. Историјска и превасходно религијско-културолошка упућеност православног ареала у Западном Балкану на Русију и обратно, пружа могућност Русији да лакше партиципира у политичко-географским процесима у ЈИ Европи, што подразумемијева обостране али и шире геополитичке интересе.

Промјене у хијерархији констелација између водећих држава у свијету, као и реинкарнација „Пута свиле” поново афирмишу геопростор ЈИ Европе у геополитички атрактиван дио „Rimlanda” а значај геополитичког положаја и улогу природних потенцијала за опстанак политичко-територијалне заједнице поново актуелизују.

У прилог овој констатацији свједочи завршетак изградње прве фазе гасовода „Балкански ток” („Турски ток”) 2020. године, којим Русија и Турска поново активно партиципирају у политичко-географским процесима у Југоисточној Европи контролишући енергетске токове, и представљају пандан америчком присуству на Косову и њиховој концепцији гасовода „Јужни ток” [10].

Дакле, супротстављени интереси глобализације и новог свјетског поретка, са једне, и интереси Русије, са друге стране, данас се сучељавају у различитим дијеловима свијета, укључујући и ЈИ Европу, а нарочито Западни Балкан. Интереси и једне и друге стране на овом простору имају ослонац и подршку у аутохтоним националним, етничким и државним субјективитетима.

ЈИ Европа и Европска унија

Европску унију као пројекат са геополитичког аспекта можемо посматрати у ширем политичко-географском контексту као институцију западноевропских држава с циљем парирања и конкурентности осталим половима свјетске моћи како на глобалном, тако и на регионалном нивоу. Због тога је ЕУ своје интересе усмјерила ка ближем геополитичком окружењу, према земљама Источне Европе, Балкана, Средоземља и Блиског истока.

Геополитичка перспектива се огледа у проширењу Европске уније. Постојање интересовања за придруживањем како од стране ЕУ, тако и од стране држава кандидата, најбољи је доказ о томе да се Европска унија у међународној заједници доживљава као успешан и функционалан пројекат. Привлачност ЕУ се огледа у томе да већина грађана у државама које нису чланице Уније има перцепцију Европске уније као простора окарактерисаног као релативно безбједан и економски стабилан.

Од држава са територије ЈИ Европе, њих шест су чланице Европске уније, а државе: Србија, Црна Гора, Албанија и Сјеверна Македонија су кандидати за чланство. Са геополитичког аспекта, Европска унија је проширила свој утицај на Балкану како би прије спријечила ширење утицаја осталих ванрегионалних сила на овим просторима. Ову констатацију потврђује чињеница да су 2007. године у пуноправно чланство примљене Бугарска и Румунија, државе које нису испуниле услове за чланство. У овом случају, циљ је имао геополитичке конотације, спријечити утицај Руске Федерације на простору Југоисточне Европе.

Већина држава „Западног Балкана” данас стреме ка томе да постану дио европских регионализама и интеграција. Првенствено, то се односи на Србију, која и да испуни све захтјеве ЕУ, и даље има неријешен статус са АП Косово и Метохија. Поред Србије, кандидати за пуноправно чланство су: Црна Гора, Сјеверна Македонија, Албанија и Босна и Херцеговина.

Актуелна развојна политика ЕУ као глобалног геополитичког, геоекономског и

геокултурног фактора и њена улога у систему НАТО пакта под лидерством САД нема перспективу. Ова европска асоцијација све више је у процијепу економске кинеске експанзије и све конфузнијих односа са САД, те недовољно дефинисаних односа и савремених проблема са Руском Федерацијом проузрокованих украјинском кризом. „У крајњем, ЕУ не би требало да буде циљ, већ средство за свеопшту економску, социјалну и сваку другу перспективност регије” [4].

Југоисточна Европа и однос са НАТО пактом и САД

Атлантски пакт је замишљен као војно-одбрамбени савез и политичко-идеолошка коалиција за учвршћивање једног друштвеног поретка. Замишљен је као савез који ће бранити интересе, те друштвени и идеолошки поредак својих чланица, а нарочито САД. Стратегија НАТО-а у Хладном рату је полазила од Макиндер и Спајкменових претпоставки да онај ко доминира азијским масивом, срцем копна (Хартлендом), подручјем од прворазредног значаја, доминираће свијетом. Савез Совјетских Социјалистичких Република као држава која под својом контролом држи осовину историје, посматрана је као највећи извор опасности по националну безбједност САД.

Војни савези у борби за своје глобалне позиције у геополитичким и геостратегијским концепцијама неизоставно имају геопростор ЈИ Европе. Послије нестанка Варшавског уговора, НАТО пакт је попунио територијални вакуум на Балкану повећавајући квалитет војно-стратегијског положаја. Ангажовањем НАТО снага на Балкану из основа је измијењена стратешка стварност у којој се налази и српски етнички простор. Око српског геополитичког простора је инсталисано готово потпуно прозападно политичко-географско окружење, са наглашеним присуством НАТО чланица или његовог продукта програма „Партнерство за мир”. За сјевероатлантски пакт, Балканско полуострво има стратегијски значај као дио јужноевропског ратишта. Криза на простору бивше СФРЈ је послужила као идеална прилика НАТО пакту за инфилтрацију.

Циљ ширења НАТО савеза на Балкану је заузимање стратешки важних тачака на овом подручју, чиме би се остварила доминација западних савезника на много широј територији. „Постоје 4 основна разлога за освајање Балкана а то су: 1. контрола путева нафте и природног гаса, посебно оних који потичу са Кавказа; 2. контрола Источне Европе, ради јефтине радне снаге; 3. припрема рата са Русијом; 4. учвршћивање САД и НАТО-а као свјетског полицајца, изазивање криза и наметање рјешења у складу са сопственим интересима” [13].

Послије уласка већине балканских земаља у НАТО савез, очигледно је да су САД, односно НАТО, обезбједили контролу ЈИ Европе. Инсталирањем база у државама Источне и Југоисточне Европе обезбјеђује се безбједан начин приближавања Русији. Ширење НАТО пакта и „Партнерства” на југоисток и исток Европе представља дио америчких геополитичких амбиција и иницијатива према овом дијелу свијета. Стационирање НАТО база показује јасну намјеру САД да ће још дуго задржати своје војне снаге и присуство у овом геопростору.

Глобализам у форми обликовања новог свјетског поретка, циљано усмјерен и вођен интересима САД, својом формом и основним циљевима углавном је подударан интересима Европске уније, савезника САД, истовремено, суштински је супротан интересима Руске Федерације и одређеним евроазијским савезима. Геополитичка пракса савременог свијета јасно показује тежње САД за успоставом новог свјетског поретка и униполарног свијета, подразумевајући при томе апсолутну контролу географског простора Западног Балкана и Југоисточне Европе. Геополитичка улога

и остваривање вањске политике САД одређена је војном и економском моћи ове земље, додатно ојачане евроатлантским савезом, подразумевајући НАТО пакт као крајњи принудни инструмент у реализацији зацртаних циљева.

Утицај Русије и Кине у новим геополитичким констелацијама

Русија

Савез Совјетских Социјалистичких Република као геополитички баланс САД и „Запада” у Хладном рату се дезинтегрисао и нестао као држава 1991. године. На простору овог геополитичког гиганта створена је Заједница Независних Држава (ЗНД). Заправо, СССР је признао право на самоопредјељење балтичким државама, које су постале самосталне суверене државе – Естонија, Летонија, Литванија, док је од преосталих 12 (Русија, Бјелорусија, Молдавија, Украјина, Грузија, Јерменија, Азербејџан, Казахстан, Туркменистан, Таџикистан, Узбекистан и Киргистан) сада већ независних држава, формиран ЗНД. Распадом и крајем социјалистичког система у Европи смањен је и утицај Русије на Балкану.

Почетак 21. вијека означио је крај апсолутног униполаризма и доминације САД у међународним односима. У другој декади овога вијека апсолутни униполаризам већ је уступио мјесто релативном униполаризму, за којег је извјесно да ће се врло брзо преобликовати у мултиполарни поредак. Улога простора, коју је глобализација доводила у питање, поново добија наглашену улогу у међународним односима. Геополитички идентитет Русије као „силе копна” није једини разлог антагонизма носилаца глобализма према Русији. Запад је свјестан њене величине, ресурса, религијско-цивилизацијских премиса као осовине православља, неоевроазијства и нескривених амбиција да се врати на мјесто које јој припада у међународним односима и међународној заједници.

Од 2000. године, Русија низом економских реформи и стабилизацијом политичког система поново претендује да врати пријашњи статус у међународним односима. Њени геополитички ангажмани у Источној Европи, Блиском истоку, Централној Азији и Југоисточној Европи представљају почетак нове руске геополитичке иницијативе у међународној заједници.

„Геополитика ресурса” у савременим међународним односима за Русију ће у блиској будућности бити наглашен геополитички фактор, који ће све више добити на значају. То се односи на природне ресурсе, прије свега, богатство у нафти, природном гасу, племенитим металима и пољопривредном земљишту, што пружа Русији одличну претпоставку у даљем привредном и свеукупном развоју [6].

У деценијама које слиједе, а обзиром на глобалне геополитичке тенденције, азијски геопростор претендује да постане осовина савремених геополитичких и геоекономских дешавања. Наступио је вијек Пацифика, гдје ће, како сматрају геополитичари, сва важнија геополитичка дешавања на глобалном нивоу бити усмјерена на релацији Азија – Сјеверна и Јужна Америка. У оваквим геополитичким констелацијама, Русија као евроазијска држава има изузетан геополитички положај и услове да просперира.

Кина

Посљедњих неколико деценија кинеска привреда пролази кроз фазу економске транзиције од планске и затворене за слободну међународну трговину према

отвореној тржишној привреди. Реформе су почеле крајем 70-их година прошлог вијека постепеним напуштањем пољопривредне оријентације, те повећањем слободе формирања цијена, успостављањем модернијег банкарског система, значајног раста привредног сектора и отварањем према међународној трговини.

Економске реформе, промјене на политичкој карти свијета и савремени глобални геополитички процеси, који виде Азију као носиоца међународних односа данас и у будућности, осигурали су Кини рекордан раст бруто домаћег производа у протеклом периоду. Земља која је у прошлости била сиромашна и изолована, данас учествује у свјетском БДП-у са више од 15% и представља економски другу највећу државу свијета.

Ресурс у којем Кина не оскудијева јесу свакако људи. Кина све више улаже у квалитетно образовање и предузетништво и постиже све боље резултате, нарочито у подручјима информационих технологија, телекомуникације и нанотехнологија, гдје се у свијету испрофилисала као водећа држава. У историји међународних односа не постоји примјер друге државе која се држе и са таквом лакоћом уклопила у глобалне геополитичке токове као што је Кина. Постала је трећа свјетска нуклеарна и космичка сила. Брига о војној снази и убјеђење да земља не би требало да зависи од страних произвођача навела је Кину да распореди огромне ресурсе како финансијске, тако и људске, у развој војно-индустријског комплекса.

Усвајајући геополитички концепт неоазијства, Кина као члан многих међународних организација, гдје држи водеће позиције, настоји да створи безбједно регионално и глобално геополитичко окружење за себе и да развија добре односе са државама које би могле помоћи њен економски развој, сагласно кинеској крилатици да у економији и политици „не постоје пријатељи, већ само партнери”. Уочљив је раст кинеског утицаја у међународној заједници, као и побољшање политичких и економских односа са државама са којима кинеска сарадња раније није била на завидном нивоу. Кина улаже у економије других држава, нарочито у секторима енергетике и саобраћаја, саобраћајне инфраструктуре и комуникација. У овим областима је све више присутна и у геопростору ЈИ Европе.

Такође, веома интензивно развија односе на свим нивоима са Русијом, Јапаном и САД, који прије свега почивају на узајамној привредној сарадњи. Најважнији кинески билатерални однос, онај са САД, обиљежен је стратешким приближавањем двију великих сила у привредном смислу и по питањима сузбијањима међународног тероризма, али је и даље оптерећен низом отворених проблема: тајванским питањем, аутономијом Тибета, критикама на рачун Кине због непоштовања људских права и интелектуалног власништва, великим америчким трговинским дефицитом у размјени са Кином. Данас, билатерални односи између ове двије државе почивају на равноправним основама, што је прије 20-так година било незамисливо.

Сагласно економском развоју и све утицајнијој улози у глобалној економији, Кина постаје све важнији фактор глобалне, економске и политичке моћи. Данас се геополитичка моћ Кине испољава у све интензивнијој политичкој присутности у међународним односима и међународној заједници. Кина има улогу лидера у сфери регионалних интеграција, геоекономским повезивањима и зони слободне трговине и пактова безбједности међу азијско-пацифичким сусједима. Пројекат „Пут свиле” претпоставља квалитетно умрежавање Кине и азијског континента са Европом, али и са другим дијеловима свијета, као и различите видове интегративних процеса, што неминовно води ка прекомпозицији геополитичке глобалне сцене и међународних односа.

У геопростору ЈИ Европе, Кина инвестира у крупне националне пројекте (саобраћајне, инфраструктурне, енергетске, производне). Један од саобраћајних праваца, значајан за југоисточни дио европског континента, јесте поморски правац од Кине

преко Индијског океана до Медитерана, који преко луке Пиреј партиципира у континентални простор Балкана, гдје у перспективи Кина инвестирањем у саобраћајну инфраструктуру Вардарско-моравском удолином улази у Средњу Европу, чиме би Балкан, посебно Сјеверна Македонија и Србија, значајно просперирали на геоекономском, тиме геостратешком, геополитичком и другом плану [17].

Турска и њен утицај у Југоисточној Европи

Геополитичка улога Турске као регионалне силе има велики културни, економски и политички утицај на земље у свом окружењу. Посједује изузетан географски и војно-стратешки положај, у цивилизацијском смислу дефинисан између Истока и Запада, и између три континента. Преко њене територије пролазе веома важне саобраћајне комуникације. Излази на четири мора и контролише веома значајан поморски стратешки пут и правац Босфор – Мраморно море – Дарданели.

У међународној заједници и улогом у међународним односима, Турска се може упоредити са регионалним силама средње величине, чији је геополитички значај у порасту, као што су Јужна Африка и Индонезија. Важну геополитичку карактеристику представља снажан демографски потенцијал, иако је природни прираштај у благом паду у односу на претходне деценије, ипак је и даље изузетно висок у односу на европски просјек.

„Можемо констатовати да је Турска регионална сила на основу неколико битних карактеристика, а то су:

- изузетно повољан геополитички положај и историјско наслеђе (контакт Европе и Азије, контрола Босфора и Дарданела, симпатизери и истомишљеници у великом броју балканских, блискоисточних, и кавкаских држава);
- има веома важну политичку и лидерску улогу међу туркофонским државама, тако да „пантурцизам” као покрет постаје важан фактор у међународним односима;
- чланство у НАТО пакту” [6].

Политичко-географски процеси крајем 20. вијека омогућили су лидерску улогу Турској у државама са муслиманском већином у региону. Оваква позиција је оживјела старе геополитичке претензије и интересе у ЈИ Европи. Дакле, Турска политичким и економским средствима покушава да се инкорпорира на територију некадашњег царства.

Кључне земље Западног Балкана за Турску су Србија и Босна и Херцеговина. Значај Србије за Турску, у поређењу са БиХ, долази примарно из економске и геополитичке сфере, с обзиром на то да је Србија држава Западног Балкана од изузетног географског и геополитичког значаја. Сарадња и политичке везе са Босном и Херцеговином и Србијом представљају приоритет Турске у савременој спољној политици према Западном Балкану и Југоисточној Европи.

ДИСКУСИЈА

Савремени геополитички процеси у међународној заједници

У трећој деценији 21. вијека свјedoци смо незауостављивих геополитичких процеса у међународној заједници. Геопростор Југоисточне Европе је поново актуелизиран и атрактиван у геополитичком смислу те у фокусу савремених геополитичких истраживања. Ове промјене проузроковане су прије свега глобалним геополитичким

процесима и промјенама у хијерархији констелација у међународној заједници.

Амерички глобализам и глобална надмоћ у посљедњој декади 20. вијека условили су да се међународни односи заврше са *Imperium Americanum*, а нови свјетски поредак би за коначан резултат имао *империјализам*. Геополитички процеси у међународним односима јасно указују на успостављање мишљења да побједа САД и Запада у хладном рату нема алтернативу, а имплементација глобалистичког униполаризма кроз идеју новог свјетског поретка би представљала доказ супериорности таласократског у односу на телурократски концепт. САД су оствариле водећу улогу у глобалним геополитичким процесима, са наглашеном војном, економском доминацијом.

На основу тога је успиједио геополитички униполарни дисбаланс, са изразитом хегемонијом САД, чији је врхунац достигнут 1999. године агресијом на Савезну Републику Југославију. „Управо тада је настао прелом са далекосежним и глобалним последицама: са персоналном сменом на руском врху почео је њен опоравак, а српска „дрскост“ да се успротиве јединој глобалној сили на врхунцу и њеним европским вазалима који су себе прогласили „међународном заједницом“, показала је да је отпор, иако скупо плаћен, ипак могућ” [12].

Айсолуџни униполаризам као геополитички поредак у савременим геополитичким процесима већ се трансформисао у *релативни униполаризам* са Русијом и Кином као незаобилазним геополитичким факторима, међународна заједница се све више приближава *диполарном* и обрисима *мултиполарној свјетској пореци*, а главни будући геополитички субјекти су: САД, Русија, Кина, Индија, Иран и исламски свијет.

„Када је почетком 21. века Русија почела да се све ефикасније супротставља америчкој хегемонији и да преобликовање свјетског поретка заснива на мултиполарној неоевроазијској геополитичкој концепцији, постало је јасно да се поново заоштрава скрајнути таласократско-телурократски антагонизам. Неки су то назвали *новим Хладним ратом*” [12]

Дакле, „Облик свјетског поретка се под утицајем савремених глобалних геополитичких процеса драстично мијења. Сведоци смо низа неповратних промјена које су уништиле геополитичку доминацију САД у међународним односима. У новој геополитичкој констелацији суочавамо се са потребом конципирања и формирања једног новог свјетског политичког поретка, који ће бити шири од хегемоније једне државе нације и једностраног начина понашања” [8].

Геополитичке промјене у међународној заједници условиле су нову хијерархију великих сила, затим, улога цивилизација и религија у савременим политичко-географским процесима поново афирмишу југоисток Европе у геополитички атрактиван и геостратешки важан регион.

ЗАКЉУЧАК

Геопростор Југоисточне Европе је хетероген геополитички, економски и социокултурни систем у коме се прожимају различити културно-цивилизацијски утицаји. Представља географски, историјски, културни и религијски ареал гдје је на европском континенту најизраженије геополитичко сучељавање Истока и Запада.

Савремени геополитички процеси превасходно су условљени процесом глобализације, новим свјетским поретком, евроинтеграцијама, различитим облицима регионализма, али и новим хијерархијама у глобалним геополитичким односима и геополитичкој подјели свијета.

Дакле, географска парадигма која датира још из времена Јована Цвијића се кон-

стантно надограђује и еволуира, а представљена је кроз двије географске особине ЈИ Европе: прва особина се односи на спајање и прожимање и приступачност споља – прелазни или евроазијски карактер; друга особина јесте изоловање и одвајање – формирање малих геополитичких форми, изолованих религијско-цивилизацијских група.

Услијед специфичних околности, проистичу двије основне геополитичке одреднице: хетерогеност и транзитност. Посљедица хетерогености је политичко-територијална уситњеност, док се транзитност манифестује кроз процесе миграција и асимилација становништва, као и кроз религијско-цивилизацијску дивергентност.

ЈИ Европа у контексту савремених глобалних геополитичких процеса и геостратешког значаја представља „геополитички крст” Истока и Запада, врата према истоку и западу, сјеверу и југу Европе. С обзиром на геоположај, неминовно је, како у прошлости, тако и данас, да се у овом геопростору укрштају интереси глобалних и регионалних водећих сила, због чега овај геопростор карактерише изузетна геополитичка напетост. Овај геопростор је географски, историјски и религијско-цивилизацијски предодређен за периоде интеграционих и дезинтеграционих токова. То је његова геополитичка реалност, његова особина, чињеница прошлости, садашњости и будућности.

ЛИТЕРАТУРА И ИЗВОРИ

- [1] Њато, Р. (2017). Западни Балкан – изазови и перспективе. Зборник радова: *Геополитички процеси у савременом евроазијском простору*. Бања Лука: Географско друштво Републике Српске, стр. 415–431.
- [2] Грчић, М. (2013). Проблеми културног идентитета Балкана, *Гласник-HERALD*, Свеска 17, Бања Лука: Географско друштво Републике Српске, стр. 39–67.
- [3] Грчић, М. (2017). Евроазијске особине Балканског полуострва као детерминанте геополитичких процеса. Зборник радова: *Геополитички процеси у савременом евроазијском простору*. Бања Лука: Географско друштво Републике Српске, стр. 433–448.
- [4] Живковић, М. (2011). Савремене детерминанте географског положаја Југоисточне Европе као фактор развоја, Зборник радова: *Трећи конгрес српских географа*, Бања Лука: Географско друштво Републике Српске, Бања Лука, стр. 533–541.
- [5] Живковић, М. (2020). *Западни Балкан у контексту односа центар-периферија*, Бања Лука, стр. 21.
- [6] Зекановић, И. (2020). *Својашњи фактори геополитичког положаја Републике Српске*, Географско друштво Републике Српске, Бања Лука.
- [7] Зекановић, И. (2011). *Етногеографске основе политичко-географског положаја Републике Српске*. Бања Лука: Географско друштво Републике Српске.
- [8] Зеканович, И. (2018). ВОЗДЕЙСТВИЕ ГЛОБАЛЬНЫХ ГЕОПОЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЗАПАДНОМ БАЛКАНСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ НА МЕЖРЕЛИГИОЗНЫЕ ОТНОШЕНИЯ И ГЕОПОЛИТИЧЕСКУЮ СТАБИЛЬНОСТЬ БОСНИИ И ГЕРЦЕГОВИНЫ, Вестник Ассоциации российских географов-обществоведов (Социально-экономическая география), Научни журнал № 7, Ростов-на-Дону, Российская Федерация: Ассоциации российских географов-обществоведов (АРГО), с. 68–79.
- [9] Зеканович, И. (2020). Геополитическая специфика Юго-Восточной Европы в контексте современных политико-географических процессов, Материалы международной научной конференции “Общественно-географическая структура и динамика современного евразийского пространства: вызовы и возможности для России и её регионов”, Владивосток, Российская Федерация: Ассоциации российских географов-обществоведов (АРГО), Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, с. 187–199.
- [10] Zekanović, I. (2021). “Geopolitics of Resources” as a political-geographical paradigm: The importance of natural potentials in the valorization of the geopolitical position of the Republic of Srpska (entity in Bosnia and Herzegovina), Материалы международной научной конференции «Политическая география и геополитика в России: исторический опыт и современность», посвященной 150-летию

- со дня рождения выдающегося российского географа В.П. Семёнова-Тян-Шанского, Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет СПбГУ, р.р. 276-287.
- [11] Илић, Ј. (1997). Балкански геополитички чвор и српски етнички простор, Зборник радова: *Геополитичка стварност Срба*, Београд: Институт за геополитичке студије, стр. 411–431.
- [12] Степић, М. (2017). Од (нео)класичних ка постмодерним геополитичким постулатима. Зборник радова: *Свет и нове геополитичке парадигме*. Београд: Институт за политичке студије, стр. 13–36.
- [13] Стојановић, М. (1999). *Политичкогеографски и геополитички аспекти глобализације савремене свијете*, Лакташи: Графомарк.
- [14] Степић, М. (2017). Позиција на Европској великој шаховској табли двадесет година после. Зборник радова: *Геополитички процеси у савременом европском простору*. Бања Лука: Географско друштво Републике Српске.
- [15] Стојановић, М., Зекановић, И. (2008). *Западна (гео)стратегија на Балкану – свој дипломатије и војне силе*, Гласник-Herald, свеска 12/2008, Географско друштво Републике Српске, Бања Лука, (стр.187–191).
- [16] Шушић, С. (1995). Балкански геополитички кошмар, Београд: Новинско-издавачка установа „Војска”.
- [17] <https://www.slobodnaevropa.org/a/kineski-put-svile-poplo%C4%8Dan-ugljem-na-zapadnom-balkanu/30842180.html>

SOUTHEAST EUROPE IN CONTEXT OF CONTEMPORARY GEOPOLITICAL PROCESSES–POLITICAL AND GEOGRAPHICAL THINKING

Author: VANJA MIRJANA VUJIĆ

Email: vanjamirjana11@gmail.com

Mentor: Prof. Igor Zekanović

Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Banja Luka

Introduction: In the third decade of the 21st century, we are witnessing unstoppable geopolitical processes in the international community. The geospace of Southeast Europe is once again updated and attractive in the geopolitical sense and the focus of contemporary geopolitical changes. These changes, caused primarily by global geopolitical processes, changes in the hierarchy of constellations in the international community, as well as the actualization of some almost forgotten geopolitical theories with deterministic premises, found their foothold in the geospace of Southeast Europe and the Western Balkans.

Aim: By studying Southeast Europe's geopolitical characteristics, conditioned by various determinants, from the political and geographical aspect, we are trying to point out all the complexity of regional and global geopolitical trends in contemporary political and geographical processes.

Material and Methods: The study of contemporary geopolitical processes in the geospace of Southeast Europe implies the systematization of geopolitical characteristics of the region viewed through the prism of political and geographical considerations. Based on the complex issues of the paper, different scientific methods will be used: historical and descriptive research methods. Also, the paper is planned to be realized with both general (analysis and synthesis) and special geographical research methods and data processing techniques (statistical, GIS analysis).

Results: The contemporary international community is affected by global social and political changes. The current geopolitical characteristics of Southeast Europe are influenced by global geopolitical constellations in the international community, as well as political conditions in the region, i.e., numerous regional and local factors. The paper examines the influence of the European Union, the United States of America, NATO, Russia, China, and Turkey on the researched area.

Conclusion: Historical, political, socio-demographic, and numerous geographical factors influence the shaping and creation of the political and cultural identity of this area, and contemporary geopolitical processes point to the intensification of the importance of Southeast Europe in the international community, seen through the prism of the valorization of political and geographical characteristics. That is why Southeast Europe as a geopolitical region is the focus of modern political and geographical analyses.

Keywords: Southeast Europe, contemporary geopolitical processes, balkanization, globalization

SINTEZA, KARAKTERIZACIJA I KATALITIČKA AKTIVNOST ZnFe_2O_4 NANOKOMPOZITA

Autor: MARIJA STOJAKOVIĆ, Dragana Ubiparip, Dragan Gvozdenović

e-mail: marija.stojakovic@student.pmf.unibl.org

Mentor: Prof. dr Saša Zeljković; **Komentor:** Asis. Sanja Pržulj

Studijski program hemija

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Banjoj Luci

Uvod: Razvoj fotokatalitičkih materijala ima važnu ulogu u borbi protiv rastućeg globalnog problema zagađenja voda, a nanomaterijali postaju sve popularniji u toj ulozi. Nanokompozit ZnFe_2O_4 sintetisan je solvent-deficijentnom metodom. Nakon karakterizacije ZnFe_2O_4 , ovaj nanokompozit je primijenjen kao fotokatalizator u reakciji degradacije organske boje metilen plavo pri solarnoj iradijaciji. Metilen plavo nakon upotrebe završava kao otpad u životnoj sredini.

Cilj: Sinteza ZnFe_2O_4 nanokompozita solvent-deficijentnom metodom, karakterizacija i mjerenje katalitičke aktivnosti u reakciji fotokatalitičke degradacije organske boje metilen plavo.

Materijali i metode: Za sintezu ZnFe_2O_4 solvent-deficijentnom metodom korišteni su: $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$ i NH_4HCO_3 . Karakterizacija je urađena pomoću: OM, XRD, FTIR, BET i TGA/DTA. Za analizu katalitičke aktivnosti ZnFe_2O_4 korištena je boja metilen plavo.

Rezultati: XRD je pokazao pikove koji ukazuju na kristalnu strukturu ZnFe_2O_4 na višim temperaturama kalcinacije (350 i 400 °C), dok se na nižim temperaturama (250 i 300 °C) nisu diferencirali intenzivni pikovi. Za izračunavanje veličine kristalita koristile su se Šererova i Vilijamson-Holova jednačina. FTIR je na nižim temperaturama ukazao vibracije na ~1310 cm^{-1} koji ukazuju na O-H vezu. Pri višim temperaturama pojavljuje se traka karakteristična za metalne okside na ~535 cm^{-1} . TGA pokazuje da se formira kompozit ZnFe_2O_4 na temperaturi 350–500°C. BET analizom je potvrđeno da je dobijen mezoporozni materijal se velikom specifičnom površinom i malom veličinom pora. Specifična površina iznosi 58,528 m^2g^{-1} , a veličine čestica kreću se 3,180 - 4,532 nm. OM je pokazao kristalne aglomerate. ZnFe_2O_4 korišten je kao fotokatalizator. Pokazao je da metilen plavo bez prisustva katalizatora ima najmanju stopu degradacije, a najveću kada je pod uticajem fotokatalizatora kalcinisanog na 350°u toku 120 minuta sa raspadom od 39,61%.

Zaključak: ZnFe_2O_4 sintetisan solvent-deficijentnom metodom pokazao se kao dobar fotokatalizator u reakciji degradacije boje metilen plavo, sa raspadom boje od čak 39,61% u toku 2 h.

Ključne riječi: ZnFe_2O_4 ; fotokataliza; solvent-deficijentna sinteza; metilen-plavo; nanokompozit

UVOD

Nanomaterijali su postali važan predmet naučnih i tehnoloških istraživanja zbog svojih jedinstvenih osobina. Među velikim brojem različitih nanokompozita, ovaj rad će se fokusirati na materijal koji u svojoj kristalnoj rešetki sadrži dva oksida, ZnO (cink-oksidi) i Fe_2O_3 (željezo(III)-oksidi). Ovi oksidi su dobro poznati po svojim osobinama i širokoj primjeni. Njihovom kombinacijom se dobija spinel-mješoviti oksid ZnFe_2O_4 , odnosno cink-ferit. Dati materijal se pokazao kao odličan nanomaterijal sa osobinama zbog kojih je predmet izučavanja i primjene u različitim oblastima. Za proizvodnju ovakvog tipa nanočestica metalnih oksida razvijene su brojne metode sinteze. Svaka od primijenjenih metoda sinteze ima svoje prednosti i nedostatke. Solvent-deficijentna metoda (metoda

sa manjkom rastvarača) je jedna od novijih metoda koja se pokazala kao veoma efikasna zbog toga što su proizvedeni nanomaterijali hemijski čisti, u obliku praha, kristalni su i njihova veličina je ispod 100 nm [1]. Sama sinteza koja se dešava u ovakvom okruženju pogoduje da se dobije materijal velike specifične površine. Niski troškovi, ekonomičnost u pogledu energije, visoki prinosi i ušteda vremena čine ovu inovativnu metodu veoma povoljnom za proizvodnju nanomaterijala. Solvent-deficijentna sinteza uključuje mljevenje hidratizirane metalne soli (obično nitrata ili hloridna so) sa bikarbonatom (najčešće amonijum-hidrogenkarbonatom) u avanu. Potrebno je 10–30 minuta da se prekursor formira miješanjem i on se tada po potrebi može isprati prije kalcinacije na relativno niskim temperaturama 220–550°C, u toku 1–3 sata. Metoda je jedinstvena po tome što se ne dodaju rastvarači. Zahtijeva samo 2–3 koraka i ukupno oko 5 sati. U okviru rada urađena je i karakterizacija ZnFe_2O_4 optičkom mikroskopijom (OM), difrakcijom X-zraka (XRD), Brunauer-Emmett-Teller analizom (BET), infracrvenom spektroskopijom Fourier-ove transformacije (FTIR) i termogravimetrijskom analizom sa diferencijalnom termičkom analizom (TGA/DTA), pri čemu su dobijene informacije o specifičnoj površini, veličini pora, strukturi, izgledu, sastavu i toku reakcionog sistema. Nakon određenih specifikacija, nanokompozit je primijenjen kao fotokatalizator u reakciji degradacije organske boje metilen plavo. Fotokataliza je izvedena pod uticanjem sunčeve svjetlosti. To je veoma značajno iz praktičnih razloga, kao i zbog zaštite životne sredine i uštede energije. Razvoj fotokatalitičkih materijala aktivnih u vidljivoj oblasti spektra ima važnu ulogu u borbi protiv rastućeg globalnog problema zagađenja voda i nedostatka vodenih resursa. Ovakav pristup može značajno unaprijediti efikasnost prečišćavanja voda. Upravo, metilen plavo je organsko jedinjenje koje predstavlja opasan polutant. Koristi se u mnogim industrijama, gdje nakon upotrebe završava kao otpad u životnoj sredini, a stopa prirodne razgradnje je veoma niska [2].

MATERIJAL I METODE

Materijali

Za sintezu ZnFe_2O_4 solvent-deficijentnom metodom korišteni su: cink-nitrat-heksahidrat- $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (99 + %, Lach Ner), željezo-nitrat-nonahidrat- $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ (99 + %, Acros Organics), amonijum-hidrogenkarbonat- NH_4HCO_3 (99 + %, VWR Chemicals BDH)

Sinteza ZnFe_2O_4

Cink-nitrat i željezo-nitrat su stehiometrijski pomiješani sa NH_4HCO_3 prateći jednačinu: $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + 2\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O} + 8\text{NH}_4\text{HCO}_3 \rightarrow \text{ZnFe}_2\text{O}_4 + 28\text{H}_2\text{O} + 8\text{CO}_2 + 8\text{NH}_4\text{NO}_3$. Na slici br. 1 prikazan je proces miješanja. Reaktanti su miješani 20 minuta u avanu i na kraju su isprani sa 300 mL destilovane vode. Proces ispiranja služi za eliminisanje nastalog NH_4NO_3 iz reakcione mješavine. Ovako dobijen uzorak je filtriran pomoću filter papira bijela traka na Büchnerovom lijevku, a profiltriran uzorak sušen je 21 h na 50°C u sušioniku. Prije žarenja uzorak je dodatno usitnjen u avanu. Dobijeni materijal je podijeljen na 4–5 jednakih dijelova jer je žarenje, odnosno kalcinacija, urađeno na: 250, 300, 350, 400 i 450°C, a vrijeme kalcinacije je bilo sat vremena. Prah nakon sinteze je smeđe boje, kako se vidi na slici br. 2.

Optička mikroskopija (OM)

Mikroskopiranje rađeno u cilju dobijanja informacija o karakteristikama uzorka pri uvećanjima od 20, 30 i 40x na OMAX 40X-2500X.

XRD

Fazna identifikacija uzoraka je urađena korištenjem difrakcije X-zraka praha na PAN analytical X'Pert Powder XRD mašini. Mjerenja su vršena u opsegu $20-80^\circ$ od 2θ sa povećanjima od $0,02^\circ$.

BET analiza

Određivanje aktivne površine i distribucije pora nanokompozita, te adsorpcionih izoterma je vršeno pomoću Surface Area and Pore Analyzer, serije Sync 100 proizvođača 3P Instruments GmbH & Co. Uzorci su prvo degasirani 3 h na 180°C , a potom je BET analiza vršena metodom adsorpcije/desorpcije azota.

IR spektroskopija

Pomoću SHIMADZU IRSpirit FTIR spektrofotometra ispitivano je prisustvo ZnFe_2O_4 u uzorku. Snimanje je rađeno u opsegu od 4000 do 400 cm^{-1} .

TGA/DTA

Termička stabilnost uzoraka ispitana je pomoću termogravimetrijskog analizatora proizvođača TA instruments sa modelom uređaja SDT 2060. TG eksperimenti su izvedeni pri brzini grijanja od $10^\circ\text{C min}^{-1}$ i brzini protoka gasa 100 mL min^{-1} , u temperaturnom opsegu od sobne temperature do 1000°C .

Fotokatalitička degradacija metilen plavog pri sunčevoj iradijaciji

Fotokatalizator u ovom radu bio je nanokompozit ZnFe_2O_4 . Korišteni su uzorci ZnFe_2O_4 kalcinirani na 350 , 400 i 450°C , za koje je postupak pripreme za proces fotokatalize bio identičan. Fotokataliza je rađena sa ZnFe_2O_4 bez prisustva nekog drugog reagensa koji bi mogao da utiče na fotokatalitičku degradaciju. Odvagano je 100 mg fotokatalizatora i preneseno u čašu u koju je dodano i 200 mL rastvora organske boje metilen plavo koncentracije 10 mg L^{-1} . Suspenzija je postavljena na magnetnu mješalicu i na izvor svjetlosti, u ovom slučaju na sunčevu svjetlost ($100000-120000\text{ Lux}$). Temperatura formiranih suspenzija održavana je na $25 \pm 3^\circ\text{C}$. Uzorak zapremine 5 mL pipetiran je i prenesen u epruvetu na svakih 10 minuta od početka miješanja uzorka (ukupno 120 minuta). Pri svakom uzimanju uzorka obavezno se mjerio intenzitet sunčeve svjetlosti luksmetrom LUTRON LX 101. Nakon dekantovanja, rastvor je odvojen i prenesen u kivetu, te se analizirao na UV/Vis spektrofotometru. Procedura je prikazana na slici br. 3.

UV/VIS spektroskopija

UV/VIS spektroskopija je korištena za snimanje spektara i na osnovu toga mjerenje koncentracije i raspada vodenog rastvora metilen plavog prije i nakon fotokatalize. Korišten je UV-VIS LAMBDA 25 PERKIN-ELMER, a analiza je urađena u opsegu talasne dužine od 400 do 800 nm .

REZULTATI I DISKUSIJA

Mikroskopiranje (OM)

Optički mikroskop pri različitim uvećanjima omogućava da se vide čestice veličine nekoliko mikrometara, dok su nanočestice nevidljive [3]. U posmatranju ZnFe_2O_4 na slici br. 4 mogu se vidjeti prisutni aglomerati nanokristalita.

XRD

Uzorci kalcinirani na 250, 300, 350 i 400°C su analizirani. Dobijeni XRD difraktogram na slici br. 5 pokazuje značajne razlike između uzoraka kalciniranih na nižim temperaturama (250 i 300°C) i višim temperaturama (350 i 400°C). Na nižim temperaturama se vidi tek zanemarljivo formiranje širokog pika i on najvjerovatnije potiče od ZnFe_2O_4 koji je na tim temperaturama tek počeo da se formira. Posmatrajući difraktogram, uzorci na višim temperaturama imaju daleko izraženije i jasno formirane pikove. Pikovi pripisani ZnFe_2O_4 fazi na 350 i 400°C na identičnim 2θ pozicijama razlikuju se samo u intenzitetu. Najizraženiji su kod uzorka kalcinisanog na 400°C, gdje se mogu primijetiti definisani pikovi koji ukazuju na postojanje kristalnog nanokompozita ZnFe_2O_4 , ali uz ove najizraženije pikove mogu se vidjeti veoma mali pikovi koji bi mogli ukazivati na prisustvo ZnO [4]. Postojanje oštih i simetričnih pikova ukazuje na visoku kristalichnost uzorka, a položaj pikova je potvrda za kubnu spinelnu strukturu kompozita [5]. Pikovi uzoraka su uočeni na $2\theta = 18,16, 29,90, 35,32, 36,81, 42,86, 53,22, 56,68$ i $62,24^\circ$, što odgovara (111), (220), (311), (222), (400), (422), (511) i (440) i karakterističnim položajima ZnFe_2O_4 (JCPDS 79-1150). XRD podaci takođe se upoređuju sa standardnim XRD podacima ZnO (JCPDS 00-036-1451) [6] [7]. Poređenjem dobijenih XRD difraktograma na različitim temperaturama može se zaključiti da su jasno vidljivi koraci transformacije prekursora u konačni proizvod sa porastom temperature. Koristeći se Šererovom i Vilijamson-Holovom metodom izračunate su srednje veličine kristalita u kristalnoj masi sintetisanog ZnFe_2O_4 nanokompozita. Na nižim temperaturama kalcinacije (250 i 300°C), zbog prisustva amorfne faze i mnogo različitih pikova međuproizvoda koji se preklapaju, dobijaju se nedefinisani pikovi koji nisu pogodni za obradu navedenim metodama. Uzorci dobijeni kalcinacijom na 350°C i 400°C dali su šest raspoloživih difrakcionih pikova. Srednja vrijednost veličine kristalita primjenom Šererove metode za temperaturu kalcinacije na 350°C je 3,533 nm, a na 400°C je 5,07 nm. Analizom XRD difraktograma pomoću Šererove metode, rezultati ukazuju na trend povećanja veličine kristalita zajedno sa povećanjem temperature kalcinacije. Ovaj trend može se objasniti kao posljedica aglomeracije na višim temperaturama zbog pojačane difuzije. Vrijednost veličine kristalita prema Vilijamson-Holovoj metodi za 350°C iznosi 2,6122 nm, a za 400°C je 5,7059 nm. Primjenom Vilijamson-Holove metode, takođe se dobija trend rasta veličine kristalita sa povećanjem temperature. U opisanim fazama dobijanja ZnO i Fe_2O_3 solvent-deficijentnom sintezom [1] navodi se da znatnije formiranje metalnih oksida počinje tek na temperaturama oko 300°C i da su veličine čestica manje od 10 nm. Komparacijom sa ovim podacima koji se očekuju, može se potvrditi validnost rezultata dobijenih XRD analizom, jer je difraktogram pokazao najbolje definisane pikove na višim temperaturama, a korištenim metodama računanja veličine kristalita dobijene su veličine manje od 10 nm.

IR

Uzorci kalcinirani na 250, 300, 350 i 400°C posmatrani su infracrvenom spektroskopijom i s obzirom na to da se radi o neorganskom jedinjenju koje bi trebalo da bude fazno čisto, očekuju se vibracije na što nižim vrijednostima talasnog broja. Spektri su prikazani na slici br. 6. Međutim, na spektrima uzoraka na nižim temperaturama (250 i 300°C) i višim temperaturama (350 i 400°C) mogu se vidjeti značajne razlike. Na nižim temperaturama se uočava traka na $\sim 1310\text{ cm}^{-1}$ koja upućuje na vibracije O-H veze, a na višim temperaturama jasno je vidljiva traka na $\sim 535\text{ cm}^{-1}$ koja upućuje na vibracije Zn-O veze.

Traka na $\sim 535\text{ cm}^{-1}$ može pokazati prisustvo mješovitog oksida ZnFe_2O_4 [8] [9]. Na spektrima uzoraka na višim temperaturama ne može se uočiti nikakva značajnija vibracija sem navedene, što ukazuje na to da je uzorak fazno čist i da se potpuno formirao željeni nanokompozit. Vibracije na nižim temperaturama (250 i 300°C) potiču od istezanja unutar O-H veze. Nakon ispiranja sintetisanog materijala vodom, zbog njegove velike

specifične površine, moglo je doći do adsorpcije vode na površini materijala [10]. Traka na $\sim 1310\text{ cm}^{-1}$ može sem adsorbovane vode ukazivati i na nepotpuno formiranje oksida iz međuproizvoda sinteze [11]. Metalna prelazna jedinjenja kao što su $\text{FeOOH} \cdot 0.4\text{ H}_2\text{O}$, $\text{Zn}_5(\text{OH})_6(\text{CO}_3)$ i $\text{Zn}_4(\text{OH})_6\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ se raspadaju do svojih oksida tek na temperaturama $250\text{--}300^\circ\text{C}$, dok njihov potpuni raspad dolazi tek na temperaturama iznad 300°C [1] [11].

BET

Prema podacima koji su dobijeni adsorpcijom tečnog azota, specifična površina raste sa porastom temperature kalcinacije, ali može se primijetiti da uzorak kalcinisan na 350°C ima najveću specifičnu površinu $58,528\text{ m}^2\text{g}^{-1}$ [11] [12]. Zapremina pora takođe raste sa porastom temperature kalcinacije, a najveću zapreminu pora ima uzorak na 400°C sa $0,052\text{ cm}^3\text{g}^{-1}$. Veličina pora je veoma mala i kreće se između $3,180\text{--}4,532\text{ nm}$, a to se može pripisati dodatnom ispiranju koje je urađeno nakon mljevenja prekursora u procesu sintetisanja, gdje su se i očekivale pore $< 10\text{ nm}$. Veličina pora takođe raste sa porastom temperature kalcinacije i najveća je za uzorak na 400°C i iznosi $45,620\text{ m}^2\text{g}^{-1}$. Prema rezultatima BET analize dobijen je nanomaterijal sa velikom specifičnom površinom i malom veličinom pora. Da je kompozit na višim temperaturama kalcinacije mezoporozan, može se vidjeti prema histerezi na izotermi koju imaju samo materijali mezoporozne prirode (slika br. 7). Povećanje specifične površine i zapremine pora sa povećanjem temperature kalcinacije, kao i mezoporozna priroda, mogu se objasniti napuštanjem „ometajućih” jona i molekula (npr. H_2O , NH_4^+ , NO_3^- , CO_3^{2-}) koji se eliminišu iz pora prekursora pri višim temperaturama. Pri nižim temperaturama oni popunjavaju mjesta, odnosno pore koje su stvorene formiranjem aglomerata oko tih jona ili molekula, zbog čega su vrijednosti specifične površine i zapremine pora niže. Prema preporuci IUPAC-a [13], fizisorpcione izoterme grupisane su u šest standardnih tipova. Ove izoterme opisuju različite vrste histereznih petlji koje pomažu pri opisivanju prirode materijala. Prema izgledu, izoterma iz rada poklapa se izgledom sa izotermom IV(a). Izoterme tipa IV(a) ukazuju na mezoporozni adsorbent. Mezoporozni materijali su po IUPAC-u super-nanoporozni materijali dimenzije pora od $2\text{ do }50\text{ nm}$. Histereza u ovom radu odgovara opisanom H2(a) obliku. Histerezne petlje ovog tipa su dobijene zbog kompleksnije strukture pora u kojoj su efekti vezivanja važni. Veoma strma kriva desorpcije može se pripisati ili blokiranju pora u uskom opsegu grla pora ili kavitaciji tokom isparavanja. Ova histerezna petlja je takođe karakteristična za mezoporozne materijale. Za izračunavanje mezopora korišćena je BJH metoda (Barrett-Joyner-Halenda). U oba slučaja najzastupljenije su pore opsega veličine $2\text{--}10\text{ nm}$, a pore veličine $10\text{--}20\text{ nm}$ su prisutne u veoma malom procentu. Pore veličine $20\text{--}50\text{ nm}$ i one veće od 50 nm uopšte nisu prisutne. Može se zaključiti da su sve pore u uzorcima na višim temperaturama kalcinacije mezopore i da je njihova veličina uglavnom od $2\text{ do }10\text{ nm}$. Uzorak na 400°C pokazao je čak $94,52\%$ prisustva pora manjih od 10 nm . Vrijednosti specifičnih površina poklapaju se sa vrijednostima dobijenim BET metodom analize. S obzirom na to da BJH metoda potcjenjuje veličinu pora za uske mezopore (za prečnik pora manji od 10 nm , veličina pora će biti potcijenjena za $20\text{--}30\%$), interpretacija rezultata vrši i DFT metodom (Density functional theory). Ove prednosti su ključne u analizi histereznih petlji tipa H2 [13], kakva je histerezna petlja u ovom radu, a rezultat za volumen pora se poklapao sa osnovnom BET analizom.

TGA/DTA

TGA kriva (slika br. 8) pokazuje pad mase, koji govori da do nastajanja ZnFe_2O_4 i napuštanja ostalih komponenata iz reakcionog sistema i formiranja kristala dolazi na temperaturi do 500°C , što potvrđuju i rezultati dobijeni XRD-om. Na oko 450°C , gdje usljed nekoliko reakcija dolazi do 72% gubitka ukupne mase. Tokom solvent-deficijentne sinteze, odnosno u toku miješanja, sušenja i kalcinacije metalnih nitrata iz kojih će

nastati metalni oksid dolazi do obrazovanja nekoliko različitih metalnih jedinjenja koja pri višim temperaturama, odnosno u fazi kalcinacije, prelaze u metalni oksid [1]. S obzirom na to da je prekursor ispran prije kalcinacije, pretpostavlja se da će u prekursoru biti prisutni $\text{Zn}_5(\text{OH})_6(\text{CO}_3)$, $\text{Zn}_4(\text{OH})_6\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ i $\text{FeOOH} \cdot 0.4 \text{H}_2\text{O}$. Na temperaturi oko 100°C pretpostavlja se da su reakcioni sistem napustili zaostali gasovi i voda. Na temperaturnom intervalu $250\text{--}470^\circ\text{C}$ mogu se vidjeti tri reakcije. Na nižim temperaturama došlo je do dehidratacije i dekarbonizacije, dok pri višim temperaturama dolazi do konačne razgradnje zaostalih ometajućih jona i formiranja metalnog kompleksnog oksida. Do početka formiranja oksida ZnO i Fe_2O_3 koji čine ZnFe_2O_4 dolazi na temperaturi od 350°C . Takođe, i prema XRD difraktogramu i dobijenom IR spektru, ZnFe_2O_4 počinje da se formira na temperaturi od 350°C . Temperatura nastajanja ZnO i Fe_2O_3 pri kalcinaciji iz metalnih jedinjenja koja su nastala u prvim dijelovima solvent-deficijentne sinteze je $250\text{--}300^\circ\text{C}$. Upravo intermedijarna jedinjenja predstavljaju ometajući faktor pri analizi na nižim temperaturama kalcinacije. Tek nakon njihove degradacije dolazi do potpunog formiranja nanokompozita [1].

Fotokatalitička efikasnost određena UV/VIS spektrofotometrijom

Uzorci ZnFe_2O_4 kalcinirani na 350 i 400°C su pokazali najbolje osobine tokom karakterizacije, te su korišteni kao fotokatalizatori za degradaciju organske boje, metilen plavo. Korišten je i ZnFe_2O_4 kalcinisan na 450°C . Njihova katalitička aktivnost mjerena je pri solarnoj iradijaciji. Kompoziti pomiješani sa vodenim rastvorom metilen plavog izloženi su sunčevoj svjetlosti jačine $100000\text{--}120000$ Lux. Spektrofotometrijskom metodom određeni su apsorpcioni spektri samog metilen plavog i tri reakciona sistema koja čine katalizator ZnFe_2O_4 (350 , 400 i 450°C) pomiješan sa bojom. Izlaganje sunčevoj svjetlosti trajalo je 120 minuta. Alikvoti su uzimani na svakih 10 minuta. Na osnovu dobijenih apsorpcionih spektara, izračunat je raspad boje usljed smanjenja njenog apsorpcionog maksimuma. Apsorpcioni spektri na slici br. 9 ukazuju na smanjenje maksimuma apsorbanca tokom vremena. Koristeći Lamber-Beerov zakon, poznato je da je apsorbanca (A) proporcionalna koncentraciji analiziranog uzorka, u ovom slučaju organske boje metilen plavo [14]. Na osnovu ovog zakona formira se kalibraciona kriva (slika br. 10) poznatih koncentracija metilen plavog, pomoću koje se određuje nepoznata koncentracija ispitivanog vodenog rastvora boje. Nakon tačno izračunatih nepoznatih koncentracija (c_t) iz apsorpcionih dijagrama (slika br. 9), računa se raspad boje (R) u toku vremena prema formuli:

$$R(\%) = \frac{c_0 - c_t}{c_0} * 100$$

gdje su: c_0 – početna koncentracija alikvota uzetog na samom početku fotokatalize (0 minuta), c_t – koncentracija nepoznatog uzorka u toku preostalog vremena fotokatalize.

Formiranjem različitih vrijednosti izračunatih raspada dobijaju se rezultati predstavljeni na slici br. 11. Vidi se da metilen plavo bez prisustva katalizatora ima najmanju stopu degradacije u toku 120 minuta, sa maksimumom raspada $18,95\%$. Prisustvo ZnFe_2O_4 znatno ubrzava reakciju raspada. U prisustvu ZnFe_2O_4 kalcinisanog na 450°C maksimalna degradacija je $28,07\%$. Sa materijalnom kalcinisanom na 400°C ona iznosi $35,87\%$, a sa ZnFe_2O_4 kalcinisanom na 350°C čak $39,61\%$, što je dva puta više od degradacije vodenog rastvora metilen plavog bez prisustva katalizatora. Fotokatalizatori sa mezoporoznom strukturom, kakav je ZnFe_2O_4 , imaju veliku sposobnost adsorpcije molekula na svojoj površini. Pri uticaju sunčeve svjetlosti dolazi do razgradnje rastvora boje koja se adsorbirala na površini fotokatalizatora [15]. Fotokatalitička degradacija zavisi od specifične povr-

šine oksida koji ima ulogu fotokatalizatora. Veća specifična površina pokazuje mogućnost adsorbovanja većeg broja molekula i može obezbijediti više dostupnih mjesta za potrebne površinske reakcije [16]. ZnFe_2O_4 kalcinisan na 350°C ima najveću specifičnu površinu koja iznosi $58,528\text{ m}^2\text{g}^{-1}$, dok ZnFe_2O_4 kalcinisan na 400°C ima nešto nižu u vrijednosti od $45,620\text{ m}^2\text{g}^{-1}$. Trend opadanja $R(\%)$ sa povećanjem temperature kalcinacije fotokatalizatora može se objasniti smanjivanjem specifične površine koja se dešava pri povećanju temperature kalcinacije. Veća katalitička aktivnost uzorka kalcinisanog na 350°C može se povezati sa njegovom većom specifičnom površinom, te je zbog toga on pokazao bolju fotokatalitičku aktivnost u odnosu na druge uzorke.

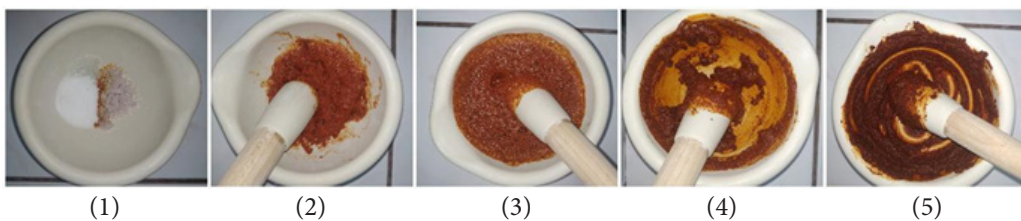
ZAKLJUČAK

Predmet istraživanja bio je nanokompozit ZnFe_2O_4 poznat po svojoj strukturi normalnog spinela i fotokatalitičkoj aktivnosti. Cink-ferit je aktivno istraživao u posljednjih nekoliko godina, što pokazuje veliki broj publikovanih radova. Za njegovu sintezu je po prvi put korištena solvent-deficijentna metoda koja predstavlja inovativan način dobijanja ovog materijala. Sinteza je rađena miješanjem cink-nitrat-heksahidrata ($\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), željezo-nitrat-nonahidrata ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) i amonijum-hidrogenkarbonata (NH_4HCO_3) uz naknadno ispiranje vodom. Temperature kalcinacije bile su 250 , 300 , 350 , 400 i 450°C . Za karakterizaciju materijala korištene su: XRD, FTIR, TGA/DTA, BET, UV/Vis spektrofotometrija, uz primjenu Tauc-plot funkcije i mikroskopiranje OM. ZnFe_2O_4 je korišten kao fotokatalizator za ispitivanje degradacije organske boje metilen plavo pri solarnoj iradijaciji. Korišteni su fotokatalizatori kalcinisani u toku sinteze na 350 , 400°C i 450°C . Rezultati su pokazali da metilen plavo bez prisustva katalizatora ima najmanju stopu degradacije u toku 120 minuta sa maksimumom raspada $18,95\%$. Prisustvo ZnFe_2O_4 znatno ubrzava reakciju raspada. Uzorak ZnFe_2O_4 kalcinisan na 450°C pokazao je maksimum raspada $28,07\%$, na 400°C $35,87\%$, a ZnFe_2O_4 kalcinisan na 350°C čak $39,61\%$, što je dva puta više od degradacije vodenog rastvora metilen plavog bez prisustva katalizatora. Trend opadanja $R(\%)$ sa povećanjem temperature kalcinacije fotokatalizatora može se objasniti smanjivanjem specifične površine koja se dešava pri povećanju temperature kalcinacije. Veća katalitička aktivnost uzorka kalcinisanog na 350°C se može povezati sa njegovom većom specifičnom površinom ($58,528\text{ m}^2\text{g}^{-1}$), te je zbog toga on pokazao bolju fotokatalitičku aktivnost u odnosu na druge uzorke. ZnFe_2O_4 se pokazao kao dobar fotokatalizator u reakciji degradacije metilen plavog pri solarnoj iradijaciji.

LITERATURA

- [1] Stacey J. Smith, Baiyu Huang, Shengfeng Liu, Qingyuan Liu,‡ Rebecca E. Olsen, and Juliana Boerio-Goates and Brian F. Woodfield*, "Synthesis of metal oxide nanoparticles via a robust 'solvent-deficient' method." 2015.
- [2] C. Zhu, Q. Feng, H. Ma, M. Wu, D. Wang, and Z. Wang, "Effect of Methylene Blue on the Properties and Microbial Community of Anaerobic Granular Sludge," *BioResources*, vol. 13, no. 3, Art. no. 3, Jun. 2018.
- [3] Prof. dr T. I. prof. dr Saša Zeljković, Hemija čvrstog stanja. 2022.
- [4] H. Chen, W. Liu, and Z. Qin, "ZnO/ZnFe₂O₄ nanocomposite as a broad-spectrum photo-Fenton-like photocatalyst with near-infrared activity," *Catal. Sci. Technol.*, vol. 7, no. 11, pp. 2236–2244, 2017, doi: 10.1039/C7CY00308K
- [5] P. A. Vinosha, L. A. Mely, J. E. Jeronsia, S. Krishnan, and S. J. Das, "Synthesis and properties of spinel ZnFe₂O₄ nanoparticles by facile co-precipitation route," *Optik*, vol. 134, pp. 99–108,

- Apr. 2017, doi: 10.1016/j.ijleo.2017.01.018.
- [6] R. Sahoo, S. bSantra, C. Ray, A. Pal, Y. Negishi, S. K. Rayb, T. Pal, "Hierarchical growth of Zn-Fe₂O₄ for sensing applications" *NewJ.Chem.*, vol. 12, 2016, doi: 10.1039/c5nj02547h
 - [7] M. S. Yadav, N. Singh, S. M. Bobade, "Zinc oxide nanoparticles and activated charcoal-based nanocomposite electrode for supercapacitor application", *Springer-Verlag GmbH*, vol.20, 2018, doi: 10.1007/s11581-018-2527-1.
 - [8] R. Sagayaraj, S. Aravazhi, P. Praveen, and G. Chandrasekaran, "Structural, morphological and magnetic characters of PVP coated ZnFe₂O₄ nanoparticles," *J. Mater. Sci. Mater. Electron.*, vol. 29, no. 3, pp. 2151–2158, Feb. 2018, doi: 10.1007/s10854-017-8127-4.
 - [9] V. Jeseentharani, M. George, B. Jeyaraj, A. Dayalan, and K. S. Nagaraja, "Synthesis of metal ferrite (MFe₂O₄, M = Co, Cu, Mg, Ni, Zn) nanoparticles as humidity sensor materials," *J. Exp. Nanosci.*, vol. 8, no. 3, pp. 358–370, Apr. 2013, doi: 10.1080/17458080.2012.690893.
 - [10] J. Kurian and M. J. Mathew, "Structural, optical and magnetic studies of CuFe₂O₄, MgFe₂O₄ and ZnFe₂O₄ nanoparticles prepared by hydrothermal/solvothermal method," *J. Magn. Magn. Mater.*, vol. 451, pp. 121–130, 2018, doi: 10.1016/j.jmmm.2017.10.124.
 - [11] A. Choquehuanca, J. G. Ruiz-Montoya, and A. L. R.-T. Gómez, "Discoloration of methylene blue at neutral pH by heterogeneous photo-Fenton-like reactions using crystalline and amorphous iron oxides," *Open Chem.*, vol. 19, no. 1, pp. 1009–1020, Jan. 2021, doi: 10.1515/chem-2021-0077.
 - [12] C. Fan *et al.*, "ZnFe₂O₄ Nanoparticles for Electrochemical Determination of Trace Hg(II), Pb(II), Cu(II), and Glucose," *ACS Appl. Nano Mater.*, vol. 4, no. 4, pp. 4026–4036, Apr. 2021, doi: 10.1021/acsanm.1c00379.
 - [13] M. Thommes *et al.*, "Physisorption of gases, with special reference to the evaluation of surface area and pore size distribution (IUPAC Technical Report)," *Pure Appl. Chem.*, vol. 87, no. 9–10, pp. 1051–1069, Oct. 2015, doi: 10.1515/pac-2014-1117.
 - [14] M. Đ. Dijana Jelić, Instrumentalne metode. 2020.
 - [15] N. G. Yadav, L. S. Chaudhary, P. A. Sakhare, T. D. Dongale, P. S. Patil, and A. D. Sheikh, "Impact of collected sunlight on ZnFe₂O₄ nanoparticles for photocatalytic application," *J. Colloid Interface Sci.*, vol. 527, pp. 289–297, Oct. 2018, doi: 10.1016/j.jcis.2018.05.051.
 - [16] Jie Zhang, Ji-Ming Song*, He-Lin Niu, Chang-Jie Mao, Sheng-Yi Zhang, and Yu-Hua Shen, "ZnFe₂O₄ nanoparticles: synthesis, characterization, and enhanced gas sensing property for acetone." 2015



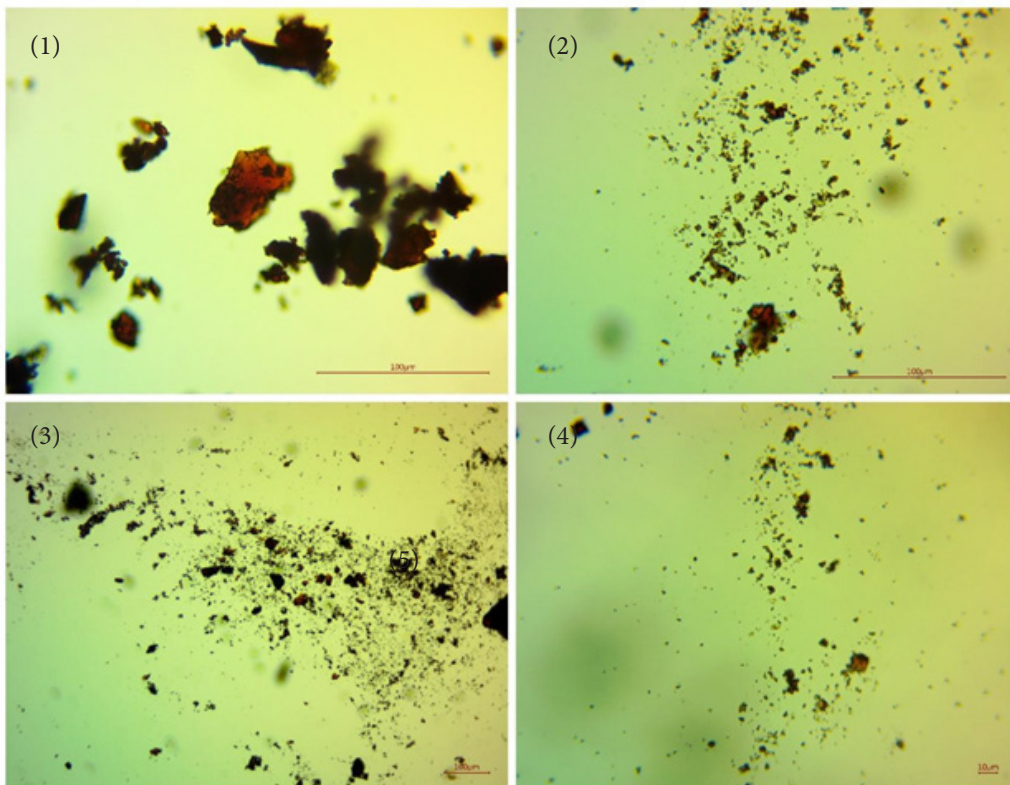
Slika br. 1. Vizuelizacija prvog dijela (miješanje reaktanata) solvent-deficijentne sinteze po koracima. Slika (1) pokazuje 3 reaktanta $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$ i NH_4HCO_3 prije miješanja. Slike (2), (3) i (4) pokazuju miješanje tokom 15 minuta, gdje se može uočiti pojava mjehurića koja predstavlja oslobađanje gasova iz reakcije. Na slici (5) dobija se žitka masa nakon 20 minuta miješanja, koja se ispira, filtrira i stavlja na sušenje i žarenje.



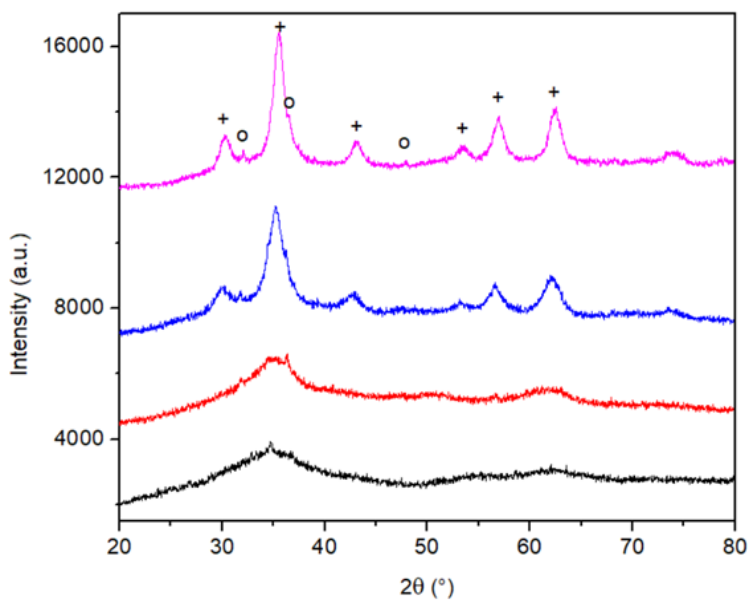
Slika br. 2. Prah ZnFe_2O_4 nakon sušenja i kalcinacije



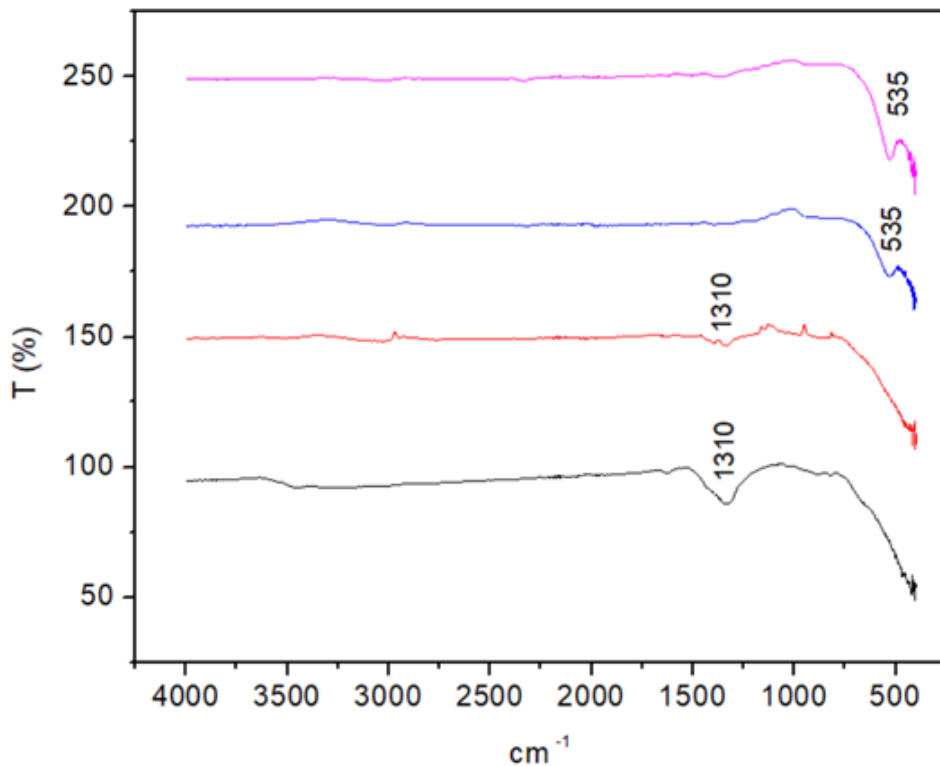
Slika br. 3. Fotografije postupaka fotokatalitičke degradacije metilen plavog. Na fotografiji (1) mogu se vidjeti standardni rastvori metilen plavog, a na fotografiji (2) i pripremljeni uzorci fotokatalizatora ZnFe_2O_4 . Na fotografijama (3), (4) i (5) pomiješani fotokatalizatori i rastvori boje su stavljeni na magnetnu mješalicu. Alikvoti na fotografiji (6) su preneseni u kivete za mjerenje pomoću UV/Vis spektrofotometrije



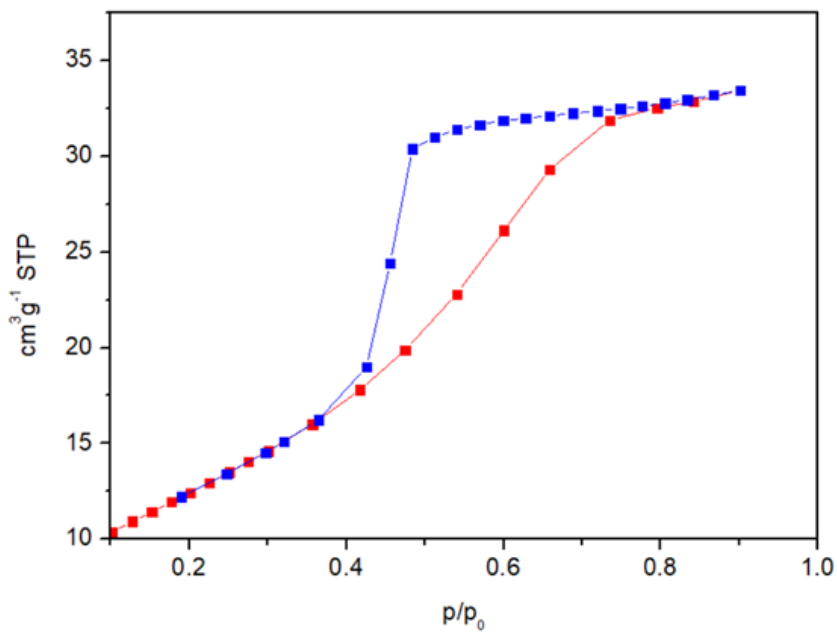
Slika br. 4. OM slike: (1) uzorak na 350°C uvećan 40 x. Slika (2) uzorak 300°C uvećan 40 x. Slika (3) uzorak na 250°C uvećan 40 x. Slika (4) uzorak 400°C uvećan 40 x



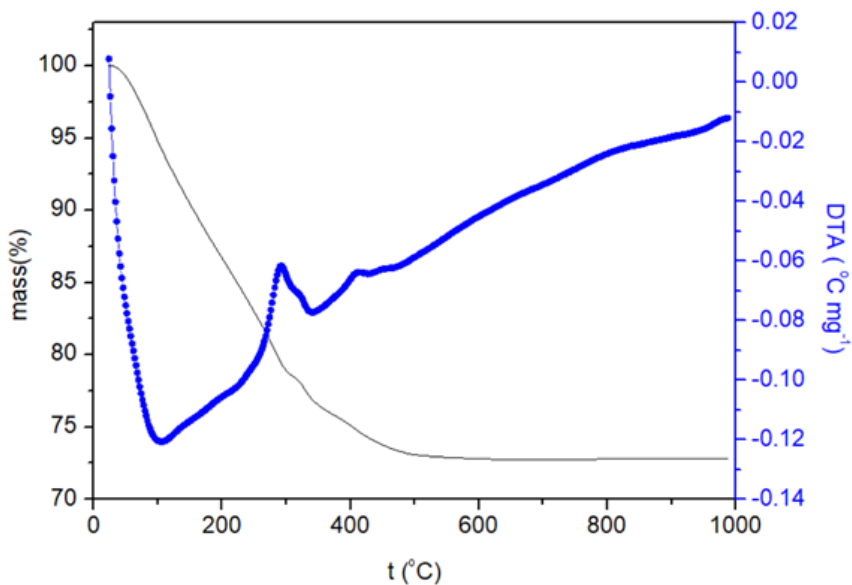
Slika br. 5. XRD difraktogram koji pokazuje formirane pikove koji ukazuju na kristalnu strukturu u uzorcima kalciniranim na 250, 300, 350 i 400°C. „+“ predstavlja ZnFe_2O_4 fazu, a „o“ ZnO fazu. Boja • predstavlja uzorak kalcinisan na 250°C, • na 300°C, • na 350°C i • na 400°C



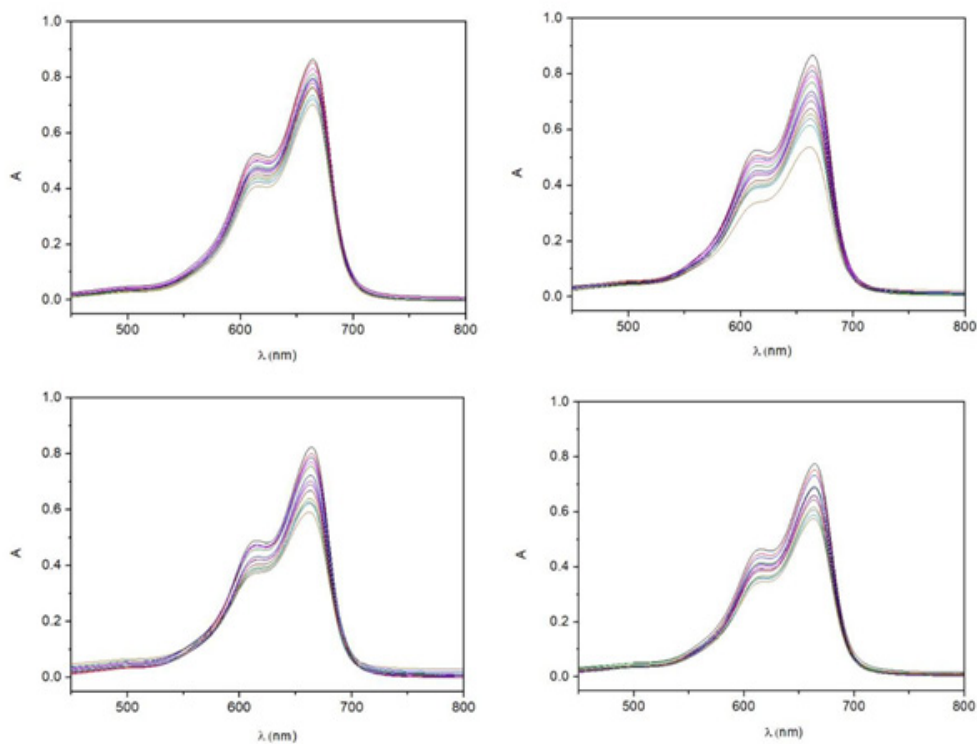
Slika br. 6. Položaj karakterističnih vibracija u uzorcima kalciniranim na • 250°C, • 300°C, • 350°C i • 400°C kao rezultat IR spektroskopije



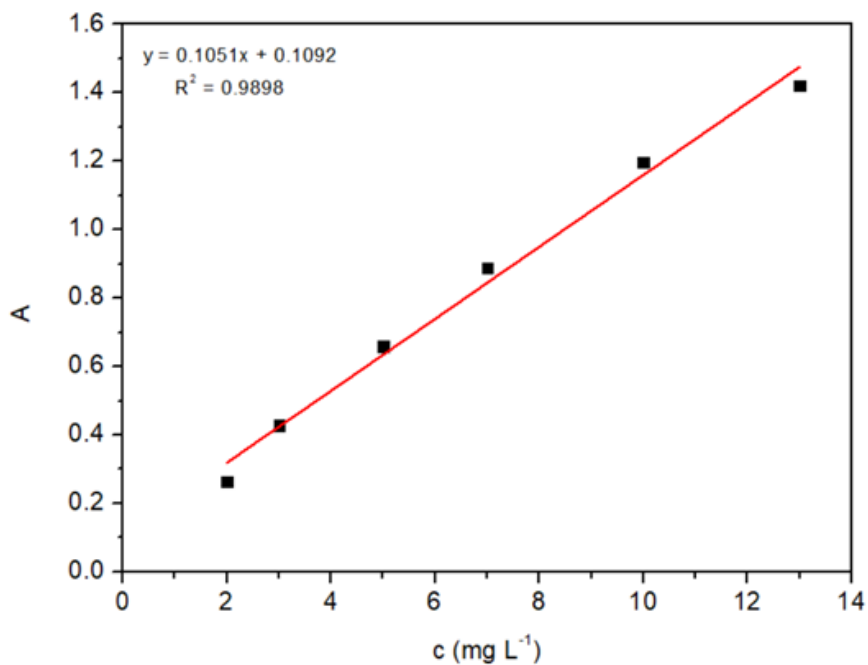
Slika br. 7. Mezoporozna priroda uzorka kalciniranog na 400°C opisana histereznom petljom na adsorpcionoj izotermi.
■ - adsorpcija, ■ - desorpcija



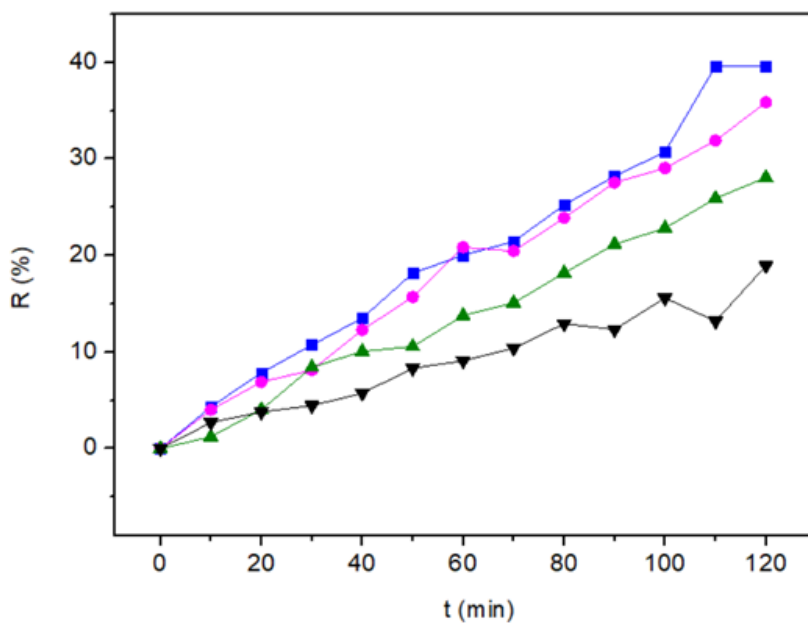
Slika br. 8. Termogram kao rezultat zagrijavanja uzorka ZnFe_2O_4 u struji vazduha brzinom od $10^\circ\text{C min}^{-1}$ od sobne temperature do 1000°C



Slika br. 9. Apsorpcioni spektari metilen plavog (1) i ZnFe_2O_4 kalcinisanog na 350°C (2), 400°C (3) i 450°C (4) sa metilen plavim snimani u toku izlaganja sunčevoj svjetlosti 120 minuta. Alikvot uziman na svakih 10 minuta. Apsorpcioni spektri alikvota u različitom vremenskom periodu predstavljeni su bojama: • 0 minuta, • 10 minuta, • 20 minuta, • 30 minuta, • 40 minuta, • 50 minuta, • 60 minuta, • 70 minuta, • 80 minuta, • 90 minuta, • 100 minuta, • 110 minuta, • 120 minuta



Slika br. 10. Kalibraciona kriva konstruisana mjerenjem maksimuma apsorbanace na razlicitim koncentracijama vodenog rastvora metilen plavog



Slika br. 11. Vrijednosti raspada metilen plavog R(%) u vremenu od 120 minuta: ▼ – metilen plavo, ▲ –metilen plavo i ZnFe₂O₄ (450°C), ● – metilen plavo i ZnFe₂O₄ (400°C), ■ – metilen plavo i ZnFe₂O₄ (350°C)

SYNTHESIS, CHARACTERIZATION, AND CATALYTIC ACTIVITY OF ZnFe_2O_4 NANOCOMPOSITE

Authors: MARIJA STOJAKOVIĆ, Dragana Ubiparip, Dragan Gvozdenović

Email: marija.stojakovic@student.pmf.unibl.org

Mentor: Full Prof. Saša Zeljković; Co-Mentor: TA Sanja Pržulj

Chemistry Department

Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Banja Luka

Introduction: The development of photocatalytic materials plays an important role in the problem of water pollution, and nanomaterials are becoming popular in this role. The ZnFe_2O_4 nanocomposite was synthesized by the solvent-deficient method. ZnFe_2O_4 nanocomposite was used as a photocatalyst in the degradation reaction of the organic dye methylene blue under solar irradiation. Methylene blue ends up as waste in the environment.

Aim: Synthesis of ZnFe_2O_4 nanocomposite by the solvent-deficient method, characterization, and catalytic activity of ZnFe_2O_4 in the reaction of photocatalytic degradation of the organic dye methylene blue.

Material and Methods: For the synthesis of ZnFe_2O_4 by the solvent-deficient method, the following substances were used: $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$, NH_4HCO_3 . The characterization was done using OM, XRD, FTIR, BET, and TGA/DTA. The dye methylene blue was used to analyze the catalytic activity of ZnFe_2O_4 .

Results: XRD showed the presence of peaks indicating the crystalline structure of ZnFe_2O_4 at higher calcination temperatures (350 and 400 °C), while at lower temperatures (250 and 300 °C), there are no peaks. Scherrer's and Williamson-Hall's equations were used for calculating the value of the crystallite size. FTIR at lower temperatures indicated vibrations at $\sim 1310 \text{ cm}^{-1}$, which shows the O-H bond. At higher temperatures, a band characteristic of metal oxides appears at a value of $\sim 535 \text{ cm}^{-1}$. TGA shows that the ZnFe_2O_4 composite is formed at a temperature of 350-500 °C. BET analysis confirmed a mesoporous material with a large specific surface area. The specific surface is $58,528 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$, and the particle sizes are 3,180–4,532 nm. OM showed the crystalline agglomerates. ZnFe_2O_4 calcined at 350 °C showed a decay of 39.61%.

Conclusion: ZnFe_2O_4 synthesized by the solvent-deficient method proved to be a good photocatalyst in the methylene blue color degradation reaction, with a color decay of 39.61% within 2 h.

Keywords: ZnFe_2O_4 , photocatalysis, solvent-deficient synthesis, methylene blue, nanocomposite

PRIMENA PREHRAMBENIH ADITIVA U KOZMETOLOGIJI

Autor: MILICA MARKOVIĆ

e-mail: milica.markovic1@pmf.edu.rs

Mentor: Dr Vojkan M. Miljković, naučni saradnik, Tehnološki fakultet Leskovac, Univerzitet u Nišu, Departman za hemiju, Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Nišu

Uvod: Veliki broj kozmetičkih proizvoda koji se danas koriste ne bi se mogli ni zamisliti bez upotrebe određenih supstanci kao što su konzervansi, antioksidansi i boje. One doprinose produženju roka trajanja i poboljšavaju izgled proizvoda. Neke od njih mogu imati štetan uticaj na ljudsko zdravlje. Prosečan kupac se danas sve više interesuje i bliže proučava sastav kozmetičkih proizvoda, birajući onaj koji sadrži veći broj prirodnih sastojaka. Bez obzira na nedostatak zvaničnog pravilnika i odredaba za prirodne kozmetičke proizvode u Republici Srbiji, kozmetički proizvodi koji se nazivaju „prirodnim“ u sebi sadrže prehrambene aditive.

Cilj: Cilj ovog rada je analiza prehrambenih aditiva iz tri najzastupljenije funkcionalne klase aditiva koji su našli primenu u kozmetologiji radi ukazivanja na prednosti i nedostatke njihove upotrebe.

Materijal i metode: Za uporednu analizu kozmetičkih sirovina i prehrambenih aditiva korišćen je metod literaturnog pregleda i statističke obrade podataka korišćenjem programa SPSS.

Rezultati: Analiza je pokazala da u Republici Srbiji oko 64,7% sirovina za izradu kozmetičkih preparata iz tri najzastupljenije funkcionalne klase čine prehrambeni aditivi, od toga 92,5% predstavljaju prehrambene boje, 65% prehrambeni antioksidansi i 38% prehrambeni konzervansi. Sorbinska kiselina i njene soli i benzojeva kiselina i njene soli su najviše upotrebljavani konzervansi. Prilikom odabira proizvoda prosečni potrošač može biti doveden u zabludu misleći da proizvod koji sadrži vitamin E kao konzervans ima i negujuća svojstva, pa će pre odabrati ovaj proizvod. Zbog odsustva štetnih efekata, najčešća upotreba prehrambenih aditiva je u prirodnoj kozmetici.

Zaključak: Nedovršena zakonska regulativa daje prostor za dalje istraživanje i unapređenje ove teme od strane regulatornih tela RS. Određeni prehrambeni aditivi se mogu koristiti u kozmetologiji, a prehrambene boje su najzastupljenije. Potrebno je edukovati potrošače na ovu temu da ne bi došli u zabunu u pogledu upotrebe prehrambenih aditiva u kozmetičke svrhe ne znajući razliku u kvantitativnom odnosu, a koju proizvođači vešto koriste.

Ključne reči: prehrambeni aditivi; kozmetologija; kozmetika; konzervansi; antioksidansi, boje; emulgatori

UVOD

Brojni kozmetički proizvodi koji se danas koriste ne bi se mogli ni zamisliti bez upotrebe supstanci kao što su konzervansi, antioksidansi i boje. One doprinose produženju roka trajanja i poboljšavaju izgled proizvoda. Iste supstance u različitim količinama imaju različitu funkciju u odnosu na to da li se primenjuju u prehrambenim ili kozmetičkim proizvodima. Bez obzira na to što se veliki broj prehrambenih aditiva može koristiti i u kozmetičkim preparatima, ove supstance neće uvek biti prvi izbor proizvođača zbog njihove manje stabilnosti i veće količine potrebne da ostvare svoju funkciju i zbog više

cene proizvodnje [1].

Neke od njih mogu imati štetan uticaj na ljudsko zdravlje. Potrošači češće biraju proizvode koji u sebi sadrže prirodne pigmente, posebno one ekstrahirane iz biljaka, nego sintetičke, kako bi zaobišli navodne zdravstvene opasnosti (mogućnost nastanka anafilaktičkog šoka, iritacija digestivnog trakta, glavobolja, kožnih promena i dr.) [1]. Prirodni proizvodi nisu nužno bezbedni za upotrebu, a brojni aditivi, među njima i boje, zabranjeni su zbog prijavljenih štetnih efekata (alergijske reakcije, jake glavobolje, tegobe digestivnog trakta i dr.) [1]. Upotreba prehrambenih boja u kozmetologiji je po Pravilniku o kozmetičkim proizvodima iz 2022. definisana u Pravilniku o prehrambenim aditivima iz 2018. i boje se koriste na isti način i u istim maksimalnim dozama kao i u prehrambenim proizvodima [2].

Danas je sve više zastupljeno korišćenje prirodne i organske kozmetike. Bez obzira na nedostatak zvaničnog pravilnika i odredaba za prirodne kozmetičke proizvode u Republici Srbiji, kozmetički proizvodi koji se nazivaju „prirodnim” u sebi sadrže supstance koje se svrstavaju u prehrambene aditive.

Prosečan kupac danas se sve više interesuje i bliže proučava sastav kozmetičkih proizvoda birajući onaj koji sadrži veći broj prirodnih sastojaka. Prirodne prehrambene boje se zbog svojih osobina sve više koriste u kozmetici, ali je njihova upotreba i dalje veoma ograničena, dok sintetičke prehrambene boje imaju širu primenu u kozmetičkim proizvodima. Samo 24.18% svih boja dozvoljenih za upotrebu u kozmetičkim proizvodima čine prehrambene boje [3], [4].

Košnila spada u prehrambene boje i jedina je prirodna boja životinjskog porekla. Njen osnovni sastojak je karminska kiselina. U prehrambenoj industriji koristi se za bojenje sladoleda, kolača, pekarskih proizvoda, a u kozmetičkoj industriji koristi se kao boja u preparatima za šminkanje [3].

Najzastupljeniji prehrambeni antioksidansi u kozmetologiji su askorbinska kiselina i njene soli kao i vitamin E. Vitaminu E se posvećuje sve veća pažnja u dermatologiji zbog njegovih antioksidativnih svojstava. U hrani vitamin E ispoljava svoja antioksidativna svojstva [3], dok se u kozmetičkim preparatima koristi kao konzervans, antioksidans i kao sredstvo koje doprinosi nezi i vlaženju kože [5].

Prilikom formulisanja kozmetičkih preparata koji spadaju u prirodnu kozmetiku, često se koriste konzervansi koji spadaju i u prehrambene konzervanse, kao što su benzojeva kiselina i njene soli i sorbinska kiselina i njene soli. Benzojeva kiselina koristi se u širokom spektru kozmetičkih proizvoda kao pH regulator i konzervans i za konzervisanje bezalkoholnih osvežavajućih pića, slanih margarina, soseva i velikog broja drugih namirnica. Natrijum-benzoat je natrijumova so benzojeve kiseline koja se koristi kao konzervans, takođe u širokom spektru kozmetičkih proizvoda i ima veliku ulogu u prehrambenoj industriji jer se zbog bolje rastvorljivosti u vodi najviše koristi. Poseban akcenat se stavlja na neželjene efekte koje može da ima na zdravlje dece [6].

U ovom radu izvršena je statistička analiza supstanci svrstanih u kategoriju prehrambenih aditiva koji se koriste u kozmetologiji sa ciljem edukacije potrošača koji nepoznavanjem ove materije mogu biti dovedeni u zabludu prilikom kupovine nekog od kozmetičkih ili prehrambenih proizvoda.

MATERIJAL I METODE

Za uporednu analizu kozmetičkih sirovina i prehrambenih aditiva korišćen je metod literaturnog pregleda i statističke obrade podataka korišćenjem programa SPSS. Urađen je detaljan pregled dostupnih objavljenih naučnih radova. Koristeći bazu podataka Google Scholar i PubMed, vršeno je elektronsko istraživanje objavljenih radova. Pregledano je

dvadesetak radova, nisu uzimane u obzir godine objavljivanja, a najstarija korišćena referenca je iz 2002. godine. Nije bilo isključenja nijednog od jezika prilikom pretraživanja literature. Korišćeni termini za pretragu bili su: prehrambeni aditivi, boje u kozmetičkim preparatima, prirodne boje, karmin, košenila, veštačke boje, hiperaktivnost kod dece, vitamin E, kozmetička upotreba vitamina E, kreme za sunčanje sa vitaminom E, toksičnost vitamina E, konzervansi u kozmetičkim preparatima, benzoeva kiselina, toksičnost benzoee kiseline.

REZULTATI

Analiza je pokazala da u Republici Srbiji oko 64,7% prehrambenih aditiva iz tri najzastupljenije funkcionalne klase mogu da se koriste kao kozmetičke sirovine, od toga 92,5% predstavljaju prehrambene boje, 65% prehrambene antioksidanse i 38% prehrambene konzervanse.

Brojne prehrambene boje se koriste u *quantum satis* količinama, prema potrebama tehnološkog postupka. Košenila, karmin i karminska kiselina u smrznutim dezertima imaju propisanu maksimalno dozvoljenu koncentraciju – MDK od 150 mg/kg [4].

Dozvoljene koncentracije za upotrebu vitamina E u obliku tokoferola su: u proizvodima za bebe 1%, preparatima za vlaženje kože 0,05 – 2%, preparatima za tamnjenje kože 0,001 – 0,3% [5].

Za potpuno antibakterijsko delovanje benzoee kiseline potrebna je koncentracija od 0,3% u proizvodu. U prehrambenoj industriji se koristi za konzervisanje kiselih proizvoda (voćnih sokova, turšija, riblje marinade i dr.) u koncentracijama 0,01% do 0,1%, a u gotovom proizvodu u koncentracijama 0,15% do 0,25% [3].

U farmaciji se koristi za konzervisanje oralnih sirupa u koncentracijama od 0,05% do 0,1% [3].

Prilikom izrade kozmetičkih preparata, za njihovo konzerviranje se koristi u koncentracijama od 0,1% do 0,5% [3].



Slika br. 1: Odabrani kozmetički i prehrambeni proizvodi koji u svom sastavu sadrže isti prehrambeni aditiv

DISKUSIJA

Skoro sve Pravilnikom propisane prehrambene boje mogu se koristiti u kozmetičkim preparatima. Košenila, karminska kiselina i karmin spadaju u prehrambene boje čije su količine ograničene kada se koriste pojedinačno ili u kombinaciji [4] i propisana maksimalna dozvoljena koncentracija varira zavisno od proizvoda. Tabela br. 1 – uslovi upotrebe u kategorijama hrane i maksimalne dozvoljene količine za košenilu, karmin i karminsku kiselinu. Najveća vrednost je 500 mg/kg [3], što je prikazano u tabeli br. 1.

Tabela br. 1. Uslovi upotrebe u kategorijama hrane i maksimalne dozvoljene koncentracije za košenilu, karmin i karminsku kiselinu

Uslovi upotrebe i kategorije hrane	MDK mg/l ili mg/kg
Aromatizovani fermentisani mlečni proizvodi, uključujući termički tretirane proizvode	150
Ostale vrste pavlake	150
Sirevi sa zrenjem – samo crveni mramorni sir i crveni pesto sir	125
Proizvodi od sira (osim proizvoda kategorije 16) – samo aromatizovani proizvodi bez zrenja	100
Smrznuti dezerti (sladoled, mlečni sladoled, krem sladoled, smrznuti aromatizovani dezert, smrznuti voćni dezert uključujući sorbet i šerbet)	150
Ostali konditorski proizvodi uključujući i proizvode za osveženje daha	300
Gume za žvakanje	300
Testo	500
Fini pekarski proizvodi	200
Supe i mesne supe	50

Na gornjoj slici plavog okvira, na slici br. 1, koja se odnosi na sastav kozmetičkog preparata koji sadrži karmin kao boju, jeste ruž za usne jednog brenda koji se može naći u Republici Srbiji. Ruž za usne koji se koristi kao primer je sertifikovan kao prirodni i veganski proizvod. Kao poslednji sastojak u nizu nalazi se karmin, kao aditiv za boju. Prilikom pisanja deklaracije kozmetičkog proizvoda proizvođač je obavezan da komponente proizvoda navodi u opadajućem nizu u odnosu na koncentraciju komponente u datom proizvodu. Benzil-alkohol se u kozmetičkim proizvodima koristi u maksimalnoj koncentraciji od 1% [2]. Iz toga možemo da zaključimo da se karmin u datom ružu za usne nalazi u koncentraciji ispod 1%.

Gledajući donju sliku plavog okvira, na slici br. 1, koja se odnosi na sastav prehrambenog proizvoda, vidimo prašak za pripremu smrznutog dezerta, koji kao boju sadrži karmin. Karmin se sve ređe koristi kao boja za sladoled. Sladoledi, smrznuti dezerti spremni za upotrebu, u svom sastavu ne sadrže karmin. Sve češća je upotreba betanina i karotena za postizanje adekvatne boje. Prašak za pripremu smrznutog dezerta koji je uzet kao primer

je jedan od retkih sa karminom kao prehrambenom bojom.

Zabeležen je slučaj alergijske reakcije na karmin koji se nalazio u proizvodima za ulepšavanje. Alergijska reakcija na karmin prilikom korišćenja kozmetičkih proizvoda je retka [7].

Brojne prirodne prehrambene boje su u potpunosti bezbedne za upotrebu, dok neke mogu izazvati alergijske reakcije. Ovo nije slučaj sa svim prehrambenim bojama. Sintetičke prehrambene boje sve više privlače pažnju potrošača zbog svojih mogućih neželjenih dejstava, jer su mnoga istraživanja pokazala da određene prehrambene boje mogu kod dece izazvati hiperaktivnost, poremećaj pažnje i dr. [8].

„Vitamin E” predstavlja grupu hemijskih jedinjenja različitih oblika – tokoferola. Velika razlika se primećuje u upotrebi vitamina E u kozmetičkim proizvodima i hrani. Koncentracija vitamina E i njegovo osnovno svojstvo se razlikuju zavisno od vrste proizvoda.

Određeni oblici vitamina E – tokoferol i tokoferil-acetat – imaju funkciju antioksidansa, humektansa i zaštite kože u kozmetičkim preparatima. Tokoferol i tokoferil-acetat imaju dejstvo kao supstance za negu kože (okluzivno, emolijentno, kao humektanti i dr.) u preparatima u različitim koncentracijama. Tokoferol se u: proizvodima za bebe koristi u koncentraciji od 1%; proizvodima za kupanje, šamponima i proizvodima koji se spiraju 0,01 – 0,8%; kremama za vlaženje kože, losionima, melemima za ruke i telo 0,05 – 2%; gelovima i kremama za tamnjenje 0,001 – 0,3%; šminki 0,001 – 0,9%. Tokoferil-acetat se koristi u: proizvodima za bebe u koncentracijama 0,001 – 1%; proizvodima za kupanje, šamponima i proizvodima koji se spiraju 0,0001 – 25%; kremama za vlaženje kože, losionima, melemima za ruke i telo 0,001 – 25%; gelovima i kremama za tamnjenje 0,05 – 1%; šminka 0,02 – 0,8% [5].

Vitamin E ima različite uloge u kozmetičkim i prehrambenim proizvodima. U zavisnosti od dejstva koje ispoljava u proizvodu, a i od vrste samog proizvoda, koriste se različite koncentracije i oblici vitamina E. Tako brojni kozmetički proizvodi za lokalnu negu kože tvrde da sadrže vitamin E, a njegova koncentracija ne odgovara onoj potrebnoj da ispolji svoje negujuće dejstvo, već je u koncentracijama konzervansa [5].

Gledajući gornju sliku zelenog okvira, na slici br. 1, koja se odnosi na preparat za tamnjenje kože, možemo primetiti da je vitamin E petnaesta komponenta u sastavu datog kozmetičkog preparata za tamnjenje. Prilikom izrade preparata za tamnjenje dinatrijum EDTA se koristi u koncentraciji od 0,02 do 0,1% [9]. On se nalazi ispred tokoferola u sastavu, što znači da tokoferola u ovom proizvodu ima manje od 0,1%. Iz ovoga zaključujemo da proizvod sadrži istu ili manju količinu vitamina E, koja je u opsegu za konzervanse. Ta koncentracija nije dovoljna da vitamin E ispuni svoje negujuće dejstvo [5].

Za omekšavanje i vlaženje kože formulacija sa vitaminom E treba da sadrži 3% vitamin E fosfata (dinatrijum lauriminodipropionat tokoferil fosfata), koji predstavlja novi i moćni oblik vitamina E. Ovakva krema se može koristiti za sprečavanje eritema i obnavljanje kože kao proizvod pre i posle izlaganja suncu [10].

Zajednički stručni komitet za prehrambene aditive – JECFA je definisala prihvatljiv dnevni unos za α -tokoferol – 0,2mg/kg TM i za koncentrat tokoferola 2 mg/kg TM. Pokazano je da veće doze tokoferola, iznad 300 mg dnevno, mogu da izazovu hemoragije, jer se pretpostavlja da deluje kao antivitamin vitamina K [3]. Iako su reakcije i iritacije na vitamin E retke, zabeleženi su slučajevi neželjenih dejstava prilikom dermalne i oralne primene vitamina E [5].

Gledajući donju sliku zelenog okvira, na slici br. 1, ispod kozmetičkog preparata za tamnjenje kože, prikazan je sastav jednog punomasnog margarina koji se nalazi na tržištu Republike Srbije. Posmatrajući sastav datog margarina, možemo zaključiti da je tokoferol ovom proizvodu dodat u svojstvu vitamina, kako bi poboljšao kvalitet proizvoda. Količina tokoferola koja se nalazi u 100 g proizvoda iznosi 20 mg, međutim, kako porcija margarina iznosi najviše 20 g, potrošač će po porciji uneti u svoj organizam samo 4 mg vitamina E,

što čini jednu trećinu preporučenog dnevnog unosa za odrasle. Kada je reč o neželjenim efektima vitamina E u kozmetičkim proizvodima, poznata je pojava alergijskog papuloznog i folikularnog kontaktnog dermatitisa izazvanog α -tokoferol linoleatom [5].

Benzoeva kiselina privlači veliki interes zbog činjenice da, iako se ona i njene soli i derivati smatraju neštetnim supstancama za ljude, postoji veliki broj prijavljenih neželjenih efekata prilikom upotrebe u većim količinama i/ili tokom dužeg perioda. Benzoeva kiselina se u prehrambenoj industriji koristi u manjim koncentracijama u odnosu na kozmetičku industriju. Da bi ispoljila svoj konzervišući efekat u kozmetičkim proizvodima, benzoeva kiselina se koristi u količini od čak 0,5%, dok je u prehrambenim proizvodima upotreba ograničena na 0,25% [3].

Crveno uokvireno na slici br. 1 prikazan je sastav šampona za masnu kosu. Primećuje se da se natrijum-benzoat, so benzoeve kiseline, nalazi u sastavu ovog proizvoda ispred benzil alkohola. Benzoeva kiselina i njena natrijumova so se u kozmetičkim preparatima koji se spiraju koristi u koncentracijama do 2,5% [2]. Benzil alkohol se koristi u koncentracijama do 1% [2]. Iz toga možemo zaključiti da se natrijum-benzoat u datom šamponu nalazi u koncentraciji između 1 – 2,5%.

Dalje, sastav energetske pića dostupnog na tržištu Republike Srbije čine i tri konzervansa, među njima i natrijum-benzoat. Natrijum-benzoat se može koristiti u pićima u količini od 150 mg/l, izraženo na slobodnu kiselinu [4]. Uprkos tome što se benzoeva kiselina i njene soli i derivati smatraju neštetnim supstancama za ljude, zabeleženi su neki toksični i štetni efekti. Benzoeva kiselina je blago iritantna za kožu i oči, a natrijum-benzoat samo za oči i lokalna primena benzoeve kiseline može izazvati urtikariju, eritem i kontaktni dermatitis [11]. Slučajevi urtikarije, astme, rinitisa, koprivnjače i anafilaktičkog šoka prijavljeni su nakon oralnog, dermalnog ili inhalacionog izlaganja benzovoj kiselini i njenim solima, čak i pri dozama nižim od MDK [11]. Natrijum-benzoat može da izaziva hronični generalizovani svrab [6].

Nakon konzumacije prehrambenog proizvoda koji je sadrži, benzoeva kiselina može izazvati iritaciju digestivne sluzokože, a doze veće od 1000 mg/kg telesne težine/dan 5 uzastopnih dana, mogu izazvati mučninu, glavobolju, slabost i pečenje jednjaka. Ostali neželjeni efekti koji se pripisuju benzoevoj kiselini uključuju dijareju, mišićnu slabost, konvulzije, drhtavicu i mršavljenje [11].

Benzoeva kiselina i njene soli povezane su sa hiperaktivnošću u detinjstvu ili hiperkinetičkim sindromom. Unošenje velikih količina benzoeve kiseline tokom dužeg perioda može predstavljati pretnju za potrošače, posebno za ranjivije grupe stanovništva poput dece, pacijenata i osetljivih osoba [6].

Upotreba sintetičkih boja i benzoeve kiseline i njenih soli u dečijoj ishrani ima potvrđeno štetno dejstvo. Hiperaktivnost i ADHD (Poremećaj smanjenja pažnje usled hiperaktivnosti) kao posledica konzumiranja ovih supstanci su dodatno izraženi u dijeti koja sadrži obe [8]. Potrošači se danas lakše i bolje informišu o sastojcima proizvoda, ali još uvek nedovoljno. Od izuzetne važnosti je edukacija potrošača, prvenstveno roditelja, kako bi sam mogao da donese odluku prilikom odabira proizvoda i na taj način ukloni iz dijetе supstancu koja može da ima potencijalno štetno dejstvo.

ZAKLJUČAK

Nedovršena zakonska regulativa daje prostor za dalje istraživanje i unapređenje ove teme od strane regulatornih tela Republike Srbije. Određeni prehrambeni aditivi se mogu koristiti u kozmetologiji, a prehrambene boje su najzastupljenije. Do zbunjivanja potrošača dolazi usled nepotpunih informacija koje proizvođači pružaju, i u prehrambenoj i u kozmetičkoj industriji. Prilikom odabira potrošač treba da bude informisan o svim benefitima i

neželjenim dejstvima koje upotreba proizvoda određenog sastava može da ima na njegovo zdravlje, kako bi mogao izabrati bezbedan proizvod koji odgovara njegovim potrebama. Potrebno je edukovati potrošače na ovu temu da ne bi došli u zabunu u pogledu upotrebe prehrambenih aditiva u kozmetičke svrhe ne znajući razliku u kvantitativnom odnosu, a koju proizvođači vešto koriste.

LITERATURA

- [1] Caroch M., Barreiro M. F., Morales P., Ferreira I. C.F.R., Adding molecules to food, pros and cons: A review on synthetic and natural food additives, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2014, 13, 4, 377–399, doi: 10.1111/1541-4337.12065.
- [2] „Službeni glasnik RS”, br. 60/2019, 47/2022, Pravilnik o kozmetičkim proizvodima.
- [3] Mirić M. O., Šobajić S. S. (2002): Zdravstvena ispravnost namirnica. I izdanje. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva. Beograd.
- [4] „Službeni glasnik RS”, br. 53/2018, Pravilnik o prehrambenim aditivima.
- [5] Thiele J. J., Hsieh Sh. N., Ekanayake-Mudiyanse S., Vitamin E: Critical review of its current use in cosmetic and clinical dermatology, *Dermatologic Surgery*, 2006, 31, s1, 805–813, doi: 10.1111/j.1524-4725.2005.31724.
- [6] del Olmo A., Calzada J., Nuñez M., Benzoic acid and its derivatives as naturally occurring compounds in foods and as additives: Uses, exposure and controversy, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2017, 57, 14, 3084–3103, doi: 10.1080/10408398.2015.1087964.
- [7] Shaw D. W., Allergic contact dermatitis from carmine, *Dermatitis*, 2009, 20, 5, 292–295, doi: 10.2310/6620.2009.09025.
- [8] Kanarek R. B., Artificial food dyes and attention deficit hyperactivity disorder, *Nutrition Reviews*, 2011, 69, 7, 385–391, doi: 10.1111/j.1753-4887.2011.00385.
- [9] Cherian P., Safety assessment of EDTA & salts as used in cosmetics, CIR Expert Panel Members and Liaisons, May 10, 2019.
- [10] Mills O., Verdicchio R., Anti-inflammatory skin cream with vitamin E phosphate, Poster discussion session 495—pediatrics, 2005, 52, 3, 85, doi: 10.1016/j.jaad.2004.10.347.
- [11] FAO/WHO (Food and Agriculture Organization of the United Nations and the World Health Organization), Benzoic acid and sodium benzoate, Concise International Chemical Assessment, 2000, Document No 26.

USAGE OF FOOD ADDITIVES IN COSMETOLOGY

Author: MILICA MARKOVIĆ

Email: milica.markovic1@pmf.edu.rs

Mentor: Dr. Vojkan M. Miljković

Faculty of Technology Leskovac, University of Niš

Faculty of Sciences and Mathematics, University of Niš

Introduction: Numerous cosmetic products used today could not even be imagined without the use of certain substances such as preservatives, antioxidants, and colorants. These contribute to the shelf life extension and improve the product's appearance. Some of them can have a harmful effect on human health. Today, the average customer is becoming more and more interested and studies the composition of cosmetic products more closely, choosing the one that contains a greater number of natural ingredients. Regardless of the lack of official rules and regulations for natural cosmetic products in the Republic of Serbia, cosmetic products called "natural" contain food additives.

Aim: The aim of this paper is the analysis of food additives from the three most represented functional classes of additives that have found application in cosmetology in order to indicate the advantages and disadvantages of their use.

Material and Methods: For the comparative analysis of cosmetic raw materials and food additives, the method of literature review and statistical data processing using the SPSS program was used.

Results: The analysis showed that in the RS, about 64.7% of the raw materials for the production of cosmetic preparations are food additives, of which 92.5% are food colors, 65% are food antioxidants, and 38% are food preservatives. Sorbic acid and its salts and benzoic acid and its salts are the most used preservatives. When choosing a product, the average consumer may be misled into thinking that a product containing vitamin E as a preservative also has nourishing properties, so they will choose this product instead. Due to the absence of harmful effects, the most common use of food additives is in natural cosmetics.

Conclusion: Undefined regulations provide space for further research and improvement of this topic by the regulatory authorities of the RS.

Keywords: food additives, cosmetology, cosmetics, preservatives, antioxidants, colorants, emulsifiers

POREĐENJE RETENCIONIH OSOBINA ESTARA DUGOLANČANIH LINEARNIH ALKOHOLA I MASNIH KISELINA NORMALNOG I RAČVASTOG NIZA

Autor: NATALIJA SIMIĆ

e-mail: natalija.simic@pmf.edu.rs

Mentor: Dr Milena Živković Stošić, istraživač-saradnik

Laboratorija za organsku analizu i sintezu, Departman za hemiju

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Nišu

Uvod: Da bi se standardizovali retencioni podaci i time olakšala identifikacija organskih jedinjenja, uveden je sistem retencionih indeksa (RI). Na osnovu vrednosti retencionih indeksa, možemo razlikovati dva ili više izomera koji imaju iste masene spektre. GC-MS (*Gas Chromatography-mass spectrometry*) metoda, tj. gasna hromatografija u kombinaciji sa masenom spektrometrijom, najbolja je metoda za identifikaciju organskih molekula. Uloga hromatografije je razdvajanje komponenti smeše, a uloga spektrometrije identifikacija tih komponenti.

Cilj: Cilj rada je određivanje retencionih osobina estara sintetisanih iz dugolančanih linearnih primarnih alkohola i kratkolančanih masnih kiselina normalnog i račvastog niza, kao i međusobno poređenje retencionih indeksa ovih estara. Dobijeni estri su česti prirodni proizvodi, pa je poznavanje njihovih retencionih osobina važno za njihovu identifikaciju.

Materijal i metode: Estri su sintetisani metodom po Šteglihu korišćenjem primarnih linearnih alkohola (C_{18} i C_{20}) i karboksilnih kiselina normalnog i račvastog niza (od C_4 do C_7). Za identifikaciju dobijenih estara korišćena je gasna hromatografija sa masenom detekcijom a za određivanje retencionih indeksa korišćena je jednačina po Van den Dool-u i Kratz-u.

Rezultati: Metodom po Šteglihu sintetisano je 26 estara normalnog i račvastog niza i izračunati su njihovi retencioni indeksi. Razmatrana je veza između vrednosti retencionih indeksa estara i njihove strukture.

Zaključak: Poređenjem retencionih indeksa homologa sintetisanih estara, uočeno je da se sa povećanjem broja ugljenikovih atoma u linearnom delu molekula povećava i retencioni indeks za okvirno 100 RI jedinica za svaku dodatnu CH_2 grupu. Takođe, poređenjem RI vrednosti linearnih i račvastih parova izomera, može se zaključiti da račvasti izomeri imaju nižu vrednost RI. Račvanje čini molekul kompaktnijim i time se smanjuje površina molekula a samim tim i tačka ključanja.

Ključne reči: estri; dugolančani alkoholi; masne kiseline; GC-MS metoda

UVOD

Identifikacija nepoznatih organskih jedinjenja često može biti težak i izazovan zadatak, pa je potrebna kombinacija više metoda analize da bi se odredila struktura ispitivanih molekula. GC-MS (*Gas Chromatography-mass spectrometry*) metoda, tj. gasna hromatografija kuplovana sa masenom spektrometrijom, najbolja je metoda za identifikaciju organskih molekula. Uloga hromatografije je razdvajanje komponenti smeše, a uloga spektrometrije identifikacija tih komponenti. Kod ove instrumentalne metode, mobilna faza je i ujedno noseći gas, gde se koriste inertni gasovi, na primer, helijum, azot ili argon. Od vrste nosećeg gasa, koji je neophodno da bude visoke čistoće i hemijski inertan u odnosu na uzorak i tečnu fazu, veoma zavisi osetljivost detekcije [1].

Dužina boravka nekog jedinjenja na gasno-hromatografskoj koloni najčešće se izražava

preko retencionog vremena, koje predstavlja vreme koje protekne od injektovanja uzorka do pojave maksimuma njegovog signala. Poređenje retencionog vremena nepoznatog jedinjenja sa retencionim vremenom nekog poznatog jedinjenja (hromatografisanog pod istim uslovima i na istoj gasno-hromatografskoj koloni) jedna je od najjednostavnijih i najčešće primenljivanih metoda identifikacije. Ipak, da bi se standardizovali retencioni podaci i time olakšala identifikacija organskih jedinjenja, uveden je sistem retencionih indeksa (RI). Reticioni indeks nekog jedinjenja je relativna veličina koja je izražena preko skale referentnih *n*-alkana čiji su reticioni indeksi, zbog linearne zavisnosti od broja C-atoma, ravnomerno raspoređeni. Bez obzira na uslove hromatografisanja, izvedena skala može da se primeni samo na jedinjenja hromatografisana pod potpuno istim uslovima kao i referentni *n*-alkani [1, 2].

Estri predstavljaju najrasprostranjeniju i najznačajniju klasu organskih jedinjenja, a zbog svojih hemijskih osobina često se koriste u sintezi složenih molekula kao zaštitne grupe karboksilne i/ili hidrokislne funkcije. Takođe, široko su rasprostranjeni u prirodi i identifikovani su kao sekundarni metaboliti velikog broja biljaka. Zbog njihove jednostavne sinteze i prečišćavanja, kao i strukturne raznolikosti, značajni su u proizvodnji hrane i lekova [3]. Postoji više različitih metoda za sintezu estara a jedna od najkorišćenijih metoda za esterifikaciju karboksilnih kiselina alkoholima je Šteglihova metoda. Ova sinteza se odvija pod „blagim” eksperimentalnim uslovima korišćenjem *N,N'*-dicikloheksilkarbodiimida (DCC) i katalitičkih količina 4-aminopiridina (najčešće 4-(dimetilamino)piridina, DMAP) [4, 5]. U ovom radu su predstavljeni reticioni podaci 26 estara linearnih dugolančanih alkohola i masnih kiselina. Takođe, razmatrana je i veza između vrednosti reticionih indeksa estara i njihove strukture. Prikazani rezultati predstavljaju bazu podataka, koja se može koristiti prilikom identifikacije dugolančanih estara u prirodnim proizvodima.

MATERIJAL I METODE

Sve hemikalije korišćene u radu su bile p. a. čistoće i nabavljene od sledećih kompanija: *Sigma Aldrich, USA; Merck, Germany; Acros Organics, Belgium*. Svi rastvarači su predestilovani pre korišćenja, dok su ostale hemikalije korišćene bez prethodnog prečišćavanja.

Sinteza estara po Šteglihu

Za sintezu estara korišćene su sledeće supstance:

- dugolančani linearni alkoholi (*n*-oktadekanol i *n*-dokoanol)
- masne kiseline (izobutanska, butanska, 2-metilbutanska, pentanska, 2-metilpentanska, 3-metilpentanska, 4-metilpentanska, heksanska, 2-metilheksanska, 3-metilheksanska, 5-metilheksanska i heptanska kiselina)
- *N,N'*-dicikloheksilkarbodiimid (DCC)
- 4-(dimetilamino)piridin (DMAP)
- dihlormetan (CH_2Cl_2)

Rastvor smeša kiselina (1,5 mmol), DCC-a (1,6 mmol), alkohola (4,5 mmol) i DMAP-a (0,15 mmol) u dihlormetanu (20 ml) mešao se 24 h. Nakon toga, istaložena *N,N'*-dicikloheksilurea (DCU) odvojena je filtracijom i uzorak direktno analiziran GC-MS-om da bi se identifikovali sintetisani estri.

Gasna hromatografija kuplovana sa masenom spektrometrijom (GC-MS)

Analiza sastava reakcionih smeša, kao i praćenje toka reakcije, vršeni su gasnom hromatografijom kuplovanom sa maseno-spektrometrijskom detekcijom (GC-MS). Ova analiza izvedena je korišćenjem *Hewlett-Packard* 6890N gasnog hromatografa, na kapilarnoj koloni DB-5MS (5% fenilmetilpolisiloksan i 95%-dimetilpolisiloksan dimenzija 30 mm $\times$ 0,25 mm, debljina filma 0,25 μ m, *Agilent Technologies, USA*), a koji je direktno povezan sa 5975B masenim detektorom. Jonizacija je vršena elektronima energije 70 eV. Maseni sken je beležen u intervalu m/z 35-750 (brzina skeniranja 5 skenova u sekundi), a vreme skeniranja je bilo 0,34 sekunde. Režim rada instrumenta: temperatura injektora i transfer linije su održavane na 250° i 320°C; temperatura peći je programirana linearno od 70° do 315°C brzinom od 5°C/min, a nakon toga je temperatura održavana 30 min na 315°C. Helijum je korišćen kao noseći gas, sa konstantnim protokom od 1,0 ml/min; injektovan je 1 μ l rastvora uzorka (10 mg je rastvoreno u 1 ml Et₂O) u *split* režimu (40 : 1).

Određivanje retencionih indeksa (RI) sintetisanih estara

Linearni retencioni indeksi sintetisanih estara određeni su koinjekcijom sa homologom serijom *n*-alkana C₈-C₄₀, primenom jednačine po *Van den Dool*-u i *Kratz*-u [2]:

$$RI_x = 100 \frac{t_{x-n}}{t_n} + 100(t_{x-n} - t_n) / (t_{n+1} - t_n)$$

REZULTATI I DISKUSIJA

Šteglihovom metodom sintetisano je 26 estara primarnih linearnih alkohola (C₁₈ i C₂₀) i karboksilnih kiselina normalnog i račvastog niza (od C₄ do C₇). Mehanizam Šteglihove esterifikacije prikazan je na Slici br. 1. U prvom koraku reakcije kiselina i DCC daju elektrofilni intermedijer koji dalje reaguje sa DMAP-om, pri čemu nastaje novi još elektrofilniji intermedijer. Nukleofilnom karbonilnom supstitucijom ovog intermedijera u reakciji sa alkoholom dolazi do građenja estera i regeneracije DMAP-a. Nakon esterifikacije i obrade reakcionih smeša, pripremljeni su uzorci za analizu GC-MS-om. Na osnovu karakteristične masene fragmentacije, izvršena je identifikacija svih sintetisanih estara. U masenim spektrima se mogao jasno uočiti molekulski jon a karakteristični fragmenti se detektuju usled cepanja veze u susedstvu C=O grupe (gubitak alkoksi grupe, -OR), kao i u susedstvu estarske grupe uz premeštanje vodonika. Na Slici br. 2 je dat primer masene fragmentacije dokozil-butanoata.

Koinjekcijom sa homologom serijom *n*-alkana i primenom jednačine po *Van den Dool*-u i *Kratz*-u [2] izračunati su retencioni indeksi svih sintetisanih estara i prikazani u Tabeli 1. Na osnovu ovih podataka, možemo zaključiti sledeće: poređenjem retencionih indeksa homologa sintetisanih estara, uočeno je da se sa povećanjem broja ugljenikovih atoma u lineranom delu molekula povećava i retencioni indeks za okvirno 100 RI jedinica za svaku dodatnu CH₂ grupu. Na Slici br. 3 prikazani su maseni spektri, strukture i retencioni indeksi dokozil-pentanoata i dokozil-heksanoata. Razlika retencionih indeksa ova dva estera iznosi 102, što potvrđuje prethodno navedenu činjenicu. Takođe, poređenjem RI vrednosti linearnih i račvastih parova izomera, može se zaključiti da račvasti izomeri imaju nižu vrednost RI, za okvirno 50 RI jedinica. Na Slici br. 4 su prikazani maseni spektri, strukture i retencioni indeksi dokozil-izobutanoata i dokozil-butanoata, odakle se može zaključiti da je razlika u retencionim indeksima ovih izomera 49. Račvanje čini molekul

kompaktnijim i time se smanjuje površina molekula a samim tim i tačka ključanja, pa iz tog razloga račvasti izomeri imaju nižu tačku ključanja od linearnih.

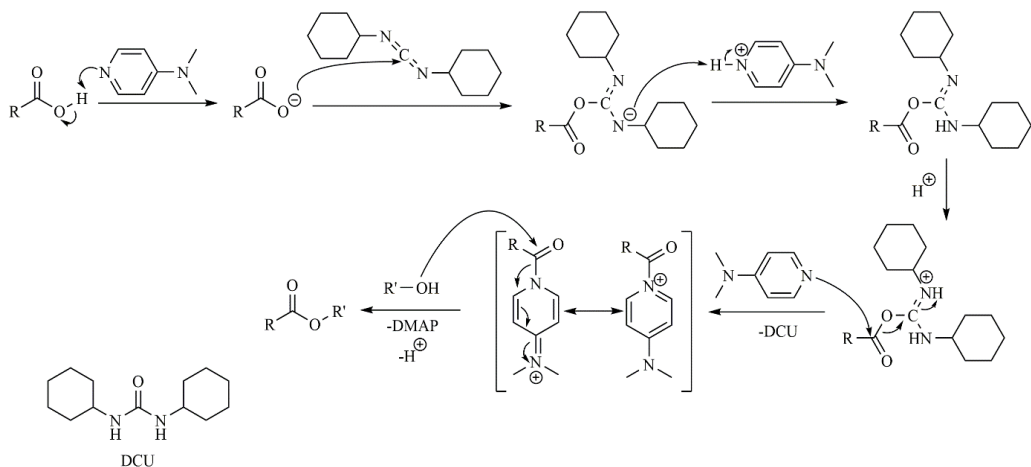
ZAKLJUČCI

Na osnovu dobijenih rezultata, kao i baze podataka (masenih spektara i retencionih indeksa) za 26 sintetisana estara normalnog i račvastog niza, razmatrana je veza između vrednosti retencionih indeksa estara i njihove strukture. Vidljivo je da izomerni estri, sa gotovo pa identičnim masenim spektrima, imaju značajne razlike u vrednostima RI. Zbog manje površine molekula, račvasti izomeri imaju niže vrednosti tački ključanja, pa samim tim i vrednosti RI u odnosu na linearne izomere. Može se zaključiti da na osnovu vrednosti retencionih indeksa razlikujemo dva ili više izomera koji imaju iste masene spektre.

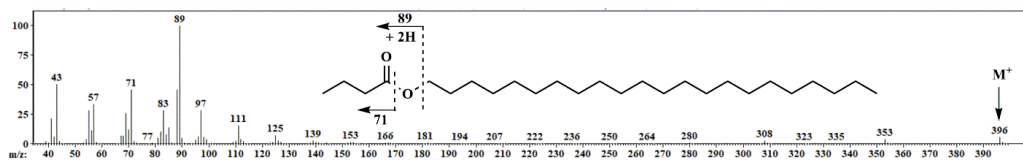
U literaturi se može naći da su neki od ovih estara identifikovani kao prirodni proizvodi [6], ali za većinu sintetisanih estara nedostaju retencioni podaci [7]. To nas je navelo da napravimo bazu masenih spektara i retencionih indeksa ovih dugolančanih estara. Takođe, prilikom identifikacije nekog nepoznatog uzorka, ukoliko on predstavlja smešu izomernih estara, koinjekcijom sintetisanih standarda sa realnim uzorkom, sa lakoćom se može odrediti struktura nepoznatih sastojaka.

LITERATURA

- [1] Milosavljević, S.M. (1994): Strukturne instrumentalne metode. I izdanje. Hemijski fakultet, Univerzitet u Beogradu. Beograd.
- [2] Van Den Dool, H., Kratz, P.D. A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. *Journal of Chromatography A*, 1963, 11, 463-471, doi: 10.1016/S0021-9673(01)80947-X.
- [3] Wilhelm, R., BOLT, H.M. (2005): Esters, Organic in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2005. Vol. 13, 245-266. doi: 10.1002/14356007.a09_565.pub2
- [4] Neises, B., Steglich, W. Simple Method for the Esterification of Carboxylic Acids, *Angewandte Chemie International Edition*, 1978, 17, 522-524, doi: 10.1002/anie.197805221.
- [5] Steglich, W., Höfle, G. *N,N*-Dimethyl-4-pyridinamine, a Very Effective Acylation Catalyst, *Angewandte Chemie International Edition*, 1969, 8, 981-981, doi: 10.1002/anie.196909811.
- [6] Radulović, N.S., Mladenović, M.Z., Stojanović-Radić, Z.Z., Synthesis of small libraries of natural products: New esters of long-chain alcohols from the essential oil of *Scandix pecten-veneris* L. (Apiaceae), *Flavour and Fragrance Journal*, 2014, 29, 255-266, doi: 10.1002/ffj.3205.
- [7] Stransky, K., Zarevucka, M., Valterova, I., Wimmer, Z., Gas chromatographic retention data of wax esters, *Journal of Chromatography A*, 2006, 1128, 208-219, doi: 10.1016/j.chroma.2006.06.035.



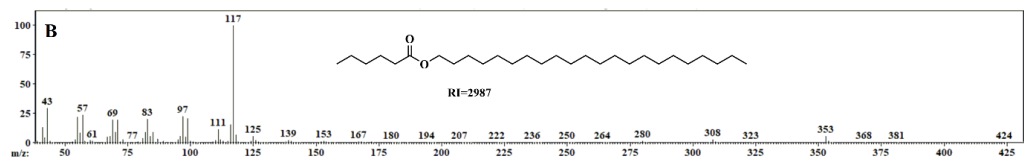
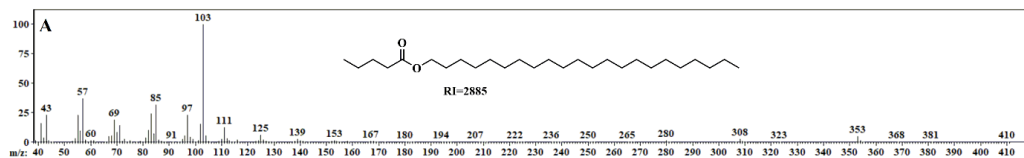
Slika br. 1 Mehanizam Štegljive (Steglich) esterifikacije (DCU – dicikloheksilurea)



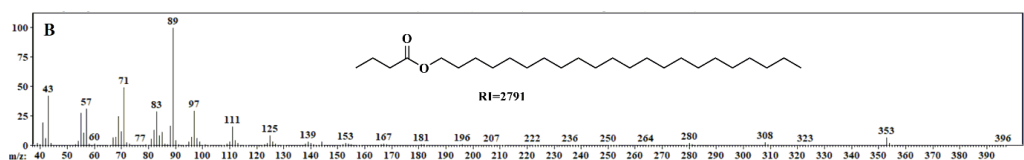
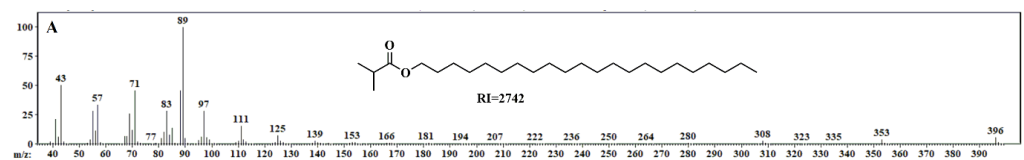
Slika br. 2 Maseni spektar dokožil-butanoata, sa prikazanom fragmentacijom

Tabela br. 1 Vrednosti retencionih indeksa sintetisanih estara

Estar	RI	Estar	RI
Oktadecil-izobutanoat	2340	Dokožil-izobutanoat	2742
Oktadecil-butanoat	2386	Dokožil-butanoat	2789
Oktadecil-2-metilbutanoat	2432	Dokožil-2-metilbutanoat	2836
Oktadecil-3-metilbutanoat	2437	Dokožil-3-metilbutanoat	2839
Oktadecil-pentanoat	2485	Dokožil-pentanoat	2887
Oktadecil-2-metilpentanoat	2513	Dokožil-2-metilpentanoat	2912
Oktadecil-3-metilpentanoat	2541	Dokožil-3-metilpentanoat	2946
Oktadecil-4-metilpentanoat	2544	Dokožil-4-metilpentanoat	2948
Oktadecil-heksanoat	2581	Dokožil-heksanoat	2983
Oktadecil-2-metilheksanoat	2606	Dokožil-2-metilheksanoat	3005
Oktadecil-3-metilheksanoat	2626	Dokožil-3-metilheksanoat	3026
Oktadecil-5-metilheksanoat	2642	Dokožil-5-metilheksanoat	3044
Oktadecil-heptanoat	2678	Dokožil-heptanoat	3081



Slika br. 3 Maseni spektar dokožil-pentanoata (A) i dokožil-heksanoata (B)



Slika br. 4 Maseni spektar dokožil-izobutanoata (A) i dokožil-butanoata (B)

COMPARISON OF RETENTION INDICES OF ESTERS OF LONG-CHAIN LINEAR ALCOHOLS AND NORMAL AND BRANCHED FATTY ACIDS

Author: NATALIJA SIMIĆ

Email: natalija.simic@pmf.edu.rs

Mentor: RA Milena Živković Stošić

Laboratory for Organic Synthesis and Analysis, Department of Chemistry

Faculty of Sciences and Mathematics, University of Niš

Introduction: Retention indices are useful references for compound identification by gas chromatography-mass spectrometry. They provide elution orders for isomers that might be indistinguishable based on mass spectra. Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) is an analytical method that combines the features of gas chromatography and mass spectrometry to identify different substances within a test sample.

Aim: The aim of this paper is to determine the retention indices of esters synthesized from long-chain linear primary alcohols and linear and branched-fatty acids, as well as to compare the retention indices of these esters. The resulting esters are common natural products, so the determination of retention data is important for their identification.

Material and Methods: Esters were synthesized by the Steglich esterification using primary linear long-chained alcohols (C_{18} and C_{20}) and linear and branched-fatty acids (from C_4 to C_7). The GC-MS method was used to identify the obtained esters, and the Van den Dool and Kratz equation was used for the retention indices determination.

Results: By the Steglich esterification, 26 linear and branched esters were synthesized, and their retention indices were calculated. The structure-retention index relationship was studied.

Conclusion: Different values of retention indices were observed within the pairs of homologs and isomers of synthesized esters. When the number of carbon atoms increases in a linear chain, RI values increase by ca. 100 RI units per CH_2 group. By comparing the RI values of linear and branched pairs of isomers, it could be concluded that the RI value of the methyl-branch isomer is lower. Branching makes the molecule more compact and decreases the surface area, so the boiling point decreases with branching.

Keywords: esters, long-chained alcohols, fatty acids, GC-MS

SELENOVE NANOČESTICE OBLOŽENE SURFAKTANTIMA I POLIMERIMA KAO POTENCIJALNI NOSAČI LIJEKOVA

Autor: TEODORA TOMOVIĆ

e-mail: teodora.tomovic@student.pmf.unibl.org

Mentor: Prof. dr Dijana Jelić

Studijski program hemija

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Banjoj Luci

Uvod: Nanočestice (NČ) predstavljaju čestice veličine od 1 nm do 100 nm. NČ mogu biti metalne, metalno oksidne, bimetalne i magnetske. Svi ovi nanočestični sistemi imaju razne primjene u biomedicini, poput isporuke lijekova, biosenzora, biooslikavanja itd. Upotreba metalnih NČ-a za sisteme za isporuku lijekova doprinosi: povećanju stabilnosti usljed produženog poluvremena nosača lijeka (NČ) u krvnoj cirkulaciji, ciljanom pristupu specifičnom tkivu i biodistribuciji. Selenove nanočestice (Se NČ) pojavile su se kao perspektivan agent za biomedicinsku upotrebu zbog njihove visoke bioraspoloživosti, niske toksičnosti i degradibilnosti. Sa odličnom stabilnošću i kapacitetom inkapsulacije lijeka, Se NČ su potencijalni nanonosaci naročito za antikancerogene, kao i tretmane protiv infekcija i upala. Uzimajući u obzir da se vitamin D pokazao kao jedan od obećavajućih antikancerogenih agenasa, u istraživanju je ispitivana inkorporacija vitamina D na Se NČ-e.

Cilj: Ispitivanje potencijala Se NČ-a obloženih surfaktantom i polimerom za hvatanje molekula vitamina D₃.

Metode: Sintetisane su Se NČ obložene katjonskim surfaktantom, cetiltrimetilamoniju-bromidom (CTAB) i polimerom, polivinil-alkoholom (PVA). CTAB je korišten da bi se smanjila hidrofobnost i aglomeracija NČ-a, a PVA radi potencijalnog boljeg umrežavanja sintetisanog Se NČ/CTAB nosača. Nanošenje vitamina D vršeno je adsorpcijom.

Rezultati: Karakterizacija oba Se NČ-a sistema (obložena surfaktantom i polimerom) je vršena korištenjem Furijeove transformisane infracrvene spektroskopije i SEM instrumentalne tehnike. Obe tehnike su dokazale uspješnu sintezu Se NČ-a. SEM morfologija je otkrila različite oblike NČ-a, te različitu distribuciju prečnika. FTIR spektroskopijom i SEM mikrogramima je potvrđeno prisustvo vitamina D₃.

Zaključak: Dobijene Se NČ su pokazale različitu morfologiju koja uključuje igličastu, cjevastu i sfernu strukturu. Iako su obje sinteze SeNČ (surfaktantom i polimerom) bile uspješne, Se NČ-e obložene surfaktantom su uspješnije adsorbovale vitamin D₃.

Ključne riječi: selen; nanočestice; nosači lijekova; vitamin D₃

UVOD

Nanočestice (NČ) predstavljaju čestice veličine od 1 nm do 100 nm. Na osnovu morfologije, veličine i hemijskih osobina, NČ se dijele na različite kategorije. Najčešća podjela je na: metalne, metalno oksidne, bimetalne, magnetske, polimerne, keramičke nanočestice itd. [1]. Nanočestice su našle svoju primjenu u sistemu za isporuku lijekova. Idealan sistem za isporuku lijekova mora da ciljano i kontrolisano otpušta lijek. Ciljano otpuštanje lijeka će poboljšati efektivnost, dok se sa kontrolisanim otpuštanje lijeka smanjuju sporedni i neželjeni efekti. Sistemi za isporuku lijekova nanovelikine mogu da prođu dublje, da pristupe nepristupačnim područjima, kao što su upaljena tkiva i oštećene ćelije [2]. Nanočestice

kao sistemi za isporuku lijekova služe da bi se smanjila toksičnost, povećala bioaktivnosti, te poboljšalo ciljanje i postepeno oslobađanje inkapsuliranog lijeka. Jedinstvene osobine nanočestica, kao što su mala veličina, velika površina, površinsko naelektrisanje, rastvorljivost i multifunkcionalnost, čine ih izuzetno jedinstvenim nosačima lijeka. Modifikacija površine nanočestica sa ciljanim ligandima omogućava selektivno isporučivanje lijeka na ciljnu lokaciju. Zahvaljujući svojoj jedinstvenoj bioaktivnosti, neorganske metalne nanočestice (Se, Ag, Au, Ce, Fe, Ti i Zn) imaju značajno mjesto među nanočestičnim nosačima [3]. Korištenjem nanomaterijala za isporuku lijekova mogu se postići poboljšana farmakokinetička i farmakodinamička svojstva aktivnog agensa [2]. Nanomaterijali koji sadrže selen su se pokazali kao obećavajući sistemi za isporuku lijekova, naročito kod malignih oboljenja [4].

Selen (Se) je metaloid i esencijalni mineral koji podržava mnoge procese organizma, te doprinosi poboljšanju imunog sistema i plodnosti. On je nutritijent koji igra glavnu ulogu u održavanju metabolizma tiroidnog hormona, sinteze DNK i štiti organizam od oksidativnog oštećenja i infekcija [5]. Selen ima usku terapijsku primjenu, a njegove granice toksičnosti su veoma delikatne, dok selenove nanočestice (SeNČ) posjeduju značajno smanjenu toksičnost. SeNČ predstavljaju odličnu platformu za prenos raznih lijekova do mjesta djelovanja. Koristeći prednost visoke osjetljivosti na stimulanse, kao što su redoks, svjetlost i zračenje, nanomaterijali koji sadrže selen igraju važnu ulogu u razvoju pametnih nosača lijekova sa karakteristikama kontrolisanog oslobađanja [4].

Hibridni nanonosači su privikli pažnju istraživača kako bi se poboljšala efikasnost isporuke lijekova. Hibridne NČ sadrže neorgansko jezgro i organski omotač. Neorgansko jezgro može biti metal ili metalni oksid, a organska ljuska polimerizovani monomer, hromofora, deterdžent ili surfaktant, te neka druga organska molekula [6–8]. U ovom radu su sintetisane hibridne Se NČ-e, čije jezgro je selen, a omotač surfaktant i polimer. Prilikom sinteze neorganskih nanomaterijala, može se iskoristiti sposobnost surfaktanta da se samostalno sastavljaju u dobro organizovane strukture, te se ove strukture koriste kao šabloni (šema) za sintezu nanočestica [9]. U oblasti nanomedicine, surfaktanti se često koriste za poboljšanje funkcionalnosti nanočestica [10]. Polimerne NČ su idealni kandidati za isporuku lijekova jer su biorazgradivi, biokompatibilni i stabilni tokom skladištenja. Njihove površine mogu se lako modifikovati za dodatno ciljanje, omogućavajući im da isporučuju lijekove, proteine i genetski materijal u ciljane tkiva, što ih čini korisnim u medicini raka, genskoj terapiji i dijagnostici. Međutim, nedostaci polimernih NČ uključuju povećan rizik od agregacije čestica i toksičnosti [11]. Rastvorljivi polimeri i surfaktanti se mogu koristiti za pružanje fizičke stabilnosti i zadržavanje velike površine nanočestica [12].

Aktivne komponente (API – active pharmaceutical ingredients) se mogu vezati adsorpcijom, apsorpcijom, „zarobljavanjem“ ili kovalentnim vezivanjem, a oslobađaju se desorpcijom, difuzijom, degradacijom polimera, fizičkom ili hemijskom transformacijom polimera ili kombinacijom ovih mehanizama. Glavni cilj je postizanje visokog stepena kontrole njihovih svojstava: odlična stabilnost za cirkulaciju u krvi, uske distribucije veličine nanočestica, biokompatibilnost i/ili biorazgradljivost i kontinuirana isporuka lijeka [3].

U ovom radu, kao mehanizam nanošenja aktivne supstance izabrana je adsorpcija. Adsorpcija je međufazna akumulacija aktivne supstance na površini ili međufaznoj površini nosača. Adsorpcija uključuje adsorbent i adsorbat, pri čemu aktivna supstanca predstavlja adsorbat, a sintetisani nosač adsorbens [13]. Vitamin D₃ je jedan od obećavajućih antikancerogenih supstanci, koji ima mogućnost da inhibira rast ćelija malignog melanoma [14]. Nedostatak vitamina D₃ je njegova slaba rastvorljivost i termička nestabilnost. Pomenuti nedostaci mogu se poboljšati nanošenjem aktivne komponente, u ovom slučaju vitamin D₃, na sisteme za isporuku lijekova, to jest, nosače. Nosači u ovom radu su sastavljeni od nanočestica Se koje su obložene surfaktantom (SeNČ/SURF) i polimerom (SeNČ/POLYM).

MATERIJALI I METODE

Materijali

U radu su korištene hemikalije: Na₂SeO₃ CAS:10102-18-18 poli(vinil- alkohol), M= 31 000-50 000, CAS: 9002-89-5 proizvođača SIGMA-ALDRICH, Njemačka, heksadeciltrimetilamonijumbromid 99%, CAS:57-09-0 i fenilhidrazin 95% CAS:100-63-0 proizvođač ACROS ORGANICS, Češka Republika, Na₂B₄O₇ x 10H₂O CAS 1303-96-4 proizvođač lach:ner, Češka Republika. Askorbinska kiselina VK0081 proizvođač SEMIKEM, Bosna i Hercegovina. Kao aktivna supstanca korišten je vitamin D₃ C₂₇H₄₄O, CAS: 67-97-0, proizvođača DSM, SAD.

Metode

Sinteza SeNČ-a obloženih surfaktantom

Sintetisane su Se NČ uz pomoć katjonskog surfaktanta, cetiltrimetilamonijum bromida (CTAB). Za sintezu SeNČ/SURF napravljeni su vodeni rastvori Na₂SeO₃ i CTAB-a, u dvije odvojene čase. Nakon rastvaranja vrši se sonifikacija u ultrazvučnoj kadi 10 minuta. Zatim se rastvori spajaju i miješaju na magnetnoj mješalici 10 minuta na 600 rpm, radi homogenizacije. Nakon toga, dodaje se askorbinska kiselina (Vit C) koja ima ulogu redukcionog sredstva. Miješanje se nastavlja još 10 minuta na 600 rpm, pri čemu vidimo postepenu promjenu boje rastvora u čaši. Boja rastvora se mijenja iz bezbojne u tamno crvenu, što je dokaz uspješne redukcije seleno iz oksidacionog stanja Se⁴⁺ u oksidaciono stanje Se⁰. Rastvor se prekrije aluminijskom folijom i sahatnim staklom, te se zagrijava na temperaturi od 80 °C. Nakon 4 h zagrijavanja, dodaje se destilovana voda i hidrazin. Nakon završene sinteze, rastvor je ostavljen na sobnoj temperaturi 4 dana, nakon čega je vršeno filtriranje dobijenog taloga. Dobijeni talog SeNČ/SURF filtriran je filer-papirom plava traka na atmosferskom pritisku. Talog predstavlja selenove nanočestice istaložene pomoću CTAB-a, koji smo ispirali destilovanom vodom tri puta. Na Slikama broj 1 i 2 prikazan je dio sinteze SeNČ/SURF.

Sinteza SeNČ-a obloženih polimerom

U cilju povećanja aktivne površine nosača, sintetisan je kompozitni nosač izgrađen od SeNČ-a obloženih surfaktantom i polivinil-alkohola (PVA). Da bi se izvršila sinteza ovog nosača, polimer je suspendovan u destilovanoj vodi, te ostavljen da bubri uz stalno miješanje na magnetnoj mješalici. Pripremljeni su rastvori SeNČ-a obloženih surfaktantom i natrijum tetraborata dekahidrata. Nakon bubrenja polimera, ostavljen je da se hladi do sobne temperature. Nakon hlađenja dodaje mu se rastvor SeNČ-a i nastavlja miješanje na magnetnoj mješalici 1 h na 700 rpm. Potom se rastvoru postepeno dodaje agens za umrežavanje tj. rastvor boraksa. Smješa se ostavlja još 30 minuta na magnetnoj mješalici, a zatim se sonifikuje u ultrazvučnoj kadi. Sušenje je na sobnoj temperaturi u Petrijevom sudu. Na Slici br 3. prikazane su sintetisane SeNČ obložene polimerom.

Nanošenje aktivne supstance na nosače

U ovom radu korištena je adsorpcija kao mehanizam nanošenja aktivne supstance na nosače, čiji je postupak sinteze prethodno opisan. Kao aktivna supstanca korišten je vitamin D₃, holekalciferol.

Adsorpcija vitamina D₃

Adsorpcija aktivne supstance (vitamina D₃) vršena je kontinualnim miješanjem sintetisanih nosača sa etanolnim rastvorom vitamina D₃ na magnetnoj mješalici. Nosači korišteni

za adsorpciju su SeNČ-e obložene surfaktantom i SeNČ obložene polimerom. Pripremljen je etanolni rastvor vitamina D₃. 2,5 mL ovog rastvora preneseno je u Erlen-Majer tikvicu u kojoj su se nalazile SeNČ/SURF, a 6 mL rastvora je preneseno u drugu Erlen-Majer tikvicu u kojoj su se nalazile SeNČ/POLY. Obe tikvice su prekrivene parafilmom, postavljene na banju mućalicu koja je podešena na 115 rpm u trajanju od 22 h. Po završetku mućkanja, čestice su odvojene centrifugiranjem na 5000 rpm, te isprane 2 puta destilovanom vodom i ostavljene da se suše na sobnoj temperaturi i u mraku. Na Slikama br. 4–6 prikazani su dijelovi adsorpcije.

Skenirajuća elektronska mikroskopija

Morfologija je analizirana korištenjem skenirajućeg elektronskog mikroskopa (TM3030 SEM Hitachi Japan) pod vakuumom (napon ubrzanja od 5 kV, struja snopa 20 nA i veličina tačke 1 mm).

IR spektroskopija

Spektroskopska ispitivanje sintetisanih nosača, kao i interakcija aktivne supstance sa sintetisanim nosačima, vršena je pomoću SHIMADZU IRSpirit FTIR spektrofotometra u opsegu od 4000 cm⁻¹ do 400 cm⁻¹.

REZULTATI

Skenirajuća elektronska mikroskopija (SEM)

Za proučavanje morfologije nosača prije i nakon ugrađivanja vitamina D₃ na SeNČ/SURF korištena je skenirajuća elektronska mikroskopija (SEM). Na osnovu dobijenih mikrografa, urađena je karakterizacija površine sintetisanih nosača, kao i procjena veličine čestica. SEM mikrografi su dati na Slikama broj 7 i 8.

Furijeova transformisana infracrvena spektroskopija (FTIR)

Za oba nosača snimljeni su IR spektri u području od 4000 cm⁻¹ do 400 cm⁻¹. Spektri su poslužili za procjenu uspješnosti sinteze, interakcija između API i nosača. Snimljeni spektri SeNČ obloženih surfaktantom prikazani su na Slici broj 13, dok je spektar SeNČ obloženih polimerom prikazan na Slici broj 14. Adsorpcija VD₃ na SeNČ-ama obloženih surfaktantom prikazana je na Slici broj 15, zajedno sa spektrom čistog VD₃, dok su spektri SeNČ obloženih polimerom na kojima je adsorbovan VD₃ prikazani na Slici broj 16.

DISKUSIJA

SEM

Sintetisani nosač SeNČ/SURF i SeNČ/SURF + vitamin D3 sistem dati su na Slikama broj 8 i 9 pri različitim uvećanjima.

Na osnovu navedenih mikrografa, uočavamo da je došlo do sinteze Se NČ različitog oblika i distribucije. Dobijene su sferne, igličaste i cjevaste SeNČ. Veličina prečnika nanočestica za SeNČ/SURF (Slika broj 8c) određena je pomoću programa „ImageJ”. Distribucija prečnika nanočestica prikazana je histogramima na Slikama broj 9, 10 i 11. Na osnovu dobijenih histograma SeNČ/SURF, zaključeno je da su najzastupljenije nanosfere prečnika 800 nm (18 %), ali su prisutne u malom procentu i nanosfere prečnika do 100 nm. Kod nanoigala, procenat zastupljenosti prečnika 300 nm bio je 35%, 50 nm oko 6% i 100 nm otprilike 17%. Prečnik nanocijevi veličine 500 nm je zastupljen 28.5%, dok su manji

prečnici od 200 nm prisutni oko 14%. Različite morfologije i veličine dobijenih selenovih nanočestica su rezultat prvenstveno uslova koji su vladali tokom sinteze, kao i vremena stajanja sintetisanih uzoraka. CTAB veoma utiče na morfologiju selenovih nanočestica, na taj način što se CTAB, koji je katjonski surfaktant, elektrostatičkim silama vezuje za negativno naelektrisan SeO_3^{2-} . Nakon dodavanja redukcionog sredstva tj. askorbinske kiseline, dolazi do redukcije do elementarnog selen. Smatra se da se pri malim koncentracijama CTAB-a javljaju sferne micelle, dok visoke koncentracije CTAB-a pogoduju stvaranju nanoigala i nanocijevi, ali i da se morfologije u prisustvu CTAB-a mijenjaju sa vremenom. Mehta et al. [15] je takođe došao do sličnog zaključka i uočio je da pri koncentracijama CTAB-a koje su manje od kritične micelarne koncentracije (KMK) dolazi do pojavljivanja različitih morfologija Se NČ. Uočio je da se već nakon desetog minuta stvaraju sferne Se nanočestice, koje se nakon 2 h umnožavaju, da bi nakon 10 h došlo do stvaranja kombinacije sfernih i nanocijevi. Kao rezultat starenja materijala, javljaju se i različiti prečnici čestica usljed rasta nanočestica.

Na osnovu histograma uočavamo da preovladavaju prečnici preko 100 nm, ali i prečnici koji su manji od 100 nm i koji odgovaraju nanosistemima za isporuku lijekova. Na veličinu čestica veoma utiče surfaktant, koji ima glavnu ulogu u rastu kristala kroz procese njegove adsorpcije odnosno, desorpcije. Naime, pri visokim koncentracijama surfaktanta, rast nanočestica je praktično zaustavljen usljed adsorpcije surfaktanta na površini nanočestice. Pri malim koncentracijama surfaktanta, adsorpcija je manje favorizovana i kao rezultat toga dolazi do povećanja prečnika čestica. Dolazi do procesa agregacije. Možemo zaključiti da je proces adsorpcije surfaktanta na nanočesticama povoljan jer utiče na stabilnost čestica.

Na osnovu svega možemo reći da je uticaj surfaktanta u našem radu CTAB-a presudan za veličinu i morfologiju Se nanočestica i da ovladavanjem procesa sinteze u smislu dobrog odabira koncentracije CTAB-a, temperaturskog opsega i dr. možemo dovesti do kontrolisanog sintetisanja Se čestica sa odgovarajućom morfologijom i veličinom.

Poređenjem slika $\text{SeNČ}/\text{SURF}$ i $\text{SeNČ}/\text{SURF} + \text{vitamin D}_3$ vidimo da su Se NČ tretirane etanolnim rastvorom vitamina D_3 promijenile oblik tj. došlo je do jasnijeg definisanja oblika NČ, te se jasno mogu vidjeti nanocijevi, nanoigle i nanosfere. Adsorbovan vitamin D_3 , prikazan na Slici broj 12, nalazi se na površini $\text{SeNČ}/\text{SURF}$.

FTIR SPEKTRI

Spektri čistog surfaktanta i Se NČ obloženih surfaktantom prikazani su na Slici broj 13. Na FTIR spektrima se uočava da su trake karakteristične za CTAB u prisustvu nanočestica selen pomjerene ka nižim ili višim frekvencijama. Ovo ukazuje da je ugljovodonočni lanac CTAB-a dobio novi raspored u prostoru prilikom adsorpcije na selenove nanočestice. Kod čistog CTAB-a uočene su trake na 2915 cm^{-1} , 2848 cm^{-1} i 1486 cm^{-1} , što odgovara CH_2 istežućim vibracijama i CH_2 savijajućim vibracijama izvan ravni, dok se kod Se NČ-a obloženih surfaktantom ove vibracije javljaju na 2923 cm^{-1} , 2852 cm^{-1} i 1492 cm^{-1} . Na talasnoj dužini od 1070 cm^{-1} kod Se NČ javlja se traka koja ukazuje na aromatično savijanje C-H grupe u ravni [16]. Interakcija između alikil amonijumove grupe CTAB-a i površine Se NČ daje traku na 1239 cm^{-1} . Trake na 479 cm^{-1} i 620 cm^{-1} , koje predstavljaju vibracije istezanja i savijanja Se-O, što se može pripisati vezivanju Se NČ-a za karbonilne grupe iz proizvoda oksidacije askorbinske kiseline, mogu formirati omotač oko Se NČ-a za sprečavanje aglomeracije [17].

Dalje je proučavan spektar Se NČ-a obloženih polimerom, prikazani su spektri čistog PVA i SeNČ -a obloženih polimerom na Slici 14. Na spektru čistog PVA mogu se uočiti trake na 1082 cm^{-1} karakteristične za primarni alkohol, C-H veze, kao i široka traka u području iznad 3000 cm^{-1} , karakteristična za prisustvo vodonične veze između hidroksilnih

grupa. Ove vibracije javljaju se i kod Se NČ na talasnim dužinama od 1085 cm^{-1} i 3271 cm^{-1} usljed postojanja hidroksilnih grupa na površini Se NČ. Apsorpcione trake na 2939 cm^{-1} i 2906 cm^{-1} kod čistog polimera ukazuju na simetrične i asimetrične vibracije C-H grupe, ove trake su prisutne i kod SeNČ, ali na nižim talasnim dužinama [18]. Najdominantnije trake kod Se NČ-a obloženih polimerom javljaju se na 1422 cm^{-1} i 1099 cm^{-1} , pri čemu prva traka odgovara savijanju vinilne C-H grupe u ravni, a druga je istežuća vibracija C-O-C / C-O grupe. Na 1241 cm^{-1} javlja se traka karakteristična za C-C vibracije, a na 829 cm^{-1} C-H vibracije, što ukazuje na prisustvo CTAB-a [19].

Spektri nosača tretiranih vitaminom D_3 (VD_3) prikazani su na Slici 15 (SeNČ/SURF + VD_3) i 16 (SeNČ/POLY + VD_3). Za čist vitamin D_3 uočene su jasne trake na 1632 cm^{-1} i 1048 cm^{-1} koje su povezane sa istežućim vibracijama karbonilne C = O i C-O grupe, a na 1632 cm^{-1} signal odgovara i C = C vezi. Istežuće vibracije C-H grupe su detektovane na 2864 cm^{-1} i 2923 cm^{-1} , i slabi signali od 835 cm^{-1} do 966 cm^{-1} . Prisustvo vodonične veze i hidroksilne grupe potvrđuje široka traka na 3293 cm^{-1} , a na 1440 cm^{-1} javljaju se deformacione vibracije $-CH_2-$ grupe, te na 1376 cm^{-1} deformaciona vibracija metil grupe [20].

Na spektru Se NČ obloženih surfaktantom na koje je adsorbovan vitamin D_3 vidi se veliki broj traka karakterističnih za vitamin D_3 . Najveći broj traka se javlja u području između 832 cm^{-1} i 980 cm^{-1} , gdje možemo uočiti jasna preklapanja traka čistog vitamina i tretiranog nosača. Prethodno navedene talasne dužine zajedno sa talasnim dužinama 2923 cm^{-1} i 2847 cm^{-1} predstavljaju istežuće vibracije C-H grupe. U području iznad 1600 cm^{-1} javljaju se pikovi karakteristični za C = O istežuće vibracije. Možemo uočiti manju traku iznad 3000 cm^{-1} , što ukazuje na smanjeno prisustvo hidroksilne grupe. Pikovi oko 1637 cm^{-1} su prisutni zbog kombinacije istežućih i makazastih vibracija C = O i C = C veza [21]. Nakon adsorpcije vitamina D_3 na SeNČ/POLY, proučavanjem spektra uočavaju se trake koje odgovaraju vitaminu D, ali i polimeru PVA. Najdominantnija traka je na 1644 cm^{-1} , koja se kod samog SeNČ/POLY javljala na 1658 cm^{-1} koje odgovaraju C = C istežućim vibracijama [20]. Uočene su trake i na 1426 cm^{-1} , 1329 cm^{-1} i 1092 cm^{-1} čije vibracije su prethodno objašnjene. Na osnovu ovog spektra možemo da zaključimo da je adsorpcija vitamina D_3 bila uspješna.

ZAKLJUČAK

U ovom istraživanju sintetisane su različite nanočestice na bazi selena, jedne su bile obložene surfaktantom, a druge polimerom. Cilj sinteze je bio da se ispituju osobine ovih nanočestica kao potencijalnih nosača lijekova. Nanošenje vitamina D_3 imalo je za cilj povećanje njegove stabilnosti, ali i da se ispituju sintetisani nosači u ulozi nosača lijekova.

SEM analiza pokazala je uspješnu sintezu SeNČ obloženih surfaktantom različitog oblika i uspješnu adsorpciju vitamina D_3 . Prema dobijenim slikama sintetisane su nanočestice u obliku nanoigala, nanocijevi i nanosfera, te se može zaključiti da uslovi sinteze utiču na oblik nanočestica. Na osnovu dobijenih SEM slika određen je prosječni prečnik nanočestica različitog oblika. Na osnovu histograma je zaključeno da su kod SeNČ/SURF najzastupljenije nanosfere prečnika 800 nm (18 %), ali su prisutne u malom procentu i nanosfere prečnika do 100 nm . Kod nanoigala procenat zastupljenosti prečnika 300 nm bio je 35%, 50 nm oko 6% i 100 nm otprilike 17%. Prečnik nanocijevi veličine 500 nm je zastupljen 28.5%, dok su manji prečnici od 200 nm prisutni oko 14%. Dobijene slike pokazuju uspješnu adsorpciju VD_3 , te se može zaključiti da se ovi nosači mogu koristiti kao nosači aktivnih supstanci.

FTIR analiza je takođe potvrdila uspješnu sintezu selenovih nanočestica. Dodatno, potvrđena je uspješna inkapsulacija vitamina D_3 na oba potencijalna nosača. Adsorpcija

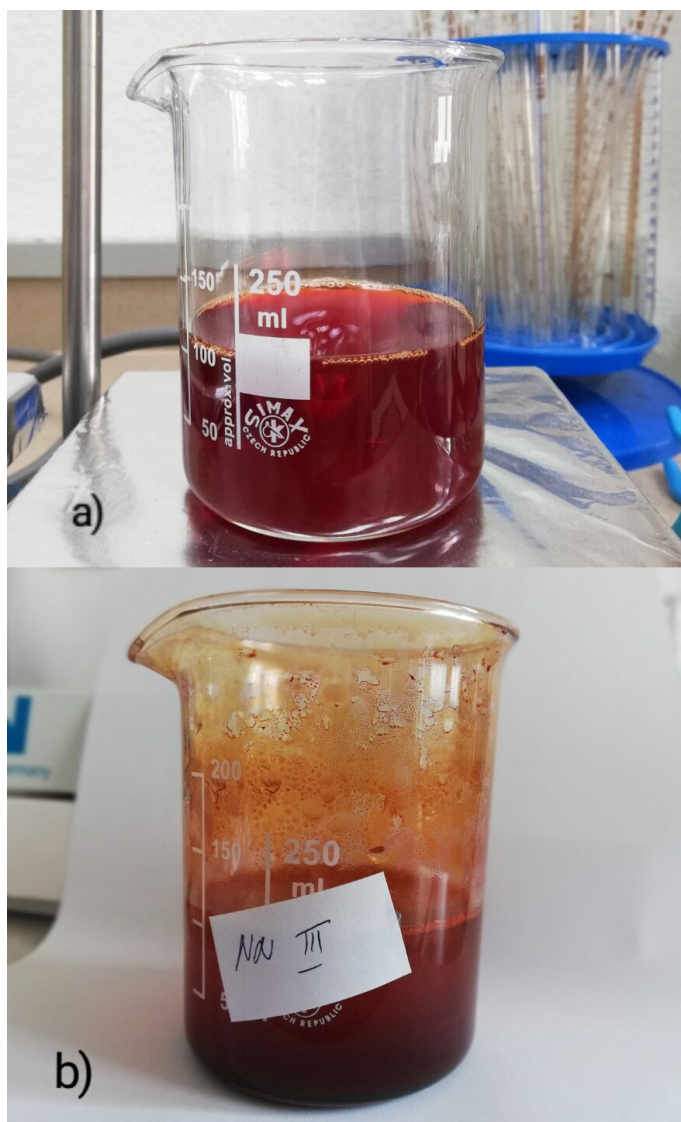
VD₃ je bila uspješnija kod SeNČ-a obloženih surfaktantom, što se može zaključiti na osnovu dobijenih spektara gdje su uočene karakterističnije trake za VD₃, te veći broj preklapanja traka. Potvrđena je inkapsulacija VD₃ i kod SeNČ obloženih polimerom, ali u manjoj količini. Ovo potvrđuje mogućnost korištenja oba nosača kao potencijalnih sistema za isporuku lijekova i aktivnih supstanci.

LITERATURA

- [1] Khan, I., Saeed, K., & Khan, I. (2019). Nanoparticles: Properties, applications and toxicities. *Arabian journal of chemistry*, 12(7), 908-931.
- [2] Simonazzi, A., Cid, A. G., Villegas, M., Romero, A. I., Palma, S. D., & Bermúdez, J. M. (2018). Nanotechnology applications in drug controlled release. In *Drug targeting and stimuli sensitive drug delivery systems* (pp. 81-116). William Andrew Publishing.
- [3] Majeed, Warda, et al. "Therapeutic potential of selenium nanoparticles." *J Nanomed Nanotechnol* 9.1 (2018): 1.
- [4] Li, Tianyu, and Huaping Xu. "Selenium-containing nanomaterials for cancer treatment." *Cell Reports Physical Science* 1.7 (2020): 100111.
- [5] https://www.medicalnewstoday.com/articles/287842#_noHeaderPrefixedContent
- [6] Hanemann, T., & Szabó, D. V. (2010). Polymer-nanoparticle composites: from synthesis to modern applications. *Materials*, 3(6), 3468-3517.
- [7] Todorović, Janja, et al. "Development of long-lasting antimicrobial and potential hemostatic nanocomposites (pyrophyllite based) with PVP-coated colloidal silver nanoparticles" *Contemporary material* 13.1.
- [8] Jelić, D., Todorović, J., Saletović, M., Šmitran, A., & Mentus, S. (2022). Thermal stability and antimicrobial properties of pure and modified pyrophyllite (PYRO/Ag) clay. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 1-10.
- [9] Morsy, S. M. (2014). Role of surfactants in nanotechnology and their applications. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 3(5), 237-260.
- [10] Miyazawa, T., Itaya, M., Burdeos, G. C., Nakagawa, K., & Miyazawa, T. (2021). A critical review of the use of surfactant-coated nanoparticles in nanomedicine and food nanotechnology. *International journal of nanomedicine*, 16, 3937.
- [11] Mitchell, M. J., Billingsley, M. M., Haley, R. M., Wechsler, M. E., Peppas, N. A., & Langer, R. (2021). Engineering precision nanoparticles for drug delivery. *Nature Reviews Drug Discovery*, 20(2), 101-124.
- [12] Li, M., Lopez, N., & Bilgili, E. (2016). A study of the impact of polymer-surfactant in drug nanoparticle coated pharmatose composites on dissolution performance. *Advanced Powder Technology*, 27(4), 1625-1636.
- [13] Kamble Sharad, K., & Shinde Sunita, S. A Review: Various Adsorbent Carriers used for Enhancing Dissolution Profile.
- [14] Chen, J., Tang, Z., Slominski, A. T., Li, W., Żmijewski, M. A., Liu, Y., & Chen, J. (2020). Vitamin D and its analogs as anticancer and anti-inflammatory agents. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 207, 112738..
- [15] Mehta, S. K., Chaudhary, S., & Bhasin, K. K. (2009). Understanding the role of hexadecyltrimethylammonium bromide in the preparation of selenium nanoparticles: a spectroscopic approach. *Journal of Nanoparticle Research*, 11(7), 1759-1766.
- [16] Sun, J., Pan, L., Tsang, D. C., Zhan, Y., Zhu, L., & Li, X. (2018). Organic contamination and remediation in the agricultural soils of China: A critical review. *Science of the Total Environment*, 615, 724-740.
- [17] Shahabadi, N., Zendehechsh, S., & Khademi, F. (2021). Selenium nanoparticles: Synthesis, in-vitro cytotoxicity, antioxidant activity and interaction studies with ct-DNA and HSA, HHb and Cyt c serum proteins. *Biotechnological Reports*, 30, e00615.
- [18] Abdelghany, A. M., Ayaad, D. M., & Mahmoud, S. M. (2020). Antibacterial and energy gap correlation of PVA/SA biofilms doped with selenium nanoparticles. *Biointerface Res. Appl. Chem*, 10, 6280-6288.
- [19] Chenari, H. M., & Kangarlou, H. (2016). Electrospun tungsten oxide NPs/PVA nanofibers: A study on the morphology and Kramers-Kronig analysis of infrared reflectance spectra. *Physica B: Condensed Matter*, 499, 38-43.
- [20] Jannasari, N., Fathi, M., Moshtaghian, S. J., & Abbaspourrad, A. (2019). Microencapsulation of vitamin

D using gelatin and cress seed mucilage: Production, characterization and in vivo study. *International journal of biological macromolecules*, 129, 972-979.

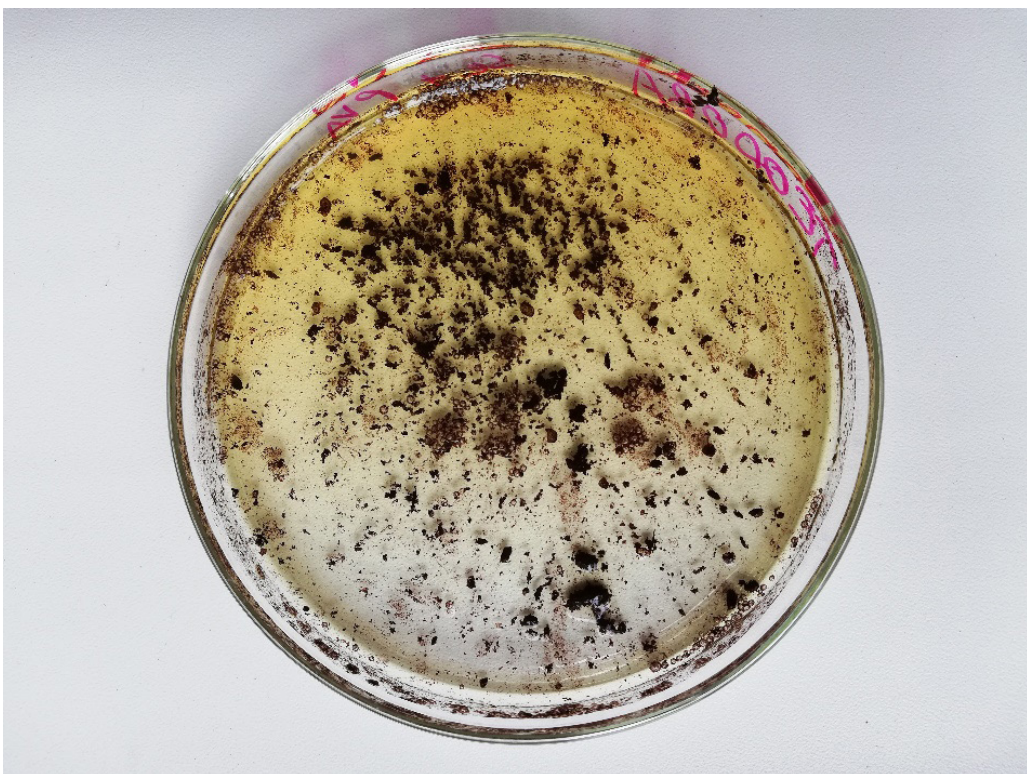
- [21] Iida, A. S. L., Luz, K. N., Barros-Alexandrino, T. T., Fávoro-Trindade, C. S., Pinho, S. C. D., Assis, O. B. G., & Martelli-Tosi, M. (2020). Investigation of TPP-Chitosomes particles structure and stability as encapsulating agent of cholecalciferol. *Polímeros*, 29.



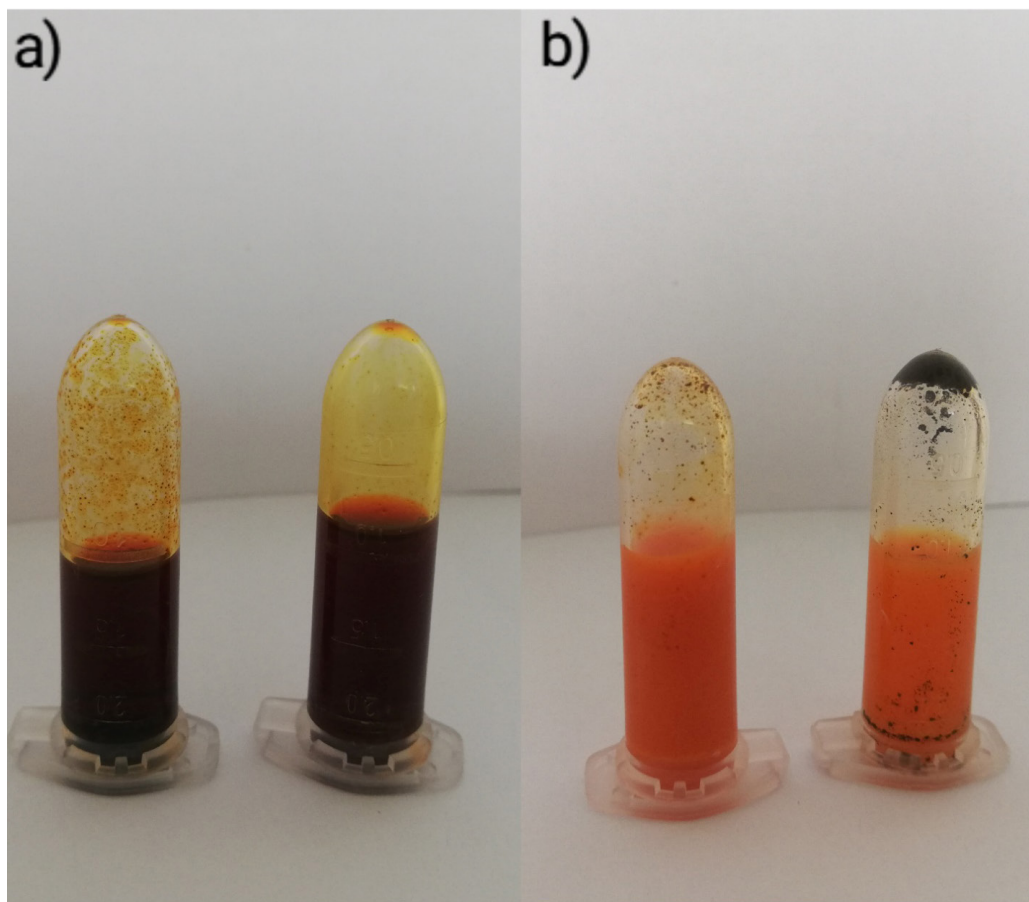
Slika 1. a) Rastvor SeNČ/SURF nakon sinteze
b) Rastvor SeNČ/SURF nakon 4 dana na sobnoj temperaturi



Slika broj 2. SeNČ/SURF prije i poslije sušenja



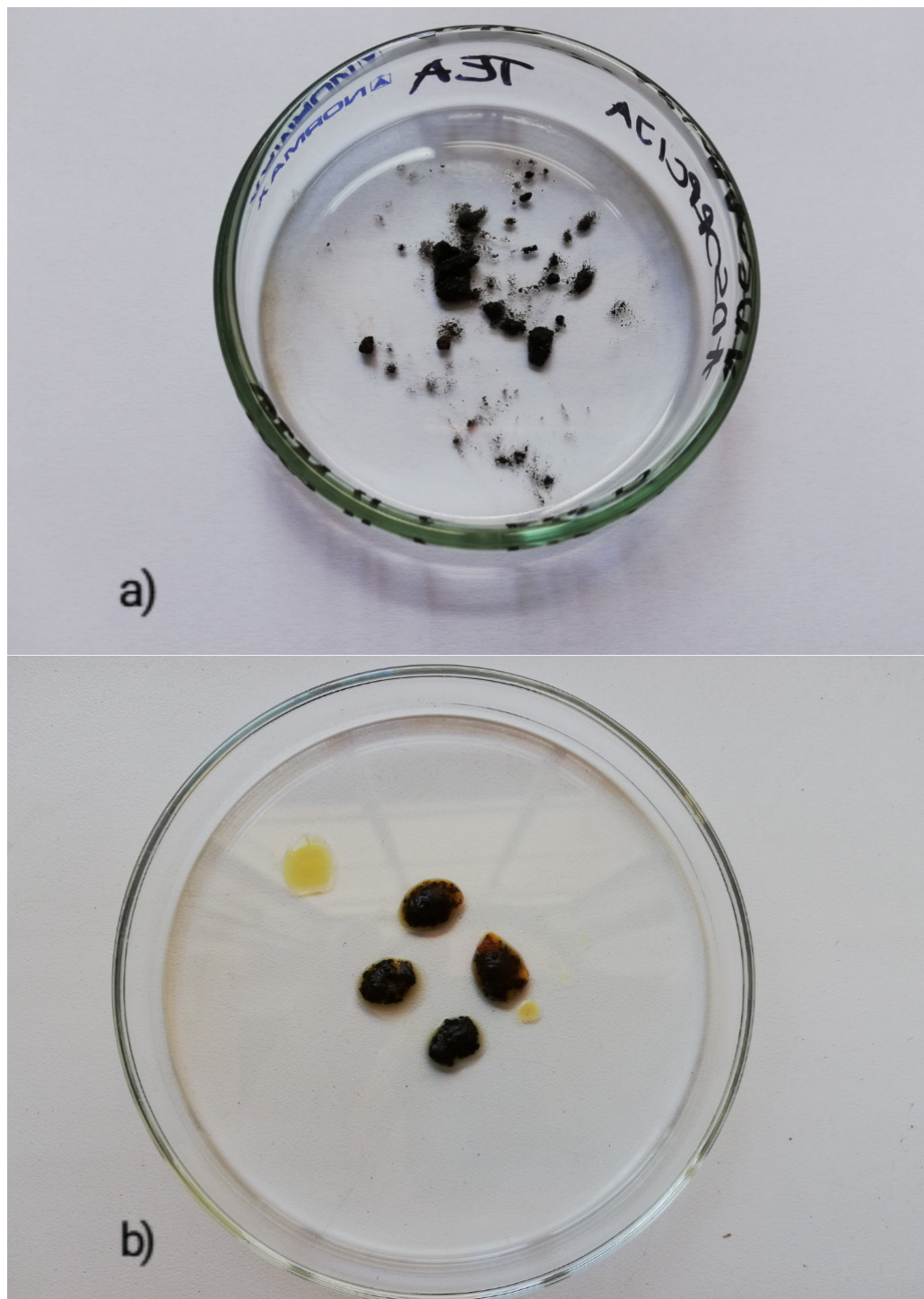
Slika broj 3. SeNČ obložene polimerom



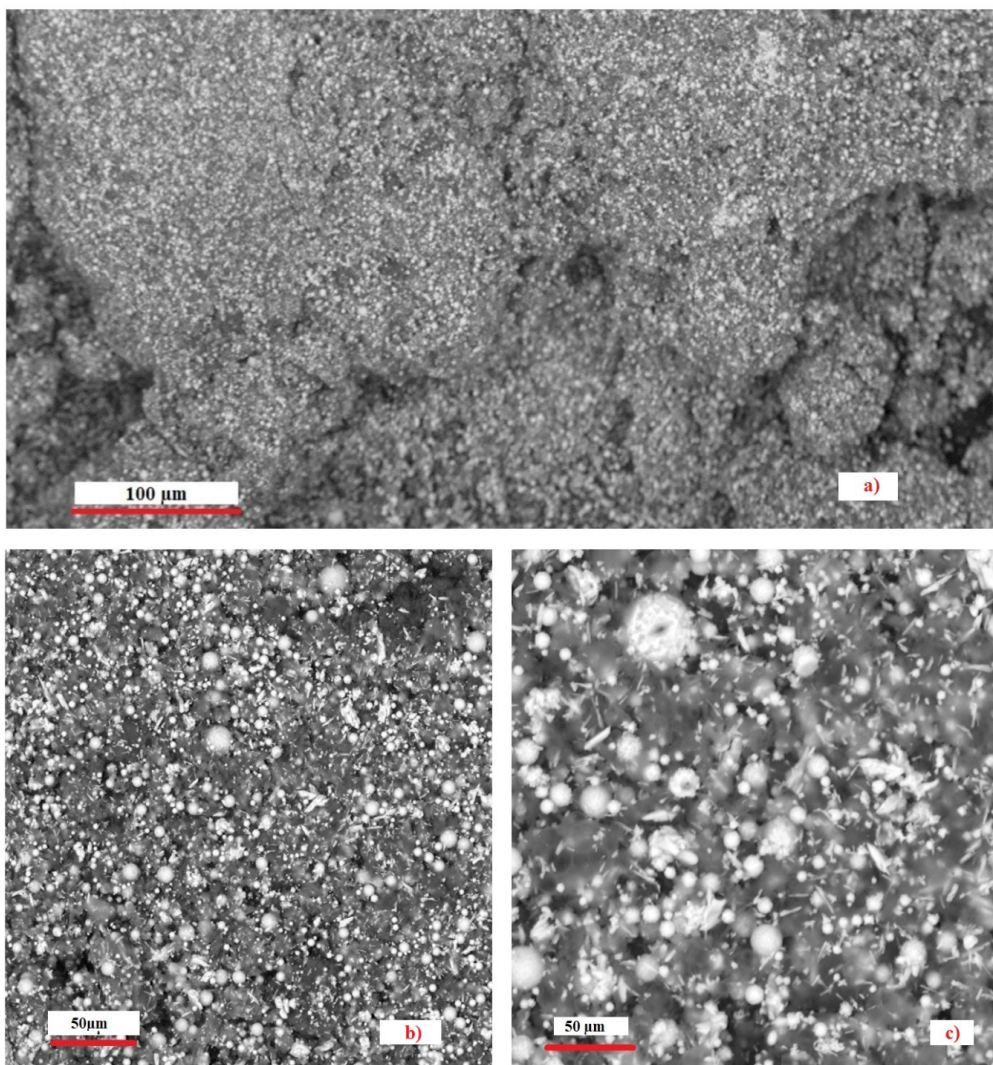
Slika broj 4. SeNČ obložene surfaktantom nakon adsorpcije
Rastvor SeNČ/SURF prije ispiranja destilovanom vodom i centrifugiranja
Rastvor SeNČ/ SURF nakon ispiranja destilovanom vodom i centrifugiranja



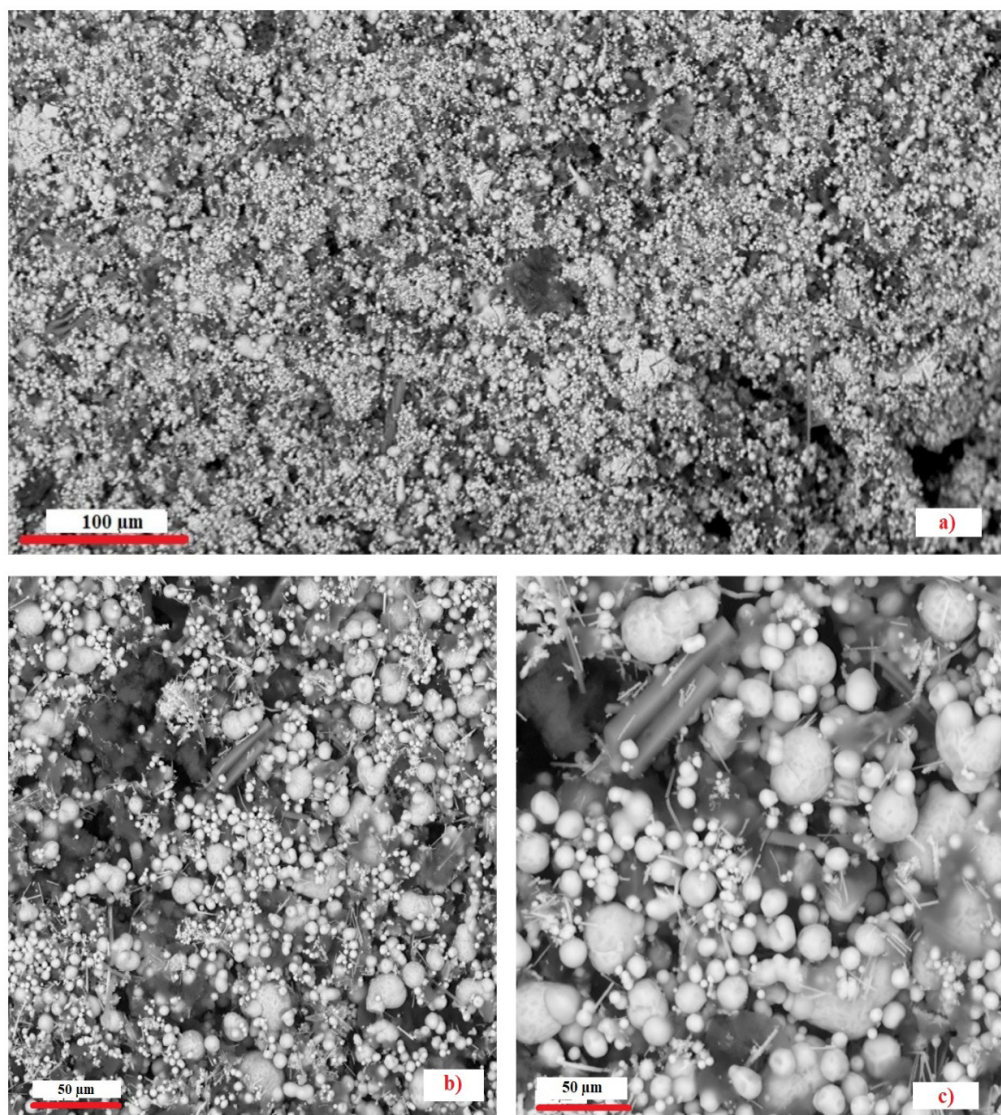
Slika broj 5. SeNC obložene polimerom
 Rastvor SeNC/POLY prije ispiranja destilovanom vodom i centrifugiranja
 Rastvor SeNC/POLY nakon ispiranja destilovanom vodom i centrifugiranja



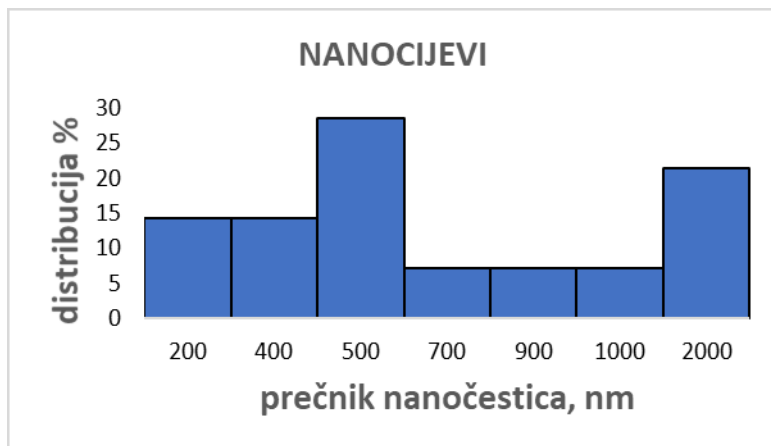
Slika 6. a) SeNČ/SURF nakon adsorpcije vitamina D₃
b) SeNČ/POLY nakon adsorpcije vitamina D₃



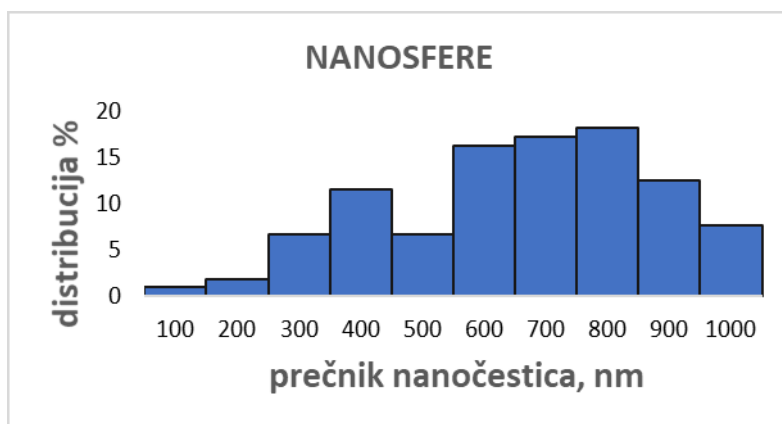
Slika 7. SeNČ/SURF – SEM mikrografi



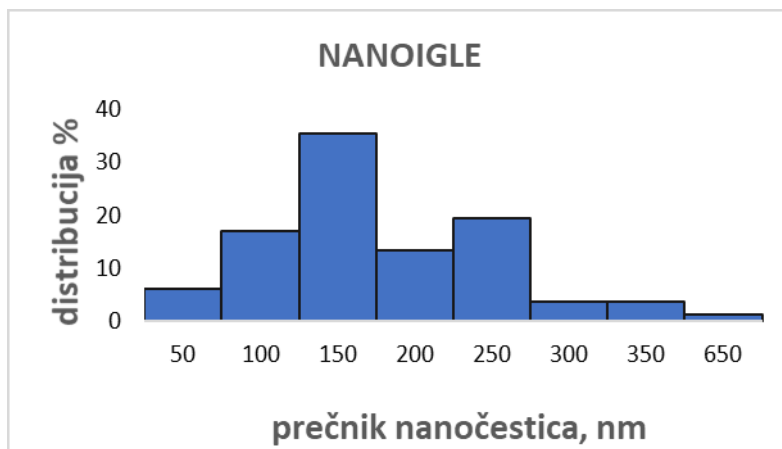
Slika 8. SeNČ/SURF nakon adsorpcije vitamina D₃ – SEM mikrofotografije



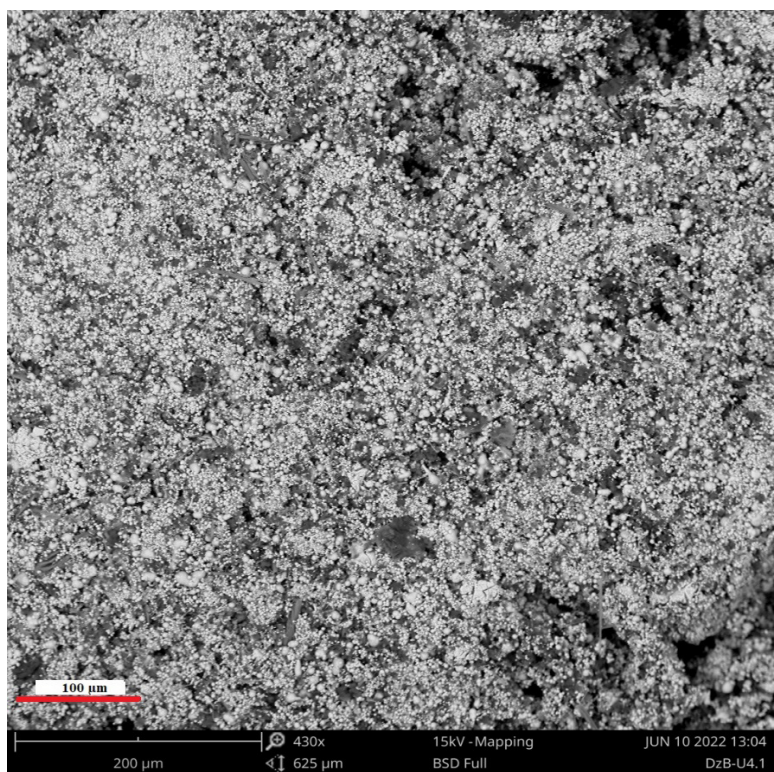
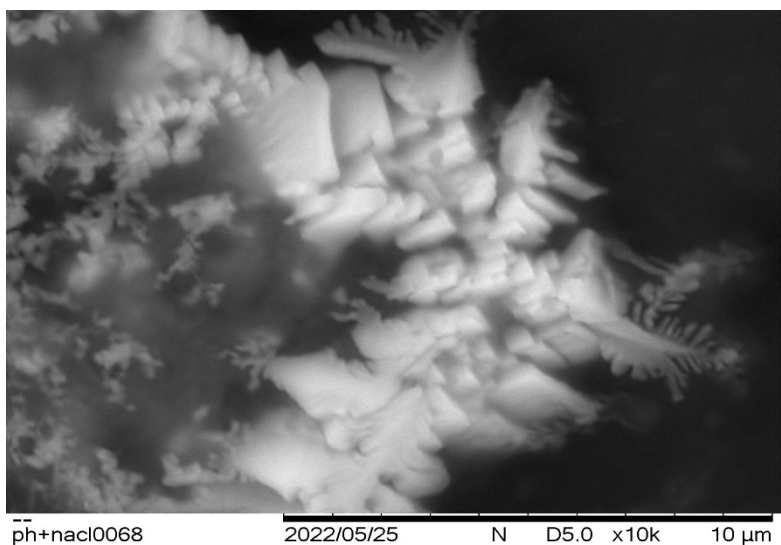
Slika broj 9. Histogram prečnika nanocijevi



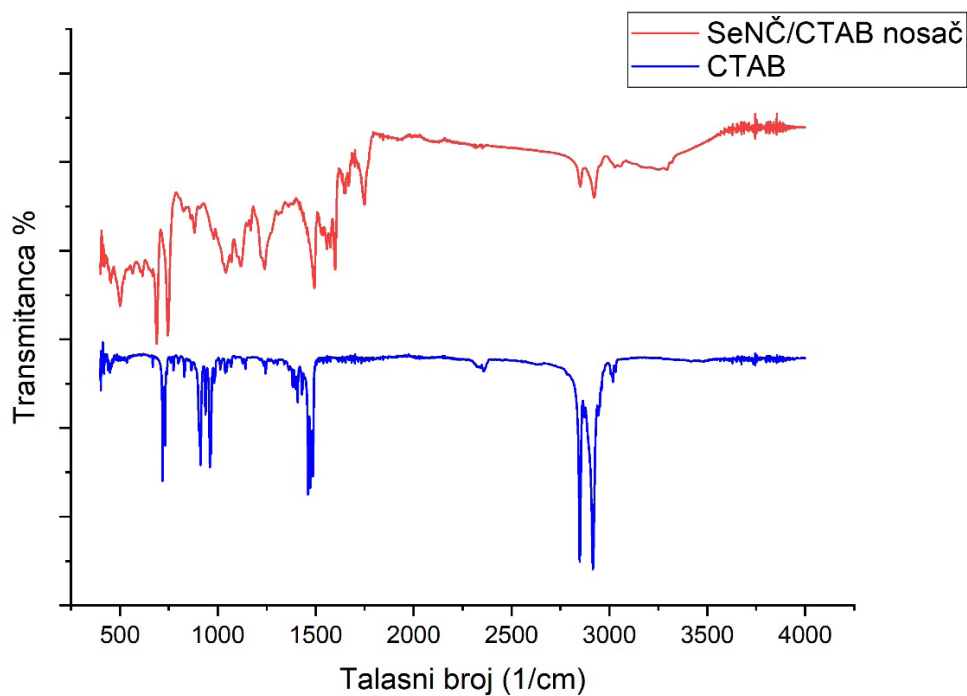
Slika broj 10. Histogram prečnika nanosfera



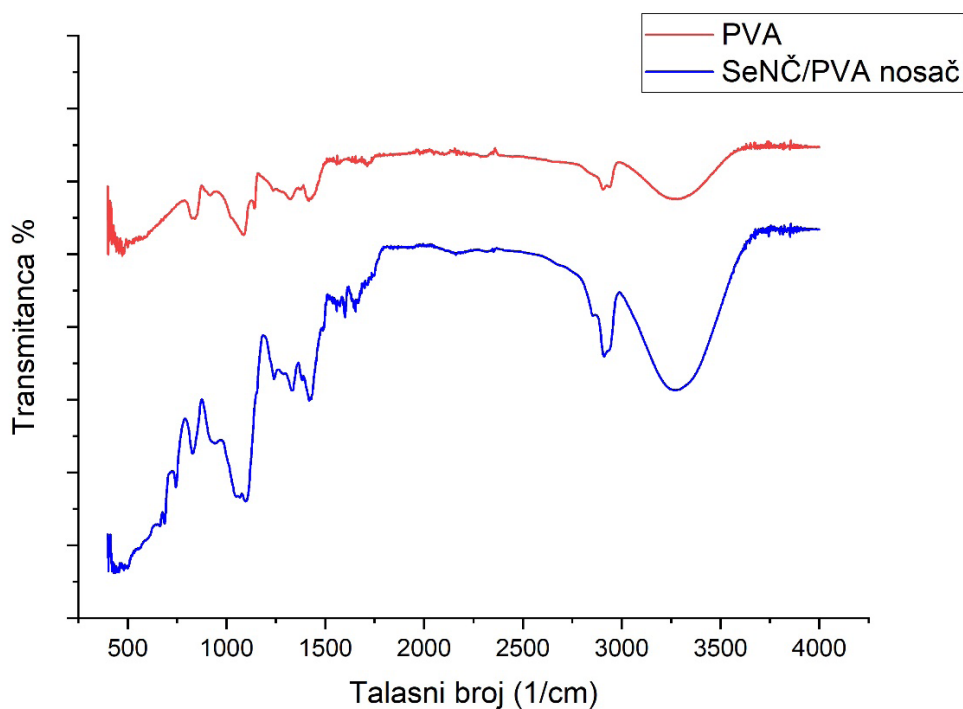
Slika broj 11. Histogram prečnika nanoigala



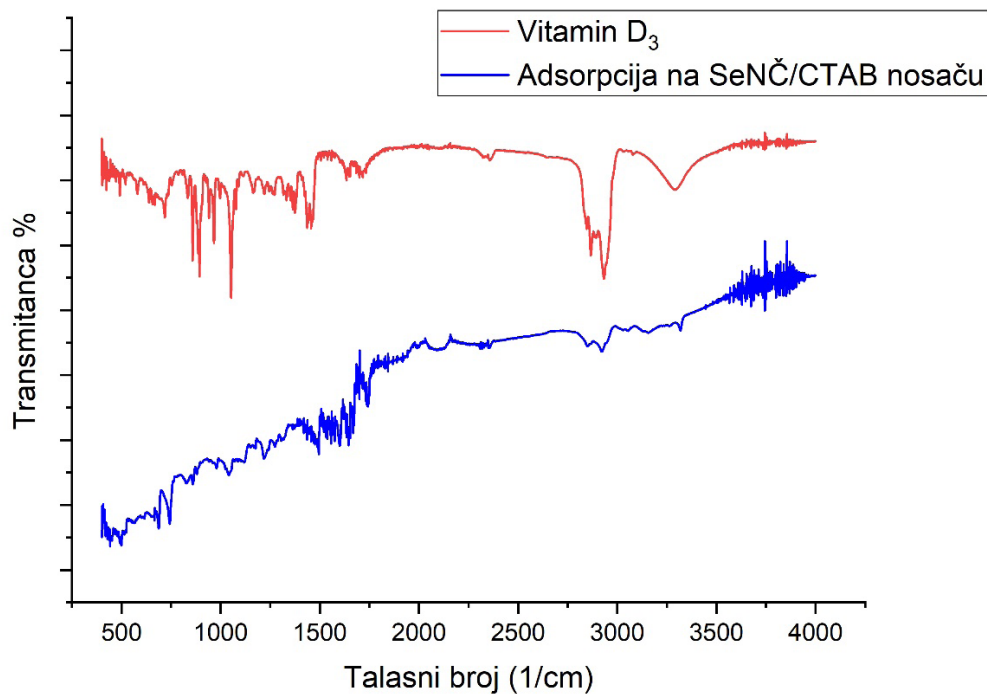
Slika broj 12. Vitamin D₃ adsorbovan na SeNČ/SURF



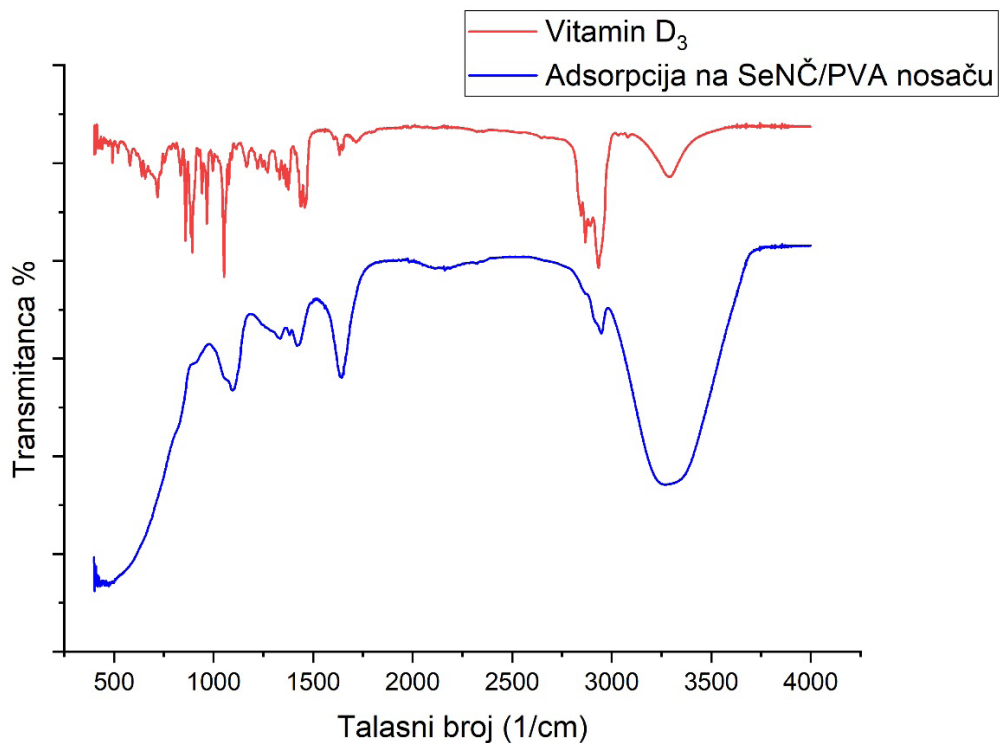
Slika broj 13. IR spektri SeNČ/SURF i čistog surfaktanta



Slika broj 14. IR spektri SeNČ/POLY i čist polimer



Slika broj 15. IR spektri adsorpcije VD₃ na SeNC/SURF i čistog VD₃



Slika broj 16. IR spektri adsorbovanog VD₃ na SeNC/POLY i čistog VD₃

SURFACTANT-COATED AND POLYMER-COATED SELENIUM NANOPARTICLES AS POTENTIAL DRUG CARRIERS

Author: TEODORA TOMOVIĆ

Email: teodora.tomovic@student.pmf.unibl.org

Mentor: Assoc. Prof. Dijana Jelić

Department of Chemistry

Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Banja Luka

Introduction: Nanoparticles (NPs) are classified as particles whose size ranges from 1 nm up to 100 nm. NP systems include metallic, metal oxide, bimetallic, and magnetic NPs. All of these systems have applications in the biomedicine field, including drug delivery, biosensors, and bio-imaging. The use of metallic NPs for drug delivery systems includes increased stability due to increased half-life of drug carrier (NP) in blood circulation, targeting approach to a specific tissue, and biodistribution. Selenium nanoparticles (Se NPs) emerged as a promising agent for biomedical uses due to their high bioavailability, low toxicity, and degradability. With excellent stability and drug encapsulation capacity, Se NPs have been evaluated as potential nanocarriers, especially for anticancer, anti-infective, and anti-inflammatory treatments. Taking into consideration that vitamin D proved to be one of the promising anticancer agents, the incorporation of vitamin D onto selenium NPs was examined in the research.

Aim: Explore the potential of surfactant-coated and polymer-coated Se NPs for vitamin D₃ molecule trapping.

Material and Methods: SeNPs coated with a cationic surfactant, cetyltrimethylammonium bromide (CTAB), and polymer, polyvinyl alcohol (PVA) were synthesized. CTAB was used to reduce the hydrophobicity and agglomeration of NPs, and PVA for potential better crosslinking of the SeNPs/CTAB carrier. The loading of vitamin D was performed by adsorption.

Results: Characterization of two Se NPs systems (surfactant-coated and polymer-coated) was performed using Fourier-transform infrared spectroscopy and SEM instrumental technique. Both of the techniques gave proof of a successful synthesis of selenium NPs. SEM morphology revealed miscellaneous structures and different diameter distributions. The presence of vitamin D₃ was also confirmed.

Conclusion: Obtained selenium NPs exhibited different morphology, which included needle-, rod-, and spherical-like structures. Even though both syntheses of Se NPs, surfactant- and polymer-coated, were successful, the one employing surfactant coating of Se NPs for vitamin D₃ adsorption was more thriving.

Keywords: selenium, nanoparticles, drug carriers, vitamin D₃

MATEMATIKA I POEZIJA

Autor: BOGDAN NASTASOVIĆ

e-mail: nastasovic.bogdan@gmail.com

Mentor: Docent Dušan Đorđević

Departman za matematiku

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Nišu

Uvod: Neosporno je da matematika ima široku primenu u svim prirodnim naukama, ali i u psihologiji, ekonomiji, finansijama, informacionim tehnologijama, inženjerstvu itd. U želji da se govori o uticaju matematike na neke druge sfere, sa kojima nema tako očiglednih sličnosti, u radu je ispitivan odnos između matematike i poezije.

Cilj: Prikupiti što više dostupnih podataka na temu matematike i poezije; napisati pesmu i izneti sam proces pisanja pesme kako bismo saznali da li (i kako) matematičko razmišljanje utiče na stvaranje poezije.

Materijal i metode: Kao materijal su korišćene knjige i sadržaj o istoriji matematike. Na taj način, bili smo u mogućnosti da saznamo više o životima matematičara i njihovom odnosu prema poeziji. Analizirali smo pesme iz srpske književnosti i njih upoređivali sa matematičkim teoremama i primerima. Trudili smo se da teoreme i primeri budu relativno poznati svima, kako bi rad bio razumljiv za čitanje i ljudima van polja matematike.

Rezultati: Dobijeni rezultati ukazuju da jednostavne matematičke operacije, poput brojanja i uočavanja obrazaca, u velikoj meri utiču na uspostavljanje uslova pod kojima se pišu pesme. Svojevremeno je osnovan i pokret koji je nastojao da napravi algoritam za stvaranje ne samo poezije, već književnosti uopšte. Pritom, neki od najuticajnijih matematičara svog vremena su čvrsto izražavali stavove o poeziji. Naposljetku, došli smo do zaključka da postoje evidentne sličnosti između matematičkih teorema i pesama, kao i da je moguće napisati pesmu uz pomoć matematike.

Zaključak: Matematika ima uticaj i na oblasti u kojima nema direktnu praktičnu primenu. S tim u vezi, za naredna istraživanja pogodno bi bilo proučavati vezu između matematike i umetnosti, muzike, filma, književnosti i tome slično.

Ključne reči: matematika; poezija; matematika i poezija; pisanje pesme

UVOD

Najpre polazimo od osnovnih stvari u matematici, kao što je brojanje, da bismo videli kako one utiču na pisanje pesama. Uočavamo obrasce u pesmama i ukazujemo na značaj Fibonačijevih¹ brojeva. Nakon toga, govorimo o pokretu „Radionica potencijalne književnosti”, koji je formiran od strane matematičara i pesnika. Odgovaramo na pitanja koji je motiv za nastanak takvog pokreta i koji je njegov cilj. U odeljku „Matematičari i poezija” iznosimo detalje iz života znamenitih matematičara i ispitujemo njihov odnos prema poeziji. Posle toga vršimo upoređivanje matematičkih teorema sa pesmama da bismo pronašli sličnosti koje nisu tako očigledne. Naposljetku se nalazi pesma pisana isključivo za potrebe ovog rada, kao i proces njenog nastanka, kako bismo sve gorenavedeno stavili u praktičnu primenu.

¹ Leonardo Fibonači rođen je oko 1170. godine i umro je oko 1250. godine. Bio je italijanski matematičar i smatran je za jednog od najtalentovanijih matematičara srednjeg veka.

MATERIJAL I METODE

S obzirom na opštost teme rada, namera je bila da on bude razumljiv svima i da za njegovo čitanje nije potrebno matematičko predznanje. U tom cilju korišćeni su primeri iz matematike koji su poznati svima, uz komentar da je sigurno bilo boljih, koji bi ipak zahtevali šire poznavanje gradiva. Takođe, izbegavani su matematički termini, kako ne bi dovodili do nepotrebne zabune čitaoca koji nije upoznat sa njima. Tamo gde je bilo nemoguće zaobići ih, ili gde su s namerom bili upotrebljeni, dodatno su objašnjeni u samom tekstu ili u fusnotama.

U odeljku „Matematičari i poezija”, iako bitna, nisu navođena sva otkrića i dostignuća pomenutih matematičara. Ideja je bila da se pažnja usmeri na njihovu vezu sa poezijom, dok je njihov značaj za matematiku opštepoznat matematičkoj zajednici.

Brojanje i uočavanje obrazaca

Broj predstavlja osnovni pojam u matematici. Gotovo cela matematika počiva na brojevima i od fundamentalnog su značaja za nju. Brojanje (kao operacija usko povezana sa brojevima) se u matematici formalno definiše, ali za potrebe ovog rada tako nešto nije neophodno. Umesto toga, ovaj pojam intuitivno možemo da shvatimo kao pravilo kojim objektima dodeljujemo brojeve. Sa druge strane, brojanje možda nije tako direktno povezano sa poezijom, ali jedna od prvih vežbi na časovima književnosti je kategorizacija pesama uz pomoć brojanja. Tim postupkom, saznajemo broj strofa jedne pesme, broj stihova i slogova u njima.

Osnovna namena prvih pesama je bila da budu slušane, a ne čitane [1]. Da bi se tako nešto postiglo, neophodno je uspostaviti pravila po kojima će se pisati pesme. Upravo brojanjem slogova u stihu, stihova i strofa, moguće je formirati pravila koja bi uspostavila određenu vrstu harmonije. Brojanjem slogova, mi saznajemo o vrsti stiha, ali i o mestu cenzure (pauze) prilikom čitanja. Umeren broj strofa, stihovi jednake ili slične dužine i pravilne pauze prilikom čitanja čine da pesma bude prijatnija uhu [2].

Jedna od stvari koja odvaja sonet od ostalih pesama je što se on sastoji od tačno četrnaest stihova. Engleski (Šekspirov) sonet se, dalje, sastoji od tri katrena i jednog dvostiha. Posmatrajući engleske sonete uočavamo da poslednja strofa govori o cilju pesme i njenoj glavnoj ideji. U njoj se nalazi rešenje problema ili zaokret radnje. Primećujemo da je rima u katrenima unakrsna, a rima u dvostihu sljubljena, svaki od stihova poseduje tačno deset slogova itd. Nije potrebno da pročitamo sve engleske sonete (kasnije u radu dat je jedan) da bismo uvideli obrazac po kojem su oni napisani. Uočavanjem obrazaca saznajemo o stilu pesnika, vrsti rime koju koristi, načinu na koji započinje i/ili završava delo [2].

Obrasci se javljaju gotovo u svakoj pesmi. Pesnici često ponavljaju slične ili iste reči. Na taj način ističu dominantno osećanje, ali i očvršćavaju koncept i kompoziciju. Kod pesama koje su praćene melodijom, refren je posebno bitan i upravo se u njemu nalaze reči pisane sa namerom da skrenu pažnju slušaoca. Refren zapravo predstavlja obrazac koji se ponavlja posle jedne ili više strofa.

U matematici su obrasci svugde, a vrlo često je neophodno otkrivanje ili kreiranje samih obrazaca. Jedan od jednostavnijih primera gde uočavamo obrasce je prilikom dokaza teorema u kojima se koristi princip matematičke indukcije. Da bismo dokazali tvrđenje korišćenjem matematičke indukcije, potrebno je da ispitamo da li ono važi za prvih nekoliko prirodnih brojeva. Ako važi, onda je neophodno da u tim prvim slučajevima otkrijemo neko pravilo (obrazac) koje se javlja i koje je svima zajedničko. Zatim, uz pomoć tog obrasca dokazujemo da tvrđenje važi za sve prirodne brojeve.

Kada govorimo o uočavanju obrazaca i brojevima, vredno je spomenuti Fibonačijev niz.

On predstavlja niz brojeva u kome zbir prethodna dva broja u nizu daje vrednost narednog člana niza. Fibonačijev niz je, dakle, u potpunosti određen sa svoja prva dva člana. Kada uzmemo za prva dva člana brojeve 1 i 1, dobijamo sledeći Fibonačijev niz: 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34... Kako bismo uspostavili vezu između jednog ovakvog niza i poezije, navodimo pesmu „Manasija”, autora Vaska Pope.

Vasko Popa, Manasija

*Plavo i zlatno
Poslednji prsten vidika
Poslednja jabuka sunca*

*Zografe
Dokle tvoj pogled dopire*

*Čuješ li konjicu noći
Alah il ilalah*

*Kičica tvoja ne drhti
Boje tvoje se ne plaše*

*Bliži se konjica noći
Alah il ilalah*

*Zografe
Šta li vidiš na dnu noći*

*Zlatno i plavo
Poslednja zvezda u suši
Poslednji beskraj u oku [3]*

Posmatrajući prvu strofu pesme, uočavamo da ona ima 3 stiha (3 je četvrti Fibonačijev broj). Zatim, broj slogova u prvom stihu je 5 (5 je peti Fibonačijev broj). Broj slogova u drugom i trećem stihu je 8, a 8 je šesti Fibonačijev broj. Na isti način možemo da posmatramo drugu strofu. Prvi stih u drugoj strofi sadrži 3, a drugi stih 8 slogova. Tri i osam su Fibonačijevi brojevi. Analogno opisanom postupku, mogli bismo da posmatramo naredne strofe i vršimo njihovu analizu. Gotovo u svakom stihu je moguće uočiti Fibonačijeve brojeve koji se iznova i iznova ponavljaju i na taj način kreiraju obrazac [3].

Brojne su pesme koje su pisane sa namerom da slogovi u stihovima formiraju Fibonačijev niz. U nastavku izlažemo jednu, na engleskom jeziku, čiji stihovi redom sadrže 1, 1, 2, 3, 5, 8 slogova.

Gregory K. Pincus, Fib

*One
Small,
Precise,
Poetic,
Spiraling mixture:
Math plus poetry yields the Fib. [4]*

Matematičar, kao i pesnik, stvaralac je i pronalazač obrazaca. Ako se obrasci jednog matematičara učestalije javljaju od ostalih, to je znak da se do njih došlo idejom i kreativnim razmišljanjem [5], a isto tako su nastale i najpoznatije pesme.

Radionica potencijalne književnosti – *OuLiPo*

OuLiPo (franc. **Ouv**roir de littérature **pot**entielle) ili u prevodu: „Radionica potencijalne književnosti” pokret je francuskih matematičara i pesnika osnovan 24. novembra 1960. Osnivači su Rejmond Kene i Fransoa Lione [6]. I jedan i drugi su bili amateri u svom poslu, Kene kao pisac, a Lione kao matematičar. Zajednička im je bila fasciniranost matematikom i književnošću. Osnovna ideja ovog pokreta je bila da se uvedu jasna i stroga ograničenja prilikom pisanja [7]. U nastavku se nalaze neka od ograničenja:

- Lipogram: Pisanje koje isključuje jedno ili više slova. Primer ovakvog rada je Perekova novela: „*La Disparition*” napisana 1969. Ovo delo u sebi ne sadrži slovo e [8].
- Palindromi: Pesma koja bi bila sastavljena od reči koje se isto pišu i čitaju sleva nadesno i zdesna nalevo.
- Pravilo jednog suglasnika: Pesme pisane tako da sadrže samo jedan suglasnik.
- Ropalizam (engl. *Snowball*): Pesma u kojoj je svaki stih samo jedna reč i svaki sledeći stih je za jedno slovo duži od prethodnog.
- Metjusov algoritam: Pomeranje elemenata u tekstu po unapred određenim pravilima.

Prema Keneovim rečima, *OuLiPo* je osnovan da pomogne piscima da pobegnu od onog što se zove inspiracija. Kene je verovao da je pisanje oduvek bilo pitanje ograničenja. Smatrao je da ne treba pisati i ponavljati drevne stihove koji su uglavnom dela talentovanih pesnika već iskoristiti nauku i mašine za obradu informacija kako bi pisanje bilo lakše i pristupačno svima. Vodio se mišljenjem da je osvežavajuće čitati i proučavati rad pisca koji nije u senci genija, a pored toga je bio protivnik slobodnog stiha [9].

Uzimajući u obzir vreme u kom je nastao pokret, ovo je bio svojevrsan i tada jedinstven pokušaj da se napravi algoritam za pisanje pesama i književnih dela generalno.

Kenu je, listajući dečiju slikovnicu, bio inspirisan kratkim rečenicama koje bi bile ispisivane u jednom redu i potom vertikalno raspoređivane. Tako je došao na ideju da na 14 papira napiše po 10 različitih stihova. Cilj je bio da se sa svakog papira nasumično izabere tačno po jedan stih. Na taj način formirala bi se pesma od četrnaest stihova (sonet). Stihove je sastavljao tako da svaki sonet koji se dobije na kraju ima identične rimovane i gramatičke strukture i pažljivo kontrolisanu tematiku. Budući da ukupno ima 10^{14} soneta, jasno je da ova „zbirka pesama” nikada nije odštampana, a za recitaciju svih pesama bilo bi potrebno 190 258 751 godina [10].

Pored ograničenja koja su članovi pokreta uveli, oni su nudili inovativne načine koji bi koristili piscima da sagledavaju svoja dela iz drugog ugla. Jedna ideja je da se u pesmi svaka imenica zameni imenicom koja se nalazi 7 mesta unapred u rečniku. Ova ideja je nazvana „N + 7”. Stih dobijen na ovaj način ne bi uvek imao smisla. Međutim, članovi pokreta su smatrali da ova metoda svesno skreće pažnju pisaca i pesnika na drugu stranu i time im pomaže u prevazilaženju perioda stagnacije i nedostatka inspiracije [11].

Klod Berž (1926–2002), matematičar koji je svoje matematičke rezultate postigao u teoriji grafova i kombinatorici, bio je član pokreta. Nije pisao već je samo predlagao uslove pod kojima bi dela bila pisana [12].

Matematičari i poezija

Omar Hajam (1048–1131) bio je persijskog porekla i prvi je poznati matematičar i pesnik. Bavio se algebarskim problemima, aritmetikom i rešavanjem kubnih jednačina.

Prva dela u tim poljima, ali i knjigu o muzici, napisao je pre nego što je imao 25 godina [13].

Hajam je otkrio da kubna jednačina može imati više od jednog rešenja i demonstrirao je postojanje jednačine koja ima dva rešenja. Shodno vremenu u kom je živio, nije mogao da pronađe primer za kubnu jednačinu sa tri rešenja, ali je i tada pretpostavio da će se u budućnosti tako nešto desiti [14].

Izvan sveta matematike Hajam je pisao kratke i jezgrovite pesme od četiri stiha koje su u Persiji nazivane rubaijama. Kod ovih pesama uobičajeno je pravilo da se rimuju prvi, drugi i četvrti stih, dok je rima u trećem stihu slobodna. Najčešće u poslednjem stihu (kao i kod soneta) dolazi do neočekivanog obrta ili rešenja problema. Za svog života napisao ih je ukupno 600, a kako su rubaije bile poznate i ranijim persijskim pesnicima, Hajamu je pripisano samo 120. U nekima je opisivao i matematička otkrića do kojih je došao, dok u većini on govori o smislu i prolaznosti života, sudbini, pokajanju i grehu, ali i o krčmama i vinu. U nastavku se nalaze dve Hajamove rubaije.

Omar Hajam, Rubaija 1.

*Ako li vino koje si ispio
I ako usne koje si ljubio
U Ništa i ti Ništa ne budeš
Nećeš biti manji no što si bio* [15]

Omar Hajam, Rubaija 2.

*Ako pođeš za požude i za strasti tragom
unapred ti kažem, pošto si sa vragom
Gledaj ko si, odakle ideš, i kud ćeš stići,
Znaj što radiš bilo umom, ili bilo snagom!* [15]

Hajamova dela su uglavnom parafrazirana i ne u potpunosti tačno prevođena. Na taj način zadržala bi se srž pesme, a ona približila savremenom čoveku. Prevodom na engleski rubaije su stekle veliku popularnost u Evropi, a postoji i posebna grana hajamologija koja se bavi proučavanjem Omarovih dela. Budući da je bio poznatiji kao pesnik, njegova naučna otkrića neretko padaju u senku njegove poezije [15].

Karl Vajerštras (1815–1897) smatra se jednim od začetnika i ocem kako analize tako i moderne matematike uopšte.

U teškom političkom vremenu u kojem je živio bivale su cenzurisane sve izrečene ili istampane izjave koje nisu odgovarale režimu vlasti. Kao bunt tome, himne koje pevaju o slobodi svakodnevno su se pojavljivale u lokalnim novinama gde država nije imala dovoljnu kontrolu. Da bi se i to sprečilo, dodatno su upošljavani cenzori koji su zabranjivali nepoželjan sadržaj, dok bi njihove autore kažnjavali. Ipak, kako su cenzori imali averziju prema poeziji, jedan od njih je svoj zadatak prepustio Vajerštrasu (koji je u to vreme bio školski nastavnik). Karl je, znajući da njegov nadležni nikad neće pogledati bilo koju pesmu, omogućio da se štampaju pesme koje su kritikovale režim, pozivale narod na pobunu i borbu za slobodu [16].

Vajerštrasova izjava da matematičar koji nije pomalo pesnik nikad neće biti savršen matematičar ostala je upamćena godinama posle njegove smrti. Možemo jedino da tumačimo u čemu je pronašao uporište za takvo tvrđenje. Ono što znamo jeste da je on uneo inovativnost i kreativnost u matematiku. Omogućio je da se ona oslobodi okvira u kojima se nalazi i da nastavi svoj razvoj. Vajerštras je, recimo, na iracionalne brojeve gledao kao na brojeve koji su „jednaki” racionalnim. Iracionalne bi predstavljao preko konvergencije racionalnih brojeva [16]. Možda je upravo time sebi dozvolio određenu vrstu pesničke slobode.

Na početku karijere smatralo se da njegovi radovi nisu dovoljno rigorozni i formalni. To je bio uzrok da bude kritikovan od većine matematičara tog vremena. Jedan od njih

je bio Kroneker² koji je gajio duboku sumnju i preispitivao Vajerštrasove rezultate. Zanimljivo je da je Kroneker matematiku smatrao umetnošću, a kao i Vajerštras, upoređivao bi je sa poezijom [16].

Vilijam Hamilton (1805–1865) bio je irski matematičar, astronom i fizičar. U naučnom polju dao je veliki doprinos optici, klasičnoj mehanici i apstraktnoj algebri, dok je u polju čiste matematike najpoznatiji kao pronalazač kvaterniona.

Hamilton je bio savremenik engleskim piscima kao što su Robert Sauti, Samjuel Tejlor Kolridž i Vilijam Vordsvort, a sa nekima i blizak prijatelj. Već do svoje dvanaeste godine govorio je isto toliko jezika, a verovatno je to imalo uticaj na to da razvije ljubav prema književnosti. Sa Vordstvom se prvo upoznao, da bi mu potom poslao neke od svojih stihova. Kritike koje je zauzvrat dobio nisu bile pohvalne [16].

Vordsvort je posetio Hamiltona dve godine nakon toga, kada je ovaj već bio ostvareni astronom. Posle njegove posete, Hamilton se u potpunosti posvećuje naučnom radu i matematici, ali nastavlja da rimuje i smišlja stihove celog svog života. Izuzetno je cenio i poštovao Vordsvorta, a jednom prilikom mu je rekao da je njegova jedina poezija u životu bila matematika. Tragao je za njom u poeziji i obrnuto, te je zbog toga Lagranžovu raspravu „Analitička mehanika” nazvao „naučnom pesmom” [16].

Pomenuti engleski pisac Samjuel Kolridž planirao je da poetizuje Euklidove dokaze ali je završio samo jednu pesmu – „Dokaz prve propozicije” [8].

Džejms Silvester (1814–1897) prepoznat je po svojim doprinosima u teorijama matrica, brojeva, invarijantnosti i kombinatorici.

Silvester je napravio neke odlične prevode pesama sa latinskog, grčkog, a najviše nemačkog, na engleski jezik. Pored toga je i sam pisao. Određeni stihovi su objavljeni nakon njegove smrti, ali nije izašla nijedna zbirka pesama. Njegovi matematički radovi poseduju ilustrativne citate iz klasične poezije. Rano se penzionisano, a veći deo svog slobodnog vremena posvetio je pisanju i objavio je knjigu *The Laws of Verse* [16].

The Laws of Verse predstavlja pokušaj da se uspostave zakoni i pravila po kojima bi se rimovalo u poeziji. Smatrao je da u pesmama postoje tri osnovna pojma: zvuk, misao i reč. Svaka druga umetnost, uključujući i poeziju, može se svesti na neke osnovne principe i pravila, a da sve ostalo počiva na njima [17]. Ovako nešto bi odgovaralo aksiomama u matematici.

Prevodio je dela Horacija i tvrdio je da je Horacije posedovao prirodnu matematičku moć koje ni sam nije bio svestan. U njima on pronalazi odlomke čija forma može da se uporedi sa formom matrice u matematici [17].

Džejms je jednom prilikom bio gost zabavne izložbe pod nazivom „odsustvo uma”. Na njoj je trebalo da pročita svoju pesmu Rozalind koja se sastojala od tačno 400 stihova i svi su se rimali sa nazivom pesme. Zbog velikog broja fusnota, odlučio je da prvo njih pročita kako kasnije ne bi prekidao pesmu. Kako je svaka fusnota sadržala još po neku dodatnu digresiju, čak sat i po vremena je utrošeno na njihovo čitanje, a pesmu su čuli samo oni najuporniji [16].

Na kraju ovog odeljka vredno je spomenuti Davida Hilberta (1862–1943) i anegdotu sa jednog od njegovih predavanja. On je, videvši da se jedan student ne pojavljuje na predavanjima, upitao ostale koji je razlog tome. Dobio je odgovor da je dotični napustio studije matematike u želji da se posveti pisanju pesama. Hilbert je na to izjavio: „Znao sam da mu je oduvek falilo mašte da bi se bavio matematikom” [18]. Kao i u slučaju sa Vajerštrasom,

² Leopold Kroneker (1823–1891) bio je zadivljen muzikom i umetnošću. Po njemu je muzika najfinija umetnost od svih mogućih, ako bismo eventualno izuzeli matematiku [16].

ne možemo sa sigurnošću da tvrdimo šta je navelo Hilberta na ovakvo tvrđenje. Ono što znamo jeste neophodnost određene doze mašte da bismo se bavili matematikom. Isto tako je ona potrebna za poeziju i pisanje pesama.

Sposobnost da vizualizujemo stvari, stvorimo sliku i predstavu o apstraktnim pojmovima, zamislimo svet u kojima određene stvari važe a druge ne krucijalna je za matematiku. U poeziji bi takve stvari pripisali pesničkom duhu.

Matematičke teoreme, zadaci i pesme

U nastavku ćemo navoditi primere pesama i njihove analize (kada je to potrebno). Zatim ćemo ih upoređivati sa matematičkim teoremama i primerima, u želji da pronađemo bliskost među njima. Ideja je da se dublje posmatra veza između matematike i poezije i da se uoče sličnosti koje na prvi pogled nisu tako očigledne.

Jedna teorema/pesma uvek kazuje dve stvari

Josip Vidović, *Sonet Magdaleni Tomić*.

*Veliku radost pogled na nju daje.
Oči su njeni biseri što sjaje
Lice je njeno ogledalo sklada
I osmeh ima koji svetom vlada.*

*Dobrotu neku pogled joj otkriva
A opet isti zagonetku skriva
Labirint snova razuma i puti
Ekstaza zvezda, u njemu se sluti.*

*Misli su moje, njome omeđene
Moje su snage, pred njom pobeđene
Amorov dodir, njena nežna ruka
Glas njen je čista harmonija zvuka.*

*Naći ćeš ime i naći ćeš ženu
U akrostihu nađi tajnu njenu.*

Očigledno da je pesma pisana sa namerom da na kraju čitalac uoči akrostih „Volim Magdalenu“. Ipak, sama srž i suština pesme je u stihovima i rečima koje prethode tome. U njima saznajemo o subjektu pesme, ali i o pesnikovim osećanjima. Da ona nisu izrečena, detalj na kraju ne bi imao smisla.

Da bismo uporedili i našli vezu prethodne pesme sa matematikom, posmatrajmo sledeće tvrđenje: „*Neka su a i b manje, a c veća stranica trougla. Ako je taj trougao pravougli onda je $a^2 + b^2 = c^2$* “. (Ovo tvrđenje je zapravo Pitagorina teorema u malo drugačijem obliku.)

Nama će od interesa biti kontrapozicija³ gorepomenutog tvrđenja. Na osnovu nje saznajemo sledeće: „*Ako ne važi $a^2 + b^2 = c^2$ onda trougao nije pravougli*“. Drugim rečima, „*Ako je $a^2 + b^2 \neq c^2$, onda trougao nije pravougli*“.

Kontrapozicijom došli smo do saznanja o nečemu što nismo uočili prilikom prvog čitanja. Kao što pesnik poslednjom strofom skreće pažnju na početna slova u stihovima, mi smo kontrapozicijom skrenuli pažnju na još jedno značenje Pitagorine teoreme.

Suština pesme su bili stihovi u kojima pesnik opisuje osećanja, a akrostih je jedan detalj u svemu tome. Suština Pitagorine teoreme jeste njen osnovni oblik, a kontrapozicija detalj koji treba da bude uočen.

Upravo iz ovakvih razloga potrebno je da se pesme i matematička tvrđenja podrobnije

³ Kontrapozicija je pravilo matematičke logike koje kazuje da bez posledice ne može biti ni uzroka. Drugačije rečeno, pravilo glasi: Ako p onda q . Dakle, ako nije q onda nije p .

posmatraju. Gotovo da nijedna pesma i sigurno nijedno tvrđenje ne govori samo jednu stvar. Uvek možemo da saznamo nešto više, makar to bilo primenom jednostavnih metoda kao što je kontrapozicija u matematici.

Zaobilaženje oko problema da bismo došli do rešenja.

Mira Alečković, *Čarobna vrata*.

*Na svetu zemlja jedna postoji,
puna je svakoga blaga,
i sve što ima — podeli svima
u tome joj je snaga.*

Hoćeš li kuće, i kuća ima,

*samo uzmi i gradi,
mostove hoćeš, pozovi ljude,
džinovski most sagradi.*

*Hoćeš li pesme, u njoj se ore,
Pevaju milioni,
Svako te tamo na rad zove,
a niko te ne goni*

Nemaš li majke, a želiš nežnost,

*uđi na ova vrata.
Otac ti pao... Dođi da nađeš
oca, seju i brata.*

*Sa nevericom slušaš, druže,
i misliš to je šala,
i ključ od čarobne zemlje tražiš,
ja bih ti rado dala,*

*Hoćeš li možda prugu da gradiš
i da sečeš tunele?
Hoćeš da pretvoriš reke plave
u izvor svetlosti bele?*

Da li bi hteo najlepšeg ploda?

*Dođi, tu svega ima.
Tražiš li druga, zemlja ta čudna
druga će naći svima.*

*Hoćeš li možda iz ljubopitstva
da putuješ put zvezda?
Dođi, ona će da ti svije
sred plavih oblaka gnezda.*

ali ti moraš svojom rukom

*vrata da otvoriš ova;
pokušaj samo, nije teško,
nauči prvo slova.*

*A kad naučiš i da pišeš,
ključ već imaš od zlata,
Tad uzmi knjigu. Videćeš kako
čarobna otvaraš vrata [19].*

U pesmi „Čarobna vrata” Mira Alečković, pomoću brojnih stilskih figura i epiteta, piše o svemogućnosti i lepoti knjige. Očevidna je njena ideja da čitalac tek naposljetku sazna da pesma zapravo govori o knjizi. Pre toga, ona nju opisuje na što maštovitiji način kako bi sam kraj pesme bio upečatljiviji.

Posmatrajmo sledeći matematički problem.

Primer 1: Dat je kvadar dužine a , širine b i visine c . Odrediti prostornu dijagonalu d (Slika br. 1)⁴.

Rešiti ovaj problem direktno, samo na osnovu datih podataka, nemoguće je. Zbog toga je neophodno da zaobilaznim putem dođemo do rešenja. Glavna ideja je da sa prostorne geometrije pređemo na geometriju u ravni. Zbog toga uočavamo pravougli trougao ABB' (Slika br. 2). Nakon toga izračunavamo da je njegova hipotenuza $AB'^2 = a^2 + b^2$. Posle toga uočavamo pravougli trougao $AB'C'$ (Slika br. 2) i dolazimo do rešenja da je $d^2 = AB'^2 + c^2$.

⁴ Sve slike su izložene na kraju dokumenta.

Zamenom AB'^2 iz prve u drugu jednačinu dobijamo da je $d = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$. Poslednji izraz predstavlja formulu za računanje prostorne dijagonale kvadra.

Naš cilj je bio da izračunamo prostornu dijagonalu kvadra. Kako to nismo bili u mogućnosti da učinimo direktno na osnovu datih podataka, išli smo zaobilaznim putem. Prvo smo izračunali hipotenuzu jednog, a potom drugog trougla, da bismo dobili rešenje. Slično, cilj pesnikinje je da na kraju pesme otkrije da je reč o knjizi. Upravo zbog toga ona ide zaobilaznim putem, koristeći se pretežno metaforama. Svakom sledećom strofom ona je bliže svom cilju, kao što sto mi bili bliži cilju kada smo otkrili dužinu stranice AB' .

Izjava: „Treba čitati knjige jer u njima otkrivamo nove i stvaramo svoje svetove” teško da bi ostavila tako jak utisak kao što to čini pesma. Pesma nas ubeđuje i tera da verujemo da je knjiga nešto dobro. Analogno tome, da smo samo dali formulu za izračunavanje prostorne dijagonale i samo je primenili, ona ne bi ostavila takav utisak kao što je to učinila sada, kada smo do nje došli sami.

Značenje simbola, matematički jezik.

Vasko Popa, *Konj*.

Obično
Osam nogu ima

Između vilica
Čovek mu se nastanio
Sa svoje četiri strane sveta
Tada je gubicu raskrvario
Hteo je
Da pregrize tu stabljiku kukuruza
Davno je to bilo

U očima lepim
Tuga mu se zatvorila
u krug
Jer drum kraja nema
A celu zemlju treba
Za sobom vući. [19]

Analizom pesme shvatamo da je reč o konju koji gonjen bičem juri putem i vuče zaprežna kola: „osam nogu ima”. On to čini pod prisilom čoveka, jer „između vilica čovek mu se nastanio”. Konj je pokušavao da se pobuni protiv čoveka „hteo je da pregrize tu stabljiku kukuruza”. To je bilo grubo iskustvo jer „tada je gubicu raskrvario”. Zbog svega što mu se desilo, ostala mu je samo „tuga u očima”. Poslednji stihovi pesme ukazuju na bezizlaznost i istrajnost konja „jer drum kraja nema, a celu zemlju treba za sobom vući” [20].

Ponovo ćemo formulisati Pitagorinu teoremu, ali sada isključivo koristeći reči: „U pravouglom trouglu zbir kvadrata dužine dve manje stranice jednak je kvadratu dužine veće stranice”. Posmatrajmo i sledeće ekvivalentno tvrđenje: „U pravouglom trouglu zbir kvadrata dužine kateta jednak je kvadratu dužine hipotenuze”. Sada formulišimo treće tvrđenje: „ a i b su katete, c hipotenuza, onda je $a^2 + b^2 = c^2$ ”.

Uočavamo da je drugo tvrđenje kraće od prvog, ali da bismo razumeli njegovu formulaciju, neophodno je da znamo šta znače pojmovi kateta i hipotenuza. Treće tvrđenje sadrži sve informacije kao i prethodna dva, dok je njegov zapis kraći i daleko praktičniji za primenu. Ipak, da bismo razumeli šta ono kaže, takođe je neophodno poznavanje pojmova kateta i hipotenuza. Dalje, kako se oni koriste samo kod pravougljih trouglova, čim ih pomenemo, podrazumeva se da je reč o pravouglom trouglu. Naposljetku, neophodno je uvesti oznake kojima bismo označili stranice trougla, kao i da znamo šta predstavljaju simboli plus i jednako i šta znači kada neki broj dižemo na kvadrat. Svi gorenavedeni

simboli, uz mnoštvo drugih, čine matematički jezik.

Zajednička za pesnike i matematičare je sposobnost da u malo reči kažu ono što je bitno. Pesnici u svega nekoliko stihova izlože svoja osećanja ili ispričaju priču koja bi se u suprotnom satima pričala. Tako i matematičari uz pomoć simbola, formula i matematičkog jezika iznose svoja otkrića do kojih su došli. Kada Vasko Popa kaže: „Osam nogu ima”, on misli na konja koji vuče zaprežna kola. Kada matematičar napiše „c”, on misli na najdužu stranicu u pravouglom trouglu.

U matematičkim teoremama se ne nalaze uslovi koji nisu nepotrebni. Da bi se primenila Pitagorina teorema, dovoljno je da znamo da je trougao koji posmatramo pravougli. Primetimo da se, recimo, ne zahteva da on bude jednakokrako pravougli. To bi bio dodatni uslov koji nije potreban i suzio bi njenu primenu. Analogno, u stihovima se ne nalaze nepotrebni opisi koji bi narušili ritmiku i suštinu pesme.

Traganje za suštinom

Ako još detaljnije analiziramo prethodnu pesmu, uočićemo da nije jedina ideja pesnika da čitalac shvati da pesma peva o konju. Ona zapravo oslikava društvo u kome se mnogo traži, a konj je metafora za čoveka. Traži se od konja više nego što može, da ima osam nogu, da se kreće drumom bez kraja, i da za sobom vuče celu zemlju. Pesma time asocira na bezizlaznost, naznačena je sudbina koja ukazuje na nemogućnost ostvarivanja u životu. Život se doživljava kao ograničenost nekim i nečim što ugrožava sreću i spokojstvo čoveka [20].

Govoreći neformalnim jezikom, potrebno je bilo da pesmu „prevedemo” kako bismo shvatili njen puni smisao, suštinu i otkrili motiv za njen nastanak. Ako bismo „preveli” Pitagorinu teoremu, dobili bismo sledeće tvrđenje: „*U pravouglom trouglu zbir površina kvadrata konstruisanih nad katetama jednak je površini kvadrata konstruisanog nad hipotenuzom*” (Slika br. 3). To je ono što Pitagorina teorema predstavlja u svojoj osnovi, svojoj suštini. Upravo je tvrđenje u ovakvom, potpuno geometrijskom obliku bilo poznato Pitagori (ali i naučnicima pre njega).

Pitagorinu teoremu⁵ smo koristili učestalo (biće je još u nastavku rada) da bismo videli njenu slojevitost, kao što smo videli slojevitost pesme „Konj”.

Vredno je napomenuti i to da kako pesnici, tako i matematičari, nekada nisu u potpunosti svesni svojih dela/otkrića. Pesma može da sadrži motive za koje sam autor nije bio svestan da postoje ili ih nije sa namerom ubacio. Slično se dešava sa matematičkim otkrićima. Pitagorina teorema je svoju primenu našla u analitičkoj geometriji i koristi se za merenje rastojanja između dve tačke. Uzimajući u obzir da je analitička geometrija nastala oko 2100 godina nakon Pitagore, shvatamo da to sigurno nije bila njegova namera.

Pisanje pesme uz pomoć matematike

Bogdan Nastasović, 3,14... .

*Izračunati obim kruga
nije naivno i lako.
Misterija to bila je duga,
postavljalo se pitanje kako.*

*Istraživanja nastavlja
Arhimed iz Grčke stare.
Od papirusa se ne odvađa,
pronalazi neke decimale.*

⁵ Pitagorina teorema ni u čemu nije posebnija od drugih matematičkih teorema. Ovde je uzeta kao primer jer je poznata svima. Sigurno ima i boljih primera, ali bi oni iziskivali opširnije poznavanje matematičkog gradiva.

Vavilonci i Egipćani
sve od sebe dadoše,
rezultati tačni, temeljni,
dobru nadu iznedriše.

*Tvrđenje poznato njima,
a koje zna svaki đak:
„Odnos prečnika i obima
mora biti jednak“.*

Njegova izjava glasna,
značenje jasno, strogo:
„Ova konstanta cifara ima
beskonačno mnogo“.

*Vekovima kasnije ona prima
ime koje danas znaju svi.
Sada je i u stihovima,
taj svemogući broj π .*

Prethodna pesma je napisana za potrebe ovog rada. Predstavlja pokušaj da se sva saznanja do kojih se došlo spremajući ovaj rad, ali i pre toga, iskoriste i stave u praktičnu primenu – pisanje pesme. Cilj je da se ono posmatra kao matematički problem i da se uz pomoć načina razmišljanja koji razvijamo rešavanjem matematičkih problema napiše pesma. U nastavku je hronološki izložen proces pisanja pesme i on je upoređivan sa procesom rešavanja zadataka ili dokazivanja teorema. Na taj način tragalo se za onim što je zajedničko kod stvaranja književnog i matematičkog dela.

Šta i zašto: Ova dva pitanja se često koriste u matematici i pomažu u razumevanju apstraktnih pojmova i učenju matematičkih dokaza. Recimo, znamo da je u pravougloj trouglu $a^2 + b^2 = c^2$, ali zašto je to tako? Postavljajući ovo pitanje, mi tragamo za svojstvom koje poseduje pravougli trougao i na osnovu kog tvrdimo da je $a^2 + b^2 = c^2$.

Znamo da je zbir uglova u trouglu 180 stepeni, ali bi trebalo da nas zainteresuje i zašto je to tako? Ako još znamo da to važi samo za Euklidovu geometriju, razumno bi bilo postaviti pitanje šta je to što ona poseduje pa smemo tvrditi da je zbir uglova u trouglu 180 stepeni.

Uz pomoć ovih pitanja odabrana je tema pesme. Izabrano je da se piše o broju π zato što je ovo matematički rad, ali je on pisan da bude razumljiv i čitaocima van domena matematike. π je kao konstanta poznata svima.

Uslovi: Nije potrebno mnogo govoriti o bitnosti uslova u matematici. Uslovi upravo čine matematiku postojanom i konzistentnom. Ona ne traga za apsolutnim istinama već je svaka istina u njoj uslovna, relativna [16].

Pitagorina teorema važi pod uslovom da je trougao pravougli. Ako je trougao pravougli, onda je $a^2 + b^2 = c^2$. To znači da bez znanja da li je trougao pravougli ne smemo da primenimo Pitagorinu teoremu.

Uslovi za ovu pesmu su bili da ima 6 strofa od po 4 stiha, da rima bude unakrsna i bez ograničenja da li je muška ili ženska. Razlozi za tako nešto su da je 6 stihova dovoljno da se ispriča priča a da pesma ipak ne bude predugačka. Rima je unakrsna jer pesma nije ozbiljnog karaktera a kratki stihovi uz parnu rimu su prijatniji za čitanje. Nije bilo ograničenja samo na žensku rimu jer bi tako nešto bilo zahtevnije za pisanje.

Ideje: Kod matematičkih zadataka, gotovo uvek je potrebna ideja da bi se rešili. Nekad ideje dolaze same od sebe i intuitivno, dok je u većini slučajeva potrebno da se za njima traga. Najgore je kad ne postoji nikakva ideja, čak je i loša ideja bolja od nepostojeće [21].

U Primeru 1, gde smo tražili prostornu dijagonalu kvadra, ideja je bila da posmatramo određene trouglove a potom primenimo Pitagorinu teoremu. Tako nešto je bilo logično jer smo prethodno govorili o Pitagorinoj teoremi. Ipak, osoba koja nije upoznata sa Pitagorinom teoremom bi skoro sigurno imala drugu ideju za rešavanje zadatka.

Neke od ideja za ovu pesmu bile su: *Pi, Arhimed, krug, površina, obim, dijametar, istorijski nastanak broja pi, aproksimacija, iracionalnost, transcendentnost, beskonačno mnogo*

cifara, 22/7, 3.14159265, Pitagora, Pitanje, Pisati, Pitati, početak svake strofe sa Pi, pesma za pamćenje konstante... Nema potrebe obrazlagati zašto pojedine ideje nisu iskorišćene.

Pričanje priče: Jedna od metoda matematičkih dokaza je metod svodenjem na protivrečnost (kontradikciju ili apsurd). Kod ovakvih dokaza, pretpostavljamo da tvrđenje koje želimo da dokažemo nije tačno. Zatim posmatramo šta se dešava u imaginarnom svetu u kome to tvrđenje ne važi. Upravo u tom imaginarnom svetu dolazimo do nekih zapažanja koja su u kontradikciji sa prethodno dokazanim rezultatima. Dolazimo do protivrečnosti, apsurd. Taj apsurd nam govori da je naša polazna pretpostavka bila loša a da je tvrđenje koje smo isprva želeli da dokažemo tačno. Primer toga je Euklidov dokaz da prostih brojeva ima beskonačno mnogo. Da bi dokazao ovo tvrđenje, on je, pre svega, pretpostavio suprotno. Pretpostavio je da prostih brojeva ima konačno mnogo. Time je zašao u imaginarni svet u kome prostih brojeva ima konačno mnogo i posmatrao šta se sve dešava u njemu [22]. U njemu je naišao na neke rezultate koji su u kontradikciji sa prethodno dokazanim teoremama, matematičkom logikom ili samom aksiomatikom. Pošto su prethodne teoreme neosporno tačne (dok logika i aksiome predstavljaju nešto na čemu počiva svaka teorija), zaključak je da je polazna pretpostavka bila loša. Odnosno, pretpostavka da prostih brojeva ima konačno mnogo nije tačna. Stoga, došao je do zaključka da prostih brojeva ima beskonačno mnogo. Na ovaj način Arhimed je zapravo ispričao priču o tome zašto prostih brojeva ne može biti konačno mnogo.

Kod pisanja pesme, ovaj deo je verovatno najzahtevniji. I rešavanje matematičkih problema i pisanje pesama zahteva veliki mentalni napor, trud i vreme.

Priča koju je trebalo da kaže naša pesma je: *Računanje obima kruga nije bilo lako; Vavilonci i Egipćani uočavaju pravilo da je odnos prečnika i obima kruga isti; Arhimed vrši precizne aproksimacije ove konstante; Ona se naziva Arhimedova konstanta; Vili-jam Džons 1707. godine uvodi oznaku Pi; Ojler je prihvata i koristi u svojim radovima.*

Cilj/Okosnica: Prilikom dokaza matematičkih teorema, neretko je neophodno da gledamo ka cilju i ka onome što želimo da dokažemo. U Primeru 1, za sve vreme dok smo posmatrali problem, morali smo u glavi da imamo ono što želimo da pokažemo. To nam je omogućilo da tragamo za pravouglim trouglovima koju su nas vodili do cilja.

U našoj pesmi, poslednji stih „taj svemogući broj pi” je prvi napisan. On je predstavljao okosnicu i naš cilj. Sve ostalo smišljano je i uklapano tako da vodi ka njemu, isto kao što dvostruka primena Pitagorine teoreme u Primeru 1 vodi do rešenja zadatka.

Formiranje stihova: U matematici je potrebno da znamo kako da nešto pojednostavimo, a da značenje ostane isto. I u matematici i u poeziji u vrlo malo reči kazujemo mnogo. Uostalom, videli smo šta se sve sa sobom nosi jednostavan algebarski izraz „ $a^2 + b^2 = c^2$ ”, i stih „osam nogu ima” u pesmi „Konj”.

Bitno/nebitno: Uzmimo za primer sledeći matematički zadatak: „*Na napola presavijenom belom papiru formata A4 dat je pravougli trougao čije su katete dužine 3 i 4. Odrediti dužinu hipotenuze*”. Primetimo da to što je u pitanju beli papir i što je on napola presavijen nije bitno za ono što nama jeste od važnosti, a to je dužina hipotenuze. Tokom pisanja pesme javlja se mnogo stihova (čak i dobrih) koji nisu bitni za priču koju želimo da ispričamo. Zbog toga je neophodno da ih uklonimo. Prilikom pisanje ove pesme, uklonjeno je mnogo stihova, pa čak i strofa, upravo jer su bili nerelevantni za poentu priče.

REZULTATI

Dobijeni rezultati ukazuju na postojanje jasne veze između matematike i poezije. Matematika se nalazi gotovo u svemu, a poezija nije izuzetak.

Videli smo da su znameniti matematičari neretko upoređivali matematiku sa poezijom, naglašavajući da je kreativnost mišljenja ono što je neophodno, s jedne strane za matematičko otkriće, a sa druge za pisanje pesme. Mnogi među njima su i sami bili pesnici, neki kao amateri, a neki kao profesionalci.

Uočili smo vezu između stihova i matematičkih simbola, kao i to da matematičke formule predstavljaju samo vrh ledenog brega. Njihova suština, kao i suština pesme, nalazi se u dubini, a ne na površini. Upravo zbog toga je potrebno da matematičke teoreme i pesme detaljnije tumačimo.

Pitanja *šta i zašto, koja je glavna ideja, šta je cilj, šta je bitno, a šta ne*, koja učestalo postavljamo u matematici prilikom učenja, postavljali smo i tokom pisanja pesme. Matematika nam je pomogla da uspemo u tome.

DISKUSIJA

Ovim istraživanjem trudili smo se da prikupimo što više podataka u vezi sa matematikom i poezijom. Nijedna od tema koje su obrađene u ovom radu nije do tančina izučena. Upravo zbog toga ima mnogo prostora za dalja istraživanja.

Kada je reč o pokretu *OuLiPo*, većina literature i dostupnog materijala je na francuskom jeziku. Neko ko poznaje jezik bi mogao da sazna više o pokretu, njegovim osnivačima i članovima. Mogu se posmatrati i dela samih autora tog pokreta da bi se video način na koji su oni pisali pod ograničenjima koja su sami sebi zadali.

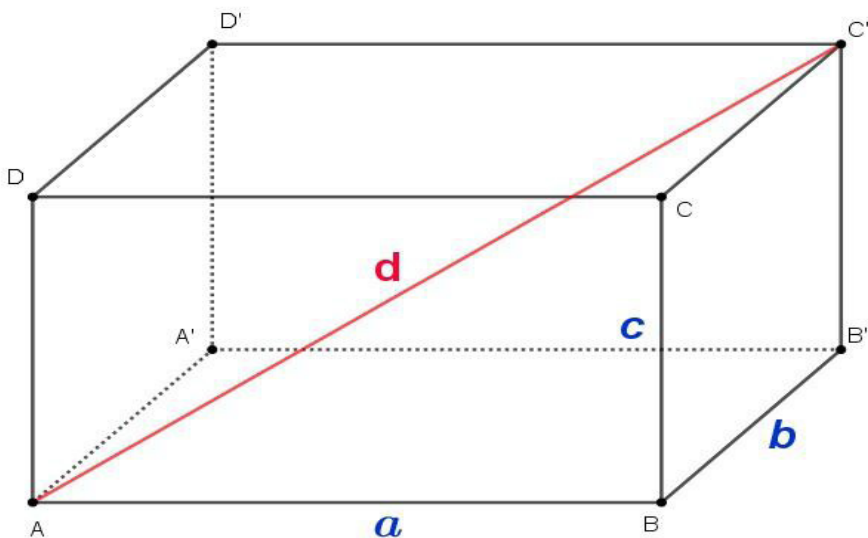
Knjiga *The Law Of Verse* Silvestera verovatno najubedljivije piše o odnosu između matematike i poezije. Ona ovom prilikom nije detaljno proučavana, a sigurno sadrži dosta materijala koji bi bio od koristi.

Ono što nije bilo relevantno za ovaj rad, pa samim tim i nije rečeno, jeste da su matematičari uglavnom bili zaljubljenici u muziku. S tim u vezi, mogao bi se posmatrati uticaj matematike na muziku i umetnost. Takođe bi zanimljivo bilo i pitanje kako poezija i književnost mogu da utiču na matematiku.

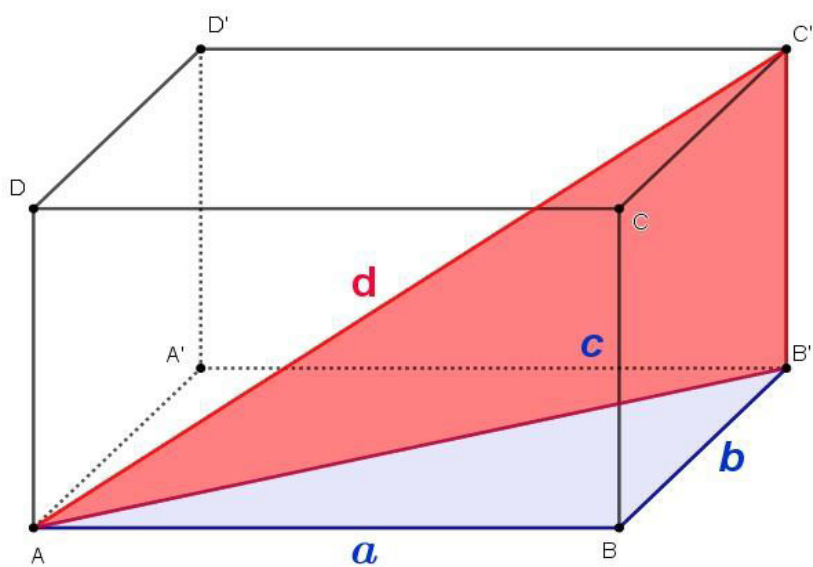
LITERATURA

- [1] Josephine H, *Poetry should be heard and not seen*, 2006, dostupno na: www.theguardian.com.
- [2] STEM Series: *Discovering Math in Poetry*, 2020, dostupno na: www.acornnaturalists.com.
- [3] R. Tošić, *Kombinatorika*, Serija „Univerzitetski udžbenik“, Univerzitet u Novom Sadu, 1999.
- [4] Deborah Haar Clark, *1,1,2,3,5,8, Fun...*, Poetry Foundation, 2007, dostupno na: www.poetryfoundation.org.
- [5] Clifford AP, *A Passion for Mathematics*, John Wiley And Sons, New Jersey, 2005
- [6] Seaman, Bill, *OULIPO VS Recombinant Poetics*. Leonardo. 30 (5): 423–430, 2011.
- [7] Leigh Lundin, *LOulipo*, 2011, dostupno na: www.criminalbrief.com/?p=7124.
- [8] Slađana Šimrak, *Sto hiljada milijardi pesama*, 2020, dostupno na: www.elementarium.cpn.rs.
- [9] William Gillespie, *The Oulipo: Constraint and Collaboration*, dostupno na: <http://spinelessbooks.com>.
- [10] Andrew Gallix, *Oulipo: Freeing literature by tightening its rules*, 2013, dostupno na: www.theguardian.com.
- [11] Stefanie Sobelle, *The Oulipo*, Syllabi, 2009 dostupno na: www.bookforum.com.
- [12] Marcella Durand, *BOMB 108/Summer 2009*, Jacques Roubaud, dostupno na: <http://web.archive.org/web/20130920204207/http://bombsite.com/issues/108/articles/3304>.

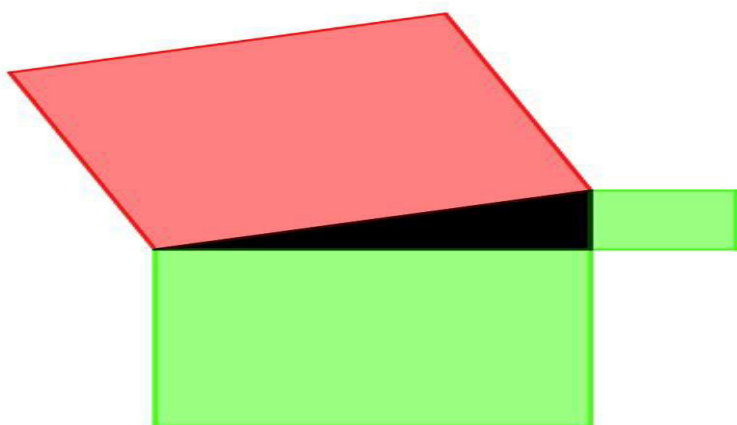
- [13] Anne Rooney, *The Story of mathematics*, Arcturus Publishing Limited, London, 2011.
- [14] O'Connor JJ, Robertson EF, *Omar Khayyam*, 1999, dostupno na: www.mathshistory.st-andrews.ac.uk/Biographies/Khayyam/.
- [15] Omar Hajam – Rubaije, dostupno na: www.scribd.com/document/441609067/Omar-Hajam-Rubai-je-pdf.
- [16] E.T. Bell, *Men of mathematics*, A touchstone book, Simon and Shuster, New York, 1986.
- [17] J.J. Sylvester, LL.D, F.R.S, *The Laws of Verse*, Longmans, Green and Co. , London, 1870, dostupno na: https://books.google.rs/books?id=TxNIAAAIAAJ&printsec=frontcover&hl=sr&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.
- [18] Ron Aharoni, *Mathematics, poetry, and beauty*, Journal of Mathematics and the Arts, 2014, DOI: 10.1080/17513472.2014.943490.
- [19] www.prelepapoezija.com
- [20] Stefan Tanasijević, *Konj*, Artnit, 2013, dostupno na: www.artnit.net.
- [21] G Polya, *How to solve it*, Princeton University Press, 1945.
- [22] Susan D'Agostino, *Why Do Some Mathematicians Think They're Poets*, 2020, dostupno na: www.scribd.com/article/467593012/Why-Do-Some-Mathematicians-Think-They-re-Poets.



Slika br. 1. Prostorna dijagonala kvadra



Slika br. 2. Uočavanje pravouglih trouglova



Slika br. 3. Geometrijska interpretacija Pitagorine teoreme

MATHEMATICS AND POETRY

Author: BOGDAN NASTASOVIĆ

Email: nastasovic.bogdan@gmail.com

Mentor: Assist. Prof. Dušan Đorđević

Department of Mathematics

Faculty of Sciences and Mathematics, University of Niš

Introduction: It is undeniable that mathematics has a wide application in all natural sciences, but also in psychology, economics, finance, information technology, and engineering. In an attempt to talk about the influence of mathematics on other fields with no apparent similarities, the paper examines the relationship between mathematics and poetry.

Aim: Collect as much available data as possible about mathematics and poetry; write a poem and present the very process of writing the poem and find out if (and how) mathematical thinking affects the creation of poetry.

Material and Methods: Books and content on the history of mathematics were used as material. In this way, it is possible to learn more about the lives of mathematicians and their relationship to poetry. Poems from Serbian literature were analyzed and compared with mathematical theorems and examples. The goal was to make the theorems and examples relatively familiar to everyone so that people outside the field of mathematics would understand the work.

Results: The obtained results indicate that simple mathematical operations, such as counting and noticing patterns, greatly influence the conditions of songwriting. At one time, a movement was founded that sought to create an algorithm for the creation not only of poetry but also of literature in general. At the same time, some of the most influential mathematicians of their time firmly expressed their views on poetry. In the end, we concluded that there are apparent similarities between mathematical theorems and poems and that it is possible to write a poem with the help of mathematics.

Conclusion: Mathematics has an impact on areas where it has no direct practical application. In this regard, it would be suitable for further research to study the connection between mathematics and art, music, film, and literature.

Keywords: mathematics, poetry, mathematics and poetry, writing a poem

PRIMENA LINEARNE REGRESIJE NA ANALIZU U FINANSIJAMA I POSTEPENA REGRESIJA

Autor: MARIJANA ĐOKIĆ

e-mail: marijana.djokic@pmf.edu.rs

Mentor: Docent dr Maja Obradović

Departman za matematiku

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Nišu

Uvod: Regresiona analiza je statistički model koji koristi vezu između dve ili više promenljivih veličina, tako da se jedna promenljiva može predvideti iz druge promenljive. Regresija ima široku primenu u ekonomiji, finansijama, epidemiologiji i ekološkim naukama. U ovom radu biće predstavljena primena linearne regresije u finansijama. Kod postepene regresije, veličina modela nije fiksna unapred. Budući da procena svih mogućih regresija može biti mukotrpan, razvile su se različite metode procene samo malog podskupa regresionih modela tako da ili dodajemo ili brišemo jednu po jednu nezavisnu promenljivu.

Cilj: Regresioni modeli predstavljaju jedan od najznačajnijih oblika modeliranja. Pomoću linearnih regresionih modela smo mogli vršiti predviđanje, objasniti neke rezultate i izvesti odgovarajuće zaključke za posmatrani problem, koji imaju veliku primenu u finansijama.

Materijal i metode: Za izračunavanje karakteristične prave za obične akcije i za zajedničke fondove korišćen je model proste linearne regresije. Za procenu empirijskog trajanja običnih akcija korišćen je model višestruke linearne regresije. Metodologija postepene regresije se zasnivala na identifikaciji početnog modela i iterativnog koraćanja (stepping-a), odnosno uzastopno merenje modela dodavanjem ili uklanjanjem regresora.

Rezultati: Procenjeni parametri za dve akcije i portfolija pokazali su da je nagib za karakterističnu pravu statistički značajan, koeficijent determinacije znatno veći kod nasumično kreiranog portfolija nego kod akcija. Procenjeni koeficijent beta se značajno razlikuje od nule, ali i od jedinice. Učinak ovog zajedničkog fonda nije imao ni loš ni bolji učinak na tržištu tokom perioda nakon prilagođavanja tržišnom riziku. Na prinos za sektor Elektoprivrede uticale su i promene trezorske stope i prinos na berzi, za sektor Komercijalne banke uticale su promene trezorske stope, dok je suprotno za Lehmanov indeks američkih obveznica.

Zaključak: Rad je ponudio opis primene linearne regresije u finansijama i postepenu regresiju, gde je krajnjim rezultatima ukazao na njen značaj u finansijama.

Ključne reči: linearna regresija; parametri; hartije od vrednosti; postepena regresija

UVOD

U svakoj naučnoj disciplini, jedan od glavnih problema je utvrđivanje veze između dva ili više obeležja, na primer, visine novčanog prihoda i stepena obrazovanja ili koliko dugo spavanje utiče na rezultat testa iz nekog predmeta. Rešavanjem najjednostavnijih problema matematičke statistike te veze mogu biti potpuno određene. Međutim, u nešto složenijim problemima, već moramo razmatrati dve ili više slučajnih promenljivih, tako da se jedna promenljiva može predvideti iz drugih promenljivih.

Francis Galton¹ je 1875. godine uveo opis regresije, tačnije, regresijom prema proseku. Tako je Galton postavio temelje linearne regresije, a ove rezultate je zatim matematički formalizovao Carl Pearson².

Osnovna svrha primene regresije je da se na osnovu jedne promenljive može predvideti vrednost druge, nepoznate promenljive. Promenljive čiji se uticaj ispituje nazivaju se prediktorska obeležja, prediktori ili nezavisne promenljive. Prediktori se nazivaju još i regresori. Prediktori mogu biti slučajne promenljive, u oznaci $X_1, X_2, \dots, X_p$, $p \geq 2$, ili kontrolisane promenljive (unapred zadate vrednosti), u oznaci $x_1, x_2, \dots, x_p$, $p \geq 2$. Od interesa je jedna veličina: zavisna promenljiva, promenljiva na kojoj se ispituje uticaj nezavisne promenljive ili prediktora. Zavisna promenljiva se označava sa Y . Zavisnost između zavisne promenljive Y i nezavisne promenljive opisuje se jednačinom koja se naziva regresioni model.

- U zavisnosti od prirode prediktorske promenljive, razlikujemo regresioni model sa slučajnim prediktorima (regresioni model prve vrste), odnosno model

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_p) + \varepsilon, p \geq 2$$

i regresioni model sa neslučajnim prediktorima (regresioni model druge vrste), odnosno model

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_p) + \varepsilon, p \geq 2.$$

- U zavisnosti od broja prediktorskih promenljivih čiji se uticaj ispituje, regresioni model prve vrste i druge vrste mogu se podeliti na proste (jednostruke) i višestruke regresione modele.

Slučajnom promenljivom ε predstavlja se greška u modelu. Zahvaljujući prisustvu sabirka ε , možemo da koristimo znak jednakosti „=” u konstruisanju modela.

Model proste linearne regresije je model kod koga se javlja samo jedna prediktorska promenljiva. U ovom radu koristi se sledeći model proste linearne regresije:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon,$$

pri čemu su Y i ε slučajne promenljive, x realizacija prediktorske slučajne promenljive X i β_0 i β_1 su realni parametri i nazivaju se koeficijentima regresije.

Višestruki regresioni model sastoji se od više od jedne prediktorske promenljive. Višestruki regresioni model koji je primenjen u radu je oblika:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \varepsilon,$$

pri čemu su redom x_1 i x_2 realizacije prediktorskih promenljivih X_1 i X_2 .

Kada se odredi model sa kojim se radi, ocenjuju se nepoznati parametri. Najčešće korišćen metod za ocenjivanje nepoznatih parametara β_i kod parametarskih modela je metod maksimalne verodostojnosti, a kod neparametarskih modela je metod najmanjih kvadrata [1].

U ovom radu je prikazana primena modela proste linearne regresije za izračunavanje karakteristične prave za obične akcije i za zajedničke fondove, i primena modela višestruke

¹ Francis Galton (1822–1911), engleski antropolog.

² Carl Pearson (1857–1936), engleski matematičar.

linearne regresije za procenu empirijskog trajanja običnih akcija.

Regresija ima široku primenu u ekonomiji, finansijama, epidemiologiji, ekološkim naukama. U ovom radu biće predstavljena primena linearne regresije u finansijama. Regresija ima široku primenu za opisivanje mogućih veza između promenljivih.

Cilj regresione analize je odrediti, pomoću promena nezavisnih promenljivih, kako se menja zavisna promenljiva. Model ocenjivanja kapitala koristi linearnu regresiju za analizu i kvantifikovanje sistematskog rizika ulaganja. Linearna regresija je dominantna empirijska alatka u ekonomiji. Koristi se za predviđanje ponude i potražnje, predviđanja potrošnje, potrošnje fiksnih investicija, itd.

Predmet razmatranja u ovom radu je i postepena regresija (*stepwise regression*) u kom veličina modela nije fiksna unapred. Umesto toga, podaci se prikupljaju i obrađuju, a ispitivanje se zaustavlja u skladu sa definisanim pravilom, čim se dosegnu značajni rezultati [2].

Dakle, zaključak može ponekad biti postignut u mnogo ranijoj fazi nego što bi to bilo moguće ostalim tipovima regresije.

MATERIJAL I METODE

Kao što je pomenuto u uvodu, posmatrali smo nekoliko primena regresione analize u finansijama. U cilju predstavljanja ovih primena, ograničili smo veličinu našeg uzorka. Prve dve primene prikazuju kako smo primenili model proste linearne regresije kod izračunavanja karakteristične linije za obične akcije i za zajedničke fondove. Naredne primene pokazale su kako smo primenili model višestruke linearne regresije za procenu empirijskog trajanja običnih akcija.

Karakteristična prava (regresiona prava) hartije od vrednosti je regresija viška prinosa te hartije od vrednosti u odnosu na tržišni višak prinosa

$$r_i = \alpha_i + \beta_i r_M,$$

pri čemu je

r_i – višak prinosa hartije od vrednosti u odnosu na stopu bez rizika

r_M – tržišni višak prinosa tržišta u odnosu na stopu bez rizika.

Činjenica da cene vrednosnih papira po pravilu rastu sa rastom tržišta, odnosno, padaju kada je tržište u krizi, sugerise da jedan od razloga međusobne korelacije prinosa hartije od vrednosti leži u njihovom zajedničkom odgovoru na tržišne promene.

Upotreba modela proste linearne regresije zahteva ocenu parametra beta, u oznaci β , za svaku hartiju od vrednosti. Do koeficijenta beta se može doći subjektivnom ocenom analitičara ili tako što će se parametar beta oceniti na osnovu već poznatih (istorijskih) podataka, pri čemu tako ocenjen parametar beta nazivamo istorijsko beta. Istorijske bete pružaju korisne informacije o budućim betama pod uslovom njihove relativne postojanosti tokom vremena. Stabilnija istorijska beta znači pouzdaniju procenu buduće bete i ujedno veću pouzdanost celog modela.

Nagib karakteristične prave određen je koeficijentom beta. Karakteristična prava je pozitivnog nagiba u slučaju pozitivne bete, odnosno, negativnog nagiba u slučaju negativne bete.

U radu smo protumačili i koeficijent alfa, u oznaci α , što je izuzetno važno, zbog toga što pokazuje očekivani prinos posmatrane hartije od vrednosti za slučaj nulte vrednosti tržišnog prinosa. Koeficijent alfa ukazuje na odstupanje stvarnog od očekivanog prinosa.

- Ukoliko je alfa pozitivna, stvarni prinos je veći od očekivanog, a hartija od vred-

nosti je potcenjena.

- Ukoliko je alfa negativna, stvarni prinos je manji od očekivanog, a hartija od vrednosti je precenjena.
- Nulti alfa koeficijent ukazuje na odsustvo potcenjenosti, odnosno, precenjenosti posmatrane hartije od vrednosti i prisustvo cenovne ravnoteže.
- Beta koeficijent (β_i) se smatra pravom merom sistematskog rizika:
- Ukoliko je $\beta_i = 1$, hartija od vrednosti ima isti sistematski rizik kao i ukupno tržište;
- Ukoliko je $\beta_i > 1$, hartija od vrednosti ima veći sistematski rizik nego ukupno tržište;
- Ukoliko je $\beta_i < 1$, hartija od vrednosti ima manji sistematski rizik nego ukupno tržište;

Izračunali smo karakteristične prave dve obične akcije, Oracle i General Motors, i nasumično kreirali portfolio koji se sastajao od 20 akcija jednako ponderisanih. Iskorišćeni su S&P 500 indeks i 90-dnevna stopa Trezora kao zamena za stopu bez rizika. Podaci o prinosu i višku prinosa prikazani su u prilogu (Prilog br. 1). Za procenu korišćeno je 60 mesečnih zapažanja karakteristične prave.

Pored toga, korišćen je i model regresije za procenu zajedničkih fondova. Procenili smo karakterističnu pravu zajedničkog fonda za fondove sa velikim kapitalom. Koristili smo nazive za ova dva fonda, fond A i fond B. U prilogu su prikazani mesečni podaci za deset godina (Prilog br. 2). S obzirom na to da su ova dva fonda fondovi sa velikim kapitalom, S&P 500 je korišćen kao merilo. Za stopu bez rizika koristili smo 90-dnevnu Trezorsku stopu.

Inače, često korišćena mera za osetljivost kamatne stope je njeno trajanje. Prosta linearna regresija za izračunavanje empirijskog trajanja koristi mesečne istorijske podatke.

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_i x_t + e_{it},$$

pri čemu je,

y_{it} – procentualna promena vrednosti imovine i za mesec t

x_t – promena prinosa trezora za mesec t.

Procenjeni β_i je empirijsko trajanje za sredstvo i. Ova linearna regresija je bila primenjena na mesečne podatke, koji su prikazani u prilogu (Prilog br. 3). Posmatrali smo:

- Sektor Elektroprivrede S&P 500
- Sektor Komercijalne banke S&P 500
- Lehman U. S. zbirni indeks obveznica.

Promene prinosa smo merili Lehman trezor indeksom.

Model višestruke regresije za procenu empirijskog trajanja koji smo koristili je

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_{1i} x_{1t} + \beta_{2i} x_{2t} + e_{it},$$

pri čemu su y_{it} i x_{1t} definisani kao i kod proste linearne regresije, a x_{2t} je prinos na S&P 500.

Postepena metoda uključuje ili uklanja jednu nezavisnu promenljivu na svakom koraku, temeljno (po *defaultu*) na p-vrednosti. Alternativno, može se koristiti i vrednost F umesto njegove verovatnoće.

Metodologija postepene regresije se zasnivala na identifikaciji početnog modela i iterativno *stepping*-a, odnosno uzastopno merenje modela dodavanjem ili uklanjanjem regresora. Dodavanje ili uklanjanje regresora se vršilo u skladu sa kriterijumima i završava

se kada korak više nije moguć s obzirom na kriterijume koraka, ili kada je maksimalni određen broj koraka dostignut. Jedan od kriterijuma jeste posmatranje da li se R menja dodavanjem ili uklanjanjem regresora. R govori o korelaciji i smeru linearne povezanosti između dve varijable i poprima vrednosti u segmentu $[-1,1]$. Postoje dve različite metodologije za postepenu regresiju: metoda koraka unapred i metoda koraka unazad.

REZULTATI

Ranije smo ukazali na važnost koeficijenata α i β . Rezultati istraživanja i procenjeni parametri za dve akcije i portfolio kod proste linearne regresije su prikazani u prilogu (Prilog br. 4). Kao što se može videti iz priloga, koeficijent α za GM i Oracle je -0,005 i -0,009, respektivno, dok je koeficijent β za GM i Oracle 1,406 i 1,157, respektivno. Za nasumično kreirani portfolio, koji se sastojao od 20 akcija, koeficijenti α i β su, respektivno, 0,003 i 1,026. Još jedan značajan parametar u istraživanju jeste koeficijent determinacije, koji se obeležava sa R^2 , kod GM i Oracle je iznosio 0,228 i 0,256, respektivno, što je znatno manje nego kod nasumično kreiranog portfolija, koji je iznosio 0,787. Neki istraživači procenjuju beta koeficijent za akcije korišćenjem prinosa, a ne višak prinosa. Portfolio koji smo koristili u radu je obuhvatao sledeće akcije: Honeywell, Alcoa, Campbell Soup, Boeing, General Dynamics, Oracle, Sun, General Motors, Procter & Gamble, Wal-Mart, Exxon, ITT, Unilever, Hilton, Martin Marietta, Coca-Cola, Northrop Grumman, Mercury Interact, Amazon i United Technologies.

Kod regresije za oba zajednička fonda dobili smo rezultate koji su prikazani u prilogu (Prilog br. 5). Koeficijent α za fondove A i B su -0,206 i 0,010, respektivno, dok je procenjeni koeficijent β za fondove A i B 0,836 i 0,816. Koristili smo t-statistiku: $(\beta - 1) / \text{standardna greška}$, za β i vidimo u prilogu (Prilog br. 5) da se za oba zajednička fonda β statistički značajno razlikuje od jedinice.

Rezultati regresije parametra za empirijsko trajanje su prikazani u prilogu (Prilog br. 6). U tabeli su prikazani rezultati o empirijskom trajanju (β_i), t-statistika, p-verovatnoća, koeficijent determinacije i koeficijent α_i za model proste i višestruke linearne regresije.

DISKUSIJA

Rezultati iz priloga br. 4 su pokazali da je nagib, koji se naziva beta, za karakterističnu pravu značajan. Tipično za individualne akcije da se R^2 kreće od 0,15 do 0,65 [1]. Za nasumično kreiran portfolio koeficijent determinacije R^2 je znatno veći od R^2 za Oracle i GM [2]. Procenjena regresija koju smo dobili naziva se jednoindeksni tržišni model [3]. Za naš portfolio od 20 akcija, bete su se razlikovale zbog načina zaokruživanja, te se one ne razlikuju značajno.

Rezultati predstavljeni preko priloga br. 5 ukazuju da se procenjeni koeficijent beta za oba zajednička fonda statistički razlikuje od nule [4]. Ako zajednički fond ima koeficijent beta koji je jednak tržištu, tada je beta jednak 1 [5]. Kao što je pomenuto u Rezultatima, koristili smo t-statistiku da bismo procenili da li je procenjeni koeficijent beta značajno različit od 1. Iz t-statistike se vidi da oba zajednička fonda imaju beta, koja se statistički značajno razlikuje od 1 [6–7]. Ako pretpostavimo da je CAPM model utvrđivanja cena kapitalnih sredstava validan, onda je alfa mera za učinak zajedničkog fonda nakon prilagođavanja za tržišni rizik [3], [8]. Ovakva alfa se naziva Jensenova mera [9–10]. Alfa za zajednički fond A je negativan i statistički značajan na nivou od 5%. Ovo znači da je menadžer zajedničkog fonda A je imao lošiji učinak na tržištu tokom perioda nakon prilagođavanja tržišnom riziku. Alfa za zajednički fond B je pozitivan, ali nije statistički značajan. Otuda, menadžer ovog zajedničkog fonda nije imao ni bolji ni loš učinak na

tržištu tokom perioda nakon prilagođavanja tržišnom riziku [2], [11].

U izveštajima o empirijskom trajanju, negativne vrednosti su prepisivane empirijskom trajanju. U praksi, međutim, trajanje se navodi kao pozitivna vrednost [12–15]. Za sektor Elektroprivrede i Lehmanov indeks američkih obveznica, empirijsko trajanje je statistički značajno. Primena višestruke linearne regresije ukazala je da su na prinos za sektor Elektroprivrede uticale i promene trezorske stope i prinos na berzi preko S&P 500. Za sektor Komercijalne banke, promena trezorske stope nije statistički značajna, ali koeficijent prinosa na S&P 500 jeste statistički značajan. Suprotan je slučaj za Lehmanov indeks američkih obveznica [2], [16].

Kod postepene regresije, veoma je bitan kriterijum po kome se vrši *stepping*, tj. koraćanje. Biramo da je početni model u koraku 0. Na osnovu p-vrednosti od F, uključivane su promenljive sa najmanjom p-vrednosti, u sledećem koraku ubacuju se s najmanjom p-vrednosti za F iz preostalog skupa promenljivih i tako nastavljamo postupak. Promenljive koje su već u jednačini se uklanjaju ako im p-vrednost postane veća od zadate granice zbog uključivanja drugih promenljivih. Postupak se završavao kada nema više promenljivih koje su pogodne za uključivanje ili uklanjanje. Korak se takođe prekidao kada je maksimalni broj koraka dostignut [2], [17–18].

ZAKLJUČCI

Rad je ponudio opis primene linearne regresije u finansijama. Ovim rezultatima se može zaključiti njen značaj u finansijama, ali i u drugim oblastima, koje su povezane i temelje se na poznavanju osnova iz finansija, što je od značaja za buduća istraživanja.

Budući da procena svih mogućih regresija može biti mukotrpna, postepena regresija pruža mogućnost da se do nekih zaključaka dođe u mnogo ranijoj fazi nego što bi to bilo moguće ostalim tipovima regresije. Statistički paketi, kao što su Matlab i SAS, nude iterativne alate za izvođenje postepene regresije. Na svakom koraku, alat izračunava svaku potrebnu statistiku. Takođe, statistički paketi koji automatski izvode postepenu regresiju na osnovu određenih kriterijuma, što ukazuje na neki novi pristup i pruža mogućnost za daljim napredovanjem iz ove oblasti.

LITERATURA

1. Ristić M., Nastić A., Todorović B. (2022): Regresiona analiza, U štampi, Univerzitet u Nišu, Prirodno-matematički fakultet.
2. Rachev S., Mittnik S., Focardi S., Jašić T., Fabozzi F. Financial Econometrics From Basics to Advances Modeling Techniques, John Wiley&Sons, 2007, 100-114.
3. Zhang, J., Wihlborg, C. (2010): CAPM in Up and Down Markets: Evidence from Six European Emerging Marktes, Journal of Emerging Market Finance.
4. Sharpe W. A Simplified Model for Portfolio Analysis, Management Science 9, 1963, 227-293.
5. Reilly F., Wright D., Johnson R. An Analysis of the Interest Rate Sensitivity of Common Stocks, Journal of Portfolio Management.
6. Markowitz H. Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments, New Haven, 1959.
7. Popović B. Matematička statistika, Prirodno-matematički fakultet, Niš, 2009.
8. Jovanović M., Milošević M. Finansijska matematika, Univerzitet u Nišu, 2016, 158-164.
9. Lai T., Xing H. Statistical Models and Methods for Financial Markets, 2008.
10. Popović, B., Popović, P. (2018): Statističko modeliranje, Univerzitet u Nišu, Prirodno matematički fakultet.
11. Yan X., Gang Su X. Linear Regression Analysis, Theory and Computing, World Scientific Publishing, 2009.
12. Vasiljević, V (2005): Osnovi finansijskog tržišta, Zavet, Beograd.
13. Hayashi F, Econometrics, Princeton University Press, 2000.

14. Baltagi, B (2009): Econometrics, 4th edition, Springer-Verlag.
15. Wong K., Manzur, M., Chew, K.(2003): How Rewarding is Technical Analysis? Evidence from Singapore Stock Market, Applied Financial Economics.
16. Mumanović, S., Pavlović, V.(2008): Odnos finansijskih i tržišnih pokazatelja i beta koeficijent za pojedinačne akcije koje se kotiraju na Beogradskoj berzi.
17. van Horne, C., Wachomicz, M. (2007): Osnovi finansijskog menadžmenta, Beograd.
18. Pack, E., Montgomery, D., Vining, G.(2012): Introduction to Linear Regression Analysis, 5th edition, Wiley.

Prilog br. 1. Prinos i višak prinosa mesečnih podataka za S&P 500, Oracle, GM i portfolio:

S&P 500 prinos	Stopa bez rizika	S&P – Stopa bez rizika	Oracle prinos	Oracle višak prinosa	GM prinos	GM višak prinosa	Portfolio prinos	Portfolio višak prinosa
0,03464	0,00473	0,02990	0,00206	-0,00267	0,05418	0,04945	0,01446	0,00973
-0,09229	0,00413	-0,09642	-0,34753	-0,35165	-0,00708	-0,01120	-0,07324	-0,07736
-0,6420	0,00393	-0,06813	-0,21158	-0,21550	-0,02757	-0,03149	-0,07029	-0,07421
0,07681	0,00357	0,07325	0,07877	0,07521	0,05709	0,05352	0,11492	0,11135
0,00509	0,00321	0,00188	-0,05322	-0,05643	0,03813	0,03492	0,01942	0,01621
-0,02504	0,00302	-0,02805	0,24183	0,23881	0,13093	0,12791	-0,03050	-0,03351
-0,01074	0,00288	-0,01362	-0,04842	-0,05130	-0,01166	-0,01453	-0,03901	-0,04189
-0,06411	0,00288	-0,06698	-0,32467	-0,32754	-0,13915	-0,14203	-0,08264	-0,08552
-0,08172	0,00274	-0,08447	0,03030	0,02756	-0,21644	-0,21918	-0,13019	-0,13293
0,01810	0,00219	0,01591	0,07790	0,07571	-0,03683	-0,03902	0,05969	0,05749
0,07518	0,00177	0,07341	0,03466	0,03289	0,20281	0,20104	0,11993	0,11816
0,00757	0,00157	0,00601	-0,01568	-0,01725	-0,02213	-0,02370	0,02346	0,02190
-0,01557	0,00148	-0,01706	0,24982	0,24834	0,05226	0,05078	0,05125	0,04976
-0,02077	0,00144	-0,02221	-0,03708	-0,03852	0,03598	0,03454	0,02058	0,01914
0,03674	0,00152	0,03522	-0,22984	-0,23136	0,14100	0,13948	0,02818	0,02667
-0,06142	0,00168	-0,06309	-0,21563	-0,21730	0,06121	0,05953	-0,00517	-0,00684
-0,00908	0,00161	-0,01069	-0,21116	-0,21276	-0,03118	-0,03279	-0,02664	-0,02825
-0,07246	0,00155	-0,07401	0,19571	0,19416	-0,13998	-0,14153	-0,04080	-0,04235
-0,07900	0,00149	-0,08050	0,05702	0,05553	-0,12909	-0,13058	-0,05655	-0,05804
0,00488	0,00142	0,00346	-0,04196	-0,04337	0,02814	0,02673	-0,01411	-0,01553
-0,11002	0,00133	-0,11136	-0,18040	-0,18173	-0,18721	-0,18855	-0,09664	-0,09797
0,08645	0,00133	0,08512	0,29644	0,29510	-0,14524	-0,14658	0,06920	0,06787
0,05707	0,00130	0,05577	0,19235	0,19105	0,19398	0,19268	0,08947	0,08817
-0,06033	0,00106	-0,06139	-0,11111	-0,11217	-0,07154	-0,07259	-0,04623	-0,04729
-0,02741	0,00103	-0,02845	0,11389	0,11286	-0,01438	-0,01541	-0,00030	-0,00134
-0,01700	0,00100	-0,01800	-0,00582	-0,00682	-0,07047	-0,07147	-0,03087	-0,03187
0,00836	0,00098	0,00737	-0,09365	-0,09463	-0,00444	-0,00543	-0,00951	-0,01049
0,08104	0,00094	0,08010	0,09594	0,09500	0,07228	0,07134	0,06932	0,06838
0,05090	0,00095	0,04995	0,09512	0,09417	-0,01997	-0,02092	0,06898	0,06803
0,01132	0,00090	0,01042	-0,07686	-0,07776	0,01896	0,01806	0,00567	0,00477
0,01622	0,00077	0,01546	-0,00167	-0,00243	0,03972	0,03896	0,03096	0,03019
0,01787	0,00079	0,01708	0,07006	0,06927	0,09805	0,09726	0,03756	0,03677
-0,01194	0,00086	-0,01280	-0,12315	-0,12401	-0,00414	-0,00499	-0,03145	-0,03231
0,05496	0,00084	0,05412	0,06400	0,06316	0,04251	0,04167	0,07166	0,07082
0,00713	0,00083	0,00630	0,00418	0,00334	0,00258	0,00174	0,00832	0,00749
0,05077	0,00085	0,04992	0,10067	0,09982	0,24825	0,24740	0,06934	0,06849
0,01728	0,00083	0,01645	0,04762	0,04679	-0,06966	-0,07049	0,00012	-0,00070
0,01221	0,00081	0,01140	-0,07143	-0,07224	-0,03140	-0,03221	0,01279	0,01198

-0,01636	0,00083	-0,01718	-0,06760	-0,06842	-0,01808	-0,01890	-0,03456	-0,03538
-0,01679	0,00083	-0,01762	-0,06250	-0,06333	0,00360	0,00277	-0,00890	-0,00972
0,01208	0,00091	0,01118	0,01333	0,01243	-0,04281	-0,04372	0,02303	0,02212
0,01799	0,00109	0,01690	0,04649	0,04540	0,02644	0,02535	-0,00927	-0,01036
-0,03429	0,00133	-0,03562	-0,11903	-0,12036	-0,07405	-0,07538	-0,05173	-0,05307
0,00229	0,00138	0,00090	-0,05138	-0,05276	-0,04242	-0,04380	-0,00826	-0,00965
0,00936	0,00143	0,00793	0,13139	0,12996	0,02832	0,02689	0,01632	0,01488
0,01401	0,00156	0,01246	0,12234	0,12078	-0,09251	-0,09407	0,00577	0,00421
0,03859	0,00167	0,03693	0,00632	0,00465	0,00104	-0,00063	0,05326	0,05159
0,03246	0,00189	0,03057	0,07692	0,07503	0,03809	0,03620	0,02507	0,02318
-0,02529	0,00203	-0,02732	0,00364	0,00162	-0,08113	-0,08315	-0,03109	-0,03311
0,01890	0,00218	0,01673	-0,05955	-0,06172	-0,03151	-0,03369	0,01225	0,01008
-0,01912	0,00231	-0,02143	-0,03629	-0,03860	-0,17560	-0,17790	-0,01308	-0,01538
-0,02011	0,00250	-0,02261	-0,07372	-0,07622	-0,09221	-0,09471	-0,03860	-0,04110
0,02995	0,00254	0,02741	0,10727	0,10472	0,18178	0,17924	0,04730	0,04476
-0,00014	0,00257	-0,00271	0,03125	0,02868	0,07834	0,07577	-0,02352	-0,02609
0,03597	0,00261	0,03336	0,02803	0,02542	0,08294	0,08033	0,04905	0,04644
-0,01122	0,00285	-0,01407	-0,04274	-0,04559	-0,07143	-0,07428	-0,02185	-0,02470
0,00695	0,00305	0,00390	-0,04542	-0,04847	-0,10471	-0,10776	0,00880	0,00575
-0,01774	0,00306	-0,02080	0,02258	0,01952	-0,10487	-0,10793	-0,04390	-0,04696
0,03519	0,00333	0,03186	-0,00631	-0,00963	-0,20073	-0,20405	0,01649	0,01316
0,01009	0,00346	0,00663	-0,00714	-0,01060	0,01050	0,00704	0,01812	0,01466

Prilog br. 2. Mesečni podaci za procenu karakteristične prave dva zajednička fonda sa velikim kapitalom

Tržišni višak prinosa	Višak prinosa sa fond A	Višak prinosa sa fond B
2,18	0,23	0,86
3,48	3,04	2,76
2,50	2,43	2,12
2,47	1,21	1,37
3,41	2,12	2,42
1,88	1,65	1,71
2,88	3,19	2,83
-0,20	-0,87	0,51
3,76	2,63	3,04
-0,82	-2,24	-1,10
3,98	3,59	3,50
1,36	0,80	1,24
3,01	2,93	1,71
0,57	1,14	1,49
0,57	0,20	1,26
1,01	1,00	1,37
2,16	1,75	1,78
0,01	-1,03	-0,40
-4,90	-4,75	-4,18
1,71	2,32	1,83

5,18	4,87	4,05
2,32	1,00	0,92
7,18	5,68	4,89
-2,42	-1,84	-1,36
5,76	3,70	5,28
0,42	1,26	-1,75
-4,59	-4,99	-4,18
5,54	4,20	2,95
5,65	4,76	5,56
4,09	2,61	2,53
7,51	5,57	7,49
-5,97	-4,81	-3,70
5,04	5,26	4,53
-3,76	-3,18	-3,00
4,24	2,81	2,52
1,24	1,23	1,93
0,68	-0,44	-0,70
6,82	5,11	6,45
4,73	5,06	3,45
0,58	-0,95	0,64
-2,12	-1,65	-1,70
3,65	2,96	3,65
-1,46	-0,30	-2,15
-14,89	-16,22	-13,87
5,95	4,54	4,40
7,81	5,09	4,24
5,75	4,88	5,25
5,38	7,21	6,80
3,83	2,25	2,76
-3,46	-4,48	-3,36
3,57	2,66	2,84
3,50	1,89	1,85
-2,70	-2,46	-1,66
5,15	4,03	4,96
-3,50	-3,53	-2,10
-0,89	-1,44	-2,45
-3,13	-3,25	-1,72
5,94	5,16	1,90
1,67	2,87	3,27
5,45	8,04	6,65
-5,43	-4,50	-1,24
-2,32	1,00	2,54

9,31	6,37	5,39
-3,47	-4,50	-5,01
-2,55	-3,37	-4,97
2,06	0,14	5,66
-2,04	-1,41	1,41
5,71	6,80	5,51
-5,79	-5,24	-5,32
-0,98	-2,48	-5,40
-8,39	-7,24	-11,51
-0,01	2,11	3,19
3,01	-0,18	4,47
-9,50	-5,79	-8,54
-6,75	-5,56	-6,23
7,38	4,86	4,28
0,35	0,15	0,13
-2,71	-3,76	-1,61
-1,28	-2,54	-2,10
-6,57	-5,09	-5,72
-8,36	-6,74	-7,55
1,69	0,79	2,08
7,50	4,32	5,45
0,73	1,78	1,99
-1,60	-1,13	-3,41
-2,06	-0,97	-2,81
3,63	3,25	4,57
-6,21	-4,53	-3,47
-0,88	-1,92	-0,95
-7,25	-6,05	-5,42
-7,95	-6,52	-7,67
0,52	-0,20	1,72
-11,01	-9,52	-6,18
8,66	3,32	4,96
5,77	3,69	1,61
-5,99	-4,88	-3,07
-2,72	-1,73	-2,44
-1,59	-0,57	-2,37
0,87	1,01	1,50
8,14	6,57	5,34
5,18	4,87	6,56
1,18	0,59	1,08
1,69	1,64	3,54
1,88	1,25	1,06

-1,14	-1,42	-1,20
5,59	5,23	4,14
0,81	0,67	1,11
5,16	4,79	4,69
1,77	0,80	2,44
1,33	0,91	1,12
-1,60	-0,98	-1,88
-1,65	-2,67	-1,81
1,31	0,60	0,77
1,86	1,58	1,48
-3,41	-2,92	-4,36
0,29	-0,44	-0,11
0,97	1,09	1,88
1,42	0,22	1,10
3,90	4,72	5,53
3,24	2,46	3,27

Prilog br. 3. Mesečni podaci za empirijsko trajanje

Promena prinosa trezora Lehman Bros	S&P 500 prinos	Mesečni prinos za		
		Sektor elektroprivrede	Sektor Komerijalne banke	Lehman- ov indeks američkih obveznica
-0,46	-2,33	2,350	-11,043	2,4600
-0,10	2,08	2,236	-3,187	0,9500
0,12	2,36	3,794	-1,887	0,2700
0,43	-6,71	-4,641	-10,795	-1,1900
0,09	1,29	0,193	4,782	0,3200
0,20	2,63	-1,406	-4,419	0,0700
0,34	-2,47	-5,175	-4,265	-0,9200
-0,46	9,75	5,455	12,209	2,9600
-0,20	-0,70	0,966	-5,399	1,6100
-0,21	-0,32	1,351	-8,328	1,3800
0,37	-9,03	-7,644	-10,943	-1,3400
-0,06	-4,92	0,435	-15,039	0,8300
-0,23	-0,37	10,704	-10,666	1,2700
-0,28	6,44	2,006	18,892	2,1500
-0,23	2,74	1,643	6,620	1,5600
-0,13	4,42	-1,401	8,018	1,2400
0,01	7,16	4,468	12,568	0,8500
0,03	2,38	2,445	5,004	0,6900
-0,15	0,28	-0,140	7,226	1,0800

0,06	4,28	-0,609	7,501	0,5800
0,15	-4,57	-0,615	-7,865	-0,0500
-0,13	4,68	4,743	7,983	1,3900
-0,37	2,35	3,226	9,058	2,1600
-0,33	-1,64	4,736	-2,033	2,0300
-0,17	1,34	1,455	0,638	1,1100
-0,15	-4,04	2,960	-9,814	0,9200
-0,59	11,43	5,821	14,773	2,9700
0,42	-1,86	-5,515	2,843	-1,3600
0,10	1,28	-1,684	8,834	0,6506
0,27	-1,96	-0,296	-3,244	-0,5634
-0,10	2,91	3,058	4,273	0,7215
-0,23	0,54	2,405	2,483	1,8871
-0,26	-1,45	0,492	1,221	1,3760
-0,41	4,03	6,394	-0,540	2,0411
-0,13	-2,02	-1,746	-5,407	1,0122
-0,26	1,15	0,718	1,960	1,1864
0,49	0,36	-0,778	2,631	-1,3266
0,26	3,37	-0,025	7,539	0,0228
-0,24	1,31	3,247	5,010	1,5903
-0,36	0,73	3,096	4,203	1,9177
-0,29	1,35	6,000	3,406	1,7492
0,02	2,15	0,622	3,586	0,4183
-0,10	-2,45	-0,026	-5,441	0,6955
0,25	2,70	-0,607	-0,647	0,1268
-0,30	0,33	2,708	4,991	1,8121
0,05	-0,47	2,921	0,741	0,5655
-0,31	3,81	3,354	0,851	1,7539
0,00	-0,74	-1,099	3,790	0,2746
0,05	2,03	-1,499	-7,411	0,3732
0,26	-0,94	-5,091	-1,396	-0,8502
0,01	1,23	2,073	3,828	0,5420
-0,17	3,35	-2,577	4,376	1,3502
0,55	-2,70	-5,683	-4,369	-1,7374
0,55	-4,35	-4,656	-3,031	-2,4657
0,37	1,30	0,890	3,970	-0,7985
0,18	1,63	-5,675	6,419	-0,0138
0,16	-2,47	-3,989	-2,662	-0,2213
-0,23	3,31	5,555	2,010	1,9868
0,12	4,07	0,851	3,783	0,1234
0,43	-2,41	-2,388	-7,625	-1,4717
0,18	2,29	1,753	1,235	-0,0896

0,37	-3,67	2,454	-7,595	-0,2217
0,11	1,46	0,209	-0,866	0,6915
-0,33	2,60	7,749	6,861	1,9791
-0,41	3,88	-0,750	6,814	2,3773
0,01	2,96	-2,556	-1,434	0,6131
-0,18	2,91	3,038	4,485	1,3974
-0,72	3,95	7,590	9,981	3,8697
-0,05	2,35	-0,707	0,258	0,7329
0,14	3,33	-0,395	4,129	-0,2231
-0,10	0,27	-0,632	5,731	1,2056
-0,05	4,19	V6,987	5,491	0,9735
-0,21	-0,35	2,215	-1,906	1,3002
-0,23	4,40	-0,627	7,664	1,4982
-0,18	1,85	6,333	0,387	1,4040
-0,13	3,44	2,420	3,361	0,6633
0,49	0,96	-3,590	4,673	-1,7378
0,31	0,96	-1,697	2,346	-0,6954
0,25	1,47	-4,304	-1,292	-0,5621
0,18	2,58	1,864	2,529	-0,2025
-0,14	0,41	5,991	-0,859	1,3433
0,08	-4,45	-7,150	0,466	0,2736
0,15	2,12	1,154	4,880	-0,1675
-0,23	5,62	0,682	6,415	1,7414
-0,35	2,74	4,356	8,004	2,2162
-0,21	7,59	1,196	10,097	1,7129
0,30	-1,96	-0,323	-4,887	-0,9299
0,06	6,21	0,443	8,392	0,3058
0,11	0,81	0,235	5,151	0,2485
0,36	-4,16	-4,216	-7,291	-1,1083
-0,18	5,97	-2,698	5,477	1,4980
-0,07	6,14	4,240	3,067	0,9451
-0,11	4,46	3,795	4,834	1,1873
-0,43	7,94	2,627	12,946	2,6954
0,30	-5,56	-2,423	-6,205	-0,8521
-0,19	5,48	5,010	7,956	1,4752
-0,21	-3,34	1,244	-2,105	1,4506
0,06	4,63	8,323	3,580	0,4603
-0,11	1,72	7,902	3,991	1,0063
-0,25	1,11	-4,273	-4,404	1,2837
0,17	7,21	2,338	9,763	-0,0753
0,05	5,12	7,850	7,205	0,3441
0,00	1,01	-3,234	2,135	0,5223

-0,08	-1,72	-0,442	-3,200	0,9481
-0,09	4,06	3,717	2,444	0,8483
0,03	-1,06	-4,566	0,918	0,2122
-0,46	-14,46	7,149	-24,907	1,6277
-0,53	6,41	5,613	2,718	2,3412
0,05	8,13	-2,061	9,999	-0,5276
0,17	6,06	1,631	5,981	0,5664
0,02	5,76	2,608	2,567	0,3007
-0,01	4,18	-6,072	-0,798	0,7143
0,55	-3,11	-5,263	0,524	-1,7460
-0,05	4,00	-2,183	1,370	0,5548
0,05	3,87	6,668	7,407	0,3170
0,31	-2,36	7,613	-6,782	-0,8763
0,11	5,55	-4,911	5,544	-0,3194
0,11	-3,12	-2,061	-7,351	-0,4248
0,10	-0,50	1,508	-4,507	-0,0508
-0,08	-2,74	-5,267	-6,093	1,1604
0,11	6,33	1,800	15,752	0,3689
0,16	2,03	-8,050	-7,634	-0,0069
0,24	5,89	-0,187	-9,158	-0,4822
0,19	-5,02	5,112	-2,293	-0,3272
-0,13	-1,89	-10,030	-12,114	1,2092
-0,20	9,78	1,671	18,770	1,3166
0,17	-3,01	14,456	-5,885	-0,2854
0,07	-2,05	2,985	11,064	-0,0459
-0,26	2,47	-5,594	-14,389	2,0803
-0,08	-1,56	6,937	6,953	0,9077
-0,17	6,21	13,842	12,309	1,4497
-0,03	-5,28	12,413	1,812	0,6286
-0,06	-0,42	-3,386	-1,380	0,6608
-0,31	-7,88	3,957	-3,582	1,6355
-0,33	0,49	4,607	12,182	1,8554
-0,22	3,55	-11,234	3,169	1,6346
-0,16	-9,12	6,747	-3,740	0,8713
-0,08	-6,33	1,769	0,017	0,5018
0,22	7,77	5,025	-1,538	-0,4151
0,00	0,67	0,205	5,934	0,6041
0,01	-2,43	-7,248	0,004	0,3773
-0,40	-0,98	-5,092	2,065	2,2357
-0,14	-6,26	-0,149	-3940	1,1458
-0,41	-8,08	-10,275	-4,425	1,1647
-0,39	1,91	1,479	-7,773	2,0930

0,41	7,67	-0,833	7,946	-1,3789
0,21	0,88	3,328	3,483	-0,6357
0,00	-1,46	-3,673	1,407	0,8096
-0,08	-1,93	-2,214	-0,096	0,9690
0,56	3,76	10,623	7,374	-1,6632
-0,44	-6,06	1,652	2,035	1,9393
-0,06	-0,74	-3,988	1,247	0,8495
-0,23	-7,12	-4,194	-3,767	0,8651
-0,50	-7,80	-10,827	-4,957	1,2062
-0,17	0,66	2,792	3,628	1,6882
-0,45	-10,87	-8,677	-10,142	1,6199
0,11	8,80	-2,802	5,143	-0,4559
0,34	5,89	1,620	0,827	-0,0264
-0,45	-5,88	5,434	-2,454	2,0654
0,11	-2,62	-3,395	-0,111	2,0654
-0,21	-1,50	-2,712	-1,514	0,0855
0,05	0,97	4,150	-3,296	1,3843
-0,03	8,24	5,438	9,806	-0,0773
-0,33	5,27	10,519	5,271	0,8254
0,08	1,28	1,470	1,988	1,8645
0,66	1,76	-5,649	3,331	-0,1986
0,05	1,95	1,342	-1,218	-3,3620
-0,46	-1,06	4,993	-0,567	0,6637
0,33	5,66	0,620	8,717	2,6469
0,13	0,88	0,136	1,428	-0,9320
-0,14	5,24	NA	NA	0,2391

Prilog br. 4. Karakteristična prava za obične akcije, General Motors i Oracle, i portfolio

Koeficijent	Procenjeni koeficijent	Standardna greška	t-statistika	p-verovatnoća
GM				
α	-0,005	0,015	-0,348	0,729
β	1,406	0,339	4,142	0,00
R ²	0,228			
p-vrednost	0,00			
Oracle				
α	-0,009	0,011	-0,812	0,420
β	1,157	0,257	4,501	0,000
R ²	0,259			
p-vrednost	0,000			

Portfolio				
α	0,003	0,003	1,027	0,309
β	1,026	0,070	14,711	0,000
R^2	0,787			
p-vrednost	0,000			

Prilog br. 5. Karakteristična prava za zajedničke fondove A i B

Koeficijent	Procenjeni koeficijent	Standardna greška	t-statistika	p-verovatnoća
Fond A				
α	-0,206	0,102	-2,014	0,046
β	0,836	0,022	37,176	0,000
R ²	0,92			
p-vrednost	0,00			
Fond B				
α	0,010	0,140	0,073	0,942
β	0,816	0,031	26,569	0,000
R ²	0,86			
p-vrednost	0,000			
	A	B		
Procenjena β	0,836	0,816		
Standardna greška za β	0,022	0,031		
t-statistika	-7,45	-5,94		

Prilog br. 6. Procena parametara regresije za empirijsko trajanje

	Sektor Elektroprivrede	Sektor Komercijalne banke	Lehman-ov indeks američkih obveznica
a. Prosta linearna regresija			
Presretanje (<i>intercept</i>)			
α_i	0,6376	1,1925	0,5308
t-statistika	1,8251	2,3347	21,1592
p-vrednost	0,0698	0,0207	0,0000
Promena prizora na trezor (<i>Treasury yield</i>)			
β_i	-4,5329	-2,5269	-4,1062
t-statistika	-3,4310	-1,3083	-43,2873
p-vrednost	0,0008	0,1926	0,0000
R^2	0,0655	0,0101	0,9177
F-verovatnoća	11,7717	1,7116	1873,8000

p-vrednost	0,0007	0,1926	0,0000
b. Višestruka linearna regresija			
Presretanje			
α_i	0,3937	0,2199	0,5029
t-statistika	1,1365	0,5835	21,3885
p-vrednost	0,2574	0,5604	0,0000
Promena prinosa na trezor (<i>Treasury yield</i>)			
β_{1i}	-4,3780	-1,9096	-4,0885
t-statistika	-3,4143	-1,3686	-46,9711
p-vrednost	0,0008	0,1730	0,0000
Prinos na S&P 500			
β_{2i}	0,2664	1,0620	0,0304
t-statistika	3,4020	12,4631	5,7252
p-vrednost	0,0008	0,0000	0,0000
R ²	0,1260	0,4871	0,9312
F-verovatnoća	12,0430	79,3060	1130,5000
p-vrednost	0,00001	0,00000	0,00000

STEPWISE REGRESSION AND USING REGRESSION ANALYSIS IN FINANCE

Author: MARIJANA ĐOKIĆ

Email: marijana.djokic@pmf.edu.rs

Mentor: Assist. Prof. Maja Obradović

Department of Mathematics

Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Niš

Introduction: Regression analysis is a statistical model that uses the relationship between two or more variables so that one variable can be predicted from another variable. Regression is widely used in economics, finance, epidemiology, and environmental sciences. This paper will present the application of linear regression in finance. In stepwise regression, the size of the model is not fixed in advance. Since the assessment of all possible regressions can be painstaking, various methods have been developed to estimate only a small subset of regression models by either adding or deleting one by one independent variable.

Aim: Regression models are one of the most important forms of modeling. With the help of linear regression models, we could make predictions, explain some results, and draw appropriate conclusions which have extensive applications in finance.

Material and Methods: A simple linear regression model was used to calculate the characteristic line for common stocks and mutual funds. A multiple linear regression model is used to estimate the empirical duration of common stocks. Stepwise regression methodology is based on the identification of the initial model and iterative stepping, that is, successive measurement of the model by adding or removing regressors.

Results: The estimated parameters for the two stocks and the portfolio showed that the slope for the characteristic line is statistically significant, and the coefficient of determination is significantly higher with a randomly created portfolio than with stocks. The estimated beta coefficient is significantly different from zero but also from unity. This mutual fund neither outperformed nor underperformed on the market over the period after adjusting for market risk. The returns for the electric utility sector are affected by both the change in treasury rates and the return on the stock market, and the Commercial Bank sector is affected by the change in treasury rates. The opposite is the case for the Lehman U.S. Aggregate Bond Index.

Conclusion: The paper offered a description of the transformation of linear regression in finance and stepwise regression, where the final results indicated its importance in finance.

Keywords: linear regression, parameters, common stocks, stepwise regression

VEROVATNOĆE PROPASTI U STACIONARNOM MODELU NEŽIVOTNOG OSIGURANJA

Autor: TEODORA ČAMAGIĆ

e-mail: teodora.camagic@pmf.edu.rs

Mentor: Marija Milošević, redovni profesor

Departman za matematiku

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Nišu

Uvod: Jedan od načina zaštite od rizika kojima su izloženi pojedinci u svakodnevnom životu je zaključivanje ugovora o osiguranju. Teorija rizika je oblast matematike koja se bavi problemima neživotnog osiguranja. Postoje različiti matematički modeli neživotnog osiguranja koji se zasnivaju na primenama teorije verovatnoća i stohastičkih procesa. Da bi primena nekog modela bila opravdana, potrebno je da on bude u skladu sa dinamikom poslovanja konkretne osiguravajuće kompanije.

Cilj: Cilj ovog rada je određivanje verovatnoće propasti osiguravajuće kompanije u stacionarnom modelu neživotnog osiguranja (SMNO), koja predstavlja važan parametar izloženosti riziku same kompanije. Od velikog značaja je modeliranje broja šteta koje će se realizovati tokom vremena i iznosa šteta, kao i određivanje stope premije osiguranja.

Materijal i metode: Slučajne promenljive i stohastički procesi imaju široku primenu u teoriji rizika. U ovom radu su od posebnog značaja stacionarni procesi. Najpre se navode osnovne pretpostavke modela neživotnog osiguranja koji se razmatra, a zatim se uspostavljaju odgovarajuće relacije koje karakterišu taj model i od ključnog su značaja za dobijanje glavnih rezultata ovog rada. Sama priroda razmatranog modela zahteva uvođenje nestandardnih raspodela verovatnoća i primenu netrivialnih metoda za dokazivanje glavnih rezultata.

Rezultati: Uspostavljanjem važnih relacija u SMNO dolazi se do eksplicitnog oblika verovatnoće propasti u tom modelu. Takav rezultat je od velikog teorijskog i praktičnog značaja u kontekstu neživotnog osiguranja.

Zaključak: Teorija propasti predstavlja veoma bitan deo teorije rizika i predmet je proučavanja brojnih autora. U ovom radu je akcenat na određivanju verovatnoće propasti u SMNO. U nekim slučajevima nije moguće eksplicitno odrediti verovatnoće propasti i tada se primenjuju odgovarajuće aproksimacije. Rezultati izloženi u ovom radu mogu se shvatiti kao osnova razmatranja nekih složenijih modela neživotnog osiguranja.

Ključne reči: stacionaran model neživotnog osiguranja; vreme propasti; verovatnoća propasti; tačkasti procesi

UVOD

Jedan od osnovnih zadataka u teoriji neživotnog osiguranja je proučavanje rizika i posledica njegovog delovanja. Neživotno osiguranje obuhvata osiguranje stvari i osiguranje od građanske odgovornosti. Svrha osiguranja stvari je naknada štete nastale nad osiguranim stvarima. Zaključivanjem ugovora o neživotnom osiguranju osiguravatelj prenosi rizike osiguravajućoj kompaniji. Oni stiču pravo na naknadu štete, ukoliko se ona realizuje, od strane osiguravajuće kompanije na osnovu uplata premija osiguranja osiguravajućoj kompaniji.

Centralni aspekti kojima se bave analitičari osiguravajućih kompanija su:

- broj preuzetih rizika osiguranika koji se može realizovati u određenom vremenskom intervalu;
- novčani iznos koji osiguravajuća kompanija treba da obezbedi da bi nadoknadila štete nastale nad osiguranim stvarima;
- visina premija koje osiguravajuća kompanija treba da naplati od osiguranika;
- minimiziranje verovatnoće propasti osiguravajuće kompanije.

Brojni autori su se bavili proučavanjem različitih matematičkih modela neživotnog osiguranja (videti, na primer, [1], [5] i [6]). Kako je u osnovi neživotnog osiguranja neizvesnost u pogledu realizacije rizičnih događaja, mnogi od tih modela se zasnivaju na primenama teorije verovatnoća i stohastičkih procesa. Detaljna razmatranja u oblasti teorije verovatnoće i stohastičkih procesa se mogu naći, na primer, u [7] i [8].

U osnovi ovog rada je proučavanje verovatnoće propasti osiguravajuće kompanije koja zauzima značajno mesto u teoriji neživotnog osiguranja. Glavni rezultat ovog rada je eksplicitno određivanje verovatnoće propasti u stacionarnom modelu neživotnog osiguranja.

Osiguravajuća kompanija bi trebalo da posluje tako da minimizira verovatnoću propasti. U praksi, osiguravajuće kompanije povećanjem iznosa premija mogu uticati na smanjenje verovatnoće propasti. Još jedan od načina na koji se osiguravajuće kompanije štite od propasti je reosiguranje.

MATERIJAL I METODE

Teorija rizika se prvenstveno bavi modeliranjem broja šteta nastalih u portfoliju neživotnog osiguranja, kao i modeliranjem iznosa tih šteta. Iznosi šteta nisu unapred poznati već se utvrđuju u trenutku nastanka. Postoje različiti modeli neživotnog osiguranja koji su predmet razmatranja teorije rizika, kao što su *Cramer-Lundberg*-ov i *Sparre-Andersen*-ov model, između ostalih. Međutim, da bi se što adekvatnije opisali problemi u kontekstu neživotnog osiguranja, brojni autori se bave proučavanjem različitih složenijih modela neživotnog osiguranja.

Osnovni elementi modela neživotnog osiguranja su:

- (i) Štete nad osiguranim stvarima nastaju u slučajnim trenucima $\sigma_i, i = 1, 2, \dots$, pri čemu je $0 < \sigma_1 < \sigma_2 < \dots$. Slučajna promenljiva σ_n predstavlja trenutak nastanka n -te štete (dolazno vreme n -te štete);
- (ii) Pozitivne slučajne promenljive $U_1, U_2, \dots$ predstavljaju iznose šteta;
- (iii) Koeficijent rizika je $u \geq 0$;
- (iv) Premijska stopa je konstantna i iznosi $\beta > 0$, tako da je prihod osiguravajuće kompanije na ime premija linearna funkcija vremena.

Pristizanje zahteva za odštetu može se opisati pomoću niza $\{(T_n, U_n)\}$, pri čemu T_n predstavlja vreme između pristizanja $(n - 1)$ -og i n -og zahteva za odštetu (međudolazno vreme) i U_n predstavlja iznos n -te štete. Takođe, može se opisati pomoću niza $\{(\sigma_n, U_n)\}$, pri čemu je $\sigma_n = \sum_{i=1}^n T_i$. Ponekad se slučajni niz $\{\sigma_n\}$ naziva tačkasti proces, a niz $\{(\sigma_n, U_n)\}$ se naziva označeni tačkasti proces.

U teoriji rizika je takođe od značaja proces broja šteta $\{N(t), t \geq 0\}$, koji se definiše kao

$$N(t) = \sum_{k=1}^{\infty} I(\sigma_k < \infty).$$

Pritom, za svako fiksirano $t \geq 0$, slučajna promenljiva $N(t)$ predstavlja broj šteta koje se realizuju do trenutka t , zaključno sa njim. Tada se proces ukupne štete $\{X(t), t \geq 0\}$ u portfoliju neživotnog osiguranja definiše kao

$$X(t) = \sum_{k=1}^{N(t)} U_k,$$

pri čemu $X(t)$ predstavlja ukupne rashode osiguravajuće kompanije na ime naknada šteta do trenutka t , zaključno sa njim.

Rezerva rizika osiguravajuće kompanije se opisuje procesom $\{R(t), t \geq 0\}$, pri čemu je

$$R(t) = u + \beta t - \sum_{i=1}^{N(t)} U_i,$$

dok je proces ukupnog rashoda osiguravajuće kompanije $\{S(t), t \geq 0\}$ dat sa

$$S(t) = \sum_{i=1}^{N(t)} U_i - \beta t.$$

Može se razmatrati niz $\{\sigma_n, n \in \mathbb{Z}\}$ slučajnih promenljivih, gde je

$$\dots \leq \sigma_{-1} \leq \sigma_0 \leq 0 < \sigma_1 \leq \dots$$

i niz međudolaznih vremena $\{T_n, n \in \mathbb{Z}\}$, pri čemu je $\{T_n, n \leq 0\}$ niz prošlih međudolaznih vremena, a $\{T_n, n > 0\}$ niz budućih međudolaznih vremena šteta.

Takođe, od značaja je slučajna mera prebrojavanja $\{N(B), B \in \mathcal{B}(R)\}$, gde je $\mathcal{B}(R)$ Borelova σ -algebra na R i $N(B) = \sum_{i \in \mathbb{Z}} I(\sigma_i \in B)$. Dakle, postoji korespondencija $1 - 1$ između nizova $\{\sigma_n\}$ i $\{N(B)\}$.

Uvođenje tačkastih procesa i odgovarajućih slučajnih mera prebrojavanja na realnoj osi, umesto na realnoj poluosi, korisno je prilikom proučavanja tačkastih procesa.

U nastavku rada razmatraju se dve vrste stacionarnosti niza $\{T_n\}$ međudolaznih vremena šteta. U prvom slučaju se pretpostavlja da je niz $\{T_n\}$ stacionaran, odnosno da za svako $n \geq 0$ i $k \in \mathbb{Z}$ raspodela slučajnog vektora $(T_{1+k}, \dots, T_{n+k})$ ne zavisi od k . Takođe,

pretpostavlja se da je $0 < ET_n < \infty, n \geq 0$ i, zbog jednostavnosti, neka su T_n pozitivne slučajne promenljive takve da je $P(T_n = 0) = 0, n \geq 0$. Ako se u trenutku 0 realizuje šteta, tada je $\sigma_n = \sum_{i=1}^n T_i$, za $n > 0$, $\sigma_0 = 0$, $\sigma_n = -\sum_{i=n+1}^0 T_i$, za $n < 0$.

Ako je niz $\{T_n\}$ stacionaran, onda se odgovarajući niz dolaznih vremena šteta $\{\sigma_n, n \in \mathbb{Z}\}$ naziva *Palm*¹-ov stacionaran tačkasti proces. Detaljnije razmatranje se može naći u knjizi [2].

Međutim, sa aspekta osiguravajuće kompanije, ponekad je adekvatnije drugačije izabrati početak vremenske ose i taj izbor je nezavisan od podataka o pristizanju zahteva za odštetu. Tada se početak može izabrati na slučajan način između dva uzastopna dolazna vremena šteta. Ovaj alternativni model stacionarnosti procesa dolaznih vremena šteta se definiše pomoću slučajne mere prebrojavanja $\{N(B)\}$ koja odgovara nizu $\{\sigma_n\}$. Pretpostavlja se da je raspodela slučajne promenljive $\{N(B)\}$ invarijantna u odnosu na determinističku translaciju vremena, tj. za $B + t = \{v + t, v \in B\}$ važi sledeća jednakost u raspodeli:

$$\{N(B + t), B \in \mathcal{B}(R)\} = \{N(B), B \in \mathcal{B}(R)\}, \quad t \in R. \quad (1)$$

Dakle, za svako $n \geq 1, t \in R$ i ograničene skupove $B_1, \dots, B_n \in \mathcal{B}(R)$, raspodela slučajnog vektora $(N(B_1 + t), \dots, N(B_n + t))$ je nezavisna od t . Tada se $\{N(B)\}$ naziva vremenski stacionarna mera prebrojavanja, a niz $\{\sigma_n\}$ koji odgovara meri $\{N(B)\}$ naziva se vremenski stacionaran tačkasti proces. U ovom slučaju, proces prebrojavanja $\{N(t), t \geq 0\}$, gde je $N(t) = \sum_{i=1}^{\infty} I(\sigma_i < \infty)$, ima stacionarne priraštaje. Pretpostavlja se da je matematičko očekivanje $\lambda = E(N(1) - N(0))$ pozitivno i konačno i λ se naziva intenzitetom niza $\{\sigma_n\}$.

U nastavku će biti pokazano da postoji 1 – 1 korespodencija između vremenski stacionarnih i *Palm*-ovih modela tačkastih procesa. U tom smislu se koristi reprezentacija tačkastih procesa u vidu mera prebrojavanja, koji se razmatraju na kanoničkom prostoru verovatnoće.

Neka je Ω skup mera $\omega: \mathcal{B}(R) \rightarrow N \cup \{\infty\}$ takvih da, za svaki ograničeni skup $B \in \mathcal{B}(R)$, važi da je $\omega(B) < \infty$. Dalje, neka je $\mathcal{F}$ najmanja σ – algebra podskupova skupa Ω , koja sadrži sve događaje oblika $\{\omega: \omega(B) = j\}$ za $B \in \mathcal{B}(R), j \in N$. Kanonička reprezentacija tačkastog procesa je tada određena uređenom trojkom $(\Omega, \mathcal{F}, P)$, pri čemu je P verovatnosna mera na Ω . Na taj način, tačkasti proces se identifikuje sa svojom raspodelom P na datom kanoničkom prostoru verovatnoće. U nastavku se razmatraju jednostavni tačkasti procesi za koje je $P(\omega: \omega(\{t\}) > 1, \text{ za neko } t \in R) = 1$. Pored toga, u skladu sa definicijom (1), kaže se da je raspodela P vremenski stacionarna ako je

$$P(A) = P(T_x A), \quad A \in \mathcal{F}, x \in R,$$

¹ Conrad Palm (1907–1951), švedski inženjer elektronike i statističar

gde je $T_x: \Omega \rightarrow \Omega$ operator pomeranja, definisan sa $(T_x \omega)(B) = \omega(B + x)$. Takođe, važi da je

$$P(\{\omega: \omega(R_-) = \omega(R_+) = \infty\} \cup \{\omega: \omega(R) = 0\}) = 1,$$

gde su R_- i R_+ negativan i pozitivan deo realne prave, respektivno. Prema tome, ako je

$$P(\{\omega: \omega(R) = 0\}) = 0,$$

tada postoji beskonačno mnogo tačaka i na R_- i na R_+ .

U nastavku rada biće predstavljen *Palm*-ov stacionaran model koji odgovara vremenski stacionarnom tačkastom procesu na datom kanoničkom prostoru verovatnoće. U tom smislu, za svako $B \in \mathcal{B}(R)$, za koje je $0 < |B| < \infty$, definiše se verovatnosna mera $P^0: \mathcal{F} \rightarrow [0,1]$, tako da je

$$P^0(A) = \frac{1}{\lambda|B|} \int_{\Omega} \int_B I(T_x \omega \in A) \omega(dx) P(d\omega), \quad A \in \mathcal{F}. \quad (2)$$

Ovako definisana verovatnosna mera naziva se *Palm*-ova raspodela koja odgovara vremenski stacionarnoj raspodeli P .

Pored *Palm*-ove raspodele P^0 , može se razmatrati i redukovana *Palm*-ova raspodela $P': \mathcal{F} \rightarrow [0,1]$, određena izrazom

$$P'(A) = \frac{1}{\lambda|B|} \int_{\Omega} \int_B I(T_x \omega - \delta_0 \in A) \omega(dx) P(d\omega), \quad A \in \mathcal{F}. \quad (3)$$

Može se dokazati da međudolazna vremena šteta $T_n = \sigma_n - \sigma_{n-1}$ čine stacionaran niz u odnosu na *Palm*-ovu raspodelu P^0 . U tom smislu, neka je $S: \Omega^0 \rightarrow \Omega^0$ tačkasto pomeranje definisano sa $S_{\omega} = T_{\sigma_1(\omega)} \omega$ i $\mathcal{F}^0 = \mathcal{F} \cap \Omega^0$, gde je

$$\Omega^0 = \{\omega: \omega(R_-) = \omega(R_+) = 0, \omega(\{0\}) > 0\}.$$

Tada je od značaja sledeće tvrđenje.

Teorema 1: Za svako $A \in \mathcal{F}^0$, važi da je

$$P^0(A) = P^0(SA). \quad (4)$$

Relacija koja važi za raspodele P i P^0 naziva se *Campbell*²-ova formula, koja je proučavana u [3]. Ova formula je značajna za određivanje karakteristika funkcionala stacionar-

² Norman Robert Campbell (1880–1949), engleski naučnik

nih tačkastih procesa, specijalno za izračunavanje verovatnoće propasti $\psi(0)$ u slučaju proizvoljnog vremenski stacionarnog procesa dolaznih vremena šteta.

U narednoj teoremi biće predstavljena *Campbell*-ova formula, a u posledici njena dualna verzija, koja je u određenim situacijama pogodnija za primenu.

Teorema 2: Za svaku merljivu funkciju $g: \Omega \times R \rightarrow R_+$ važi da je

$$\int_{\Omega} \int_R g(\omega, x) dx P^0(d\omega) = \frac{1}{\lambda} \int_{\Omega} \int_R g(T_x \omega, x) \omega(dx) P(d\omega). \quad (5)$$

Dokaz se može naći u [1].

Posledica 1: Za svaku merljivu funkciju $g: \Omega \times R \rightarrow R_+$ važi da je

$$\int_{\Omega} \int_R g(T_{-x} \omega, x) dx P^0(d\omega) = \frac{1}{\lambda} \int_{\Omega} \int_R g(\omega, x) \omega(dx) P(d\omega). \quad (6)$$

Dokaz se može naći u [1].

Pored toga, može se pokazati da važi sledeća formula inverzije kojom se raspodela P izražava pomoću raspodele P^0 .

Posledica 2: Neka je $g: \Omega \times R \rightarrow R_+$ merljiva funkcija takva da je

$$\sum_n g(\omega, \sigma_n(\omega)) = 1, \quad (7)$$

ako je $\omega(R) > 0$ i $g(\omega, x) \equiv 0$ ukoliko je $\omega(R) = 0$. Tada, za svako $A \in \mathcal{F}$, važi da je

$$P(A) = \lambda \int_{\Omega} \int_R I(T_{-x} \omega \in A) g(T_{-x} \omega, x) dx P^0(d\omega). \quad (8)$$

Dokaz se može naći u [1].

Napomena 1: U nastavku sledi primer kada važi jednakost (7). Razmatra se funkcija

$$g(\omega, x) = \begin{cases} 1, & x = \sigma_1(\omega), \\ 0, & \text{inače.} \end{cases}$$

U ovom slučaju, na osnovu jednakosti (8) sledi da je

$$P(A) = \lambda \int_{\Omega} \int_0^{-\sigma_1(\omega)} I(T_{-x} \omega \in A) dx P^0(d\omega). \quad (9)$$

Na osnovu (4) se može zaključiti da je

$$P(A) = \lambda \int_{\Omega} \int_0^{\sigma_1(\omega)} I(T_x \omega \in A) dx P^0(d\omega), \quad (10)$$

i specijalno, ako je $A = \Omega$,

$$E^0 \sigma_1 = \lambda^{-1},$$

pri čemu E^0 označava očekivanje u odnosu na verovatnosnu meru P^0 .

Desna strana jednakosti (2) može se interpretirati kao odnos dva intenziteta. Integral u relaciji (2) je parcijalni intenzitet onih tačaka skupa $B = (0,1]$, za koje pomena mera prebrojavanja $T_x \omega$ ima svojstvo A . Ovaj parcijalni intenzitet deli se ukupnim intenzitetom λ svih tačaka jediničnog intervala $(0,1]$. Dakle, ako raspodela P predstavlja osnovni model, tada se $P^0(A)$ može interpretirati kao tačkasta prosečna relativna učestalost tačaka sa svojstvom A . Ovakvo tumačenje verovatnosne mere P^0 se može preciznije opisati ako je raspodela P ergodična u smislu sledeće definicije.

Definicija 1: Raspodela P je ergodična ako svaka njena reprezentacija

$$P = pP' + (1 - p)P'', \quad 0 \leq p \leq 1,$$

kao mešavina stacionarnih raspodela P', P'' na $\mathcal{F}$, mora biti trivijalna u smislu da je $P' = P''$ ili $p(1 - p) = 0$.

Neka je $(\Omega, \mathcal{F}, P)$ proizvoljan prostor verovatnoće i neka preslikavanje $S: \Omega \rightarrow \Omega$ ima svojstvo da je za svako $A \in \mathcal{F}$, $P(S^{-1}A) = P(A)$ pri čemu je $S^{-1}A = \{\omega \in \Omega: S_\omega \in A\}$.

Teorema 3: Neka je $g: \Omega \rightarrow R_+$ merljiva funkcija za koju važi da je $\int_{\Omega} g(\omega)P(d\omega) < \infty$. Tada postoji granična vrednost

$$\bar{g}(\omega) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n g(S^k \omega)$$

i granična funkcija $\bar{g}: \Omega \rightarrow R_+$ je S -invarijantna, tj. $\bar{g}(S_\omega) = \bar{g}(\omega)$, za svako $\omega \in \Omega$.

Pored toga, važi da je $\int_{\Omega} \bar{g}(\omega)P(d\omega) < \infty$ i

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \int_{\Omega} \left| \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n g(S^k \omega) - \bar{g}(\omega) \right| P(d\omega) = 0.$$

Dokaz se može naći u [9], [10], [11].

Prvi deo prethodne teoreme naziva se individualna ergodična teorema, a drugi deo statistička ergodična teorema.

Neka je sa $I \subset \mathcal{F}$ označena pod- σ -algebra σ -algebre $\mathcal{F}$ koja sadrži invarijantne događaje, za koje je $SA = A$ ako i samo ako je $A \in I$. Tada je od značaja sledeće tvrđenje.

Lema 1: Sledeća tvrđenja su ekvivalentna:

Svaka reprezentacija raspodele P pomoću mešavine S -invarijantne verovatnosne mere je trivijalna, tj. relacija $P = pP' + (1 - p)P'', 0 \leq p \leq 1$ implicira $P' = P''$ ili $p(1 - p) = 0$;

Za svako $A \in I$, važi da je $P(A)(1 - P(A)) = 0$;

Za svaku merljivu funkciju $g: \Omega \rightarrow R_+$, gde je $Eg < \infty$, važi da je $E(g|I) = Eg$.

Neka je sa $I \subset \mathcal{F}$ označena pod- σ -algebra T -invarijantnih skupova, tj. $A \in I$ ako je $T_x A = A$, za svako $x \in R$.

Teorema 4: Neka je $g: \Omega \rightarrow R_+$ merljiva funkcija, tako da je $\int_{\Omega} g(\omega)P(d\omega) < \infty$. Tada postoji granična vrednost

$$\bar{g}(\omega) = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{t} \int_0^t g(T_x \omega) dx$$

i

$$\bar{g} = E(g|I).$$

Pored toga, važi da je $\int_{\Omega} \bar{g}(\omega)P(d\omega) < \infty$ i

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \int_{\Omega} \left| \frac{1}{t} \int_0^t g(T_x \omega) dx - \bar{g}(\omega) \right| P(d\omega) = 0$$

Dokaz se može naći u [9], [10], [11].

Lema 2: Svaka reprezentacija raspodele P pomoću mešavine T -invarijantne verovatnosne mere je trivijalna ako i samo ako važi uslov (b) ili (c) Leme 1.

Sledeća teorema pokazuje da ergodičnost tačkastog procesa važi, kako u vremenski stacionarnom, tako i u *Palm*-ovom modelu.

Teorema 5: Vremenski stacionarna raspodela P je T -ergodična ako i samo ako je odgovarajuća *Palm*-ova raspodela P^0 S -ergodična.

Dokaz se može naći u [1].

Napomena 2: Potrebno je naglasiti da se pod pojmom T -ergodične raspodele P podrazumeva da su u njenoj reprezentaciji datoj u Definiciji 1, raspodele P' i P'' T -invarijantne. Analogno se opisuje i pojam S -ergodičnosti.

Veoma značajno mesto u teoriji rizika zauzimaju i označeni tačkasti procesi

koji su korisni ako su u model uključene još neke informacije, kao što su iznos i tip štete. Neka je K kompletan separabilan metrički prostor i Borelova σ –algebra na K . Dalje, neka je Ω_K skup svih mera $\omega: \mathcal{B}(R) \times \mathcal{K} \rightarrow N \cup \{\infty\}$, takvih da je $\omega(B \times K) < \infty$, za svaki ograničen skup $B \in \mathcal{B}(R)$ i neka je $\mathcal{F}_K$ najmanja σ –algebra podskupova skupa Ω_K , koja sadrži sve događaje $\{\omega: \omega(B \times C) = j\}$, gde je $B \in \mathcal{B}(R), C \in \mathcal{K}, j \in N$. Za svako $C \in \mathcal{K}$ može se izračunati intenzitet

$$\lambda(C) = \int_{\Omega_K} \omega((0,1] \times C) P(d\omega)$$

i, ako je $\lambda(C) > 0$, uvodi se *Palm*-ova raspodela P_C oblika

$$P_C = \frac{1}{\lambda(C)} \int_{\Omega_K} \int_{[0,1]} I(T_x \omega \in A) \omega(dx \times C) P(d\omega), \quad A \in \mathcal{F}_K. \quad (11)$$

Analogno formulama (5) i (6), za svako $C \in \mathcal{K}$, za koje je $\lambda(C) > 0$, i za svaku merljivu funkciju $g: \Omega_K \times R \rightarrow R_+$, važe *Campbell*-ove formule:

$$\int_{\Omega_K} \int_R g(\omega, x) dx P_C(d\omega) = \frac{1}{\lambda(C)} \int_{\Omega_K} \int_R g(T_x \omega, x) \omega(dx \times C) P(d\omega), \quad (12)$$

$$\int_{\Omega_K} \int_R g(T_{-x} \omega, x) dx P_C(d\omega) = \frac{1}{\lambda(C)} \int_{\Omega_K} \int_R g(\omega, x) \omega(dx \times C) P(d\omega). \quad (13)$$

Pored toga, analogno formulama (9) i (10), važe i formule inverzije:

$$P(A) = \lambda(C) \int_{\Omega_K} \int_0^{-\sigma'_C(\omega)} I(T_{-x} \omega \in A) dx P_C(d\omega), \quad (14)$$

gde je $\sigma'_C(\omega) = \max\{t < 0: \omega(\{t\} \times C) > 0\}$,

$$P(A) = \lambda(C) \int_{\Omega_K} \int_0^{\sigma_C(\omega)} I(T_x \omega \in A) dx P(d\omega), \quad (15)$$

gde je $\sigma_C(\omega) = \min\{t > 0: \omega(\{t\} \times C) > 0\}$ i

$$\int_{\Omega_K} \sigma_C(\omega) P_C(d\omega) = (\lambda(C))^{-1}. \quad (16)$$

U nastavku rada se definiše vreme propasti osiguravajuće kompanije, koje zauzima veoma značajno mesto u teoriji rizika, pre svega u teoriji propasti, i ima važnu ulogu u kontekstu glavnih rezultata ovog rada. Opisuje se slučajnom promenljivom sa vrednostima u skupu $(0, \infty]$.

Vreme propasti

$$\tau(u) = \min\{t: R(t) < 0\} = \min\{t: S(t) > u\}$$

interpretira se kao prvi trenutak u kome proces rezervi rizika dostiže negativnu vrednost, ili ekvivalentno, kada proces ukupnih rashoda osiguravajuće kompanije prekorači vrednost u .

Prvo prekoračenje nivoa u slučajnog kretanja $\{S_n\}$, gde je $S_n = S(\sigma_n)$, definiše se sa

$$Y^+(u) = \begin{cases} S(\tau(u)) - u, & \tau(u) < \infty, \\ \infty, & \tau(u) = \infty, \end{cases}$$

Ili, u terminima procesa rezervi rizika, kao

$$Y^+(u) = \begin{cases} -R(\tau(u)), & \tau(u) < \infty, \\ \infty, & \tau(u) = \infty, \end{cases}$$

i naziva se ozbiljnost propasti u trenutku $\tau(u)$.

Takođe, od interesa je i višak pre propasti, dat sa

$$X^+(u) = \begin{cases} u - S(\tau(u) -), & \tau(u) < \infty, \\ \infty, & \tau(u) = \infty. \end{cases}$$

REZULTATI

Pretpostavlja se da je proces ukupnih rashoda osiguravajuće kompanije $\{S(t)\}$ dat na kanoničkom prostoru verovatnoće na kome je definisan (prošireni) proces pristizanja zahteva za odštetu $\{(\sigma_n, X_n), n \in \mathbb{Z}\}$. Pritom je $X_n = (U_n, V_n)$, pri čemu je $U_n \geq 0$ iznos štete nastale u trenutku σ_n , a $V_n \geq 0$ je tip ove štete. Neka je takav prostor označen sa $K = (R_+)^2$. Pretpostavlja se da je $\{(\sigma_n, X_n)\}^T$ -ergodičan vremenski stacionaran označeni tačkasti proces. Takođe, pretpostavlja se da je ispunjen uslov neto profita

$$\beta > \lambda \mu^0, \tag{17}$$

gde je $\mu^0 = E^0 U$ očekivana vrednost iznosa štete u skladu sa *Palm*-ovom označenom

raspodelom P^0 , $D^0 = D_{(R_+)^2}$, tj. $\mu^0 = \int x P^0(U_0 \in dx)$.

Na osnovu Teoreme 4 i Leme 2, može se zaključiti da je $\lim_{t \rightarrow \infty} S(t) = -\infty$, odakle sledi da za funkciju propasti

$$\psi(u) = P(\tau(u) < \infty) = P\left(\sup_{t>0} \left\{ \sum_{n=1}^{N(t)} U_n - \beta t \right\} > u\right) \quad (18)$$

važi da je $\lim_{u \rightarrow \infty} \psi(u) = 0$, pri čemu je $\tau(u)$ vreme propasti. Neka je početni kapital osiguravajuće kompanije $u = 0$ i neka je verovatnoća propasti

$$\varphi(x, y, C) = P(\tau < \infty, X^+ > x, Y^+ > y, V^+ \in C) \quad (19)$$

U prethodnom izrazu je $\tau = \tau(0)$, $X^+ = X^+(0)$ višak pre propasti, $Y^+ = Y^+(0)$ je ozbiljnost propasti, $V^+ = V_{v^+}$ je tip štete koja izaziva propast i $v^+ = \min \{n > 0: \sum_{i=1}^n U_i - \beta \sigma_n > 0\}$.

U sledećoj teoremi navodi se veoma jednostavna formula za određivanje verovatnoće propasti. Pokazuje se da $\varphi(x, y, C)$ ne zavisi od raspodele niza $\{\sigma_n\}$, pod uslovom da je vrednost λ fiksirana i da je niz $\{(\sigma_n, X_n)\}$ nezavisno označen.

Teorema 6: Za svako $x, y \geq 0$ i $C \in \mathcal{B}(R_+)$ važi da je

$$\varphi(x, y, C) = \lambda \beta^{-1} \int_{x+y}^{\infty} P^0(U_0 \geq v, V_0 \in C) dv. \quad (20)$$

Dokaz: Može se primetiti da se verovatnoća $\varphi(x, y, C)$ i integral sa desne strane jednakosti (20) ne menjaju ukoliko se promeni skala vremenske ose pomoću faktora β , razmatrajući novi proces pristizanja zahteva za odštetu $\{(\beta \sigma_n, X_n)\}$ sa intenzitetom $\lambda \beta^{-1}$, umesto procesa $\{(\sigma_n, X_n)\}$. Bez gubljenja opštosti, neka je $\beta = 1$. Ako se uvedu oznake

$$g(\omega, v) = I(X^+ > x, Y^+ > y, V^+ \in C) I(\tau = v)$$

i $\omega_v = T_{-v}\omega$, tada je

$$\begin{aligned} & P(\tau < \infty, X^+ > x, Y^+ > y, V^+ \in C) \\ &= \int_{\Omega_K} \sum_{i=-\infty}^{\infty} g(\omega, \sigma_i(\omega)) P(d\omega) \\ &= \int_{\Omega_K} \int_R g(\omega, v) \omega(d\omega \times K) P(d\omega) \end{aligned}$$

$$= \lambda \int_{\Omega_K} \int_R g(\omega_v, v) dv P^0(d\omega)$$

$$= \lambda \int_0^\infty P^0(\omega: X^+(\omega_v) > x, Y^+(\omega_v) > y, V^+(\omega_v) \in C, \tau(\omega_v) = v) dv.$$

Pritom, pretposlednja jednakost važi na osnovu *Campbell*-ovih formula (12) i (13).

Uvodi se novi stohastički proces $\{S^*(t), t \geq 0\}$ na *Palm*-ovom prostoru verovatnoće $(\Omega_K, \mathcal{F}_K, P^0)$. Pretpostavlja se da proces $\{S^*(t)\}$ ima skokove naviše veličine U_{-n} u trenutku $-\sigma_{-n}$ i kreće se linearno naniže sa jediničnom stopom između skokova. Pored toga, neka je $S^*(0) = U_0$. Tada, za skupove $B_1, B_2, C \in \mathcal{B}(R_+)$ važi da je

$$\begin{aligned} & P^0(\omega: X^+(\omega_v) \in B_1, Y^+(\omega_v) \in B_2, V^+(\omega_v) \in C, \tau(\omega_v) = v) \\ &= P^0(U_0 - S^*(v) \in B_1, S^*(v) \in B_2, V_0 \in C, S^*(v) \leq S^*(v-t), \forall t \in (0, v)) \\ &= P^0(\{U_0 - S^*(v) \in B_1, S^*(v) \in B_2, V_0 \in C\} \cap A_v), \end{aligned}$$

gde je $A_v = \{S^*(v) \leq S^*(t), \forall t \in (0, v)\}$ događaj da proces $\{S^*(t)\}$ dostiže relativni minimum u tački v . Razmatra se slučajna mera $\{M^*(B), B \in \mathcal{B}(R)\}$ data sa

$$M^*(B) = \int_0^\infty I(S^*(v) \in B) I(A_v) dv.$$

Kako je $S^*(0) = U_0$, nosač mere $\{M^*(B)\}$ ima krajnju desnu tačku U_0 . Pored toga, na osnovu Teoreme 5, raspodela P^0 je S -ergodična i na osnovu (16) i (17) može se zaključiti da je $E^0 U_n < E^0(\sigma_{n+1} - \sigma_n)$. Dalje, na osnovu Teoreme 4 i Leme 2, sledi da je $\lim_{v \rightarrow -\infty} S^*(v) = -\infty$, tako da je $-\infty$ leva krajnja tačka nosača mere $\{M^*(B)\}$ i zbog toga je $\{M^*(B)\}$ Lebegova mera na $(-\infty, U_0]$. Dakle, važi da je

$$\begin{aligned} \varphi(x, y, C) &= \lambda \int_0^\infty P^0\{(U_0 - S^*(v) > x, S^*(v) > y, V_0 \in C\} \cap A_v) dv \\ &= \lambda E^0 \left(I(V_0 \in C) \int_0^\infty I(\{y < S^*(v) < U_0 - x\} \cap A_v) dv \right) \\ &= \lambda E^0 \left(I(V_0 \in C) \int_0^\infty I(y < z < U_0 - x) dz \right) \\ &= \lambda \int_y^\infty P^0(V_0 \in C, U_0 > x + z) dz \end{aligned}$$

$$= \lambda \int_{x+y}^{\infty} P^0(V_0 \in C, U_0 > z) dz.$$

Teorema 7 (*Radon-Nikodym*): Ako je mera P apsolutno neprekidna u odnosu na meru $\tilde{P}$, tada postoji nenegativna F -merljiva slučajna promenljiva X , određena do stohastičke ekvivalentnosti, tako da je

$$(\forall A \in \mathcal{F}) \quad P(A) = \int_A X d\tilde{P}.$$

Dokaz se može naći u [12].

Izvod *Radon-Nikodym*-a mere P po meri $\tilde{P}$ je slučajna promenljiva $X = \frac{dP}{d\tilde{P}}$.

Posledica 3: Neka je $\rho = \lambda\beta^{-1}\mu^0$ i neka je $U^+ = X^+ + Y^+$ iznos štete koja izaziva propast. Tada važe sledeća tvrđenja:

Za vremenski stacionarnu verovatnoću propasti $\psi(0)$ sa početnim kapitalom $u = 0$, važi da je $\psi(0) = \rho$;

Uslovna raspodela slučajnog vektora (U^+, V^+) , pod uslovom da je $\tau < \infty$, određuje se na osnovu *Palm*-ove označene raspodele slučajnog vektora (U_0, V_0) zamenom mere količnikom verodostojnosti U_0/E^0U_0 , tj. za svaku merljivu funkciju $g: R_+ \times R_+ \rightarrow R_+$ važi da je

$$E[g(U^+, V^+); \tau < \infty] = \rho E^0 \left(\frac{U_0}{E^0U_0} g(U_0, V_0) \right); \quad (21)$$

(a) Uslovna raspodela slučajnog vektora (X^+, Y^+) pod uslovom da je $U^+, V^+, \tau < \infty$, odgovara raspodeli slučajnog vektora $(U^+Z, U^+(1-Z))$, pri čemu slučajna promenljiva Z ima uniformnu raspodelu na $(0,1)$ i nezavisna je od $U^+, V^+, \tau < \infty$.

Dokaz: (a) Zamenom $x = y = 0$ i $C = R_+$ u (20), tvrđenje direktno sledi.

(b) Primenom parcijalne integracije u (20), dobija se (21).

(c) Ako se pretpostavi da važi (c), tada je

$$\begin{aligned} & P(X^+ > x, Y^+ > y | U^+ = u, V^+ \in C, \tau < \infty) \\ &= P(U^+Z > x, U^+(1-Z) > y | U^+ = u, V^+ \in C, \tau < \infty) \\ &= \left(1 - \frac{x+y}{u}\right) I(u > x+y). \end{aligned}$$

Primenom (21), može se zaključiti da je

$$\begin{aligned}
E\left[1 - \frac{x+y}{U^+}; U^+ > x+y, V^+ \in C, \tau < \infty\right] &= \lambda\beta^{-1}E^0[U_0 - x - y; U_0 > x+y, V_0 \in C] \\
&= \lambda\beta^{-1} \int_{x+y}^{\infty} P^0(U_0 > s, V_0 \in C) ds.
\end{aligned}$$

Imajući u vidu formulu (21), ovim je dokazano tvrđenje (c) na osnovu jedinstvenosti izvoda *Radon-Nikodym*-a.

Napomena 3: Teorema 6 i Posledica 3 važe ako se stroga nejednakost u uslovu neto profita zameni relacijom $\beta \geq \lambda\mu^0$. Ovo tvrđenje sledi na osnovu činjenice da su obe strane u (20) neprekidne funkcije po β na intervalu $[\lambda\mu^0, \infty)$.

Može se zaključiti da postoji relacija između funkcije propasti $\psi(u)$ u vremenski stacionarnom modelu i funkcije propasti

$$\psi^0(u) = P^0\left(\sup_{t \geq 0} \left\{ \sum_{i=1}^{N(t)} U_i - \beta t \right\} > u\right) \quad (22)$$

odgovarajućeg *Palm*-ovog stacionarnog modela. Pretpostavlja se da postoji samo jedan tip štete i da je jedinstveno označeni proces pristizanja zahteva za odštetu $\{(\sigma_n, U_n)\}$. Neka je sa F_U označena funkcija raspodele iznosa štete i neka je $\rho = \lambda\beta^{-1}\mu_{\dots}$.

Teorema 8: Za svako $u \geq 0$, važi da je

$$\psi(u) = \frac{\lambda}{\beta} \left(\int_u^{\infty} \bar{F}_U(v) dv + \int_0^u \psi^0(u-v) \bar{F}_U(v) dv \right). \quad (23)$$

Dokaz prethodne teoreme može se naći u [4].

ZAKLJUČAK

U svakodnevnom životu prisutne su različite vrste rizika koji sa sobom nose mogućnost nastanka moralnih ili materijalnih gubitaka. Postoje brojni primeri rizičnih događaja, kao što su: saobraćajne nezgode, požari, poplave, krađe, teroristički napadi, zemljotresi, uragani i drugi događaji koji mogu ugroziti živote i imovinu ljudi, kontinuitet poslovanja i sam opstanak privrednih subjekata. Na primer, u Srbiji, najveću opasnost po imovinu imaju poplave koje čine 34% svih elementarnih nepogoda u poslednjih dvadesetak godina. Poplave iz maja 2014. godine su izazvale štetu od oko 1,5 do 2 milijarde evra. Zbog toga su se osiguravajuće kompanije susrele sa velikim izdacima.

Cilj ovog rada je određivanje verovatnoće propasti osiguravajuće kompanije, koja predstavlja jedan opšti parametar njene izloženosti riziku. U tom smislu, poslovanje osiguravajuće kompanije treba da bude orijentisano ka smanjenju verovatnoće propasti, čime bi se obezbedila njegova stabilnost. Zbog toga je od velikog značaja adekvatno određivanje premija osiguranja koje bi tome doprinelo.

U ovom radu je pokazano da se, pod određenim uslovima, u stacionarnom modelu

neživotnog osiguranja može eksplicitno odrediti verovatnoća propasti osiguravajuće kompanije koja ne zavisi od raspodele dolaznih vremena šteta.

LITERATURA

- [1] Rolski, T., Schmidli, H., Schmidt, V., Teugels, J. (1999): Stochastic Processes for Insurance and Finance. John Wiley & Sons. New York.
- [2] Rolski, T., Schmidt, V., Schlegel, S. Asymptotics of Palm-stationary buffer content distributions in fluid flow queues, *Advances in Applied Probability*, 1999, **31.1**, 235–253.
- [3] Baddeley, A., Barany, I., Schneider, R., Weil, W. (2007): Spatial Point Processes and their Applications. Stochastic Geometry. Lecture Notes in Mathematics. Vol. 1892. p. 1.
- [4] König D., Schmidt V. (1992): Zufällige Punktprozesse. Teubner-Verlag. Stuttgart.
- [5] Mikosch T. (2004): Non-Life Insurance Mathematics: An Introduction with Stochastic Processes. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- [6] Grandell J. (1991): Aspects of Risk Theory. Springer-Verlag. New York.
- [7] Resnick S.I. (1992): Adventures in Stochastic Processes. Birkhäuser. Boston.
- [8] Doob J.L. (1953): Stochastic Processes. John Wiley & Sons. New York.
- [9] Breiman L. (1992): Probability. SIAM, Philadelphia.
- [10] Krengel U. (1985): Ergodic Theorems. De Gruyter, Berlin.
- [11] Tempelman A.A. (1992): Ergodic Theorems for Group Actions. Kluwer Academic Publishers, London.
- [12] Billingsley, P. (1995): Probability and Measure. John Wiley & Sons. New York.

RUIN PROBABILITIES IN STATIONARY MODEL OF NON-LIFE INSURANCE

Author: TEODORA ČAMAGIĆ

Email: teodora.camagic@pmf.edu.rs

Mentor: Full Prof. Marija Milošević

Department of Mathematics

Faculty of Science and Mathematics in Niš, University of Niš

Introduction: One of the ways to protect against the risks that individuals are exposed to in everyday life is to sign insurance contracts. Risk theory is an area of mathematics that deals with non-life insurance problems. There are various mathematical models of non-life insurance that are based on the application of probability theory and stochastic processes. In order for the application of a model to be justified, it must be in compliance with the business dynamics of the specific insurance company.

Aim: The aim of this paper is to determine the ruin probability of an insurance company in a stationary model of non-life insurance (SMNLI), which is an important parameter of the risk exposure of the company itself. The modeling of the number and size of claims that will arrive over time and the determination of the insurance premium rate are of great importance.

Material and Methods: Random variables and stochastic processes are widely used in risk theory. Stationary processes are of special importance in this paper. First, the basic assumptions of the non-life insurance model under consideration are listed, and then the corresponding relations that characterize that model are established. They are of key importance for obtaining the main results of this paper. The nature of the considered model requires the introduction of non-standard probability distributions and the application of non-trivial methods to prove the main results.

Results: Establishing important relations in the SMNLI leads to an explicit form of the ruin probability in that model. Such a result is of great theoretical and practical importance in the context of non-life insurance.

Conclusion: Ruin theory is a very important part of risk theory, and it has been studied by numerous authors. In this paper, the emphasis is on determining the ruin probability in the SMNLI. In some cases, it is not possible to explicitly determine ruin probabilities, and appropriate approximations are then applied. The results presented in this paper can be regarded as a basis for considering some more complex models of non-life insurance.

Keywords: stationary model of non-life insurance, ruin time, ruin probability, point processes

UTICAJ CIJANOTOKSINA MICROCYSTIN-LR NA RAST ZELENE MIKROALGE SCENEDESMUS SP. (SPHAEROPLEALES: SCENEDESMACEAE)

Autor: ANA MILENKOVIĆ

e-mail: ana.milenkovic1@pmf.edu.rs

Mentor: Doc. dr Nikola Stanković

Laboratorija za mikrobiologiju

Departman za biologiju i ekologiju, Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Nišu

Uvod: Pojava cvetanja cijanobakterija širom sveta, usled eutrofikacije vode, izaziva ekstremnu zabrinutost među istraživačima širom sveta. Cijanobakterije proizvode cijanotoksine koji su izuzetno opasni za žive organizme. Istraživanja su pokazala da među ovim toksinima, mikrocistin-LR (MC-LR) jeste najtoksičniji, a eksperimentalno je utvrđeno da se ovaj hepatotoksin često nalazio u vodenim ekosistemima. Prolifracija cijanobakterija je, poslednjih godina, dovela do smanjenja kvaliteta vode za rekreaciju kao i vode za piće na teritoriji Republike Srbije, što je glavni razlog za pokretanje sistematskih istraživanja vodenih ekosistema, uključujući i detaljne epidemiološke studije u poslednjih 15 godina.

Cilj istraživanja: Cilj ovog istraživanja fokusiran je na ispitivanje uticaja cijanotoksina MC-LR na rast zelene mikroalge *Scenedesmus* sp. Ova eukariotska alga izabrana je kao model-organizam za istraživanje, jer ne postoji dovoljno informacija o dejstvu ovog cijanotoksina na nju.

Materijal i metode: Materijal za sprovedeno istraživanje izolovan je iz slatkovodne bare, u blizini grada Niša tokom juna 2021. godine.

Rezultati: Rezultati istraživanja ukazali su da je MC-LR imao stimulišuće dejstvo na rast i opstanak ispitivane mikroalge *Scenedesmus* sp.

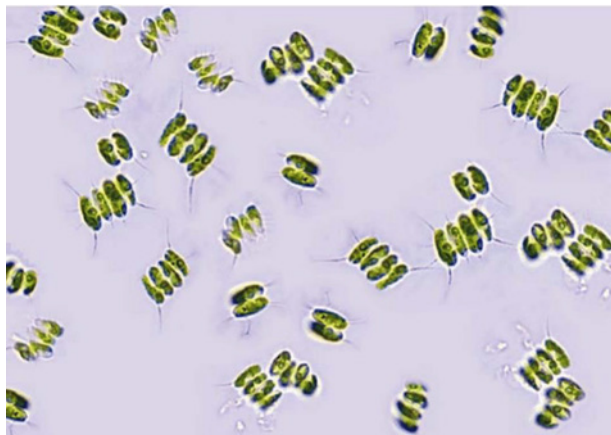
Zaključak: Dobijeni rezultati mogli bi uputiti na dalja istraživanja interakcija između cijanobakterija i ostalih fitoplanktona u vodenim ekosistemima, a kako bi se bolje proučili i utvrdili konkretni mehanizmi putem kojih ispitivani MC-LR utiče na rast drugih vrsta organizama.

Ključne reči: cijanobakterije; *Scenedesmus*; eutrofikacija; MC-LR

UVOD

Vodeni ekosistemi danas se susreću sa problemom koji nastaje u sve većoj meri usled uticaja antropogenog faktora. Cvetanje vode je fenomen koji opisuje povećanje koncentracije nutrijenata do kojeg dolazi prirodnim putem, a ukoliko ovu pojavu dodatno izaziva antropogeni uticaj, proces se naziva eutrofikacija (1). Ovaj problem je primećen širom sveta u mnogim slatkovodnim ekosistemima, naročito tokom leta, kada se zelena masa formira po površini vode. Tu masu najčešće formira fitoplankton, gde često dominiraju cijanobakterije koje su producenti toksičnih supstanci (2). Cvetanje vode je glavni problem smanjenja kvaliteta voda, uključujući neprijatne mirise i ukus, deoksigenaciju dna vodenih basena, usled koje dolazi do hipoksije i anoksije, toksičnosti, pomora riba i promena u lancu ishrane.

Brojni slatkovodni organizmi, koji čine fitoplankton, u stanju su da formiraju cvetanja; međutim, cijanobakterije se smatraju najopasnijom varijantom tvoraca cvetanja (3). Posle masovnog cvetanja, uginuli fitoplanktoni tonu do dna vodenog basena. Bakterije koje razlažu fitoplanktonske organizme iscrpljuju kiseonik u vodi, što dovodi do ugrožavanja života u njoj (1). (Prikaz 1).



Prikaz 1. Mikroskopski preparat vrste *Scenedesmus quadricauda*

Novija istraživanja sugerišu da klimatske promene, zajedno sa eutrofikacijom, predstavljaju dva procesa koja mogu podstaći proliferaciju i širenje štetnog cvetanja cijanobakterija u slatkovodnim i morskim ekosistemima. Cijanobakterije su poznate po tome da sintetišu širok spektar hemijskih jedinjenja, sekundarnih metabolita kao što su peptidi, makrolidi i glikozidi (4) (5). Ova jedinjenja poseduju brojne biološki značajne aktivnosti: imaju anti-virusno i antifungalno dejstvo, odlikuje ih citotoksičnost, mogu biti inhibitori enzima (5). Međutim, neki od ovih cijanobakterijskih sekundarnih metabolita, alkaloidne i peptidne prirode, predstavljaju cijanotoksine koji mogu biti pretnja po zdravlje ljudi i životnu sredinu širom sveta (6). Cijanobakterije koje produkuju cijanotoksine pripadaju rodovima *Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Planktothrix*, *Oscillatoria*, *Cylindrospermopsis* i ređe *Gomphosphaeria*, *Coelosphaerium*, *Gloeotrichia*, *Nodularia* i *Nostoc* (6). Produkcija cijanotoksina, nagomilavanje u ćeliji i izlučivanje u spoljašnju sredinu nisu slučajni, već predstavljaju deo evolutivnog procesa tokom kojeg su se cijanobakterije adaptirale na specijalne potrebe ili promene u spoljašnjoj sredini (7). Cijanotoksini su, suštinski, endotoksini koji se oslobađaju u životnu sredinu nakon ćelijske lize ili nakon fenomena cvetanja cijanobakterija. Ovi toksini klasifikovani su u četiri grupe prema organima na koje deluju: neurotoksini (nervni sistem), hepatotoksini (jetra), citotoksini (nekoliko organa: jetra, bubrezi, nadbubrežne žlezde, tanko crevo) i dermatotoksini (iritantni toksini) (6). Mikrocistini su klasa toksina koji proizvode pojedine slatkovodne cijanobakterije; prvenstveno *Microcystis aeruginosa*, ali i druge vrste roda *Microcystis*, po kojima su ovi toksini imenovani. Međutim, zapažena je i produkcija kod drugih vrsta cijanobakterija. Do sada je istraženo preko 50 različitih mikrocistina, među kojima je najzastupljeniji i najtoksičniji mikrocistin-LR (8). Mikrocistini su toksini koji negativno utiču na jetru, te se zbog toga ubrajaju u hepatotoksine. Mogu se proizvoditi u ogromnim količinama tokom cvetanja algi i predstavljaju jednu od glavnih pretnji vodi za piće i navodnjavanje, kao i životnoj sredini u celosti.

Izuzetno visoka stopa proliferacije cijanobakterija u vodi predstavlja zdravstveni rizik po životinje i ljude (9). Proliferacija cijanobakterija je, poslednjih godina, dovela do smanjenja kvaliteta vode za rekreaciju, kao i vode za piće na teritoriji Republike Srbije, što je glavni razlog za pokretanje sistematskih istraživanja vodenih ekosistema (9).

Tokom cvetanja cijanobakterija, cijanotoksini, kao što su mikrocistini i nodularini, uglavnom se akumuliraju unutar živih ćelija cijanobakterija (10). Literaturni podaci ukazuju na to da su zabeležene koncentracije mikrocistina u vodi i do $1,8 \text{ mg/l}^{-1}$ (11), a u nekim slučajevima izuzetno visoke koncentracije (do 25 mg/l^{-1}) mogu nastati u vodi nakon kolapsa cvetanja cijanobakterija (12).

Kada se jednom nađu u vodi u velikim koncentracijama, direktno dolaze u kontakt sa nizom vodenih organizama, uključujući mikroalge, akvatične biljke i životinje (10). Nekoliko studija je pokazalo da mikrocistini mogu biti genotoksični i citotoksični (13), a neka istraživanja ispitivala su i potencijalno kancerogeno dejstvo (14).

Predmet istraživanja efekta cijanotoksina na mikroalge, ekološki važnu grupu koja igra značajnu ulogu primarnog proizvođača u akvatičnim ekosistemima, predstavlja još uvek nedovoljno istraženu oblast. Štaviše, pored poznatih toksina, druga jedinjenja koja proizvode cijanobakterije mogu doprineti povećanju toksičnosti u vodi (14). Nekoliko studija pokazalo je da ekstrakti ćelija cijanobakterija pokazuju povećanu toksičnost u poređenju sa čistim toksinima (10) (14), zbog toga treba usmeriti istraživanja ka uticaju ovih jedinjenja na mikroalge.

Cilj ovog istraživanja fokusiran je na ispitivanje uticaja cijanotoksina MC-LR na rast zelene mikroalge *Scenedesmus* sp. Ova eukariotska alga izabrana je kao model-organizam za istraživanje, jer ne postoji dovoljno informacija o dejstvu ovog cijanotoksina na nju.

MATERIJAL I METODE

Kultivacija *Scenedesmus* sp.

Materijal za sprovedeno istraživanje je izolovan iz slatkovodne bare u blizini grada Niša (43°28'6", 21°9'20"), u toku juna 2021. Zelena mikroalga iz roda *Scenedesmus* sp. izabrana je na osnovu literaturnih podataka u kojima su opisani najčešći predstavnici fitoplanktona poznati po tome da se mogu naći u velikoj masi i u vodenim staništima budu dostupni kao hrana mnogim beskičmenjacima i ribama (1). Uzorak je čuvan u staklenoj boci koja je bila izložena svetlosti do transporta u laboratoriju Prirodno-matematičkog fakulteta u Nišu. Uzorci vode su, po dolasku u laboratoriju, ispitani pomoću svetlosnog mikroskopa kako bi se ocenio sadržaj mikroalgi u njima. Ispitivanje kolonije mikroalgi su izolovane i prečišćene kultivacijom i više puta ponovljenim presejavanjem na agarizovanoj podlozi BG-11 (15). Određena količina uzorka je prenet na čvrsti agarozni supstrat i izlivena na površinu pomoću L štapića (16). Nakon inokulacije, Petrijeve ploče su inkubirane 14 dana. Pojedinačne kolonije sa Petrijevim pločama su dalje prečišćene prenošenjem na nove Petrijeve ploče da bi se dobile uniformne kolonije. Kada su dobijene uniformne kolonije, alge su identifikovane pomoću identifikacionog ključa do nivoa roda (17). Kultura je pripremljena u erlenmajeru zapremine 250 ml i kultivisana je na 24 °C, pod hladnim LED osvetljenjem tokom 16-časovnog dnevnog fotoperioda, sa konstantnom aeracijom.

Tok istraživanja

Za pripremu uzoraka korišćene su sterilne staklene epruvete. Kako bi se ispitao uticaj toksina na rast *Scenedesmus* sp., izdvojeno je šest epruveta sa tečnim medijumom BG-11 i u prve tri (uzorak 1, 2 i 3) dodali smo MC-LR u koncentraciji 10 µg/ml, dok su preostale tri (uzorak 4, 5 i 6) bile kontrolni uzorci. Navedena koncentracija MC-LR je izabrana kao sredinski relevantna u uslovima cvetanja cijanobakterija. Prethodna ispitivanja su pokazala da ovaj toksin ima antialgalno dejstvo u većim koncentracijama od sredinski relevantnih (18), a opisani efekat ovog toksina na alge u manjim koncentracijama bio je stimulativni na njihov rast (1). Kontrola (bez MC-LR) je praćena zbog konstruisanja krive rasta. U svakoj od sterilnih epruveta dodat je tečni medijum BG-11, 1 ml kulture *Scenedesmus* sp. i 10 µl⁻¹ MC-LR, isključujući kontrole. Sve epruvete su inkubirane na 24°C pod hladnim LED osvetljenjem tokom fotoperioda od 16 sati, tokom 21 dana. Rast algi je praćen merenjem optičke gustine spektrofotometrom (UV-Vis spektrofotometar SP-V1000 DLAB, NR Kina), pri talasnoj dužini od 678, 720 i 750 nm nakon 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 14 i 21. dana ekspozicije, a grafički prikaz rasta kulture prezentovan je na osnovu koncentracije hlorofila

a. Koncentracija hlorofila (*Chl a*) je izračunata prema sledećoj formuli:

$$Chl\ a\ (\mu g \cdot ml^{-1}) = 14,96 \cdot (OD_{678} - OD_{750}) - 0,616 \cdot (OD_{720} - OD_{750}),$$

gde su OD_{678} i OD_{720} vrednosti dobijene, odnosno izmerene istovremeno kada i OD_{750} (1).

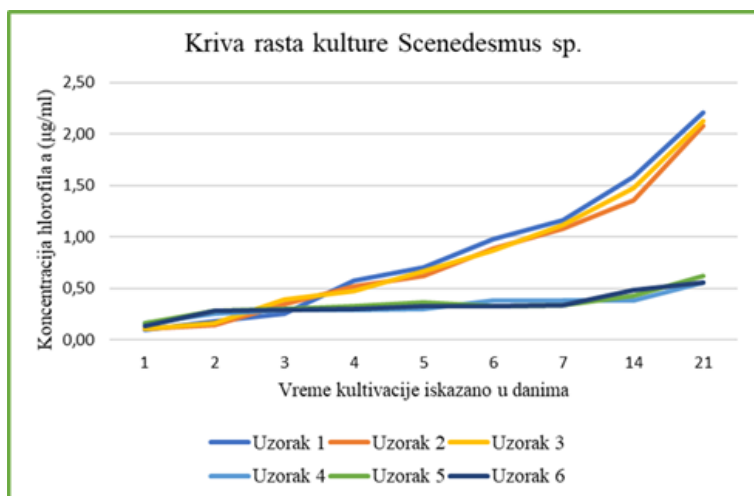
REZULTATI

Rezultati istraživanja prikazani su tabelarno, u Tabeli 1.

Tabela 1. Tabelarni prikaz rezultata dobijenih primenom formule za izračunavanje koncentracije hlorofila

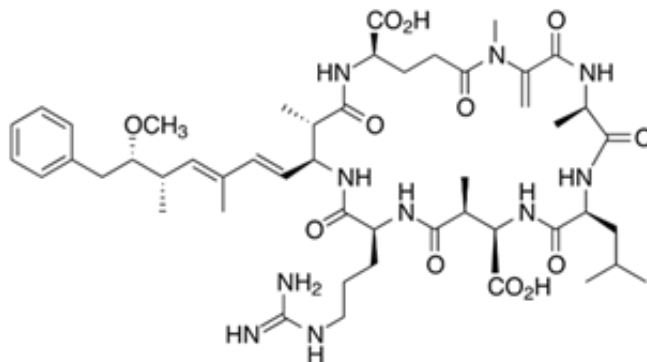
	1	2	3	4	5	6	7	14	21
Uzorak 1	0,101	0,178	0,249	0,576	0,708	0,974	1,166	1,583	2,210
Uzorak 2	0,109	0,147	0,347	0,516	0,619	0,884	1,077	1,356	2,078
Uzorak 3	0,111	0,158	0,392	0,476	0,669	0,873	1,120	1,471	2,122
Uzorak 4	0,162	0,251	0,289	0,294	0,303	0,383	0,384	0,382	0,560
Uzorak 5	0,161	0,280	0,303	0,324	0,368	0,324	0,339	0,428	0,621
Uzorak 6	0,132	0,280	0,288	0,295	0,324	0,324	0,339	0,485	0,560

Tretirane zelene mikroalge *Scenedesmus* sp. MC-LR ispoljavale su određeni efekat na rast kultivisanog fitoplanktona. Nakon 4 dana, uočeno je da je kultura *Scenedesmus* sp., kultivisana u prisustvu toksina, imala nagli rast koji je zabeležen merenjem optičke gustine na spektrofotometru, pri talasnim dužinama 678, 720 i 750 nm, u poređenju sa kultivacijom u kontrolnim uslovima. Tabela pokazuje da su tretirane alge, obeležene brojevima 1, 2 i 3, udvostručile rast već posle četvrtog dana (Grafik 1).



Grafik 1. Poređenje rasta kulture *Scenedesmus* sp. u prisustvu toksina mikrocin-LR, u odnosu na rast iste alge u podlozi bez toksina. Rast očitavan na osnovu koncentracije hlorofila a.

Od šestog dana kultivacije u prisustvu toksina, zabeležen je tri puta veći porast u kulturi, dok je maksimalna koncentracija hlorofila *a* (2,210 µg/ml) zabeležena nakon dvadeset i prvog dana kultivacije u prvom uzorku. *Scenedesmus* sp. koji je kultivisan u kontrolnim uslovima je, od samog početka kultivacije imao postepen i kontinuiran rast, da bi mak-



Prikaz 2. Strukturna formula mikrocistina-LR

simalnu koncentraciju hlorofila *a* (0,621 µg/ml) postigao nakon tri nedelje kultivacije. Merenja su pokazala da je rast *Scenedesmus* sp. mnogo veći u prisustvu MC-LR. Rezultati istraživanja ukazali su da je MC-LR imao stimulišuće dejstvo na rast i opstanak ispitivane mikroalge *Scenedesmus* sp.

DISKUSIJA

Poznato je da su zelene mikroalge relativno osetljive na mnoge hemikalije u vodi te se one smatraju indikatorima industrijskih otpada. Njihov ekološki položaj od izuzetne je važnosti i u osnovi je većine akvatičnih lanaca ishrane, posebno jer igraju suštinsku ulogu u kruženju hranljivih materija i kiseonika (19). Dobijeni rezultati sprovedenog istraživanja osporili su početno razmišljanje o tome da MC-LR, čak i u niskoj koncentraciji, inhibitorno deluje na rast ispitivanih zelenih algi *Scenedesmus* sp. Ispitivani tretmani u koncentraciji od 10 µg/l nisu inhibirali rast kulture.

Istraživanjem, koje je vodila Z. A. Mohamed (2008), ispitivana je uloga ekstracelularnih i intracelularnih polisaharida u prisustvu toksina. Ovo istraživanje je potvrdilo da indukovani polisaharidi, koje proizvode zelene mikroalge iz roda *Chlorella* sp. i *Scenedesmus* sp. imaju značajnu antioksidativnu aktivnost protiv oksidativnog stresa, nastalog usled uticaja MC-LR, zbog čega na ispitivanim algama ovaj toksin ne deluje inhibitorno (19).

Suprotno tome, poređenjem rasta ove kulture u tretmanu sa prisustvom toksina i rastom kulture u standardnim uslovima, utvrđeno je da je mikrocistin-LR delovao stimulatивно na rast *Scenedesmus* sp. Rast je praćen na osnovu merenja koncentracije hlorofila *a* u periodu od 3 nedelje, gde je, već posle petog dana, zabeležena duplo veća stopa rasta. Istraživači koji su prethodno istraživali taksone koji proizvode cijanotoksine, ukazali su na to da oni mogu biti producenti jedinjenja koja inhibišu proces fotosinteze kod drugih fitoplanktona (10) (18). U jednom istraživanju alelopatskog potencijala MC-LR na vrste algi *Nostoc muscorum* i *Anabaena BT1* zabeleženo je jako algicidno dejstvo cijanotoksina na navedene vrste, inhibišući procese fotosinteze i smanjenjem nitrogenazne aktivnosti (18). Međutim, studije koje su ispitivale dejstvo MC-LR, u koncentracijama od 0,5 µg/l nisu dokazale inhibitorni proces fotosinteze na sojevima zelene mikroalge *Scenedesmus armatus* (20). Izostanak negativnog efekta i postojanje pozitivnog efekta toksina MC-LR na sojeve eukariotske fitoplanktonske alge su dokazana i u drugim istraživanjima. Stimulativno dejstvo ekstrakata cijanobakterija na rast mikroalgi je uglavnom bilo objašnjeno prisustvom drugih organskih materija u ekstraktima koji mogu poslužiti kao hrana mikroalgama (14). Jedan od potencijalnih razloga, zbog kojeg ispitivani *Scenedesmus* sp. ima veću stopu rasta u prisustvu toksina u odnosu na standardne uslove, može biti i razgradnja MC-LR, što oslobađa molekule ugljenika iz njega, koji testirana mikroalga može dalje iskoristiti u svom metabolizmu.

Naime, u jednoj studiji su istraživači postavili hipotezu da usled degradacije cijanotoksina MC-LR dolazi do procesa mineralizacije, odnosno konverzije ugljenika iz MC-LR u CO₂. Ukoliko je ova hipoteza tačna, ugljenik iz toksina je, u obliku CO₂, postao lako dostupan ispitivanoj kulturi, što je pospešilo rast ove mikroalge (21).

Iako je u literaturnim podacima zabeležen veliki diverzitet cijanotoksina, globalna distribucija toksičnih cijanobakterija svedoči o njihovom ekološkom uspehu, koji sa druge strane stvara probleme vezane za zdravlje ljudi i životinja. Mikrocistini mogu ispoljiti akutne toksične efekte na životinje i ljude i mogu dovesti do uginuća životinja, a ribe i ptice su posebno podložne delovanju i toksičnosti mikrocistinima (7). Bioakumulacija cijanotoksina usled cvetanja vode može se odvijati u mnogim vodenim životinjama koje se koriste u ishrani. Mikrocistini su izolovani iz slatkovodnih račića i školjki, kao i puževima koji su neretko na meniju u priobalnim restoranima. Ribe, organizmi na samom vrhu lanca ishrane u akvatičnim ekosistemima, često mogu biti podložne uticaju mikrocistina. Cijanotoksini se aktivno unose u jetru, gde remete normalnu ćelijsku aktivnost inhibiranjem protein fosfataza, a mogu i da se akumuliraju u jetri, mišićima, bubrezima i drugim organima u telu ribe (22).

Spomenuti problemi koje mogu uzrokovati cijanotoksini, posebno mikrocistini, zahvataju posebnu pažnju naučnika i istraživača širom sveta. Zbog toga je neophodan monitoring i stalna kontrola vodenih basena kako u Republici Srbiji, tako i širom planete.

ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata zaključuje se da ispitivana koncentracija mikrocistina-LR ima alelopatsku aktivnost, tj. stimuliše rast kultivisanog *Scenedesmus* sp. Ovakav rezultat mogao bi uputiti na dalja istraživanja interakcija između cijanobakterija i ostalih fitoplanktona u vodenim ekosistemima, a kako bi se bolje proučili i utvrdili konkretni mehanizmi putem kojih ispitivani MC-LR utiče na rast drugih vrsta organizama. Uzimajući u obzir rezultate istraživanja i rezultate sa kojima su poređeni, potrebno je sagledati uticaj MC-LR, kao jednog od činioca eutrofikacije u akvatičnim ekosistemima detaljnije i na drugim model-organizmima.

Problemi koje uzrokuju cijanotoksini, posebno mikrocistini, insistiraju na tome da se obrati posebna pažnja velikog broja naučnika i istraživača. Stalni monitoring voda je neophodan kako bi se stanje u akvatičnim ekosistemima držalo pod kontrolom.

ZAHVALNOST

Ovo istraživanje rađeno je u sklopu doktorske disertacije kolegice Tamare Petronjević, kojoj dugujem veliku zahvalnost na stručnoj pomoći i korisnim savetima tokom laboratorijskog rada.

LITERATURA

- (1) Stanković N. Uticaj fitoplanktona na makrobeskičmenjake slatkovodnih ekosistema u multistres uslovima: laboratorijsko testiranje toksičnog efekta cijanobakterija i zelenih mikroalgi na jedinke vrste *Chironomus riparius*. 1st ed. Niš: PMF; 2021.
- (2) Falconer IR, Humpage AR. Health risk assessment of cyanobacterial (blue-green algal) toxins in drinking water. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2. 2005; 1: p. 43-50.
- (3) Paerl HW. Mitigating toxic planktonic cyanobacterial blooms in aquatic ecosystems facing increasing anthropogenic and climatic pressures. *Toxins*. 2018; 10(2): p. 76-92.
- (4) Namikoshi M, Choi BW, Sun F, Rinehart KL, Evans WR, Carmichael WW. Chemical characterization and toxicity of dihydro derivatives of nodularin and microcystin-LR, potent cyanobacterial cyclic pep-

- tide. Chem. Res. Toxicology. 1993; 6: p. 151-158.
- (5) Patterson G, Larsen L, Moore R. Bioactive natural products from blue-green algae. Journal Applied Phycology. 1994; 6: p. 151-157.
 - (6) Corbel S, Mougin C, Bouaïcha N. Cyanobacterial toxins: Modes of actions, fate in aquatic and soil ecosystems, phytotoxicity and bioaccumulation in agricultural crops. Chemosphere. 2014; 96: p. 1-15.
 - (7) Drobac D. Putevi izloženosti čoveka cijanotoksinima i njihov uticaj na zdravlje. 1st ed. Novi Sad: Prirodno-matematički fakultet Novi Sad; 2015.
 - (8) Agha R, Cirés S, Wörmer L, Quesada A. Limited Stability of Microcystins in Oligopeptide Compositions of *Microcystis aeruginosa* (Cyanobacteria): Implications in the Definition of Chemotypes. Toxins. 2013; 5(6): p. 1089-1104.
 - (9) Svirčev Z, Simeunović J, Subakov-Simić G, Krstić S, Pantelić D, Dulić T. Cyanobacterial blooms and their toxicity in Vojvodina lakes, Serbia. International Journal of Environmental Health Research. 2013; 7: p. 745-758.
 - (10) Pflugmacher S, Codd GA, Steinberg EW. Effects of the cyanobacterial toxin microcystin-LR on detoxication enzymes in aquatic plants. Environmental Toxicology. 1999; 14: p. 111-115.
 - (11) Jones GJ, Orr PT. Release and degradation of microcystin following algicide treatment of a *Microcystis aeruginosa* bloom in a recreational lake, as determined by HPLC and protein phosphatase inhibition assay. Water Research. 1994; 28: p. 871-876.
 - (12) Nagata S, Tsutsumi A, Hasegawa F, Yoshida Y, Watanabe MF. Enzyme immunoassay for direct determination of microcystins in environmental water. Journal of AOAC International. 1997; 80: p. 408-417.
 - (13) Humpage AR, Fontaine SF, Frosco P, Burcham I, Falconer R. Cylindrospermopsin genotoxicity and cytotoxicity: role of cytochrome P-450 and oxidative stress. Journal of Toxicology and Environmental Health. 2005; 68: p. 739-753.
 - (14) Pinheiro C, Azevedo J, Campos A, Loureiro S, Vasconcelos V. Absence of negative allelopathic effect of cylindrospermopsin and microcystin-LR on selected marine and freshwater phytoplankton species. Hydrobiologia. 2012.
 - (15) Ripka R, Deruelles J, Waterbury JB, Herdeman M, Stainer RY. Generic assignment, strain histories and properties of pure cultures of cyanobacteria. J. Gen. Microbiology. 1979; 111: p. 1-61.
 - (16) Benson HJ. Benson's microbiological applications: Laboratory manual in general microbiology. 1st ed. Boston: McGraw-Hill Higher Education; 2005.
 - (17) Burchardt L. Key to identification of phytoplankton species in lakes and rivers. 1st ed. Kraków: Institute of Botany, Polish Academy of Sciences; 2014.
 - (18) Singh DP, Tyagi M, Kumar A, Thakur J, Kumar A. Antialgal activity of a hepatotoxin-producing cyanobacterium *Microcystis aeruginosa*. World Journal of Microbiology and Biotechnology. 2001; 17: p. 15-22.
 - (19) Mohamed ZA. Polysaccharides as a protective response against microcystin-induced oxidative stress in *Chlorella vulgaris* and *Scenedesmus quadricauda* and their possible significance in the aquatic ecosystem. Ecotoxicology. 2008; 17: p. 504-516.
 - (20) Pietsch C, Wiegand C, Amé MV, Nicklisch A, Wunderlin D, Pflugmacher S. The effects of a cyanobacterial crude extract on different aquatic organisms: Evidence for cyanobacterial toxin modulating factors. Environmental Toxicology. 2001; 16(6): p. 535-542.
 - (21) Cousins IT, Bealing DJ, James HA, Sutton A. Biodegradation of microcystin-LR by indigenous mixed bacterial populations. Water Research. 1996; 30(2): p. 481-485.
 - (22) Drobac D, Tokodi N, Simeunović J, Baltić V, Stanić D, Svirčev Z. Human exposure to cyanotoxins and their effects on health. Arhiv Za Higijenu Rada i Toksikologiju. 2013; 64(2): p. 305-316.

EFFECT OF CYANOTOXIN MICROCYSTIN-LR ON GROWTH OF GREEN MICROALGAE *SCENEDESMUS* SP. (SPHAEROPLEALES: SCENEDESMACEAE)

Author: ANA MILENKOVIĆ

Email: ana.milenkovic1@pmf.edu.rs

Mentor: Assist. Prof. Nikola Stanković

Laboratory of Microbiology, Department of Biology and Ecology

Faculty of Sciences and Mathematics, University of Niš

Introduction: The emergence of cyanobacterial blooms around the world due to the eutrophication of water is causing extreme concern among researchers around the world. Cyanobacteria produce cyanotoxins that are extremely dangerous to living organisms. Studies have shown that microcystin-LR (MC-LR) is the most toxic among these toxins, and it has been experimentally determined that this hepatotoxin is often found in aquatic ecosystems. In recent years, the proliferation of cyanobacteria has led to a decrease in the quality of water on the territory of the Republic of Serbia, which is the main reason for initiating systematic research into aquatic ecosystems, including detailed epidemiological studies in the last 15 years.

Aim: The aim of this study was focused on examining the effect of cyanotoxin MC-LR on the growth of the green microalga *Scenedesmus* sp. This eukaryotic alga was chosen as a model organism for research because there is not enough information about the effect of this cyanotoxin on it.

Material and Methods: The material for the research was isolated from a freshwater pond near the City of Niš in June 2021.

Results: The research results indicated that MC-LR had a stimulating effect on the growth and survival of the tested microalgae.

Conclusion: The obtained results could lead to further research into the interactions between cyanobacteria and other phytoplankton in aquatic ecosystems to study in detail and determine the specific mechanisms by which the studied MC-LR affects the growth of other species.

Keywords: cyanobacteria, *Scenedesmus*, eutrophication, MC-LR

UTICAJ MIKROCISTINA LR NA ZELENU MIKROALGU *COELASTRUM SP.*

Autor: KRISTINA MILOSAVLJEVIĆ

e-mail: kristina.milosavljevic@pmf.edu.rs

Mentor: Doc. dr Nikola Stanković

Departman za biologiju i ekologiju

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Nišu

Uvod: Cijanotoksini mogu imati različite štetne efekte u vodenoj sredini. U slatkoj vodi najzastupljeniji su mikrocistini od kojih je mikrocistin-LR (MC-LR) najtoksičniji. MC-LR je hepatotoksin koji deluje tako što inhibira protein fosfatazu i izaziva oksidativni stres. Njegov uticaj na mikroalge, kao primarne proizvođače u vodenim ekosistemima, još uvek nije dovoljno istražen.

Cilj: Cilj rada je da se ispita uticaj i prikaže efekat MC-LR na rast zelenih mikroalgi *Coelastrum sp.*

Materijal i metode: Ispitivanje rasta kulture *Coelastrum sp.* vršeno je u standardnoj tečnoj podlozi BG-11 sa dodatim toksinom MC-LR. U staklene epruvete je razlivena podloga BG-11, sterilisana i nakon toga je dodat MC-LR. Koncentracija MC-LR je u finalnoj zapremini bila 10 µg/L. U cilju kontrole rasta *Coelastrum sp.* vršena je kultivacija u epruvetama sa BG-11, bez dodatog MC-LR. Tretman toksinom i kontrola su rađeni u triplikatu. Sve epruvete su inkubirane pod LED svetlom (26,81 µmol/s/m²) na 24°C tokom 16-časovnog fotoperioda u periodu od 14 dana. Rast algi je praćen spektrofotometrijski. Tokom eksperimenta određena je optička gustina 1 ml prethodno vorteksirane kulture na 678, 720 i 750 nm. Koncentracija hlorofila *a* je određena na osnovu formule:

$$Chl (g \cdot ml^{-1}) = 14,96 \cdot (OD_{678} - OD_{750}) - 0,616 \cdot (OD_{720} - OD_{750}).$$

Rezultati: Rezultati su pokazali da MC-LR ima značajan uticaj na brzinu rasta zelenih algi *Coelastrum sp.* Tokom prvih sedam dana izlaganja toksinu, *Coelastrum sp.* je imao sličnu stopu rasta kao kontrola. Nakon sedmog dana je stopa rasta bila veća nego u kontroli jer je toksin stimulisao rast.

Zaključak: Korišćenjem ekološki relevantnih koncentracija MC-LR ovim rezultatima zaključuje se da MC-LR stimuliše rast zelenih algi *Coelastrum sp.*

Ključne reči: MC-LR; *Coelastrum sp.*; spektrofometrija; hlorofil *a*; stimulanje rasta

UVOD

Zelene mikroalge su jednoćelijski organizmi koji za razmnožavanje i rast koriste energiju sunca. Predstavljaju primarne proizvođače u svim okeanima i morima na Zemlji, tako da proizvode oko polovinu kiseonika koji je prisutan u atmosferi. Pored toga, zelene mikroalge su i proizvođači sekundarnih metabolita koji mogu da utiču na strukturu ekosistema nakon njihovog oslobađanja u spoljašnju sredinu. Sekundarni metaboliti mogu da imaju pozitivan efekat na druge organizme, negativan ili neutralan (1). Zelene mikroalge u interakciji sa cijanobakterijama mogu da dovedu do masovnog cvetanja vode (2). Cijanobakterije su mikroskopski organizmi, ali njihova masovna pojava u vodenim ekosistemima postala je značajan ekološki problem svuda u svetu. Pod uticajem antropogenog faktora,

u vodene ekosisteme dospeva značajna količina nutrijenata koja se spira sa poljoprivrednih površina, deo je poreklom iz otpadnih voda raznih industrija, naselja, itd. (3). Velika količina nutrijenata, pre svega azota i fosfora uz optimalnu pH sredine i odgovarajuću temperaturu vode, može ubrzati razmnožavanje cijanobakterija i povećati njihovu biomasu. Najuočljiviji znak eutrofikacije vodenog ekosistema je pojava cvetanja vode. Povećanjem broja cijanobakterija smanjuje se providnost vode, a ujedno i blokira prodor sunčevog zračenja, što dalje sprečava normalno odvijanje procesa fotosinteze. Prisutna koncentracija kiseonika se smanjuje, tako da stanje anoksije naročito u dubljim slojevima vode može da dovede do uginuća aerobnih organizama. Pored nedostatka kiseonika, još jedan veoma važan problem vezan za pojavu cvetanja vode jeste produkcija toksičnih sekundarnih metabolita cijanobakterija. To su visoko aktivne toksične supstance koje se nazivaju cijanotoksini (4). Cijanotoksini su biološki aktivna jedinjenja i predstavljaju biohemijski i funkcionalno raznovrsnu grupu jedinjenja, koja su po hemijskom sastavu peptidi, alkaloidi i lipopolisaharidi. Cijanobakterije koje najčešće proizvode cijanotoksine pripadaju rodovima *Anabaena*, *Microcystis*, *Oscillatoria*, *Aphanizomenon*, *Planktothrix* i *Cylindrocapsa* (5). Cijanotoksini se prema targetnom sistemu na koji deluju dele u nekoliko kategorija: hepatotoksini (oštećuju jetru), neurotoksini (deluju na centralni nervni sistem tako što blokiraju neuromuskularne veze), dermatotoksini (izazivaju oštećenja kože i izazivaju oralne i gastrointestinalne inflamacije) i citotoksini (izazivaju alergijske reakcije) (4). Jedan od najzastupljenijih cijanotoksina, a ujedno i najtoksičniji jeste mikrocistin-LR (MC-LR). MC-LR je hepatotoksin, po hemijskom sastavu je ciklični peptid (slika 1), koji deluje tako što inhibira protein fosfatazu, što dovodi do pojave oksidativnog stresa. Zbog svoje hemijske strukture je veoma stabilan u vodi, otporan na ekstremne temperature i pH vrednosti (6). Upravo zbog stabilnosti u vodi, proliferacija cijanobakterija je poslednjih godina dovela do smanjenja kvaliteta vode za piće (7). Istraživanje efekta cijanotoksina na mikroalge od velikog je značaja, jer mikroalge predstavljaju ekološki važnu grupu koja ima ulogu primarnog proizvođača u akvatičnim ekosistemima. Cilj ovog istraživanja jeste ispitivanje efekta cijanotoksina MC-LR na rast zelene mikroalge *Coelastrum* sp. (fam. *Scenedesmeaceae*), jer ne postoji dovoljno informacija o dejstvu ovog cijanotoksina na nju.

MATERIJALI I METODE

Kultivacija *Coelastrum* sp.

Iz slatkovodne bare u blizini grada Niša (43° 19' 08" N, 21° 53' 48" E) izolovan je materijal u toku juna 2021. Uzorak je čuvan u staklenoj boci koja je bila izložena svetlosti. Uzorci su po transportu u laboratoriju Prirodno-matematičkog fakulteta u Nišu ispitivani uz pomoć svetlosnog mikroskopa kako bi se odredio sadržaj mikroalgi u njima. Kolonije mikroalgi su izolovane i prečišćene kultivacijom i više puta ponovljenim presejavanjem na agarizovanoj podlozi BG-11 (8). Određena količina uzorka je prenet na čvrst agarozni supstrat i razlivena pomoću L štapića (9). Petrijeve šolje su nakon toga inkubirane 14 dana. Pojedinačne kolonije sa Petrijevih ploča su opet prečišćene prenošenjem na nove Petrijeve ploče sa ciljem da se dobiju uniformne kolonije. Nakon toga su alge identifikovane pomoću ključa do nivoa roda (10). Kultura je pripremana u erlenmajeru od 250 ml i kultivisana na 24°C, pod hladnim LED osvetljenjem tokom 16-časovnog dnevnog fotoperioda uz konstantnu aeraciju.

Tok istraživanja

Da bi se ispitao uticaj toksina na rast soja *Coelastrum* sp., korišćeno je šest epruveta. U prve tri je dodat MC-LR u koncentraciji 10 µg/ml, a preostale tri su bile kontrola. Kontrola

je praćena zbog konstruisanja krive rasta. Svaka epruveta je sadržala tećni medijum BG-11, 1ml kulture *Coelastrum* sp. i $10 \mu\text{l}^{-1}$ MC-LR, izuzev kontrola koje nisu sadržale MC-LR. Sve epruvete su inkubirane pod LED svetlom ($26,81 \mu\text{mol/s/m}^2$) na 24°C tokom 16-ćasovnog fotoperioda u period od 14 dana. Rast algi je praćen spektrofotometrijski da bi se odredila koncentracija hlorofila *a*. Tokom eksperimenta odrećena je optićka gustina 1 ml prethodno vorteksirane kulture na 678, 720 i 750 nm, a grafićki prikaz rasta kulture je prezentovan na osnovu izraćunate koncentracije hlorofila *a*. Koncentracija hlorofila *a* je izraćunata preko formule: $\text{Chl } a \text{ } (\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}) = 14,96 \cdot (OD_{678} - OD_{750}) - 0,616 \cdot (OD_{720} - OD_{750})$ (11).

REZULTATI

U eksperimentu gde je ispitivan uticaj ekoloćki relevantne koncentracije MC-LR na rast zelene mikroalge *Coelastrum* sp. rezultati su pokazali da MC-LR ima znaćajan uticaj na brzinu rasta ove vrste. Tokom prvih sedam dana izlaganja toksinu mikroalga *Coelastrum* sp. je imala slićnu stopu rasta kao kontrola. Promene se uoćavaju nakon sedmog dana merenjem optićke gustine uz pomoć spektrofotometra na talasnim dućzinama od 678, 720 i 750 nm, gde je zapaćeno da je stopa rasta bila znaćajno veća nego u kontroli. Maksimalna koncentracija hlorofila *a* je postignuta nakon 14 dana i iznosila je $0,5742 \mu\text{g/ml}$, dok je vrednost hlorofila *a* u kontrolama nakon 14 dana bila $0,204512 \mu\text{g/ml}$ (tabela 1). Rezultati pokazuju da je rast soja *Coelastrum* sp. veći u prisustvu MC-LR (grafik 1). MC-LR je imao stimulićuće dejstvo na rast ispitivanje zelene mikroalge *Coelastrum* sp.

DISKUSIJA

U istraćivanju gde je praćen rast nekih vrsta algi pri nićim i vićim koncentracijama MC, rezultati pokazuju da koncentracije od $100\text{--}5000 \mu\text{g L}^{-1}$ nemaju efekta na njihov rast i da se inhibicija rasta javlja samo pri koncentracijama od $25\text{--}1000 \mu\text{g L}^{-1}$ (12). Zato se smatra da koncentracija MC-LR od $1\text{--}5000 \mu\text{g L}^{-1}$ nema efekta na rast ili izaziva slabu inhibiciju rasta zelenih mikroalgi (12). Delovanje MC-LR je veoma kompleksno, jer njegov uticaj moće da varira u zavisnosti od biotićkih i abiotićkih faktora, ali i u zavisnosti od koncentracije sa kojom se tretira ispitivani soj, u ovom slućaju *Coelastrum* sp. Većina autora koji su dokazali inhibiciju rasta kod mikroalgi koristili su visoke koncentracije MC-LR koje inaće u vodenim sredinama ne mogu da se naću (13). U ovom eksperimentu je koriććena ekoloćki relevantna koncentracija MC-LR i dokazano je da ona stimuliće rast zelene mikroalge. Razlog zbog kojeg je MC-LR u ovom slućaju delovao stimulativno na rast je joć uvek nepoznat. Neki autori smatraju da zelene mikroalge imaju sposobnost oporavka od oksidativnog stresa izazvanog MC-LR tako što aktiviraju zaćitne mehanizme pomoću intracelularnih i ekstracelularnih polisaharida (13). Po jednoj hipotezi smatra se da mikroalge kod kojih je primećen stimulativni efekat MC-LR u svom metabolizmu koristile CO_2 što je ubrzalo njihov rast. Usled degradacije MC-LR dolazi do procesa konverzije ugljenika iz MC-LR u CO_2 koji postaje lako dostupan ispitivanom soju i samim tim pospećuje rast ispitivane mikroalge (14). U korist ove hipoteze ulaze rezultati studije koji su pokazali da vodene vrste algi *Poteroiochromonas* sp. mogu da razgrade MC-LR u izuzetno velikoj koncentraciji (4mg/L) i da u tom slućaju ima znatno veću stopu rasta u porećenju sa standardnim uslovima (15). S obzirom na raznovrsnost cijanotoksina i njihovu zastupljenost, govori se o ekoloćkom uspehu cijanobakterija ali i o mogućim problemima sa kojima mogu da se suoće ljudi i ćivotinje na koje deluju razlićite vrste cijanotoksina. Uticaju toksićnih mikrocistina naroćito su izloćene ribe i ptice (4). Mikrocistini su izolovani iz školjki, slatkovodnih raćića i pućeva koji ćesto mogu da budu upotrebljeni za ishranu. Delovanje cijanotoksina je raznovrsno, mogu da dovedu do oćećenja jetre, centralnog nervnog sistema, bubrega,

itd. Zbog svega toga, efekat cijanotoksina zahteva posebnu pažnju naučnika i istraživača. Stalna kontrola vodenih ekosistema je veoma bitna i neophodna širom planete.

ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata, može se zaključiti da ekološki relevantna koncentracija MC-LR stimuliše rast kultivisanog soja *Coelastrum* sp. Ovaj rezultat može da bude korištan u daljim istraživanjima efekta cijanotoksina na rast drugih vrsta organizama, kao i mehanizma kojim MC-LR stimuliše ili inhibira rast. Problemi koje mogu da izazovu cijanobakterije, a pre svega njihovi cijanotoksini, od velikog su značaja kako za hidrobionte tako i za čoveka koji konzumira vodu koja sadrži povišenu koncentraciju MC-LR. Zbog toga je monitoring stanja u vodenim ekosistemima od velikog značaja.

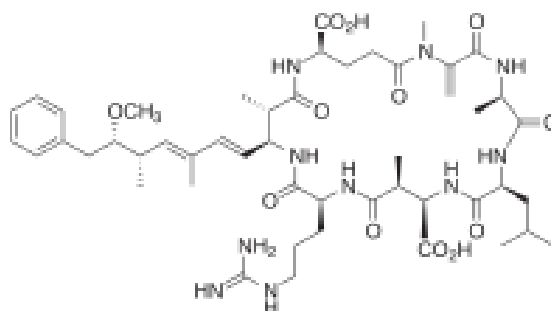
ZAHVALNOST

Ovo istraživanje je rađeno u sklopu doktorske disertacije kolegyně Tamare Petronijević, kojoj dugujem zahvalnost na stručnoj pomoći i korisnim savetima.

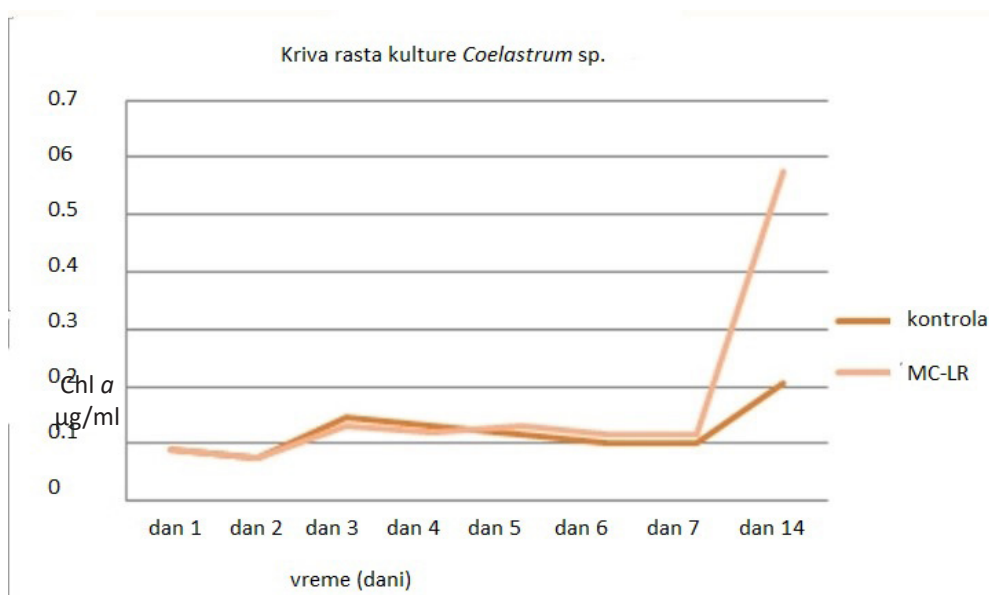
LITERATURA

1. **Rice, E.L.** *Allelopathy*. New York : Academic Press, 1984.
2. *Health risk assessment of cyanobacterial (blue-green algal) toxins in drinking water*. **Falconer, Ian and Humpage, Andrew**. 2005.
3. *Toxic Cyanobacteria in Water*. **Bartram, Jamie, et al.** 1999.
4. **Drobac, Damjana**. *Putevi izloženosti čoveka cijanotoksinima i njihov uticaj na zdravlje*. Novi Sad : Prirodno-matematički fakultet Novi Sad, 2015.
5. *Cyanobacterial toxins; Modes of actions, fate in aquatic and soil ecosystems, phytotoxicity and bioaccumulation in agricultural crops*. **Corbel, S, Mougin, C and Bouaïcha, N**. 2014, Chemosphere, pp. 1-15.
6. *Limited Stability of Microcystins in Oligopeptide Compositions of Microcystis aeruginosa (Cyanobacteria): Implications in the Definition of Chemotypes*. **Agha, R, et al.** 2013, Toxins, pp. 1089-1104.
7. *Cyanobacterial blooms and their toxicity in Vojvodina lakes, Serbia*. **Svirčev, Z., et al.** 2013, International Journal of Environmental Health Research.
8. *Generic assignment, strain histories and properties of pure cultures of cyanobacteria*. **Ripka, R., et al.** 1979, J. Gen. Microbiology, pp. 1-61.
9. **Benson, H. J.** *Benson's microbiological applications: Laboratory manual in general microbiology*. Boston : McGraw-Hill Higher Education, 2005.
10. **Burchardt, L.** *Key to identification of phytoplankton species in lakes and rivers*. Kraków : Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, 2014.
11. **Stanković, N.** *Uticaj fitoplanktona na makrobeskičmenjake slatkovodnih ekosistema u multistres uslovima: laboratorijsko testiranje toksičnog efekta cijanobakterija i zelenih mikroalgi na jedinke vrste Chironomus riparius*. Niš : Prirodno-matematički fakultet NIŠ, 2021.
12. *Concentrations and Seasonal Trends of Extracellular Microcystins in Freshwaters of the Czech Republic – Results of the National Monitoring Program*. **Bláhová, Lucie, et al.** 2007, Wiley online library.
13. *Polysaccharides as a protective response against microcystin-induced oxidative stress in Chlorella vulgaris and Scenedesmus quadricauda and their possible significance in the aquatic ecosystem*. **Mohamed, Z. A.** 2008, Ecotoxicology, pp. 504-516.
14. *Biodegradation of microcystin-LR by indigenous mixed bacterial populations*. **Cousins, I. T., et al.** 1996, Water Research, pp. 481-485.
15. *Effects of microcystins on and toxin degradation by Poterionochromonas sp.* **Ou, Danyun, et al.** 2005, Wiley Online Library, pp. 373-380.

PRILOG



Slika 1. Molekularna struktura mikrocistina-LR (11)



Grafik 1. Spektrofotometrijsko poređenje rasta vrste *Coelastrum* sp. u prisustvu MC-LR i kontrolnim uslovima (u odsustvu MC-LR)

Tabela 1. Tabelarni prikaz koncentracije hlorofila *a* u šest uzoraka tokom 14 dana

	1	2	3	4	5	6	7	14
kontrola	0.08754	0.08241	0.1522	0.13447	0.13217	0.12336	0.10156	0,204512
MC-LR	0.08753	0.07741	0.1446	0.1225	0.1447	0.1315	0.1192	0,5742

INFLUENCE OF PURE MC-LR ON GREEN MICROALGAE *COELASTRUM SP.*

Author: KRISTINA MILOSAVLJEVIĆ

Email: kristina.milosavljevic@pmf.edu.rs

Mentor: Assist. Prof. Nikola Stanković

Department of Biology and Ecology

Faculty of Sciences and Mathematics, University of Niš

Introduction: Cyanotoxins can have various harmful effects on the aquatic environment. In freshwater, microcystins are the most abundant, of which microcystin-LR (MC-LR) is the most toxic. MC-LR is a hepatotoxin that acts by inhibiting protein phosphatase and causing oxidative stress. The influence on microalgae as primary producers in aquatic ecosystems has not yet been sufficiently explored.

Aim: The aim of the paper is to examine the impact and show the effect of MC-LR on the growth of green microalgae *Coelastrum sp.*

Material and Methods: Examination of the culture growth of *Coelastrum sp.* was performed in a standard liquid medium BG-11 with MC-LR toxin added. BG-11 medium was poured into glass tubes, sterilized, and then MC-LR was added. The concentration of MC-LR in the final volume was 10 µg/L. In order to control the growth of *Coelastrum sp.*, cultivation was carried out in test tubes with BG-11 without MC-LR added. Toxin treatment and control were performed in triplicate. All tubes were incubated under LED light (26.81 µmol/s/m²) at 24 °C during a 16-hour photoperiod for 14 days. During the experiment, the optical density of 1 ml of previously vortexed culture was determined at 678, 720, and 750 nm. Chlorophyll a concentration is calculated according to the formula: $Chl (g \cdot ml^{-1}) = 14,96 \cdot (OD_{678} - OD_{750}) - 0,616 \cdot (OD_{720} - OD_{750})$.

Results: The results showed that MC-LR has a significant effect on the growth rate of green algae *Coelastrum sp.* During the first seven days of exposure to the toxin, *Coelastrum sp.* had a similar growth rate as the control. After the seventh day, the growth rate was higher than in the control because the toxin stimulated growth.

Conclusion: Using ecologically relevant concentrations of MC-LR, we can conclude with these results that MC-LR stimulates the growth of green algae *Coelastrum sp.*

Keywords: MC-LR, *Coelastrum sp.*, spectrophotometry, chlorophyll a, stimulating growth

DIVERZITET GLJIVA BASIDIOMYCOTA NA CENTRALNOM DIJELU PLANINE TREBAVE

Autor: SANDRA POPOVIĆ

e-mail: sandra.popovic@student.pmf.unibl.org

Mentor: Prof. dr Svjetlana Lolić, vanredni profesor

Katedra za mikrobiologiju i biologiju ćelije

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Banjoj Luci

Uvod: Planina Trebava nalazi se u sjeveroistočnom dijelu Bosne i Hercegovine, na granici opština Modriča i Gradačac i grada Doboja, a klimatske karakteristike istraživačkog područja i dobra očuvanost klimatogenog ekosistema omogućavaju veliki diverzitet gljiva. Ozbiljnija istraživanja na ovom području do sada nisu rađena.

Cilj: Cilj istraživanja je utvrđivanje diverziteta makromiceta na području planine Trebave.

Materijal i metode: Uzorkovanje gljiva obavljeno je na području centralnog dijela planine Trebave, u junu 2022. Sakupljanje uzoraka gljiva je vršeno u ranim jutarnjim časovima, tri do pet dana nakon kiše. Uzorkovana su plodna tijela sa otvorenim šeširom i izloženim himenijumom, u životnoj fazi koja je najpogodnija za determinaciju. Plodna tijela najprije su fotografisana iz različitih uglova kako bi se zabilježili karakteri i veličina njihovih struktura u nativnom stanju.

Rezultati: Identifikovana su 44 taksona iz 16 familija. Najzastupljenije vrste su iz familije Russulaceae i Polyporaceae, kojima pripada 21 vrsta.

Zaključak: Terenskim istraživanjima u junu 2022. godine na području planine Trebave zabilježeno je prisustvo 44 taksona gljiva. Poseban doprinos ovih istraživanja predstavlja nalaz vrste *Amanita eliae* koja je rijetka na našim prostorima.

Ključne riječi: diverzitet; Trebava; Basidiomycota; Modriča

UVOD

Planina Trebava nalazi se u sjeveroistočnoj Bosni i Hercegovini i smještena je između srednje Posavine na sjeveru, Tinjske kotline na istoku, Spreče na jugu i doline rijeke Bosne na zapadu, između opština Modriča i Gradačac i grada Doboja. Svrstava se u red niskih planina, ispod 1000 metara nadmorske visine. Njen najviši vrh je Vis (692 m), a pored njega ističu se još Spletana Lipa (644 m), Duga Njiva (629 m) i Bečanj (566 m). Veliko šumsko prostranstvo kojim je bogata ova planina, kao i mezofilna varijanta umjereno kontinentalne klime, pogoduju razvoju velikog broja različitih gljiva (Dinarsko gorje 2019).

Mikološka istraživanja na teritoriji Bosne i Hercegovine su oskudna, dok za istraživano područje ne postoje literaturni podaci. Najveći broj dosadašnjih publikacija orijentisan je ka prepoznavanju jestivih i ekonomski značajnih vrsta. Cilj ovog rada je prikupljanje podataka o prisutnim makromicetama na centralnom dijelu Trebave.

Trebava se nalazi u pojasu umjerene klimatske zone. Srednja godišnja temperatura je 12°C. Najtopliji mjesec je jul, sa prosječnom temperaturom od 22°C, a najhladniji je decembar, sa prosjekom od -2°C. Prosječna godišnja količina padavina iznosi 1278 mm. Mjesec s najviše padavina je maj, sa srednjom količinom padavina od 235 mm, a najmanje padavina je u martu, i to 73 mm. Šume istraživačkog područja pripadaju vegetaciji

hrastovo-grabovih šuma koje su rasprostranjene u brdskim predjelima i vegetaciji bukovih šuma na višim nadmorskim visinama. Prisustvo četinara vezano je za akcije pošumljavanja.



Slika 1. Položaj planine Trebave (detalji iz topografske karte Doboj 1:200 000 II izdanje)

MATERIJAL I METODE

Uzorkovanje materijala obavljeno je na području centralnog dijela planine Trebave, u junu 2022. Sakupljanje uzoraka gljiva vršeno je u ranim jutarnjim časovima, tri do pet dana nakon kiše. Uzorkovana su plodna tijela sa otvorenim šeširom i izloženim himenijumom, u životnoj fazi koja je najpogodnija za determinaciju. Plodna tijela najprije su fotografisana iz različitih uglova kako bi se zabilježili karakteri i veličina njihovih struktura u nativnom stanju. Terikolni predstavnici su uzorkovani laganim zavrtnjem plodnog tijela, a lignikolni su pomoću noža uzorkovani zajedno sa dijelom supstrata. Za determinaciju su korišteni sljedeći ključevi i priručnici: „Ključ za gljive, Ilustrirani uvod u gljivarstvo” (Focht, 1996); „Gljive, džepni gljivarski vodič” (Garnweidner, 2006); „Koja je ovo gljiva?” (Flik, 2010); „Gljive, enciklopedija” (Keizer, 1998) i veb-stranice (<https://www.nahuby.sk/>; <https://boletales.com/>).

REZULTATI I DISKUSIJA

Na području planine Trebave su tokom juna 2022. godine pronađena 44 različita taksona gljiva u nivou roda i vrste iz 16 porodica. Spisak identifikovanih taksona zajedno sa pripadajućim porodicama prikazan je u Tabeli 1.

Tabela 1. Spisak Basidiomycota na području centralnog dijela planine Trebave (J – jestiva vrsta; L – lignikolna vrsta; M – medicinski značajna; N – vrsta nema praktični značaj; O – otrovna vrsta; Pa – paraziti; T – terikolna vrsta; U – uslovno jestiva vrsta)

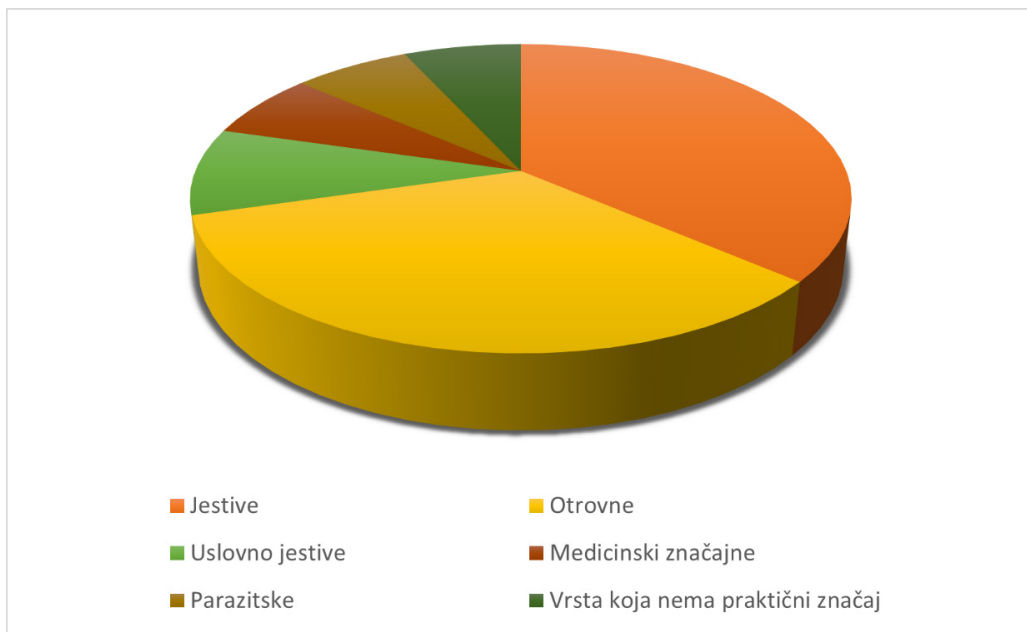
Takson	Stanište	Upotrebna vrijednost
1) Agaricaceae		
<i>Bovista sp.</i>	T	J
2) Amanitaceae		
<i>Amanita vaginata</i> (Bull.) Lam	T	U
<i>Amanita eliae</i> Quél	T	O
<i>Amanita excelsa</i> (Fr.) Neville & Poumerat.	T	J
3) Boletaceae		
<i>Boletus pinophilus</i> Pilat & Dermek	T	J
<i>Boletus reticulatus</i> Schaeff.	T	J
<i>Xerocomus subtomentosus</i> (L.) Quel.	T	J
<i>Leccinum griseum</i> (Quel.) Singer	T	J
4) Crepidotaceae		
<i>Crepidotus sp.</i>	L	U
5) Fomitopsidaceae		
<i>Fomitopsis betulina</i> (Bull.) B.K. Cui, M.L. Han & Y.C. Dai	L	O
6) Hymenochaetaceae		
<i>Phellinus robustus</i> P. Karst	L	J
7) Polyporaceae		
<i>Cerrena unicolor</i> (Bull.) Murrill	L	M
<i>Meripilus giganteus</i> (Pers.) P. Karst	L	U
<i>Trametes betulina</i> (L.) Pilat	L	J
<i>Trametes gibbosa</i> (Pers.) Fr.	L	O
<i>Trametes hirsuta</i> (Wulfen) Lloyd	L	O
<i>Trametes versicolor</i> (L.) Lloyd	L	M
<i>Fomes fomentarius</i> (L.) Fr.	L	M
8) Pluteaceae		
<i>Pluteus salicinus</i> (Pers.) P. Kumm.	L	O
9) Psathyrellaceae		
<i>Coprinopsis lagopus</i> (Fr.) Redhead, Vilgalys & Moncalvo	T	J
10) Phallaceae		
<i>Phallus impudicus</i> L.	T	U
11) Physalacriaceae		
<i>Hymenopellis fraxinea</i> (Bull.) Ryvarden	L	O
<i>Hymenopellis radicata</i> (Rehhan) Dorfeldt	T	J
12) Russulaceae		
<i>Russula amoena</i> Quel.	T	O
<i>Russula amoenicolor</i> Romagn.	T	O

<i>Russula atropurpurea</i> (Krombh.) Britzelm.	T	O
<i>Russula delica</i> Fr.	T	O
<i>Russula emetica</i> (Schaeff.) Pers.	T	O
<i>Russula meliolens</i> Quel.	T	O
<i>Russula nigricans</i> (Pers.) Fr.	T	O
<i>Russula olivacea</i> (Schaeff.) Fr.	T	J
<i>Russula vesca</i> Fr.	T	J
<i>Russula violeipes</i> Quél.	T	O
<i>Russula heterophylla</i> (Fr.) Fri.	T	J
<i>Russula fellea</i> (Fr.) Fr	T	O
<i>Lactifluus volemus</i> (Fr.) Kuntze	T	J
<i>Lactifluus piperatus</i> (Fr.) Kuntze	T	J
13) Schizophyllaceae		
<i>Schizophyllum commune</i> Fr.	L	N
14) Stereaceae		
<i>Stereum hirsutum</i> (Willd.) Pers.	L	N
<i>Stereum ochraceoflavum</i> (Schwein.) Sacc.	L	N
15) Strophariaceae		
<i>Kuehneromyces mutabilis</i> (Schaeff.) Singer & A. H. Sm.	L	J
16) Xylariaceae		
<i>Biscogniauxia nummularia</i> (Bull.)	L	Pa
<i>Hypoxylon fragiforme</i> (Pers.) J. Kickx	L	Pa
<i>Hypoxylon fuscum</i> (Pers.) Fr.	L	Pa

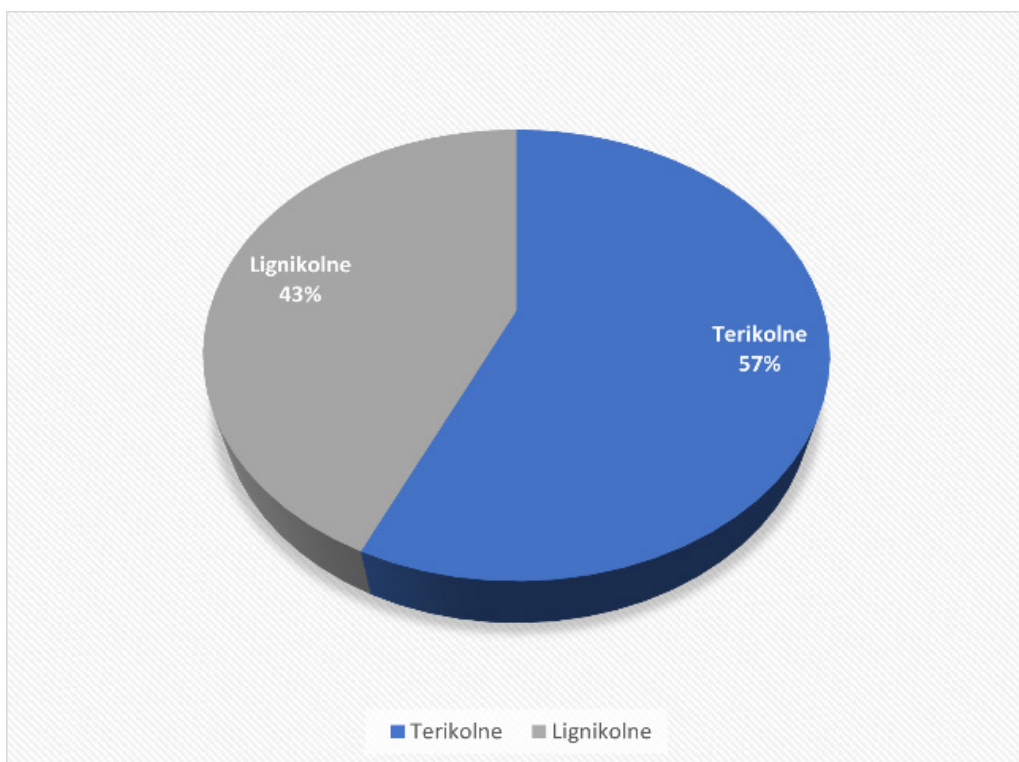
Najveći broj taksona pripada porodicama Russulaceae (14 vrsta) i Polyporaceae (7 vrsta). Slijede familije Boletaceae (4 vrste) i Amanitaceae (3 vrste). Familije Physalariaceae, Pluteaceae, Fomitopsidaceae, Stereaceae, Hymenochaetaceae, Agaricaceae, Boletaceae, Crepidotaceae, Psathyrellaceae, Phallaceae, Schizophyllaceae, Strophariaceae, Xylariaceae prisutne su po 2 ili jednim taksonom.

Analizom upotrebne vrijednosti Basidiomycota konstantovano je gotovo jednako učešće jestivih i otrovnih gljiva, koje su zastupljene sa 16, odnosno 15 taksona. Medicinski značajne, vrste koje nemaju praktični značaj i parazitske vrste, zastupljene su sa po tri predstavnika (Grafikon 1).

U odnosu na stanište gdje su zabilježene, svi taksoni podijeljeni su u dvije grupe, terikolni i lignikolni, pri čemu je prva grupa zastupljena s 25 taksona, a druga s 19 (Grafikon 2).



Grafikon 1. Zastupljenost gljiva u odnosu na upotrebnu vrijednost



Grafikon 2. Zastupljenost gljiva u odnosu na stanište

ZAKLJUČAK

Terenskim istraživanjima u junu 2022. godine na području planine Trebave zabilježeno je prisustvo 44 taksona gljiva. Mikološka istraživanja na prostoru Republike Srpske i Bosne i Hercegovine u cjelini su antropocentrično orijentisana, tj. ograničena isključivo na one vrste gljiva koje su čovjeku ekonomski značajne. Posljednjih godina svijest ljudi se mijenja i povećava se interesovanje mladih ljudi za istraživanja gljiva u cilju utvrđivanja liste gljiva u Bosni i Hercegovini i njihovog očuvanja. Pokazalo se da čovjeku „neupotrebljive” gljive obuhvataju znatan dio ukupnog broja zabilježenih vrsta, te se njihovo prisustvo u ekosistemu ne smije zanemariti. Terenska istraživanja i popisivanje vrsta predstavljaju polaznu osnovu za formiranje baze podataka o gljivama u Republici Srpskoj i Bosni i Hercegovini, što je preduslov za izradu Crvenih lista i Crvene knjige gljiva. Poseban doprinos ovih istraživanja predstavlja nalaz vrste *Amanita eliae* koja je rijetka na našim prostorima (Slika 2).



Slika 2. *Amanita eliae* Quél

LITERATURA

- Flik, M. (2010): Koja je ovo gljiva?. Marso, Beograd.
Focht, I. (1996): Ključ za gljive. Naprijed, Zagreb.
Garnweidner, E. (2006): Gljive, džepni gljivarski vodič. Andromeda, Rijeka.
Keizer, G. J. (1998): Gljive, enciklopedija. Veble commerce, Zagreb.
<https://www.nahuby.sk/>
<https://boletales.com/>
https://www.dinarskogorje.com/uploads/4/1/3/3/41338573/trebava-1-300000-osijek_orig.jpg
<https://www.dinarskogorje.com/trebava-trebovac.html>

Istraživanja na području planine Trebave rađena su u junu u sklopu projekta „Terensko istraživanje na lokalitetu Duga Njiva – Faza 1“, koji je finansiran od strane opštine Modriča. U realizaciji projekta učestvuju članovi Društva za istraživanje i zaštitu biodiverziteta iz Banje Luke.

DIVERSITY OF BASIDIOMYCOTA FUNGI IN CENTRAL PART OF MOUNT TREBAVA

Author: SANDRA POPOVIĆ

Email: sandra.popovic@student.pmf.unibl.org

Mentor: Assoc. Prof. Svjetlana Lolić

Department of Microbiology and Cell Biology

Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Banja Luka

Introduction: Mount Trebava is located in the northeastern part of Bosnia and Herzegovina on the border of the municipalities of Modriča and Gradačac and the City of Doboј. The climatic characteristics of the research area and the good preservation of the climatogenic ecosystem enable a great diversity of fungi. More serious research in this area has not been done so far.

Aim: The aim of the research is to determine the diversity of macromycetes in the Trebava mountain area.

Material and Methods: Material sampling was carried out in the central part of the low Trebava mountain area in the period of June 2022. Mushroom sample collection was carried out in the early morning hours, three to five days after the rain. Fertile bodies with an open cap and an exposed hymenium were sampled in the life stage most suitable for determination. The fruiting bodies were first photographed from different angles in order to record the characters and size of their structures in their native state.

Results: Forty-four taxa from 16 families were identified. The most abundant species are from the Russulaceae and Polyporaceae families, which include 21 species.

Conclusion: Field research in June 2022 in the Trebava mountain area recorded the presence of 44 taxa of fungi. A special contribution of this research is finding the species *Amanita eliae*, which is rare in our area.

Keywords: diversity, Trebava, Basidiomycota, Modriča

VOLATILNOST I SKJUNIS FUNKCIJE RASPODELE CENA AKCIJA NA BERZI U MODELU KVANTNE BRAUNOVE ČESTICE

Autor: MILICA PERIĆ

e-mail: milica.peric1@pmf.edu.rs

Mentor: Prof. Jasmina Jeknić-Dugić

Departman za fiziku

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Nišu

Uvod: Hipoteza o efikasnosti tržišta bila je jedna od glavnih temelja istraživanja finansija. Opšti koncept ove hipoteze je da cene akcija na berzi odražavaju sve relevantne informacije o tzv. hartijama od vrednosti. Međutim, najveći problem predstavlja iracionalnost tržišta. Fizičari pokušavaju da modeluju ponašanje berze pomoću fizičkih modela, pri čemu uspostavljaju analogiju između fizičkih veličina i veličina koje se koriste u ekonomiji. Sa kvantnomehaničkog stanovišta ova iracionalnost se može interpretirati relacijom neodređenosti.

Cilj: Istražujemo uticaj odgovarajućih parametara na promenu volatilnosti i skjunis (eng. *skewness*) raspodele cena akcija na berzi. Pri tome, upoređivani su rezultati za primenjene parametre za harmonijski i anharmonijski potencijal u modelu kvantne Braunovske čestice korišćenjem Kaldeira-Leget master jednačine.

Materijal i metode: Kao model za praćenje navedenih veličina korišćena je fenomenološka Kaldeira-Leget master jednačina. Iz ove jednačine izveden je sistem jednačina za momente višeg reda (do četvrtog reda) kako za harmonijski tako i za anharmonijski potencijal. Dobijen sistem jednačina je rešavan Runge-Kuta metodom četvrtog reda, što je omogućilo određivanje vrednosti volatilnosti i skjunis raspodele za određeni skup parametara koji su primenjeni u modelu.

Rezultati: Na osnovu primenjenog modela, razmatrane su vremenske promene volatilnosti i skjunis funkcije raspodele cena akcija na berzi za širi opseg parametara, kako za harmonijski tako i za anharmonijski potencijal. Takođe, posmatran je uticaj različitih početnih uslova na ponašanje volatilnosti za oba potencijala.

Zaključak: Dobijeni rezultati pokazuju osetljivost volatilnosti i skjunis funkcije raspodele cena na vrednost parametara. Menjanje odnosa faktora prigušenja i frekvencije oscilovanja utiče na pojavu oscilatorne zavisnosti volatilnosti i skjunis funkcije raspodele cena akcija na berzi. Pokazuje se da i parametri okruženja utiču na promene volatilnosti i skjunis funkcije raspodele cena.

Ključne reči: ekonofizika; volatilnost; asimetrija raspodele; cene akcija na berzi; kvantno Braunovo kretanje; Kaldeira-Leget master jednačina

UVOD

Ekonofizika je nova naučna oblast koja se bavi primenom teorija i metoda koje su prvobitno razvili fizičari kako bi rešili probleme u ekonomiji. Dakle, fizičari pokušavaju da modeluju ponašanje berze pomoću fizičkih modela i

zakona, pri čemu uspostavljaju analogiju između fizičkih veličina i veličina koje se koriste u ekonomiji [1].

Do skoro je hipoteza o efikasnosti tržišta [2] bila široko prihvaćena od strane finansijskih ekonomista. Verovalo se da tržišta hartija od vrednosti jako efikasno odražavaju informacije o pojedinim akcijama i o berzi u celini. Smatralo se da, kada se dođe do informacije, ta vest se vrlo brzo širi i uključuje u cene hartija od vrednosti bez odlaganja. Možemo reći da efikasna finansijska tržišta ne dozvoljavaju investitorima da zarade natprosečne prihode bez prihvatanja natprosečnih rizika.

Fama [2] je prvi pokušao da sistematski proučava stohastičku dinamiku tržišta akcija. Kako bi objasnio nepravilnost cena na berzi, koristio je Braunovo kretanje odnosno ideju slobodnog hoda (kao primer Markovljevog procesa[3]), opisano Gausovom raspodelom. Hipoteza o efikasnosti tržišta je povezana sa idejom slučajnog hoda, koja kaže da sve naredne cene predstavljaju nasumična odstupanja od prethodne cene. Logika ove ideje je da ako je tok informacija nesmetan, onda će se informacije odmah odražavati na cene akcija, dakle, onda bi sutrašnja promena cene odražavala samo sutrašnje vesti i bila nezavisna od promena cena danas. Kako su vesti po definiciji nepredvidive, onda bi i promene cena morale biti nepredvidive i nasumične. Na osnovu ovoga dobijamo da cene u potpunosti odražavaju sve poznate informacije.

Međutim, danas mnogi sumnjaju u hipotezu o efikasnosti tržišta. Naime, kao empirijska činjenica kako za tržišta u razvijenim zemljama (kao što su Nemačka [4] i SAD [5, 6]), tako i za tržišta zemalja u razvoju (kao što su Indija [7] i Kina [8]), javlja se odstupanje od Gausove (tzv. normalne) raspodele prinosa. Ovo odstupanje manifestuje se kao pojava „debelog repa“, odnosno, raspodela verovatnoće koja se dobija ima veliku verovatnoću ekstremnih ishoda. Nakon dovoljno dugog vremena očekuje se da će se raspodela približiti normalnoj Gausovoj raspodeli [9–11]. Međutim, pojava debelog repa ukazuje na nemarkovljevo ponašanje, na osnovu čega sledi da berza ne zadovoljava model klasičnog Braunovog kretanja [2].

Stoga bihevioralni ekonomisti veruju da su psihologija i ponašanje elementi koji utiču na cenu akcija na berzi, odnosno, bihevioralni ekonomisti se zalažu za ulogu iracionalnosti agenata u realnim berzanskim transakcijama. Danas se smatra da je hipoteza efikasnog tržišta nesavršena upravo zbog tržišne iracionalnosti i da bi iracionalnost mogla značajno doprineti upornim fluktuacijama cene akcija.

Kao mogući način modelovanja iracionalnosti javlja se kvantnomehanička neodređenost, koja se stoga tumači kao neizvesnost tržišta

[12, 13, 22]. Na osnovu toga se, kao prirodan sledeći korak, pojavljuje ideja da se koriste određeni kvantni modeli. Tokom prethodnog perioda korišćeni su različiti kvantni modeli za modelovanje berze, kao što su čestica u potencijalnoj jami [13, 14], kvantni prigušeni oscilator [13], harmonijski oscilator [15, 16], itd. Kako je prvobitni model ponašanja berze bio klasično Braunovo kretanje, posebno je interesantan model kvantnog Braunovog kretanja, imajući u vidu da se on može smatrati kvantnomehaničkim analogonom klasičkog Braunovog kretanja koje je u saglasnosti sa hipotezom efikasnosti tržišta.

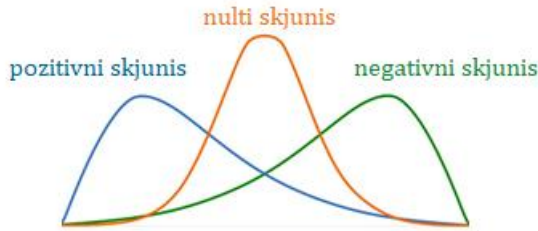
U ovom radu ćemo koristiti kvantno Braunovo kretanje modelovano fenomenološkom master jednačinom Kaldeire-Legeta (Caldeira-Leggett) [17], što znači da se ne bavimo osnovnim mikroskopskim fizičkim detaljima koji vode do ove jednačine. U ovom modelu ćemo uvesti, kako spoljašnje harmonijsko, tako i spoljašnje, slabo neharmonijsko polje za Braunovu česticu. Uvođenje spoljašnjeg polja ima za cilj pokušaj modelovanja spoljašnjih makroskopskih uticaja na berzu, kao što je na primer dnevno ograničenje cena na berzi [15, 1, 18]. Naš glavni cilj je u skladu sa standardnim ekonofizičkim analizama. Precizno, nas zanimaju vremensko ponašanje, takozvane, volatilnosti (*eng. volatility*) i skjunisa (*eng. skewness*) funkcije raspodele cena akcija na berzi za različite vrednosti parametara.

MATERIJALI I METODE

Volatilnost, u finansijama, predstavlja statističku meru standardnog odstupanja relativnih promena cena određene finansijske aktive ili berzanskih indeksa. Visoku volatilnost pokazuju relativne promene cena koje brzo fluktuiraju u kratkom vremenskom intervalu. Visoka volatilnost znači da je data finansijska aktiva rizičnija, odnosno, verovatnoća da investitor, trgujući tom finansijskom aktivom, ostvari gubitak veća je u odnosu na verovatnoću ostvarenja dobitka. Nisku volatilnost imaju cene finansijske aktive koje fluktuiraju sporo u dužem vremenskom intervalu. Niska volatilnost znači da je finansijka aktiva manje rizična, odnosno sigurnija [19].

Od značaja za ekonofizičku analizu je i oblik raspodele cena akcije finansijske aktive. Jedna od veličina koja se koristi za opisivanje oblika raspodele cena je takozvani skjunis. Skjunis meri odstupanje nagiba date raspodele od normalne Gausove raspodele. Drugačije rečeno, skjunis je mera asimetričnosti raspodele [20]. Naime, vrednost skjunisa je nula kada je reč o potpuno simetričnoj, Gausovoj, raspodeli. Negativna vrednost skjunisa znači da je

raspodela iskošena ulevo, dok pozitivna vrednost skjunisa znači da je raspodela iskošena udesno.



Slika 1. Pozitivan, nulti i negativan skjunis raspodele [21]

Korišćenjem fizičkih pojmova i matematičkih struktura kvantne mehanike, možemo konstruisati ekonofizički okvir za berzu, na osnovu čega stvaramo analogiju između veličina koje se koriste u kvantnoj teoriji otvorenih sistema [3, 17] i veličina koje se koriste u ekonomiji. Prema kvantnom ekonofizičkom pristupu, cena akcije je opisana talasnom funkcijom $|\psi_i\rangle$. Položaj čestice x i njemu kanonski konjugovan impuls p su povezani sa logaritamskom cenom akcije $\ln S_i$ i trendom cene $p_i = m_i \frac{d(\ln S_i)}{dt}$, gde je m_i inercija cene koja je ekvivalentna masi čestice u kvantnoj mehanici. Raspodela verovatnoće $|\psi_i|^2$ predstavlja gustinu verovatnoće merenja promenljive x . Kako u kvantnoj mehanici važi komutatorska jednakost $[x, p] = i$ kao osnova kvantnih relacija neodređenosti, po analogiji, i u ekonomiji to znači da što više znamo o ceni akcije (x), to manje znamo o njenom trendu (opisanom impulsom p). Kvantnomehantički, cena akcije se može posmatrati kao čestica koja stupa u interakciju sa velikim brojem pojedinačnih zaliha koje možemo modelovati toplotnim rezervoarom („kupačilom”, *eng. thermal bath*). Cena akcije (veličina od interesa, x) je na taj način posmatrana kao sistem povezan sa okruženjem koje se obično u fizičkim modelima predstavlja kao veliki broj neinteragujućih harmonijskih oscilatora. U ovakvom pristupu, neki spoljašnji uticaji, kao što su politički događaji ili prirodne katastrofe, mogu se modelovati spoljašnjim potencijalom $V(x)$ – fizički, kao spoljašnje polje čestice, a ne uticaj okruženja. Zbog ogromnog broja stepeni slobode u okruženju, neophodno je berzu smatrati *otvorenim kvantnim sistemom* [3, 17]. U takvom pristupu umesto talasne funkcije $|\psi_i\rangle$ uvodimo statistički operator $\rho = \sum_i p_i |\psi_i\rangle\langle\psi_i|$, $0 \leq p \leq 1$, $\sum_i p_i = 1$ kako bismo opisali cenu akcije [1].

Korišćenjem datih analogija između fizičkih i ekonomskih veličina, volatilnost možemo definisati kao

$$\sigma^2 = \langle x^2 \rangle - \langle x \rangle^2 \xrightarrow{\langle x \rangle=0} \langle x^2 \rangle, \quad (1)$$

a skjunis kao

$$\zeta = \frac{\langle x^3 \rangle - \langle x \rangle^3}{\sigma^3} \xrightarrow{\langle x \rangle=0} \frac{\langle x^3 \rangle}{\sigma^3}. \quad (2)$$

Zbog pogodnosti, u prethodnim izrazima smo uzeli da su momenti prvog reda $\langle x \rangle$ i $\langle p \rangle$ jednaki nuli, čime ne gubimo na opštosti, kao i da su svi fizički parametri bezdimenzionalne veličine, što će se kasnije videti [1].

U radu su proučavane vremenske zavisnosti volatilnosti za harmonijski i slabo neharmonijski potencijal, kao i vremenska zavisnost skjunisa za harmonijski potencijal u modelu kvantne Braunovske čestice korišćenjem Kaldeira -Legetove master jednačine [17].

Braunovo kretanje je prvi uočio i fenomenološki opisao kao haotično kretanje čestice bilnog polena u vodi engleski botaničar Braun (*eng. Brown*). Ajnštajn je teorijski opisao ovakvo kretanje kao posledicu neprekidnog sudaranja čestice polena sa molekulima vode. Postoje dva načina modelovanja ovakve interakcije. U prvom modelu, fluid modelujemo slobodnim česticama koje se nalaze u termodinamičkoj ravnoteži i koje se sudaraju sa Braunovom česticom. Ovaj model se naziva model sudara (*eng. collision model*). Drugi model podrazumeva interakciju Braunove čestice sa okruženjem koje se sastoji od velikog broja nezavisnih harmonijskih oscilatora i koje se nalazi u termodinamičkoj ravnoteži. Ovaj model se naziva model toplotnog kupatila (rezervoara) [3, 17].

Jedan od najvećih izazova kvantne mehanike je bio kako formulisati kvantnu teoriju disipacije, odnosno kako obuhvatiti klasičnu teoriju nepovratnog gubitka energije nekog fizičkog sistema usled delovanja sile trenja ili sile otpora sredine. Imajući u vidu da disipacija podrazumeva postojanje neke interakcije sistemima sa okruženjem, očuvanje energije se ostvaruje modelovanjem celokupnog sistema (za koji je energija očuvana) na dva podsistema, odnosno na podsystem u kome dolazi do disipacije tj. podsystem koji gubi energiju i okruženje tj. podsystem koji prima tu energiju. Pri ovome se često smatra da okruženje sadrži beskonačno veliki broj stepeni slobode.

Jedan od prvih modela koji mikroskopskim izvođenjem uvodi disipaciju u kvantni formalizam kroz kvantnomehanički model Braunovog kretanja je model Kaldeire-Legeta. Ovaj model je izveden pod pretpostavkom slabe interakcije Braunove čestice sa okruženjem koje je na visokoj temperaturi i

predstavlja kvantni analogon klasičnog modela toplotnog kupatila za opisivanje Braunovog kretanja.

Model Kaldeire i Legeta daje master jednačinu za funkciju raspodele položaja Braunove čestice koja, ispostavlja se, nije Markovljeva ni za jedan opseg temperature ili jačinu interakcije Braunove čestice sa toplotnim rezervoarom. Uzrok nemarkovljevog oblika leži u pretpostavkama u izvođenju master jednačine. Naš pristup ovoj master jednačini će biti fenomenološki, odnosno mikroskopski pristup nam neće biti od značaja. U ovakvom pristupu ne postoje ograničenja jačine interakcije čestice sa rezervoarom, niti ograničenje temperature na kojoj se nalazi toplotno uravnoteženi rezervoar.

Model Kaldeire i Legeta razmatra česticu mase m opisanu prostornom koordinatom x i kanonski konjugovanim impulsom p , koja se nalazi u potencijalu $V(x)$ i koja je u dodiru sa okruženjem koje se sastoji od velikog broja neinteragujućih linearnih harmonijskih oscilatora u toplotnoj ravnoteži na temperaturi T . Složeni sistem Braunova čestica + termalno kupatilo se smatra izolovanim kvantnim sistemom, čiji hamiltonijan možemo predstaviti kao zbir četiri hamiltonijana

$$\hat{H} = \hat{H}_S + \hat{H}_C + \hat{H}_B + \hat{H}_I. \quad (3)$$

Prvi član u prethodnoj jednačini je sopstveni hamiltonijan Braunove čestice koji je dat u obliku

$$\hat{H}_S = \frac{1}{2m} \hat{p}^2 + \hat{V}(\hat{x}). \quad (4)$$

Mi ćemo se baviti Braunovom česticom u harmonijskom i slabo neharmonijskom potencijalu koji se mogu predstaviti sledećim izrazom

$$\hat{V}(\hat{x}) = \frac{1}{2} m \omega^2 x^2 + b x^3, \quad (5)$$

gde je ω ugaona frekvencija oscilovanja Braunove čestice, pri čemu je b konstanta neharmoničnosti jednaka nuli u slučaju harmonijskog potencijala, dok za slabo neharmonijski potencijal ima malu vrednost.

Drugi član u ukupnom hamiltonijanu predstavlja takozvani kontra član i dat je u obliku

$$\hat{H}_C = \hat{x}^2 \sum_n \frac{\kappa_n^2}{2m_n \omega_n^2}. \quad (6)$$

Ovaj član se uvodi u model jer interakcija Braunove čestice i okruženja dovodi do potrebe za renormalizacijom potencijala $\hat{V}(x)$. Kao što smo ranije rekli, okruženje, odnosno toplotno kupatilo se sastoji od velikog broja harmonijskih

oscilatora mase m_n i ugaone frekvencije ω_n , što upravo predstavlja veličine koje figurišu u prethodnom izrazu, dok κ_n predstavlja odgovarajuću konstantu interakcije, što vodi interakcionom hamiltonijanu:

$$\hat{H}_I = -\hat{x} \sum_n \kappa_n \hat{x}_n \equiv -x\hat{B}. \quad (7)$$

U prethodnom izrazu $\hat{B}$ je operator toplotnog kupatila koji glasi:

$$\hat{B} = \sum_n \kappa_n \hat{x}_n = \sum_n \kappa_n \sqrt{\frac{\hbar}{2m_n\omega_n}} (\hat{b}_n + \hat{b}_n^\dagger). \quad (8)$$

Hamiltonijsan koji opisuje toplotno kupatilo $\hat{H}_B$ je definisan na sledeći način:

$$\hat{H}_B = \sum_n \hbar\omega_n (\hat{b}_n^\dagger \hat{b}_n + \frac{1}{2}) = \sum_n (\frac{1}{2m_n} \hat{p}_n^2 + \frac{1}{2} m_n \omega_n^2 \hat{x}_n^2). \quad (9)$$

Oznakama $\hat{b}_n$ i $\hat{b}_n^\dagger$ uvodimo bozonske operatore kreacije i anihilacije modova toplotnog kupatila, dok $\hat{x}_n$ i $\hat{p}_n$ predstavljaju odgovarajuće koordinate i kanonski konjugovane impulse harmonijskih oscilatora koji čine okruženje.

Sada, ukupni hamiltonijan $\hat{H}$ možemo zapisati u obliku

$$\begin{aligned} \hat{H} = & \frac{1}{2m} \hat{p}^2 + \hat{V}(\hat{x}) \\ & + \hat{x}^2 \sum_n \frac{\kappa_n^2}{2m_n \omega_n^2} + \sum_n (\frac{1}{2m_n} \hat{p}_n^2 + \frac{1}{2} m_n \omega_n^2 \hat{x}_n^2) \\ & - \hat{x} \sum_n \kappa_n \hat{x}_n. \end{aligned} \quad (10)$$

Na osnovu (10) se može doći do Kaldeira-Legetove master jednačine [17]:

$$\frac{d}{dt} \hat{\rho}_S(t) = -\frac{i}{\hbar} [\hat{H}_S, \hat{\rho}_S(t)] - \frac{i\gamma}{\hbar} [\hat{x}, \{\hat{p}, \hat{\rho}_S(t)\}] - \frac{2m\gamma k_B T}{\hbar^2} [\hat{x}, [\hat{x}, \hat{\rho}_S(t)]]. \quad (11)$$

Prvi član u prethodnoj jednačini opisuje unitarnu dinamiku Braunove čestice. Drugi član predstavlja disipacioni član i on je proporcionalan, takozvanom, koeficijentu prigušenja γ , koji se u ekonomiji tumači kao jačina disipacije. Treći član je, takozvani, dekoherencijski član koji opisuje toplotne fluktuacije i on je proporcionalan temperaturi okruženja $k_B T$, što bi u ekonomiji bila jačina fluktuacije.

Kako bismo odredili volatilnost i skjunis koordinatne reprezentacije statističkog operatora $\rho(x, x') \equiv \langle x | \rho | x' \rangle$, potrebno je da nađemo momente drugog i trećeg reda koordinate i impulsa čestice.

Na osnovu jednačine (11) dolazi se do diferencijalnih jednačina za momente prvog, drugog i višeg reda za harmonijski i slabo neharmonijski potencijal, korišćenjem sledeće jednakosti:

$$\frac{d}{dt}\langle A \rangle = \text{tr} \left(A \frac{d\rho}{dt} \right), \quad (12)$$

gde je A proizvoljni operator. Tako se dobija [17]:

$$\frac{d}{dt}\langle A \rangle = \text{tr} \left(A \frac{d\rho}{dt} \right) = \text{tr} \left(A \left\{ -\frac{i}{\hbar} [H, \rho] - \frac{i\gamma}{\hbar} [x, \{p, \rho\}] - \frac{2I\gamma k_B T}{\hbar^2} [x, [x, \rho]] \right\} \right), \quad (13)$$

odnosno:

$$\frac{d}{dt}\langle A \rangle = \frac{-i}{\hbar} \text{tr}(A[H, x]) - \frac{i\gamma}{\hbar} \text{tr}(A[x, \{p, \rho\}]) - \frac{2I\gamma k_B T}{\hbar^2} \text{tr}(A[x, [x, \rho]]). \quad (14)$$

Korišćenjem prethodnog izraza izveden je sistem diferencijalnih jednačina za momente položaja i impulsa čestice do četvrtog reda [22–25], koji se u matričnoj formi može predstaviti kao:

$$\frac{d}{dt}X = \mathcal{M}X + K; \quad (15)$$

u izrazu (15), X je vektor (kolona) koji se sastoji od momenata položaja i impulsa čestice, $\mathcal{M}$ je matrica sistema jednačina, a K je vektor koji sadrži nehomogene članove sistema diferencijalnih jednačina. Transponovani vektor X^T je dat na sledeći način:

$$X^T = \{\langle x \rangle, \langle p \rangle, \langle x^2 \rangle, \langle xp + px \rangle, \langle p^2 \rangle, \langle x^3 \rangle, \langle x^2 p + px^2 \rangle, \langle xp^2 + p^2 x \rangle, \langle p^3 \rangle, \langle x^4 \rangle, \langle x^3 p + px^3 \rangle, \langle x^2 p^2 + p^2 x^2 \rangle, \langle xp^3 + p^3 x \rangle, \langle p^4 \rangle\}, \quad (16)$$

dok je transponovani vektor K^T dat izrazom:

$$K^T = \{0, 0, 0, 0, 4C_1, 0, 0, 0, -3b\hbar^2, 0, 3\alpha_1\hbar^2 - 3b\langle\varphi^5\rangle, -4\alpha_3\hbar^2 - 6b\langle\varphi^4 L_z + L_z \varphi^4\rangle, -3\alpha_2\hbar^2 - 9b\langle\varphi^3 L_z^2 + L_z^2 \varphi^3\rangle, -6b\langle\varphi^2 L_z^3 + L_z^3 \varphi^2\rangle\}. \quad (17)$$

Matrica $\mathcal{M}$ za slabo neharmonijski ($b \neq 0$) oblik potencijala je oblika:

$$\begin{pmatrix} 0 & \alpha_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\alpha_2 & -2\alpha_3 & -3b & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \alpha_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -2\alpha_2 & -2\alpha_3 & 2\alpha_1 & -6b & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\alpha_2 & -4\alpha_3 & 0 & -3b & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3\alpha_1/2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -2\alpha_2 & -2\alpha_3 & 2\alpha_1 & 0 \\ 8C_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -2\alpha_2 & -4\alpha_3 & 2\alpha_1 \\ 0 & 12C_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -3\alpha_2/2 & -6 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 8C_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -24b\hbar^2 & 0 & 0 & 12C_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -12b\hbar^2 & 0 & 0 & 24C_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{matrix} (1 \\ 8) \end{matrix}$$

pri čemu su uvedene oznake: $\alpha_1 = \frac{1}{m}$, $\alpha_2 = m\omega^2$, $\alpha_3 = \gamma$, $C_1 = m\gamma k_B T$. Matricu $\mathcal{M}$ za harmonijski potencijal dobijamo izborom $b = 0$.

U slučaju slabo neharmonijskog potencijala dobijeni sistem jednačina nije zatvoren, pa se za dobijanje rešenja koristi perturbativni pristup, koji ne podrazumeva standardne metode kvantne teorije perturbacije [22–23].

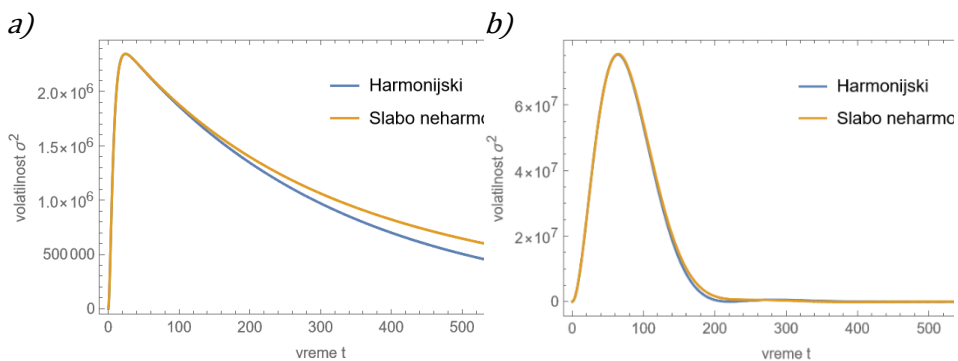
Tako dobijeni sistem jednačina je rešavan numeričkom Runge-Kuta metodom četvrtog reda uz vođenje računa o stabilnosti i pouzdanosti dobijenih rezultata. Numerička stabilnost rezultata se postiže odgovarajućim izborom vrednosti parametara. Runge-Kuta metoda je realizovana u programskom jeziku C++.

REZULTATI I DISKUSIJA

Kao što smo rekli, dobijeni sistem jednačina rešavan je Runge-Kuta metodom četvrtog reda kako za harmonijski, tako i za slabo neharmonijski potencijal. Razmatrani su volatilnost za harmonijski i neharmonijski potencijal i skjunis funkcije raspodele ($\rho(x, x) \equiv \langle x | \rho | x \rangle$) za harmonijski potencijal za širi opseg vrednosti parametara ($\omega, \gamma, k_B T$), i dobijeni rezultati su niže grafički predstavljeni.

Počecemo od rezultata za volatilnost. Za vrednosti $\omega = 0,018$, $\gamma = 0,1$ i $k_B T = 0,38$ rezultati su prikazani na slici 2 a). Na datom grafiku volatilnost s vremenom najpre raste, a zatim opada i razlika između rezultata dobijenog za harmonijski i slabo neharmonijski potencijal je vidljiva tek kada vrednosti volatilnosti krenu da opadaju. Na slici 2 b) smo smanjili vrednost koeficijenta

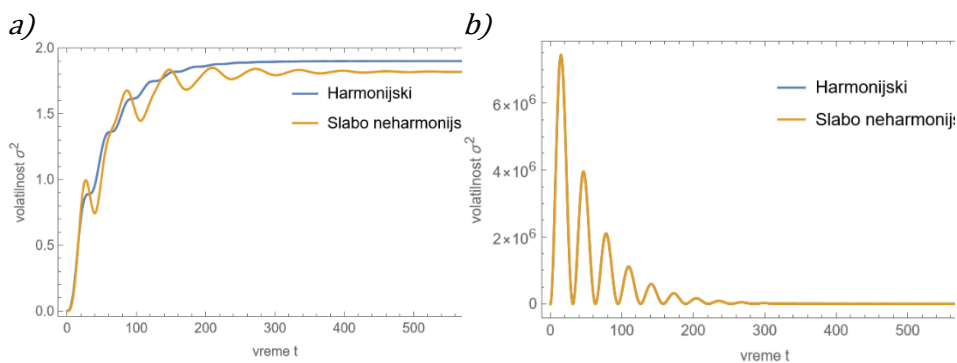
prigušenja na $\gamma = 0,011$, dok su ostali parametri ostali isti. I u ovom slučaju, vrednost volatilnosti na početku raste, nakon čega opada, ali mnogo brže nego u prethodnom slučaju, tako da za kraće vreme dostižu vrednosti bliske nuli. Razlika između volatilnosti za harmonijski i slabo neharmonijski potencijal u ovom slučaju nije toliko vidljiva. Takođe, smanjenjem vrednosti koeficijenta prigušenja postigli smo vrednost pika koja je za red veličine veća nego u prethodnom slučaju. Treba imati u vidu da su početne vrednosti za $\langle x^2 \rangle = 10^{-7}$, $\langle p^2 \rangle = 10^7$ i $\sigma = 0,01$, što je u skladu sa Koši-Švarcovom nejednakošću. Za konstantu neharmoničnosti uzeto je da je $b = -0,001$.



Slika 2. Vremenska zavisnost volatilnosti za harmonijski i anharmonijski potencijal za vrednosti parametara a) $\omega = 0,018$, $\gamma = 0,1$ i $k_B T = 0,38$ i b) $\omega = 0,018$, $\gamma = 0,011$ i $k_B T = 0,38$

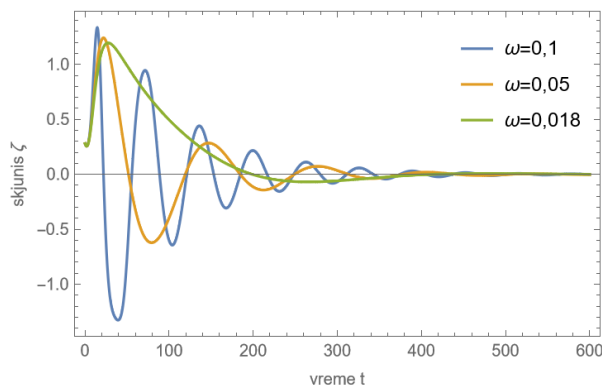
U sledećem koraku povećali smo frekvenciju oscilovanja $\omega = 0,1$, a za ostale parametre uzeli vrednosti $\gamma = 0,01$ i $k_B T = 0,38$, pri čemu se slika 3 a) i 3 b) razlikuju po početnim uslovima. Najpre, možemo uočiti da se povećanjem frekvencije oscilovanja dobija oscilatorna zavisnost volatilnosti, što se najjasnije može uočiti poređenjem slike 2 b) i slike 3 b). Na slici 3 se može videti da izbor početnih uslova ima veliki značaj kako na samu dinamiku volatilnosti, tako i na uočavanje razlike između volatilnosti za harmonijski i slabo neharmonijski potencijal. Naime, za početne uslove na slici 3 a) dinamika volatilnosti prikazuje rast na početku do dostizanja neke saturacione vrednosti uz oscilovanje oko te vrednosti, dok za početne vrednosti na slici 3 b) volatilnost ima oscilatornu zavisnost, pri čemu se vrednost pika vremenom smanjuje. Takođe, razlike između volatilnosti za harmonijski i slabo neharmonijski potencijal su jasno uočljive na slici levo, dok su na slici desno neprimetne. Vrednosti standardnih odstupanje su,

takođe, vrlo osetljive na izbor početnih vrednosti. Za dobijanje ovih grafika korišćena je ista vrednost konstante neharmoničnosti.



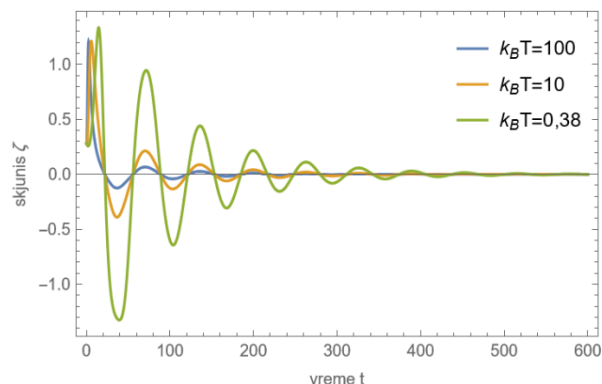
Slika 3. Vremenska zavisnost volatilitnosti za harmonijski i anharmonijski potencijal za vrednosti parametara $\omega = 0,1$, $\gamma = 0,01$ i $k_B T = 0,38$ i početnih uslova a) $\langle x^2 \rangle = \langle p^2 \rangle = 0,5$ i $\sigma = 0,01$ i b) $\langle x^2 \rangle = 10^{-7}$, $\langle p^2 \rangle = 10^7$ i $\sigma = 0,01$

Sada ćemo preći na rezultate za skjunis. Analiziraćemo vremensku zavisnost skjunisa za harmonijski potencijal za različite vrednosti frekvencije oscilovanja čestice i parametara okruženja. Najpre ćemo izučavati ponašanje skjunisa u zavisnosti od vremena za različite vrednosti frekvencija: $\omega = 0,1$ (plavo), $\omega = 0,05$ (narandžasto) i $\omega = 0,018$ (zeleno), dok su parametri okruženja isti za sva tri slučaja i iznose $\gamma = 0,01$, $k_B T = 0,38$, a početni uslovi $\langle x^2 \rangle = \langle p^2 \rangle = 0,5$, $\langle x^3 \rangle = \langle p^3 \rangle = 0,1$ i $\sigma = 0,01$. Vidimo da sa povećanjem frekvencije dobijamo oscilatornu zavisnost za skjunis, kao i da za različite vrednosti frekvencije skjunis u istom vremenskom trenutku, pored toga što ima različitu brojnu vrednost, on ima i različitu pozitivnost, što znači da je funkcija raspodele „asimetrična u suprotnu stranu”. Takođe, možemo videti da na početku skjunis ima veće vrednosti i da se vremenom njegova vrednost smanjuje za bilo koji izbor frekvencije oscilovanja, što pokazuje da funkcija raspodele teži normalnoj Gausovoj raspodeli.



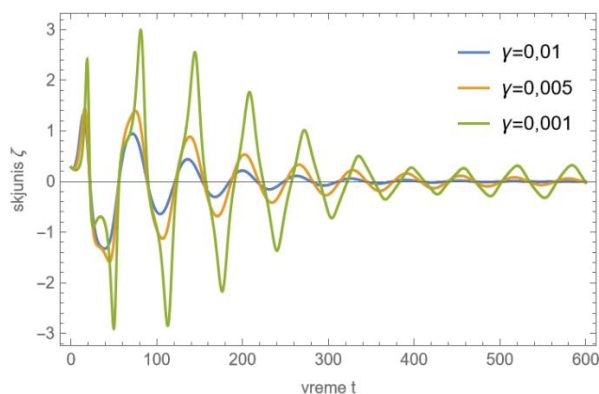
Slika 4. Vremenska zavisnost skjunisa za harmonijski potencijal za vrednosti parametara $\gamma = 0,01$, $k_B T = 0,38$ i $\omega = 0,1$ (plavo), $\omega = 0,05$ (narandžasto) i $\omega = 0,018$ (zeleno)

Sledeće smo istraživali uticaj temperature okruženja na vremensku zavisnost skjunisa, uzeli smo različite vrednosti temperature okruženja $k_B T = 100$, $k_B T = 10$ i $k_B T = 0,38$, pri čemu su ostali parametri jednaki $\omega = 0,1$ i $\gamma = 0,01$, a početne vrednosti su iste kao i u prethodnom slučaju. Vidimo da vrednost temperature okruženja ima veliki uticaj na vrednost skjunisa. S porastom temperature, stepen asimetričnosti se smanjuje i brže opada tokom vremena, tako da za najveću vrednost temperature okruženja raspodela najbrže teži Gausovoj. Takođe, možemo uočiti da je za date temperature pozitivnost skjunisa u određenim vremenskim intervalima ista, što bi značilo da je funkcija raspodele u tim intervalima „asimetrična u istu stranu”.



Slika 5. Vremenska zavisnost skjunisa za harmonijski potencijal za vrednosti parametara $\omega = 0,1$, $\gamma = 0,01$ i $k_B T = 100$ (plavo), $k_B T = 10$ (narandžasto) i $k_B T = 0,38$ (zeleno)

Na kraju smo istraživali uticaj koeficijenta prigušenja na vremensku zavisnost skjunisa. Za koeficijente prigušenja uzeli smo sledeće vrednosti $\gamma = 0,01$, $\gamma = 0,005$ i $\gamma = 0,001$, dok su ostali parametri jednaki $\omega = 0,1$ i $k_B T = 0,38$, uz iste početne uslove kao u prethodna dva slučaja. Koeficijent prigušenja ima veliki uticaj kako na vrednost skjunisa, tako i na pozitivnost skjunisa, odnosno, pri različitim vrednostima koeficijenta prigušenja u datom trenutku vremena raspodela neće biti „asimetrična na istu stranu”. Kao što se na slici može uočiti, najveća vrednost skjunisa se javlja za najmanji koeficijent prigušenja, što ima za posledicu blagi porast amplitude oscilovanja za $t \approx 80$. Nakon toga se može uočiti pad amplitude oscilovanja. Za $t > 500$ uočava se ponovo blagi porast amplitude. Za prikazani vremenski interval uticaj okruženja je takav da funkcija raspodele ne teži Gausovoj raspodeli. Za druge dve vrednosti koeficijenta prigušenja, osim nepravilnosti u oscilovanju, nema porasta amplitude oscilovanja tokom vremena, shodno tome u oba slučaja funkcija raspodele posle dovoljno dugog vremenskog perioda teži Gausovoj raspodeli.



Slika 6. Vremenska zavisnost skjunisa za harmonijski potencijal za vrednosti parametara $\omega = 0,1$, $k_B T = 0,38$ i $\gamma = 0,01$ (plavo), $\gamma = 0,005$ (narandžasto) i $\gamma = 0,001$ (zeleno)

ZAKLJUČAK

U radu smo cenu akcije modelovali kao Braunovu česticu koja je u interakciji sa okruženjem koje se sastoji od velikog broja neinteragujućih harmonijskih oscilatora, pri čemu smo spoljašnje uticaje modelovali kao spoljašnji potencijal. Ovakav sistem je smatran otvorenim kvantnim sistemom. Na osnovu analogije između veličina koje se javljaju u kvantnoj mehanici i

ekonomiji, proučavali smo vremenske zavisnosti volatilnosti za harmonijski i slabo neharmonijski potencijal, kao i vremensku zavisnost skjunisa za harmonijski potencijal u modelu kvantne Braunovske čestice korišćenjem Kaldeira-Leget master jednačine. Dobijeni rezultati pokazuju veliku osetljivost, kako volatilnosti tako i skjunisa, na vrednosti parametara. Pokazali smo da povećanjem vrednosti frekvencije dobijamo oscilatornu zavisnost i volatilnosti i skjunisa. Takođe, pokazali smo da vrednosti parametara okruženja imaju uticaj kako na vrednosti ove dve veličine, tako i na njihovu dinamiku. Proučavali smo i uticaj početnih uslova na vrednost volatilnosti i pokazali da početni uslovi utiču kako na vrednosti, tako i na dinamiku volatilnosti. Na osnovu svih rezultata pokazali smo da, nezavisno od izbora parametara korišćenih u modelu, posle dovoljno dugog vremenskog perioda, raspodela cena akcija teži Gausovoj raspodeli, što se i očekuje.

LITERATURA

- [1] Meng X., Zhang J.-W., Guo H., Quantum Brownian motion model for the stock market, *Physica A*, 2016, 452, 281-288.
- [2] Fama E.F., Random walks in stock market prices, *Financ. Anal. J.*, 1965, 21, 55-59.
- [3] Rivas A., Huelga S.F., Open Quantum Systems. An Introduction, SpringerBriefs in Physics, Berlin, 2011.
- [4] Lux T., The stable Paretian hypothesis and the frequency of large returns: an examination of major German stocks, *Appl. Fin. Econ.*, 1996, 6, 463-475.
- [5] Gopikrishnan P., Meyer M., Nunes Amaral L.A., Stanley H.E., Inverse cubic law for the distribution of stock price variations, *Eur. Phys. J.*, 1998, B3, 139-140.
- [6] Gopikrishnan P., Plerou V., Nunes Amaral L.A., Meyer M., Stanley H.E., Scaling of the distribution of fluctuations of financial market indices, *Phys. Rev.*, 1999, E 60, 5305-5316.
- [7] Matia K., Pal M., Salunkay H. and Stanley H. E., Scale-dependent price fluctuations for the Indian stock market, *EPL*, 2004, 66, 909-914.
- [8] Huang Z.F., The first 20 min in the Hong Kong stock market, *Physica A*, 2000, 287, 405-411.
- [9] Balvers R., Wu Y., Gilliland E., Mean Reversion across National Stock Markets and Parametric Contrarian Investment Strategies, *J. Finance*, 2000, 55, 745-772.
- [10] Zhang J.-W., Zhang Y., Kleinert H., Power tails of index distributions in Chinese stock market, *Physica A*, 2007, 377, 166-172.
- [11] Wan W., Zhang J.-W., Long-term memory of the returns in the Chinese stock indices, *Front. Phys. China*, 2008, 3, 489-494.
- [12] Ye C., Huang J., Non-classical oscillator model for persistent fluctuations in stock markets, *Physica A*, 2008, 387, 1255-1263
- [13] Zhang C., Huang L., A quantum model for the stock market, *Physica A*, 2010, 389, 5769-5775.
- [14] Ataulloh A., Davidson I., Tippet M., A wave function for stock market returns, *Physica A*, 2009, 388, 455-461.

- [15] Meng X., Zhang J.-W., Xu J., Guo H., Quantum spatial-periodic harmonic model for daily price-limited stock markets, *Physica A*, 2015, 438, 154-160.
- [16] Ahn K., Choi M. Y., Dai B., Sohn S., Yang B., Modeling stock return distributions with a quantum harmonic oscillator, *EPL*, 2017, 120, 38003.
- [17] Breuer H.-P., Petruccione F. *The Theory of Open Quantum Systems*, Clarendon Press, Oxford, 2002.
- [18] Kim K. A., Park J., Why do price limits exist in stock markets? A manipulation-based explanation, *Europ. Finan. Manage.*, 2010, 16, 296.
- [19] Radić S., Kvantni Braunov harmonijski oscilator kao model berze, Završni rad, Prirodno-matematički fakultet, Kragujevac, 2018.
- [20] Pajić D., Primena tehnika vizualizacije u bazičnoj statistici, Filozofski fakultet, Novi Sad 2020.
- [21] <https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/understanding-the-normal-distribution-parametric-tests-skewness-and-kurtosis/>
- [22] Petrović I., Uloga veličine i oblika molekulskih propelera u njihovoj dinamičkoj stabilnosti u modelu kvantnog Braunovog rotatora, Doktorska disertacija, Prirodno-matematički fakultet, Niš, 2021.
- [23] Petrovic I., Jeknic-Dugic J., Arsenijevic M., Dugic M., Dynamical stability of the weakly nonharmonic propeller-shaped planar Brownian rotator, *Phys. Rev.*, 2020, E 101
- [24] Petrovic I., Jeknic-Dugic J., The first and second moments for the quantum Brownian planar rotator in external harmonic classical field, *Facta Universitatis*, 2017, 15.
- [25] Jeknic-Dugic J., Petrovic I., Arsenijevic M., Dugic M., Dynamical stability of the one-dimensional rigid Brownian rotator: The role of the rotator's spatial size and shape, *J. Phys.: Condens. Matter*, 2018, 30

VOLATILITY AND SKEWNESS OF PRICE DISTRIBUTION IN QUANTUM BROWNIAN PARTICLE MODEL

Author: MILICA PERIĆ

Email: milica.peric1@pmf.edu.rs

Mentor: Assoc. Prof. Jasmina Jeknić Dugić

Department of Physics

Faculty of Sciences and Mathematics, University of Niš

Introduction: The efficient-market hypothesis has been one of the main fundamentals of finance research. The general concept of this hypothesis is that stock prices on the stock market reflect all relevant information. However, the biggest problem is the irrationality of the market. Physicists try to model stock market behavior with the help of physical models by establishing an analogy between physical quantities and quantities used in economics. From a quantum mechanical approach, this irrationality can be interpreted by the uncertainty relation.

Aim: The influence of relevant parameters on volatility and slope of the stock price distribution was investigated. The results for the applied parameters for the harmonic and anharmonic potential in the quantum Brownian particle model were compared.

Material and Methods: The phenomenological Caldeira-Leggett master equation was used as a model for the observation of the mentioned quantities. From this equation, a system of equations

for moments of higher order (up to the fourth order) for both harmonic and anharmonic potential is derived. The resulting system of equations was solved using the Runge-Kutta method of the fourth order, which made it possible to determine the value of volatility and skewness.

Results: Based on the applied model, temporal changes in volatility and asymmetry of the stock price distribution function were considered for a wider range of parameters, both for harmonic and anharmonic potential. Also, the impact of different initial conditions on volatility behavior for both potentials was observed.

Conclusion: The obtained results show the sensitivity of the volatility and asymmetry of the price distribution function to the value of the parameters. Changing the ratio of the damping factor and the oscillation frequency affects the appearance of the oscillatory dependence of volatility and skewness of price distribution. It is shown that environmental parameters also influence changes in volatility and asymmetry of the price distribution function.

Keywords: econophysics, volatility, skewness, stock prices, quantum Brownian motion, Caldeira-Leggett master equation

APSTRAKTI

STAVOVI POTROŠAČA O PREHRAMBENIM I ZDRAVSTVENIM IZJAVAMA NA DEKLARACIJI HRANE

Autor: JOVANA BAJKANOVIĆ, Vesna Vujasinović, Nemanja Lakić, Ana Macura

e-mail: jovanabajkanovic@hotmail.com

Mentor: Doc. Vesna Vujasinović

Departman za geografiju, turizam i hotelijerstvo

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Novom Sadu

Uvod: Komunikacija sa potrošačima veoma je bitno i kompleksno pitanje, stoga se velika pažnja mora posvetiti deklarisanju, označavanju i reklamiranju hrane. Informacije koje se pružaju potrošačima moraju biti istinite i jasne, tako da ne dovode u zabludu potrošača, sa velikim akcentom na sastav proizvoda, količinu, rok trajanja, poreklo i karakteristike, kao i identitet i svojstva hrane. Osim deklaracije na prehrambenim proizvodima, koja ima ulogu da prenese informacije o proizvodu, postoje i druga sredstva komunikacije za prenošenje informacija, kao što su internet marketing ili drugi savremeni tehnološki alati komunikacije. Da bi se potrošačima pomoglo da naprave adekvatan izbor u skladu sa zdravstvenim preporukama, zakonodavstvo treba da obezbedi tačne, standardizovane i sveobuhvatne informacije o ishrani za sve prehrambene proizvode.

Cilj: Cilj rada je da se prikažu osnovne odredbe koje su definisane Pravilnikom o deklarisanju, označavanju i reklamiranju hrane, kao i Pravilnik o prehrambenim i zdravstvenim izjavama koje se navode na deklaraciji hrane kako bi se ustanovio nivo informisanosti potrošača o njihovom značaju.

Materijal i metode: Sadržaj istraživanja određuje i primenu odgovarajućih metoda. Do rezultata istraživanja se došlo korišćenjem različitih domaćih i stranih literaturnih izvora na osnovu kojih je kreiran upitnik i sprovedeno anketno istraživanje. Dobijeni podaci su statistički obrađeni, primenom deskriptivne statistike.

Rezultati: Polazna hipoteza istraživanja bila je da su potrošači upoznati sa prehrambenim i zdravstvenim izjavama na deklaraciji hrane. Nakon sprovedene ankete, u kojoj je učestvovalo 264 ispitanika, i analize dobijenih podataka, polazna hipoteza nije potvrđena.

Zaključak: Na osnovu celokupnog istraživanja dolazimo do saznanja da je opšta informisanost potrošača o prehrambenim i zdravstvenim izjavama na deklaraciji hrane na niskom nivou.

Ključne reči: deklaracija hrane; prehrambeni proizvodi; zdravstvene izjave

CONSUMER ATTITUDES TOWARD NUTRITIONAL AND HEALTH CLAIMS ON FOOD DECLARATIONS

Authors: JOVANA BAJKANOVIĆ, Vesna Vujasinović, Nemanja Lakić, Ana Macura

Email: jovanabajkanovic@hotmail.com

Mentor: TA Vesna Vujasinović

Department of Geography, Tourism and Hotel Management

Faculty of Sciences, University of Novi Sad

Introduction: Communication with consumers is a very important and complex issue. Therefore, great attention must be paid to declaring, labeling, and advertising food. Information provided to consumers must be true so as not to mislead a consumer, with great emphasis on product composition, quantity, shelf life, origin, and characteristics, as well as the identity and properties of food. Besides the declaration of food products, which conveys information about the product, there are other means of communication for transmitting information, such as internet marketing or other modern technological communication tools. In order to help consumers make an adequate choice in accordance with health recommendations, the legislation should provide accurate, standardized, and comprehensive nutrition information for all food products.

Aim: The aim of the paper is to present the basic provisions defined by the Rulebook on Declaring, Labeling, and Advertising Food, as well as the Rulebook on Nutritional and Health Claims that are stated on food declarations in order to establish the level of consumer awareness of their importance.

Material and Methods: The content of the research determines the application of appropriate methods. The research results were obtained by using various domestic and foreign literary sources on the basis of which the questionnaire was created and survey research carried out. The obtained data were processed using descriptive statistics.

Results: The starting hypothesis of the research was that consumers are familiar with nutritional and health claims on food declaration. After conducting a survey in which 264 respondents participated and analyzing the obtained data, the initial hypothesis was not confirmed.

Conclusion: Based on the entire research, we came to the conclusion that the general awareness of consumers regarding food and health stated on food declarations is at a low level.

Keywords: food declaration, food products, health statements

UTICAJ ZAMRZAVANJA NA BIOHEMIJSKE PARAMETRE KVALITETA PLODA JAPANSKE ŠLJIVE (*Prunus salicina*)

Autor: ADRIANA MODRUŠAN, Elvis Čivljak

e-mail: adriana.modrusan@student.pmf.unibl.org

Mentor: Doc. dr Dino Hasanagić; Komentor: Doc. dr Ivan Samelak

Studijski program biologija, Studijski program hemija

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Banjoj Luci

Uvod: Zamrzavanje namirnica na niskim temperaturama postupak je kojim se omogućava bolje očuvanje kvalitativnih parametara, budući da se na taj način usporavaju i zaustavljaju hemijski, biološki i mikrobiološki procesi u ćelijama i tkivima. Prilikom zamrzavanja biljnih tkiva dolazi do ireverzibilnih oštećenja ćelija usljed formiranja kristala leda.

Cilj: Ispitivanje uticaja zamrzavanja na biohemijske parametre kvaliteta ploda (koncentracije antocijana, askorbinske kiseline, sadržaja šećera, kiselosti i antioksidativnog kapaciteta) japanske šljive nakon odmrzavanja poslije čuvanja na -180C tokom tri mjeseca.

Materijal i metode: Sadržaj ukupnih i monomernih antocijana određen je UV/Vis spektrofotometrijskom metodom pri različitim pH vrijednostima. Koncentracija redukujućih šećera određena je metodom po Bertrandu, a sadržaj ukupnih šećera refraktometrijskom metodom u odnosu na sadržaj saharoze. Ukupna kiselost određena je standardizovanom volumetrijskom metodom uz NaOH. Određivanje ukupnog antioksidativnog kapaciteta ekstrakta ploda urađeno je ABTS (2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin-6-sulfonska kiselina)) metodom.

Rezultati: Analiza dobijenih rezultata pokazala je da su mjereni parametri imali različitu dinamiku promjene tokom analiziranog perioda. Najveću stabilnost imala je askorbinska kiselina, budući da se njena koncentracija nije značajno mijenjala tokom sva tri mjeseca. S druge strane, najuočljivija je promjena sadržaja antocijana, s obzirom na to da se njihova koncentracija smanjila već nakon prvog mjeseca (za 30% u odnosu na sadržaj u svježem plodu). Najveće promjene su uočene nakon tri mjeseca, kada je došlo do statistički značajnog smanjenja koncentracije ukupnih šećera, pri čemu su detektovane i najniže vrijednosti koncentracije antocijana i antioksidativnog kapaciteta.

Zaključak: Zamrzavanje plodova japanske šljive dovelo je do značajnog smanjenja njihovog kvaliteta, pri čemu je najizraženija degradacija analiziranih jedinjenja nastupila nakon tri mjeseca.

Ključne riječi: zamrzavanje; japanska šljiva; kvalitet ploda

INFLUENCE OF FREEZING ON BIOCHEMICAL PARAMETERS OF JAPANESE PLUM (*Prunus salicina*) FRUIT QUALITY

Authors: ADRIANA MODRUŠAN, Elvis Čivljak

Email: adriana.modrusan@student.pmf.unibl.org

Mentor: Assist. Prof. Dino Hasanagić; Co-Mentor: Assist. Prof. Ivan Samelak

Biology Study Program, Chemistry Study Program

Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Banja Luka

Introduction: Freezing foods at low temperatures is a procedure that enables better preservation of qualitative parameters since, in this way, chemical, biological and microbiological processes in cells and tissues are slowed down and stopped. When freezing plant tissues, irreversible damage to cell structures may occur due to the formation of ice crystals.

Aim: To study the influence of freezing on biochemical parameters of fruit quality (concentration of anthocyanins, ascorbic acid, sugar content, acidity, and antioxidant capacity) in Japanese plum after thawing after storage at -18 °C for three months.

Material and Methods: The content of total and monomeric anthocyanins was determined by the UV/Vis spectrophotometric method at different pH values. The concentration of reducing sugars was determined by the Bertrand method, and the content of total sugars was determined by the refractometric method in relation to the sucrose content. Total acidity was determined by the standardized volumetric method with NaOH. The total antioxidant capacity of the fruit extract was determined using the ABTS (2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)) method.

Results: The analysis of the obtained results showed that the measured parameters had different dynamics of change during the analyzed period. Ascorbic acid had the greatest stability since its concentration did not change significantly during all three months. On the other hand, the most noticeable change is the content of anthocyanins, given that their concentration decreased already after the first month (by 30% compared to the content in fresh fruit). The biggest changes were observed after three months, when there was a statistically significant decrease in the concentration of total sugars, while the lowest values of anthocyanin concentration and antioxidant capacity were also detected.

Conclusion: Freezing Japanese plum fruits led to a significant decrease in their quality, with the most pronounced degradation of the analyzed compounds occurring after three months.

Keywords: freezing, Japanese plum, fruit quality

NANOSENZOR ZA DETEKCIJU GLUTATIONA

Autor: ALEKSANDRA PAVLOVIĆ, Minja Mladenović, Mirjana Mundžić

e-mail: aleksandra.pavlovic@biosense.rs

Mentor: Naučni savetnik dr Nikola Knežević

Institut BioSens, Univerzitet u Novom Sadu

Uvod: Mezoporozne silikatne nanočestice (MSN) zbog svojih karakterističnih osobina, velike specifične površine i poroznosti, kao i mogućnosti funkcionalizovanja površine, predstavljaju obećavajuće materijale za primenu u oblastima detekcije bioanalita i ciljane isporuke lekova. Razvoj, optimizovanje i personalizovanje dijagnostičkih alata na bazi ovih nanomaterijala, za detekciju glutaciona (GSH) kao ciljanog analita u tumorskom okruženju, dobijaju se podaci o tkivu raka pacijenta u realnom vremenu.

Cilj: Sintetisanje MSN specifičnih za GSH radi razvoja brzog i efikasnog senzora za praćenje napretka terapije lečenja tumora u realnom vremenu.

Materijal i metode: Materijali su sintetisani iz tetraetil ortosilikata, kao prekursora, korišćenjem cetrimonijum bromida kao templata u baznoj sredini na temperaturi od 80°C. Površina nanočestica je funkcionalizovana amino grupama, a pomoću tiolne veze formiran je inkluzioni kompleks sa ciklodekstrinom (CD). Ciklodekstrin kao veliki molekul blokirao je pore i sprečio izlazak boje. Mezopore materijala su ispunjene bojom, tris(bipiridin)rutenium(II), $[Ru(Bpy)_3]^{2+}$. Karakterizacija je rađena infracrvenom spektroskopijom (IC), Braunauer-Emet-Teller adsorpcionom metodom (BET), kao i skenirajućom elektronskom mikroskopijom (SEM). Otpuštanje boje je praćeno putem UV/VIS spektroskopije, bez i sa prisustvom glutaciona u različitim koncentracijama.

Rezultati: Površinska funkcionalizacija, ispunjavanje pora molekulima boje i blokiranje pora CD omogućila je funkcionalnost nanomaterijala kao senzora za GSH u rasponu koncentracija od 5 do 20 mM. U prisustvu GSH dolazi do raskidanja tiolne veze između CD koji zadržava boju u porama i površine MSN-a, što omogućava detekciju otpuštene boje kao signala za povišenu koncentraciju GSH. Karakterizacijom je dokazana struktura MSN-a, trake na 1082 cm⁻¹ i 1633 cm⁻¹ u IC spektru dokazuju Si-O-Si vibracije i uspešnu funkcionalizaciju amino grupama, respektivno. BET analiza početnog materijala pokazala je izotermu tipa IV i visoku specifičnu površinu (701 m²/g), a SEM analiza potvrdila je raspodelu veličine čestica od 80 do 200 nm.

Zaključak: Sintetisani nanomaterijal pokazao je mogućnost detekcije povišene koncentracije glutaciona u fiziološkim uslovima, što će kroz dalji razvoj senzora za njegovu detekciju omogućiti bržu i jednostavniju dijagnostiku.

Ključne riječi: mezoporozne silikatne nanočestice; glutation; senzor

NANOSENSOR FOR DETECTION OF GLUTATHIONE

Authors: ALEKSANDRA PAVLOVIĆ, Minja Mladenović, Mirjana Mundžić

Email: aleksandra.pavlovic@biosense.rs

Mentor: Full Prof. Nikola Knežević

BioSense Institute, University of Novi Sad

Introduction: Mesoporous silica nanoparticles (MSN) are promising materials for bioanalyte detection and targeted drug delivery applications due to their characteristic properties, large specific surface area and porosity, and the possibility of surface functionalization. The development of optimized and personalized diagnostic tools targeting glutathione (GSH), based on these nanomaterials for detection in the tumor environment, will provide real-time data on patients' cancer tissue.

Aim: Synthesis of glutathione-specific MSN to develop a fast and efficient sensor for real-time monitoring of tumor treatment progress.

Material and Methods: The materials were synthesized from tetraethyl orthosilicate as a precursor, using cetrimonium bromide as a template in a basic environment at a temperature of 80 °C. The surface of the nanoparticles was functionalized with amino groups, and an inclusion complex with cyclodextrin (CD) was formed using a thiol bond. In this way, CD, as a large molecule, blocked the pores and prevented the color from coming out. The mesopores of the material were filled with the dye tris(bipyridine)ruthenium(II), ([Ru (Bpy)₃]²⁺). Characterization was performed by infrared spectroscopy (IR), Brunauer-Emmett-Teller adsorption method (BET), and scanning electron microscope (SEM). The release of the dye was monitored by UV/VIS spectroscopy without and with the presence of glutathione at different concentrations.

Results: Surface functionalization, pore filling with dye molecules, and capping with cyclodextrin enabled the functionality of the nanomaterial as a sensor for glutathione in the concentration range from 5 to 20 mM. Namely, in the presence of GSH, the thiol bond between the CD, which retains the color in the pores, and the surface of the MSN is breached, allowing the detection of the released color as a signal of an increased GSH concentration. The characterization of the material proved the structure of MSN, and the bands at 1082 cm⁻¹ and 1633 cm⁻¹ in the IR spectrum proved the Si-O-Si vibrations and successful functionalization of amino groups on the surface of the material, respectively. The BET analysis of the starting material displayed a type IV isotherm and a high surface area (701 m²/g), while SEM analysis confirmed the particle size distribution from 80 to 200 nm.

Conclusion: The synthesized nanomaterial showed the ability to detect an increased concentration of glutathione under physiological conditions, which will allow faster and easier diagnosis through further development of a sensor for its detection.

Keywords: mesoporous silica nanoparticles, glutathione, sensor

IZOLOVANJE TRITERPENA CIKLOARTANSKOG TIPRA IZ BILJNE VRSTE *EUPHORBIA LUCIDA*

Autor: DANICA SAVIĆ

e-mail: savicdada.chem@gmail.com

Mentor: Asistent sa doktoratom dr Gordana Krstić

Hemijski fakultet Univerziteta u Beogradu

Uvod: Usled velike strukturne raznolikosti sekundarnih metabolita koje proizvode, biljne vrste roda *Euphorbia* korišćene su širom sveta u tradicionalnoj medicini za lečenje bolesti kao što su respiratorne infekcije, digestivni problemi, upale, različite vrste tumora i mnoge druge. Iz lateksa ovih biljaka izolovan je veliki broj triterpenskih derivata sa biološkim aktivnostima značajnim za dalje ispitivanje i sa potencijalnom primenom u medicini. Do sada su opisana antitumorska, antivirusna, antibakterijska i antiinflamatorna dejstva izolovanih jedinjenja.

Cilj: Cilj ovog istraživanja bio je ispitivanje triterpenskog sastava stabla biljne vrste *Euphorbia lucida*.

Materijal i metode: Stablo *E. lucida* je samleveno i ekstrahovano smešom etil-acetata/n-heksana (V/V=1/1), i dobijeni ekstrakt je dalje frakcionisan hromatografskim metodama. Za izolovanje i prečišćavanje triterpena korišćena je *dry-flash column* hromatografija (DFCC) sa silika-gelom kao stacionarnom fazom i smešom heksana i etil-acetata rastuće polarnosti kao mobilnom fazom. Odabrana frakcija, na osnovu analize ^1H NMR spektara, sa DFCC je dalje razdvajana hromatografijom na gravitacionoj koloni. Analizom ^1H , ^{13}C i 2D NMR spektara izolovanog jedinjenja određena je njegova struktura.

Rezultati: Primenom hromatografskih tehnika iz stabla biljne vrste *E. lucida* izolovan je i karakterisan triterpen 24-metilencikloartan-3-ol. Jedinjenje je izolovano kao bela amorfna supstanca. Molekulska formula ovog pentacikličnog triterpena utvrđena je na osnovu NMR spektara: $\text{C}_{31}\text{H}_{52}\text{O}$ (MW=440,7).

Zaključak: Stablo biljne vrste *E. lucida* pokazao se kao dobar izvor triterpenskih jedinjenja. Izolovani triterpenski derivat je već opisan u literaturi, ali je po prvi put opisan kao metaboliti *E. lucida*. Dalja istraživanja ovog i sličnih jedinjenja treba usmeriti na ispitivanje njihovih bioloških aktivnosti i mogućnosti primene u savremenoj medicini.

Ključne riječi: *Euphorbia lucida*; triterpen; cikloartan; hromatografija

ISOLATION OF CYCLOARTANE-TYPE TRITERPENE FROM PLANT SPECIES *EUPHORBIA LUCIDA*

Author: DANICA SAVIĆ

Email: savicdada.chem@gmail.com

Mentor: TA Gordana Krstić

Faculty of Chemistry, University of Belgrade

Introduction: Due to the great structural diversity of the secondary metabolites they produce, plant species of the genus *Euphorbia* have been used worldwide in traditional medicine to treat diseases such as respiratory infections, digestive problems, inflammation, various types of tumors, and many others. From the latex of these plants, a large number of triterpene derivatives with biological activities significant for further investigation and with potential application in medicine were isolated. So far, the antitumor, antiviral, antibacterial, and anti-inflammatory effects of the isolated compounds have been described.

Aim: The aim of the research was to investigate the triterpene composition of the stem of the plant species *Euphorbia lucida*.

Material and Methods: The stem of *E. lucida* was ground and extracted with a mixture of ethyl acetate/*n*-hexane (V/V=1/1), and the obtained extract was further fractionated by chromatographic methods. For the isolation and purification of triterpenes, *dry-flash* column chromatography (DFCC) was used on silica gel as a stationary phase and a mixture of *n*-hexane and ethyl acetate with increasing polarity as a mobile phase. The selected fraction, based on the analysis of ^1H NMR spectra, with DFCC, was further separated by open-column chromatography. By analyzing ^1H , ^{13}C , and 2D NMR spectra of the isolated compound, its structure was determined.

Results: Using chromatographic techniques, the triterpene 24-methylenecycloartan-3-ol was isolated and characterized from the stem of the plant species *E. lucida*. The compound was isolated as a white amorphous substance.

The molecular formula of this pentacyclic triterpene was determined based on NMR spectra: $\text{C}_{31}\text{H}_{52}\text{O}$ (MW = 440.7).

Conclusion: The stem of the plant species *E. lucida* proved to be a good source of triterpene compounds. The isolated triterpene derivative has already been described in the literature, but now, it is described for the first time as a metabolite of *E. lucida*. Further research of this and similar compounds should be focused on the examination of their biological activities and the possibility of application in modern medicine.

Keywords: *Euphorbia lucida*, triterpene, cycloartane, chromatography

SINTEZA I SPEKTRALNA KARAKTERIZACIJA NOVOG PERILIL-ESTRA

Autor: INA KANJEVAC

e-mail: inakanjevac@pmf.edu.rs

Mentor: Asis. Milan Nešić

Departman za hemiju

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Nišu

Uvod: Rod *Bupleurum* L. pripada porodici *Apiaceae*. Neke od vrsta su dobro poznate preko 2000 godina po svojoj dugoj upotrebi u tradicionalnoj kineskoj medicini. Podstaknuti ovim, kao i nedostatkom podataka o sekundarnim metabolitima *Bupleurum praealtum* L., odlučili smo se da istražimo sastav etarskog ulja ove vrste koja samoniklo raste u Srbiji.

Cilj: Cilj ovog rada je sinteza novih perilil-estara za koje se pretpostavlja da se nalaze u etarskom ulju *B. praealtum*, i pomoću eksperimenta ko-injekcije potvrdi njihovo prisustvo. Nova jedinjenja treba spektralno okarakterisati, a sve NMR podatke asignirati.

Materijal i metode: Osušene cvasti sa nezrelim plodovima podvrgnute su hidrodestilaciji. Urađena je GC-MS analiza dobijenog etarskog ulja. Da bi se potvrdio identitet slabo zastupljenih sastojaka, oni su pripremljeni sintezom. Željeni estri perilil-alkohola dobijeni su Steglich-ovom esterifikacijom iz odgovarajućih kiselina i perilil-alkohola dobijenog redukcijom perilil-aldehida pomoću NaBH_4 u metanolu. Dobijeni estari su spektralno okarakterisani (GC-MS, NMR). NMR podaci su detaljno analizirani; ^1H -NMR potpuna spinska analiza perilil-2-metilbutanoata izvršena je ručnim podešavanjem vrednosti δH i J, da bi se uklopile sa eksperimentalno dobijenim, kao i daljom optimizacijom, korišćenjem softvera MestReNova.

Rezultati: GC-MS analiza dobijenog etarskog ulja otkrila je njegov neuobičajen sastav, sa nekoliko manje zastupljenih sastojaka za koje smo pretpostavili da su retki estri perilil-alkohola. Kako u literaturi nema dostupnih spektralnih podataka, oni su pripremljeni sintezom. Eksperiment sa ko-injektiranjem potvrdio je prisustvo jednog od diastereoizomernih perilil-2-metilbutanoata u etarskom ulju *B. praealtum* koji predstavlja novo jedinjenje. Spektralno je okarakterisan i izvršena je kompletna asignacija signala u ^1H - i ^{13}C NMR spektrima.

Zaključak: Potvrđeno je prisustvo perilil-2-metilbutanoata u etarskom ulju *B. praealtum*. Ovaj estar, kao i perilil-izovalerat i -izobutanoat sintetisani su, spektralno okarakterisani, a svi NMR podaci asignirani.

Ključne reči: *Bupleurum praealtum*; etarsko ulje; perilil-estri; sinteza; NMR asignacija

SYNTHESIS AND SPECTRAL CHARACTERIZATION OF A NEW PERILLYL-ESTER

Autor: INA KANJEVAC

Email: inakanjevac@pmf.edu.rs

Mentor: TA Milan Nešić

Department of Chemistry

Faculty of Science and Mathematics, University of Niš

Introduction: *Bupleurum* L. is one of the largest genera belonging to the family Apiaceae. Some of the species are well-known for their over 2000-year-long use in traditional Chinese medicine. Prompted by the rich ethnopharmacological usage of taxa belonging to this genus and the lack of data on the secondary metabolites of *Bupleurum praealtum* L., we decided to investigate the essential-oil composition of this taxon wild-growing in Serbia.

Aim: The aim of this paper was the synthesis of new perillyl-esters, which were assumed to be present in the essential oil of *B. praealtum*, and verification of their occurrence using a co-injection experiment. The new compounds will be fully spectrally characterized, and all NMR data will be assigned.

Material and Methods: Dried umbels with unripe fruits were subjected to hydrodistillation. The composition of essential oil was analyzed by GC-MS. In order to confirm the identity of minor compounds, they were prepared by synthesis (reduction of starting aldehyde by NaBH₄ in methanol followed by the Steglich esterification). The obtained esters were spectrally characterized (GC-MS, NMR). The NMR data were analyzed thoroughly; ¹H-NMR full spin analysis of perillyl-2-methylbutanoate was performed by manually adjusting δ H and J values to fit the experimentally available values and further optimized using MestReNova software.

Results: The GC-MS analysis of the obtained essential oil revealed its unusual composition, with several minor constituents which seemed to be rare esters of perillyl-alcohol. As no spectral data are available in the literature, they were prepared by synthesis. A co-injection experiment verified the occurrence of one of the diastereoisomeric perillyl-2-methylbutanoates in the essential oil of *B. praealtum*. This ester represents a new compound; it was spectrally characterized, and all NMR data were assigned.

Conclusion: The occurrence of the perillyl-2-methylbutanoate in the essential oil of *B. praealtum* was confirmed. This ester, perillyl-isovalerate, and -isobutanoate were synthesized and spectrally characterized, and all NMR data were assigned.

Keywords: *Bupleurum praealtum*, essential oil, perillyl-esters, synthesis, NMR assignment

DERIVATI AMINOKISELINA NEUROTRANSMITERA SA METIL-HLORFORMATOM

Autor: JELENA D. ŽIVANOVIĆ

e-mail: jelena.zivanovic@pmf.edu.rs

Mentor: Vanredni profesor Marija S. Genčić; Komentor: Istraživač-saradnik Jelena M. Aksić, redovni profesor Niko S. Radulović

Departman za hemiju, Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Nišu

Uvod: Osim što izgrađuju proteine, neke aminokiseline mogu imati i ulogu neurotransmitera i neuromodulatora ili prekusora neurotransmitera. Jedna od najčešće korišćenih metoda za analizu aminokiselina u raznim uzorcima biološkog porekla zasnovana je na njihovoj derivatizaciji sa metil-hlorformatom i analizi dobijenih derivata pomoću GC-MS metode. Interesantno je da, prema našim pretragama, do sada nema objavljenih hromatografskih (RI i RF vrednosti) i spektralnih (NMR i IR) podataka pomenutih derivata aminokiselina.

Cilj: Glavni cilj ovog rada je sinteza i spektralna karakterizacija derivata aminokiselina neurotransmitera (glicina, β -alanina, γ -aminobuterne kiseline, L-cisteina, L-prolina, L-asparaginske kiseline i L-glutaminske kiseline) i metil-hlorformata.

Materijal i metode: Vodenometanolni (1 : 1, v/v) rastvor aminokiselina tretiran je petostrukim viškom metil-hlorformata u prisustvu piridina i mešan tokom 1 h na sobnoj temperaturi. Nastali derivati aminokiselina ekstrahovani su hloroformom, dok su neizreagovane aminokiseline uklonjene ispiranjem hloroformskog ekstrakta rastvorom NaHCO₃ (50 mM). Čistoća dobijenih derivata određena je pomoću TLC i GC-MS metode, dok je inicijalna identifikacija izvršena upoređivanjem dobijenih MS spektra sa onim iz literature.

Rezultati: Derivati aminokiselina i metil-hlorformata dobiveni su u prinosu od 22 do 63,6% i bili su visoke čistoće (> 99%). Svi derivati su dali dobro razvijene pikove u GC hromatogramu na DB-5 koloni. U slučaju L-cisteina, L-prolina, L-asparaginske kiseline i L-glutaminske kiseline došlo je i do građenja odgovarajućih derivata dipeptida u neznatnom procentu (< 1%). Pri primenjenim reakcionim uslovima nije nastao proizvod ciklizacije L-glutaminske kiseline (metil-5-oksopirolidin-2-karboksilat), koji se često javlja kao sporedni proizvod reakcije derivatizacije.

Zaključak: Nakon poređenja NMR spektara dobijenih derivata aminokiselina utvrđeno je da za svaku od aminokiselina postoje specifični signali, što može biti iskorišćeno za razvijanje novih metoda za njihovu metabolomičku analizu. Međutim, kako je nađeno da reakcija dobijanja derivata aminokiselina sa metil-hlorformatom nije kvantitativna, neophodno je prvo odrediti reakcione uslove i uslove izolovanja, pod kojima se ova reakcija odvija kvantitativno.

Ključne reči: aminokiseline neurotransmiteri; derivatizacija pomoću metil-hlorformata; gasna hromatografija – masena spektrometrija (GC-MS); nuklearna magnetna rezonanca (NMR); metabolomičke analize

DERIVATIVES OF NEUROTRANSMITTER AMINO ACIDS WITH METHYL CHLOROFORMATE

Author: JELENA D. ŽIVANOVIĆ

Email: jelena.zivanovic@pmf.edu.rs

Mentor: Assoc. Prof. Marija S. Genčić; **Co-Mentors:** RA Jelena M. Aksić, Full Prof. Niko S. Radulović

Department of Chemistry, Faculty of Sciences and Mathematics, University of Niš

Introduction: In addition to serving as protein building blocks, some amino acids (AA) are known as neurotransmitters and neuromodulators or precursors for neurotransmitters. One of the most used methods for profiling AA in various biological samples is based on their derivatization with methyl chloroformate (MCF) and subsequent GC-MS analysis. Intriguingly, there is a lack of chromatographic (RI and R_f values) and spectral data (NMR and IR) of the mentioned MCF derivatives.

Aim: The main objective of this study is to prepare and spectrally characterize MCF derivatives of seven neurotransmitters AA: Gly, bAla, GABA, L-Cys, L-Pro, L-Asp, and L-Glu.

Material and Methods: Methanol/aqueous solution of AA was treated with a 5-fold excess of MCF in the presence of pyridine and stirred at room temperature for 1 h. The formed MCF derivative was extracted with CHCl₃, while the unreacted AA was removed by treatment with NaHCO₃. The purity of the obtained MCF derivatives was determined by TLC and GC-MS, while initial identification was made by comparison of the obtained MS spectra with the ones from the literature.

Results: High purity (> 99%) MCF derivatives of the studied AA were obtained in 22 to 63.6% yield. All of them gave well-resolved peaks on the DB-5 GC column. In the case of L-Cys, L-Pro, L-Asp, and L-Glu, minute amounts of the corresponding dipeptide MCF derivatives were also detected. Under the studied reaction condition, the product of L-Glu cyclization, which is a commonly encountered side-product, was not detected.

Conclusion: A comparison of NMR data of the studied MCF derivatives points to the existence of specific signals for each AA, which could be useful in the development of new methods for their metabolomic studies. However, before that, since it was found that MCF derivatization was not quantitative, it is essential to establish reaction/isolation conditions under which the reaction proceeds quantitatively.

Keywords: neurotransmitters amino acids, methyl chloroformate derivatization, gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS), nuclear magnetic resonance (NMR), metabolomic studies

SINTEZA I KARAKTERIZACIJA BIS(ACETILACETONATO)-ETILENDIIMINO-RODIJUM(III) KOMPLEKSA I ISPITIVANJE NJEGOVIH INTERAKCIJA SA HSA I DNK

Autor: LJUBICA BACETIĆ

e-mail: ljubicabacetic031@gmail.com

Mentor: Van. prof. Rada Baošić

Katedra za analitičku hemiju

Hemijski fakultet Univerziteta u Beogradu

Uvod: Dizajn novih lekova jedan je od najznačajnijih procesa u farmaceutskoj industriji. Tokom poslednje decenije ovaj proces podlegao je značajnim izmenama kao posledica napretka koji je ostvaren na polju biohemije i genetike. Kompleksi metala sa tetradentatnim Šifovim bazama ispoljavaju različitu biološku aktivnost, što omogućava ciljne sinteze novih biološki aktivnih jedinjenja.

Cilj: Cilj ovog istraživanja bilo je sintetisanje novog kompleksa Rh(III) sa Šifovom bazom i dobijanje parametara koji ukazuju na potencijalnu biološku aktivnost novosintetisanog jedinjenja.

Materijali i metode: Ligand je sintetisan iz acetilacetona i etilendiamina, a nakon njegovog prečišćavanja, sintetisan je i kompleks sa Rh(III). I ligand i kompleks prečišćeni su preparativnom hromatografijom na tankom sloju i okarakterisani pomoću IR, NMR i masene spektroskopije. Konstante vezivanja sintetisanog kompleksa $H[Rh(acac_2en)Cl_2]$ za DNK dobijene su primenom UV-Vis i fluorescentne spektroskopije. Merena je promena intenziteta adsorpcije sa dodavanjem kompleksa, i gašenje fluorescencije u prisustvu etidijum-bromida kao interkalirajućeg reagensa. Pored ovih, ispitane su i konstante vezivanja kompleksa za HSA kao najzastupljenijeg proteina krvne plazme.

Rezultati: Dobijene su relativno visoke vrednosti dinamičke konstante vezivanja (K_{sv}) i to $3,88 \cdot 10^4 \text{ M}^{-1}$, što ukazuje na značajno vezivanje za HSA. Izračunata konstanta unutrašnjeg vezivanja (K_b) je: $2,87 \cdot 10^5 \text{ M}^{-1}$. Vrednost navedene konstante ukazuje na dobru interakciju između kompleksa Rh(III) i DNK. Dobijeni podaci ukazuju na značajnu biološku aktivnost novosintetisanog kompleksa.

Zaključak: Dobijene konstante su dovoljno visoke da se kompleks veže za HSA i DNK, ali ne toliko da spreči oslobađanje jedinjenja po dolasku u ciljnu ćeliju.

Ključne reči: Rh(III); Šifove baze; UV-VIS spektroskopija; fluorescentna spektroskopija; masena spektrometrija; molekularni doking

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF BIS(ACETYLACETONATO)-ETHYLENEDIIMINO-RHODIUM(III) COMPLEX AND INVESTIGATION OF ITS INTERACTIONS WITH HSA AND DNA

Author: LJUBICA BACETIĆ

Email: ljubicabacetic031@gmail.com

Mentor: Assoc. Prof. Rada Baošić

Department of Analytical Chemistry

Faculty of Chemistry, University of Belgrade

Introduction: The design of new drugs is one of the most important processes in the pharmaceutical industry. Over the last decade, this process has undergone significant changes due to advances in biochemistry and genetics. Metal complexes with tetradentate Schiff bases exhibit different biological activities, which enables the targeted synthesis of new biologically active compounds.

Aim: This research aimed to synthesize a new Rh(III) complex with a Schiff base and determine parameters that indicate the potential biological activity of the newly synthesized compound.

Material and Methods: The ligand was synthesized from acetylacetone and ethylenediamine, and after its purification, a complex with Rh(III) was synthesized. Both ligand and complex were purified by preparative thin-layer chromatography and characterized by IR, NMR, and mass spectroscopy. Binding constants of the synthesized complex $H[Rh(acac2en)Cl_2]$ to DNA were obtained using UV-Vis and fluorescence spectroscopy. The change in absorption intensity with the addition of the complex, and the quenching of fluorescence in the presence of ethidium bromide as an intercalating reagent, were measured. In addition to these, the binding constants of the complex to HSA, as the most abundant protein in blood plasma, were also examined.

Results: A relatively high dynamic binding constant (K_{sv}) value of $3.88 \cdot 10^4 \text{ M}^{-1}$ was obtained, which indicates significant binding to HSA. The calculated internal binding constant (K_b) is $2.87 \cdot 10^5 \text{ M}^{-1}$. The value of the indicated constant indicates a good interaction between the Rh(III) complex and DNA. The obtained data indicate significant biological activity of the newly synthesized complex.

Conclusion: The constants obtained are high enough for the complex to bind to HSA and DNA but not so high as to prevent the release of the compound upon arrival in the target cell.

Keywords: Rh(III), Schiff base, UV-Vis spectroscopy, fluorescence spectroscopy, mass spectrometry, molecular docking

SINTEZA I KARAKTERIZACIJA KOMPLEKSA BAKRA(II) SA ŠIFOVOM BAZOM 2-ACETILPIRIDINA I AMINOOGVANIDINA

Autor: MARIJANA KOSTIĆ, Mihajlo Zorić

e-mail: dh.marijana.kostic@student.pmf.uns.ac.rs

Mentor: Prof. dr Mirjana Radanović

Departman za hemiju, biohemiju i zaštitu životne sredine

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Novom Sadu

Uvod: Usled interesantne hemije i raznolike primene Šifovih baza aminogvanidina (u oblasti optičkih uređaja, kao katalizatori, reagensi, u medicini i farmaciji...), i vrlo često povezane bioaktivnosti polidentatnih liganada sa njihovim kompleksirajućim svojstvima, od interesa je ispitati mogućnosti sinteze i okarakterisati nove komplekse ovih Šifovih baza sa prelaznim metalima.

Cilj: Ispitivani su različiti agensi za deprotonaciju Šifove baze, od kojih se amonijak pokazao kao efikasan. Dobijen je kompleks bakra(II) formule $[Cu(L-H)Cl]$, koji je fizičko-hemijski i strukturno okarakterisan.

Materijal i metode: Za sve analize i metode merenja korišćene su supstance osušene na vazduhu i sobnoj temperaturi. Elementalna analiza (C, H, N) izvršena je standardnim mikrometodama. IR spektri su snimljeni na FT-IR (*Thermo Nicolet - Nexus G70*) spektrofotometru primenom KBr tehnike u opsegu 4000 cm^{-1} do 400 cm^{-1} . Struktura ispitivanog kompleksa određena je metodom difrakcije X-zraka na monokristalu. Kristalografsko merenje je izvedeno na *Oxford Diffraction Gemini S* goniometru opremljenim sa *Sapphire CCD* detektorom.

Rezultati: Reakcijom bakar(II)-nitrata sa hloridnom soli liganda u prisustvu amonijaka, u molском odnosu 1 : 1, dobijeni su braonkasti monokristali formule $[Cu(L-H)Cl]$ (L – monoanjon Šifove baze aminogvanidina i 2-acetilpiridina). Po prvi put je nađena koordinacija ove Šifove baze u monoanjonskom obliku. Ligand je koordinovan na tridentatni NNN način, preko azometinskog, imino i piridinskog atoma azota. Na taj način formirana su dva petočlana metalocikla. Bakar(II) se nalazi u kvadratno-planarnom okruženju tri donorna atoma helatnog liganda i jednog hlorido-liganda.

Zaključak: Opisane su sinteza, fizičko-hemijska i strukturna svojstva kompleksa bakra(II) sa Šifovom bazom aminogvanidina i 2-acetilpiridina. Sledeći korak istraživanja mogao bi biti usmeren na ispitivanje antioksidativnih i antimikrobnih svojstava novosintetisanog kompleksa.

Ključne riječi: bakar(II); 2-acetilpiridin-aminogvanidin; kompleks; sinteza; karakterizacija; Šifova baza

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF COPPER(II) COMPLEX WITH SCHIFF BASE OF 2-ACETILPYRIDINE AND AMINOGUANIDINE

Authors: MARIJANA KOSTIĆ, Mihajlo Zorić

Email: dh.marijana.kostic@student.pmf.uns.ac.rs

Mentor: Assoc. Prof. Mirjana Radanović

Department of Chemistry, Biochemistry and Environmental Protection

Faculty of Sciences, University of Novi Sad

Introduction: Having in mind the interesting chemistry and diverse applications of Schiff bases of aminoguanidine (in the field of optical devices, as catalysts, reagents, in medicine and pharmacy) and the very often associated bioactivity of polydentate ligands with their complexing properties, it is of interest to examine the possibilities of synthesis and to characterize the new complex compounds of these Schiff bases with transition metals.

Aim: Various deprotonation agents have been investigated to produce the monoanion of the Schiff base, and ammonia was the most efficient one. The obtained copper(II) complex [Cu(L-H)Cl] was physicochemically and structurally characterized.

Material and Methods: For analyzes and measurement methods, substances dried in air and at room temperature were used. Elemental analysis (C, H, N) was carried out by standard micromethods. IR spectra were recorded on an FT-IR (*Thermo Nicolet Nexus G70*) spectrophotometer using the KBr technique (4000 cm⁻¹ to 400 cm⁻¹). The structure of the complex was determined by the X-ray diffraction method on a single crystal. Crystallographic measurement was performed on an *Oxford Diffraction Gemini S* goniometer equipped with a *Sapphire CCD* detector.

Results: Brown single crystals of [Cu(L-H)Cl] were obtained by the reaction of copper(II)-nitrate with the chloride ligand salt in the presence of ammonia (molar ratio 1:1). For the first time, the coordination of 2-acetylpyridine-aminoguanidine was found in the monoanionic form. The ligand is coordinated in a tridentate N₃ manner through azomethine, imino, and pyridine nitrogen atoms. Copper(II) is situated in the square-planar environments of chelate ligand donors and one chloride ligand.

Conclusion: The synthesis, physicochemical and structural properties of the copper(II) complex with the Schiff base 2-acetylpyridine-aminoguanidine are described. The following research step could be aimed at testing the antioxidant and antimicrobial properties of the synthesized complex.

Keywords: copper(II), 2-acetylpyridine-aminoguanidine, complex, synthesis, characterization, Schiff base

SINTEZA I KARAKTERIZACIJA KOMPLEKSNOG JEDINJENJA [CuLCINO₃] $\cdot$ H₂O, L – ŠIFOVA BAZA AMINOGVANIDINA I 2-ACETILPIRIDINA

Autor: MIHAJLO ZORIĆ, Marijana Kostić

e-mail: dh.156.20@student.pmf.uns.ac.rs

Mentor: Prof. dr. Mirjana Radanović

Departman za hemiju, biohemiju i zaštitu životne sredine

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Novom Sadu

Uvod: 2-Acetilpiridinaminogvanidin predstavlja Šifovu bazu aminogvanidina – gvanilhidrazon. Gvanilhidrazoni pokazuju raznovrsnu farmakološku aktivnost, pa su našli široku antimikrobnu primenu. Biološke sposobnosti liganda vrlo su često usko povezane sa njegovim kompleksirajućim sposobnostima, te je od značaja sinteza i ispitivanje osobina novih kompleksa metala sa potencijalno bioaktivnim Šifovim bazama.

Cilj: S obzirom na raznovrsnu farmakološku aktivnost liganda, cilj je ispitati mogućnost sinteze novih kompleksnih jedinjenja 2-acetilpiridinaminogvanidina sa Cu(II).

Materijal i metode: Supstance korišćene za sve analize i merenja osušene su na vazduhu i sobnoj temperaturi. Elementalna analiza (C,H,N) izvršena je standardnim mikrometodama. IR spektri su snimljeni na FT-IR (*Thermo Nicolet-Nexus G70*) spektrofotometru primenom KBr tehnike u opsegu 4000cm⁻¹-400cm⁻¹. Struktura kompleksa je određena metodom difrakcije X-zraka na monokristalu. Kristalografsko merenje je izvedeno na *Oxford Diffraction Gemini S* goniometru koji je opremljen sa *Sapphire CCD* detektorom. Molarna provodljivost 1 mM rastvora merena je konduktometrom *Jenway 4010*.

Rezultati: Zeleni monokristali kompleksa formule [CuLCINO₃] $\cdot$ H₂O (L=2-acetilpiridinaminogvanidin) dobijeni su direktnom sintezom metanolnog rastvora liganda i vodenog rastvora Cu(NO₃)₂ u molarnom odnosu 1 : 1. Nakon mešanja rastvora, reakcionoj smeši, kao agens za deprotonaciju, dodat je LiOAc. Ligand je koordinovan preko azometinskog, imino i piridinskog atoma na tridentatni NNN način. Na ovaj način su formirana 2 petočlana metalocikla. Cu(II) je pomeren ka apikalnom kiseoniku za 0,122Å.

Zaključak: U ovom radu je izvršena sinteza i fizičko-hemijska karakterizacija kompleksa Cu(II) sa Šifovom bazom aminogvanidina i 2-acetilpiridina, dobijen je novi kompleks u kome je Šifova baza koordinirana na uobičajen način u neutralnoj formi.

Ključne reči: kompleksi bakra(II); rendgenska strukturna analiza; Šifova baza; gvanilhidrazon

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF COMPLEX COMPOUND [CuLCINO₃].H₂O, L – SCHIFF BASE OF AMINOGUANIDINE AND 2-ACETYPYRIDINE

Authors: MIHAJLO ZORIĆ, Marijana Kostić

Email: dh.156.20@student.pmf.uns.ac.rs

Mentor: Assoc. Prof. Mirjana Radanović

Department of Chemistry, Biochemistry and Environmental Protection

Faculty of Science, University of Novi Sad

Introduction: 2-Acetylpyridine-aminoguanidine represents the Schiff base of aminoguanidine–guanylhyazone. Guanylhyazones show versatile pharmacological activity, so they found application as antimicrobial agents. The biological activity of the ligand is closely related to its complexing ability. Thus, it is important to synthesize and examine features of new metal complexes with potentially biologically active Schiff bases.

Aim: Considering the diverse pharmacological activity of ligands, the aim is to synthesize new complex compounds of 2-acetylpyridine-aminoguanidine with Cu(II).

Material and Methods: All substances used for analyses and measurements are dried on air at room temperature. Elemental analysis (C, H, N) was carried out by standard micromethods. IR spectra were recorded by an FT-IR (*Thermo Nicolet Nexus G70*) spectrophotometer using the KBr technique in the range 4000cm⁻¹-400cm⁻¹. The structure of the complex was determined by X-ray diffraction on a monocrystal. Crystallographic measurement was performed on *Oxford Diffraction Gemini S* goniometer with *Sapphire CCD* detector. The molar conductivity of the 1 mM solution was measured by *Jenway 4010* conductometer.

Results: Green monocrystals of [CuLCINO₃].H₂O (L =2-acetylpyridine-aminoguanidine) were acquired by direct synthesis of the ligand's methanolic solution and water solution of Cu(-NO₃)₂ in molar ratio 1:1. After mixing solutions, the deprotonation agent LiOAc was added. The ligand is coordinated through azomethine, imino, and pyridine nitrogen atoms in a tridentate NNN manner. This leads to the formation of two 5-membered metalocycles. Cu(II) is moved toward apical oxygen for 0,122Å.

Conclusion: In this paper, synthesis and physicochemical characterization of a novel Cu(II) complex with the Schiff base of aminoguanidine and 2-acetylpyridine were carried out. In this complex, the Schiff base is coordinated in a usual way in a neutral form.

Keywords: Cu(II) complexes, X-ray crystallography, Schiff bases, guanylhyazones

SINTETIČKI PRISTUP U IDENTIFIKACIJI (IZO)BORNIL ESTARA U ETARSKIM ULJIMA VRSTA RODA *TANACETUM*

Autor: NIKOLETA MITIĆ

e-mail: nikoleta.mitic@gmail.com

Mentor: Asis. Milica Nešić

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Nišu

Uvod: Rod *Tanacetum* (Asteraceae) obuhvata više od 160 biljnih vrsta. *T. parthenium* je višegodišnja biljka sa dugom istorijom upotrebe u narodnoj medicini za lečenje groznice, artritisa, inflamatornih stanja. Još jedan predstavnik ovog roda, *Tanacetum corymbosum*, u narodnoj medicini koristi se kao lek za probavne smetnje, a poznato je da poseduje antibakterijsku i antioksidativnu aktivnost.

Cilj: Cilj ovog rada je sinteza (izo)bornil estara homologih kiselina i njihova identifikacija u etarskim uljima biljnih vrsta *T. parthenium* i *T. corymbosum*.

Materijal i metode: Osušeni nadzemni delovi obe vrste podvrgnuti su hidrodestilaciji u trajanju od 2,5 sata, korišćenjem Klevendžerovog aparata, dajući 0,37% i 0,01% (w/w) etarskog ulja. Hemijski sastav etarskih ulja je analiziran GC-MS metodom. Estri (izo)borneola i angelinske, senecio, tiglinke, butanske, valerijanske, izovalerijanske, 2-metilbutanske i heksanske kiseline dobijeni su u *Steglich*-ovoj reakciji.

Rezultati: Glavni sastojci etarskog ulja *T. parthenium* bili su *trans*-hrizantenil-acetat (30,3%), kamfor (23,8%), bornil-acetat (5,5%) i bornil-angelat (5,4%). U jonskom hromatogramu ovog etarskog ulja primećeno je da, pored bornil-angelata, postoje još neki pikovi koji su sadržavali jon *m/z* 83 koji je karakteristična fragmentacija borneola, kao i M^+ 236. Prepostavili smo da bi ovo mogli biti estri borneola ili izoborneola i neke nezasićene kiseline sa 5 ugljenikovih atoma. Da bismo potvrdili identitet ovih jedinjenja, pripremili smo biblioteku pomenutih estara (ukupno njih 16). Etarsko ulje biljne vrste *T. corymbosum* je kao glavne sastojke sadržavalo germakren D (42,0%), (*E*)-kariofilen (16,4%) i α -humulen (13,3%). Ovakav sintetički pristup nam je omogućio da dovedemo u odnos retencioni indeks i strukturu, kao i da dopunimo biblioteku masenih spektara koji bi omogućili lakšu identifikaciju srodnih jedinjenja.

Zaključak: Pored bornil-angelata, zaključeno je da su bornil-senecioat i bornil-tiglat prisutni i u etarskom ulju *T. parthenium*, dok estri izoborneola nisu detektovani. Etarsko ulje biljne vrste *T. corymbosum* nije sadržavalo ovakve estre.

Ključne reči: *Tanacetum*; etarsko ulje; borneol; estar

SYNTHETIC APPROACH IN IDENTIFICATION OF (ISO)BORNYL ESTERS IN ESSENTIAL OILS OF *TANACETUM* SPECIES

Author: NIKOLETA MITIĆ

Email: nikoleta.mitic@gmail.com

Mentor: TA Milica Nešić

Faculty of Sciences and Mathematics, University of Niš

Introduction: Genus *Tanacetum* (Asteraceae) comprises more than 160 species native to the Northern hemisphere. *T. parthenium* is a perennial herb with a long history of traditional use in folk medicine to treat fever, arthritis, and inflammatory conditions. Another representative of this genus, *T. corymbosum*, was reported as a remedy for digestive disorders, and it is known to possess antibacterial and antioxidant activity.

Aim: The aim of this paper was a synthesis of (iso)bornyl esters of homologous acids and their identification in the essential oils of *T. parthenium* and *T. corymbosum*.

Material and Methods: Dried above-ground parts of both species were subjected to hydrodistillation for 2.5 h using the Clevenger-type apparatus. The chemical composition of the essential oils was analyzed by GC-MS. Esters of (iso)borneol and angelic, senecio, tiglic, butanoic, valeric, isovaleric, 2-methylbutanoic, and hexanoic acid were obtained in the Steglich-type reaction.

Results: *trans*-Chrysanthenyl acetate (30.3%), camphor (23.8%), bornyl acetate (5.5%), and bornyl angelate (5.4%) were the most abundant components in the essential oil of *T. parthenium*. Partial ion chromatograms of the essential oil revealed that in addition to bornyl angelate, several other peaks with an ion m/z 83, a characteristic fragmentation of borneol, and an ion corresponding to M^+ 236 were present. We assumed that these might be esters of isoborneol/borneol and an unsaturated C5 acid. We prepared a library of the mentioned esters and performed co-injection experiments. The essential oil of *T. corymbosum* was less complex, with the most abundant components being germacrene D (42.0%), (*E*)-caryophyllene (16.4%), and α -humulen (13.3%).

Conclusion: In addition to bornyl angelate, it was concluded that bornyl senecioate and bornyl tiglate were also present in the essential oil of *T. parthenium*, and no esters of isoborneol were detected. The essential oil of *T. corymbosum* did not contain such esters.

Keywords: *Tanacetum*, essential oil, borneol, ester

PROMJENE AKTIVNOSTI PEROKSIDAZA KLASSE III U LISTOVIMA GRAŠKA POD UTICAJEM POPLAVE

Autori: SLAĐANA ČETKOVIĆ, Ljupka Railić

e-mail: sladjanacetkovic177@gmail.com

Mentor: Dr Biljana Kukavica, redovni profesor; Komentor: Dr Biljana Davidović-Plavšić, vanredni profesor

Katedra za biohemiju i molekularnu biologiju, Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Banjoj Luci

Uvod: Biljke su u toku svog životnog ciklusa izložene uticaju različitih faktora sredine (niska/visoka temperatura, suša/poplava, polutanti zemljišta, itd.) koji negativno utiču na njihov rast i razvoj. Poplava kao jedan od abiotičkih stresora izaziva promjene u koncentraciji kiseonika, dovodeći na taj način do stanja hipoksije, odnosno smanjenja koncentracije kiseonika ispod optimuma. Pojava djelimične anaerobioze u plavljenom zemljištu uslovljava pojačanu proizvodnju reaktivnih vrsta kiseonika (ROS) i posljedično izaziva narušavanje redoks ravnoteže biljne ćelije.

Cilj: Istraživanja u okviru ovog rada usmjerena su ka ispitivanju uticaja poplave na aktivnost i izoenzimske profile peroksidaza Klase III (POD, EC 1.11.1.7), koje čine dio enzimskog antioksidativnog kapaciteta, u listu graška (*Pisum sativum* L.). Osim toga, rad ima za cilj da utvrdi uticaj dužine izloženosti biljaka poplavi na aktivnost POD.

Materijal i metode: Biljke graška uzgajane u laboratorijskim uslovima izložene su poplavi u trajanju od 3 i 7 dana, dok je jedna grupa biljaka nakon poplave bila podvrgnuta periodu „oporavka“ u trajanju od 15 dana. Kontrolne biljke su za vrijeme trajanja eksperimenta imale optimalnu snabdjevenost vodom. Iz listova kontrolnih i tretiranih biljaka nakon uzorkovanja ekstrahovani su proteini. Dobijene proteinske frakcije korištene su za spektrofotometrijsko određivanje aktivnosti POD. Osim toga, nativnom poliakrilamid gel elektroforezom i izoelektrofokusanjem (IEF) određeni su izoenzimski profili POD u listovima graška.

Rezultati: Izmjerene POD aktivnosti kod tretiranih uzoraka ukazuju na postepeno smanjenje tokom vremena trajanja eksperimenta. Kod biljaka čija je izloženost vodnom suficitu trajala 7 dana, uočava se značajno povećanje aktivnosti u poređenju sa kontrolom. U pogledu izoenzimskih profila, kod kontrolne grupe detektovan je manji broj POD izoformi za sve uzorke. Tako su nakon 3 dana tretmana detektovane ukupno 4 izoforme, u odnosu na kontrolu kod koje izostaje izoforma označena kao POD 4. IEF rezultati sugerišu na postojanje dvije izoforme sa ~ pI vrijednostima 9,30 i 9,10, respektivno.

Zaključak: Na osnovu dobijenih rezultata, može se zaključiti da su tretmani indukovali promjenu aktivnosti POD i pojavu nove POD izoforme koja može biti dio specifičnog odgovora biljaka graška na uslove poplave.

Ključne riječi: abiotički stres; hipoksija; peroksidaze; nativna elektroforeza; IEF

CHANGES IN ACTIVITY OF CLASS III PEROXIDASES IN PEA LEAVES UNDER THE INFLUENCE OF FLOODING

Authors: SLADANA ĆETKOVIĆ, Ljupka Raičić

Email: sladjanacetkovic177@gmail.com

Mentor: Full Prof. Biljana Kukavica; Co-Mentor: Assoc. Prof. Biljana Davidović-Plavšić

Department of Biochemistry and Molecular Biology

Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Banja Luka

Introduction: During their life cycle, plants are exposed to the influence of various environmental factors (low/high temperature, drought/flooding, soil pollutants), which negatively affect their growth and development. Flooding, as one of the abiotic stressors, causes a change in the concentration of oxygen, thereby leading to a state of hypoxia, i.e., a decrease in oxygen concentration below the optimum. The occurrence of partial anaerobiosis in flooded soil conditions increases the production of reactive oxygen species (ROS) and consequently causes a disruption of the redox balance of plant cells.

Aim: Research within this paper is aimed to examine the influence of flooding on activity and isoenzyme profiles of Class III peroxidases (POD, EC 1.11.1.7), which are part of the enzymatic antioxidant capacity, in pea leaves (*Pisum sativum* L.). In addition, the paper aims to determine the influence of the length of exposure of plants to flooding on POD activity.

Material and Methods: Pea plants grown in laboratory conditions were exposed to flooding for 3 and 7 days, while one group of plants underwent a 15-day “recovery” after flooding. The control plants had an optimal water supply during the experiment. After sampling, proteins were extracted from the control and treated leaves. The obtained protein fractions were used for the spectrophotometric determination of POD activity. In addition, native polyacrylamide gel electrophoresis and isoelectric focusing (IEF) were used to determine isoenzyme profiles in pea leaves.

Results: Measured POD activities of treated samples indicate a gradual decrease with experiment duration. In plants whose exposure to water surplus lasted for seven days, a significant increase in activity compared to the control group was observed. Regarding the isoenzyme profiles, a lower number of POD isoforms was detected for all samples in the control group. Thus, after three days of treatment, a total of four isoforms were detected, compared to the control group in which the isoform marked as POD 4 is missing. The IEF results suggest the existence of two isoforms with ~ pI values of 9.30 and 9.10, respectively.

Conclusion: Based on the obtained results, it can be concluded that the treatments induced a change in POD activity and the appearance of a new POD isoform, which may be part of a specific response of pea plants to flooding conditions.

Keywords: abiotic stress, hypoxia, peroxidases, native electrophoresis, IEF

BILJNA METABOLOMIKA KAO ALAT ZA DETEKCIJU TOKSIČNIH ADULTERANATA U JESTIVOJ BILJCI: STUDIJA SLUČAJA *ALLIUM URSINUM*

Autor: STEFAN LEKIĆ, Stefan Ivanović, Katarina Simić

e-mail: lekicstefan14@gmail.com

Mentor: Naučni savetnik Dejan Gođevac

Katedra za organsku hemiju

Hemijski fakultet Univerziteta u Beogradu

Uvod: Autentičnost hrane je obezbeđivanje da su sva svojstva hrane označena (poreklo, sadržaj i kvalitet) i kompatibilna sa očekivanjima potrošača. Pravilno obeležavanje je komponenta autentičnosti hrane, posebno u pogledu liste korišćenih sastojaka, metoda proizvodnje, tehnologije i genetičkog identiteta primenjenih sirovina. Otkrivanje falsifikata u hrani se smatra kršenjem zakona u EU. Metabolomika biljaka je specifična analiza kompleksnih smeša metabolita iz biljnih ekstrakata.

Cilj: Cilj ovog istraživanja bio je razlikovanje biljne vrste *Allium ursinum* od njenih toksičnih adulteranata *Convallaria majalis* i *Arum maculatum* korišćenjem NMR spektroskopije i LC-MS tehnike praćenih multivarijantnom analizom podataka.

Materijali i metode: Uzorci biljne vrste *Allium ursinum* su prikupljeni sa 6 različitih lokacija u Srbiji, dok su uzorci *Convallaria majalis* i *Arum maculatum* prikupljeni sa Košutnjaka (Beograd, 2022). Pripremljene su binarne smeše sa tri koncentraciona nivoa adulteranata i to 10, 30 i 50%. Kao rezultat, dobijena su 72 simulirana falsifikovana uzorka, dok je 12 uzoraka ostalo nepromenjeno, predstavljajući grupu autentičnih uzoraka. Uzorci su onda podvrgnuti 1D i 2D NMR analizi (Bruker Avance III 500 NMR spektrometar), a dobijeni spektri su obrađeni korišćenjem TopSpin softvera (verzija 3.2, Bruker Biospin, Nemačka). Multivarijantna analiza podataka izvršena je pomoću SIMCA softvera (verzija 17, SartoriusStedim Biotech Goettingen, Nemačka).

Rezultati: Strukture biomarkera falsifikovanja razjašnjene su korišćenjem 2D NMR i LC-MS tehnikama. Izoviteksin i vicenin II, azetidin-2-karboksilna kiselina i trigonelin ukazali su na falsifikovanje uzoraka *A. ursinum* sa *C. majalis*. Izoviteksin je prepoznat i kao indikator adulteracije *A. ursinum* sa *A. maculatum*.

Zaključak: Studija slučaja *A. ursinum* pokazala je da biljna metabolomika može biti korišćena za identifikaciju biomarkera male molekulske mase, kao adulteranata jestive biljke.

Ključne reči: metabolomika; adulteracija; *Allium ursinum*; *Convallaria majalis*; *Arum maculatum*

PLANT METABOLOMICS AS A TOOL FOR DETECTING POISONOUS ADULTERANTS IN EDIBLE PLANT: CASE STUDY OF *ALLIUM URSINUM*

Authors: STEFAN LEKIĆ, Stefan Ivanović, Katarina Simić

Email: lekicstefan14@gmail.com

Mentor: Full Prof. Dejan Gođevac

Department of Organic Chemistry

Faculty of Chemistry, University of Belgrade

Introduction: Food authenticity ensures that all properties of the food are labeled (origin, content, and quality) and compatible with consumer expectations. Proper labeling is a component of food authenticity, especially regarding the list of ingredients used, production methods, technology, and genetic identity of the raw materials used. Detecting food adulteration is considered a violation of EU law. Plant metabolomics is the specific analysis of complex mixtures of metabolites from plant extracts.

Aim: The aim of this investigation was to distinguish the plant species *Allium ursinum* from its toxic adulterants *Convallaria majalis* and *Arum maculatum* using NMR spectroscopy and LC-MS technique followed by multivariate data analysis.

Material and Methods: Samples of the plant species *Allium ursinum* were collected from 6 different locations in Serbia, while samples of *Convallaria majalis* and *Arum maculatum* were collected from Košutnjak (Belgrade, 2022). Binary mixtures with three concentration levels of adulterant, 10, 30, and 50%, were prepared. As a result, 72 simulated falsified samples were obtained, while 12 samples remained unchanged, representing the group of authentic samples. The samples were then subjected to 1D and 2D NMR analysis (Bruker Avance III 500 NMR spectrometer), and the resulting spectra were processed using TopSpin software (version 3.2, Bruker Biospin, Germany). Multivariate data analysis was performed using SIMCA software (version 17, SartoriusStedim Biotech Goettingen, Germany).

Results: The structures of the counterfeiting biomarkers were elucidated using 2D NMR and LC-MS techniques. Isovitexin and vicianin II, azetidine-2-carboxylic acid, and trigonelline indicated adulteration of *A. ursinum* samples with *C. majalis*. Isovitexin is also recognized as an indicator of adulteration of *A. ursinum* with *A. maculatum*.

Conclusion: A case study of *A. ursinum* showed that plant metabolomics can be used to identify low molecular mass biomarkers as edible plant adults.

Keywords: metabolomics, adulteration, *Allium ursinum*, *Convallaria majalis*, *Arum maculatum*

DIETIL-ETARSKI ISPIRAK CVETOVA BILJNE VRSTE *DIANTHUS DELTOIDES* L. (CARYOPHYLLACEAE): IDENTIFIKACIJA NOVOG PRIRODNOG PROIZVODA

Autor: TEODORA STOJADINović

e-mail: teodora.stojadinovic@pmf.edu.rs

Mentor: Viši naučni saradnik Marko Mladenović; Komentor: Redovni profesor Niko Radulović

Departman za hemiju, Prirodno matematički fakultet Univerziteta u Nišu

Uvod: Neke vrste karanfila (rod *Dianthus*, familija Caryophyllaceae) pokazuju veliku otpornost na stres izazvan sušom, što se povezuje sa povećanim formiranjem voska na površini biljke. Sastav voskova je nepoznat za većinu vrsta karanfila, i do sada je sastav voskova analiziran za samo dve vrste iz roda *Dianthus* (*D. caryophyllus* i *D. cruentus*).

Cilj: Analiza hemijskog sastava i identifikacija nepoznatog sastojka dietil-etarskog ispirka cvetova vrste *Dianthus deltoides*.

Materijal i metode: Hemijska transformacija (sinteza dimetil-disulfidnih adukata i trimetilsilil-etara) ekstrakta, sinteza, i detaljna spektralna karakterizacija (GC-MS i NMR) urađena je u cilju određivanja hemijskog sastava ispirka, kao i identifikacije novog izomernog 2-pentenoata iz pomenutog sastojka.

Rezultati: GC-MS analizom sirovog ekstrakta uočen je, između ostalih sastojaka, nepoznati estar izomernih 2-pentenskih kiselina. Analizom masenog spektra i retencionih indeksa pretpostavljeno je da nepoznati sastojak može biti eikozil estar angelinske, tiglinske ili senecio kiseline. Sinteza svih mogućih izomernih n-eikozil 2-pentenoata (eikozil-(*E*)-2-metil-2-butenoata (tiglata), eikozil-(*Z*)-2-metil-2-butenoata (angelata), i eikozil-3-metil-2-butenoata (senecioata)) u kombinaciji sa MS i RI podacima omogućili su nedvosmisleni potvrdu da je pomenuti sastojak ulja eikozil-(*E*)-2-metil-2-butenoat. Sva sintetisana jedinjenja su potpuno spektroskopski (MS, IR, 1D- i 2D-NMR) i/ili hromatografski (RI) okarakterisana.

Zaključak: Identifikovani, sintetisani i spektralno okarakterisani tiglat predstavlja novi prirodni proizvod koji može biti izvrstan hemotaksonomski marker za vrste roda *Dianthus*.

Ključne riječi: *Dianthus deltoides*; vosak; dietil-etarski ispirak; eikozil-tiglat; fitohemija

DIETHYL-ETHER FLOWER WASHINGS OF *DIANTHUS DELTOIDES* L. (CARYOPHYLLACEAE): IDENTIFICATION OF NEW NATURAL PRODUCT

Author: TEODORA STOJADINOVIC

Email: teodora.stojadinovic@pmf.edu.rs

Mentor: Senior RA Marko Mladenović; Co-Mentor: Full Prof. Niko Radulović

Department of Chemistry

Faculty of Sciences and Mathematics, University of Niš

Introduction: Some carnation species (*Dianthus* spp., Caryophyllaceae) exhibit strong resistance to drought stress that is connected with the increased surface wax formation. Wax composition is unknown for the majority of *Dianthus* taxa, and analyses of wax constituents were done only for two *Dianthus* taxa (*D. caryophyllus* and *D. cruentus*) up to now.

Aim: To analyze the chemical composition and to identify an unknown constituent of *Dianthus deltoides* flower washings.

Material and Methods: The chemical transformations (synthesis of dimethyl disulfide adducts and silylation) of crude extract, synthesis followed by preparative chromatography, and detailed spectral analysis (GC-MS and NMR) were performed to identify a new isomeric 2-pentenoate from the mentioned sample.

Results: GC-MS analysis of the crude extract revealed, among other constituents, the presence of an unknown rare ester of isomeric 2-pentenoic acid. Interpretation of mass spectrum and RI data led to an assumption that the unidentified compound could represent eicosyl angelate, tiglate, or senecioate. Synthesis and chromatographic separations of all possible isomeric n-eicosyl esters (eicosyl (*E*)-2-methyl-2-butenate (tiglate), eicosyl (*Z*)-2-methyl-2-butenate (angelate), and eicosyl 3-methyl-2-butenate) in combination with MS and RI data of the synthesized compounds provided unambiguous data that led to a straightforward identification of the mentioned wax constituent as eicosyl (*E*)-2-methyl-2-butenate. All of the synthesized compounds were spectroscopically (MS, IR, 1D- and 2D-NMR) and/or chromatographically (RI) characterized.

Conclusion: The identified tiglate represents a new natural product that could be an excellent chemotaxonomic marker for *Dianthus* species.

Keywords: *Dianthus deltoides*, wax, diethyl-ether washings, eicosyl tiglate, phytochemistry

SINTEZA I *IN SILICO* TESTIRANJE NOVOG HETEROCIKLIČNOG STEROIDA

Autori: TIJANA JAKICA, Dušan Živković

e-mail: tijanajakica8@gmail.com; dh.dusan.zivkovic1@student.pmf.uns.ac.rs

Mentor: Vanr. prof. dr Andrea Nikolić

Departman za hemiju, biohemiju i zaštitu životne sredine

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Novom Sadu

Uvod: Prirodni steroidi se mogu modifikovati na različite načine u cilju pronalaženja novih potentnih jedinjenja bez neželjenih dejstava. Među poznatim analozima steroida, heterosteroidi ili heterociklični steroidi privlače veliku pažnju naučnika zbog njihove različite biološke aktivnosti. Uvođenje heteroatoma u steroidno jezgro ili sinteza heterocikličnih steroida je izazov za organičare, koji često zahteva razvoj novih i specifičnih reakcija.

Cilj: Cilj ovog rada je bila sinteza novog heterocikličnog steroida, kao i *in silico* određivanje njegovih ADME/T svojstava (apsorpcija, distribucija, metabolizam, eliminacija i toksičnost).

Materijal i metode: Polazeći od dehidroepiandrosterona, sintetizovan je novi heterociklični steroid koji je okarakterisan pomoću IR i NMR spektroskopije. *In silico* ADME/T profil novosintetizovanog jedinjenja, dobijen korišćenjem veb-alata SwissADME i Pro-Tox II, daje prvi uvid u sličnost jedinjenja sa lekom, informacije o gastrointestinalnoj apsorpciji i prolasku kroz krvno-moždanu barijeru, kao i toksičnosti ispitivanog jedinjenja.

Rezultati: Reakcija 3 β -acetoksi-17-okso-16,17-sekoandrost-5-en-16-nitrila, koji je dobijen iz dehidroepiandrosterona, sa etilendiaminom rezultirala je ciklizacijom, pri čemu je dobijen novi heterociklični steroid. *In silico* izračunata fizičko-hemijska svojstva sintetizovanog jedinjenja su upoređena sa kriterijumima Lipinski, Veber, Egan, Ghose i Muegge i svi parametri su u optimalnom opsegu. Rezultati predviđanja farmakokinetike pokazuju apsorpciju u gastrointestinalnog traktu i prolazak kroz krvno-moždanu barijeru, kao i da nema sklonosti ka inhibiciji pet glavnih izoenzima uključenih u metabolizam eliminacije leka. Jedinjenje nema potencijal da bude hepatotoksično, kancerogeno i mutageno.

Zaključak: Reakcija sekocijano-aldehida sa etilendiaminom rezultirala je dobijanjem novog heterocikličnog steroida. *In silico* ADME/T analiza pokazuje da sintetizovano jedinjenje poseduje poželjne osobine leka i dobar bezbednosni profil, tako da se planiraju dalja istraživanja o biološkoj aktivnosti.

Ključne riječi: steroidi; heterociklični steroidi; ciklizacija, ADME/T svojstva

SYNTHESIS AND *IN SILICO* TESTING OF A NOVEL HETEROCYCLIC STEROID

Authors: TIJANA JAKICA, Dušan Živković

Email: tjanajakica8@gmail.com

Mentor: Assoc. Prof. Andrea Nikolić

Department of Chemistry, Biochemistry and Environmental Protection

Faculty of Sciences, University of Novi Sad

Introduction: Naturally occurring steroids can be modified in several ways with the aim of discovering new potent compounds free of side effects. Among the various known steroid analogues, heterosteroids or heterocyclic steroids have attracted much attention due to their different and interesting biological activities. The introduction of heteroatoms into the steroidal framework or synthesis of new heterocyclic steroids has proved to be an exciting challenge for organic chemists, often demanding the development of new and specific reactions.

Aim: The aim of this paper was the synthesis of a novel heterocyclic steroid, as well as *in silico* assessment of its ADME/T properties.

Material and Methods: Starting from dehydroepiandrosterone, a new heterocyclic steroid was prepared and characterized by IR and NMR spectroscopic data. *In silico* ADME/T profile was determined using the web tools SwissADME and Pro-Tox II, allowing the first insight into the drug-likeness of the compound, providing information about gastrointestinal absorption and brain penetration, and toxicity of the synthesized compound.

Results: The reaction of 3 β -acetoxy-17-oxo-16,17-secoandrost-5-ene-16-nitrile, which was obtained from dehydroepiandrosterone with ethylenediamine, resulted in ring closure, and novel heterocyclic steroid was synthesized. *In silico* calculated physicochemical properties of the synthesized compound were compared with the Lipinski, Veber, Egan, Ghose, and Muegge criteria, and parameters were within the optimal range. The prediction of pharmacokinetic behavior showed that the tested compound could be absorbed by the human intestine and cross the blood-brain barrier. It did not show inhibition of five major isoenzymes involved in metabolic drug elimination. It was found to bear a low risk of being mutagenic, carcinogenic, and hepatotoxic.

Conclusion: The ring closure reaction of secocyano-aldehyde with ethylenediamine resulted in a new heterocyclic steroid. *In silico* ADME/T analysis indicates that the synthesized compound possesses drug-like properties, and further studies on biological activity are planned.

Keywords: steroids, heterocyclic steroid, ring closure reaction, ADME/T properties

HEMIJSKI SASTAV DIETIL-ETARSKOG EKSTRAKTA KORENA BILJNE VRSTE *TRINIA GLAUCA* L.

Autor: VOJIN JOCIĆ

e-mail: vojcin.jocic@gmail.com

Mentor: Naučni saradnik Miljana Đorđević Zlatković; Komentor: Naučni saradnik Dragan Zlatković

Departman za hemiju, Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Nišu

Uvod: Biljna vrsta *Trinia glauca* (L.) DUMORT. (Apiaceae) rasprostranjena je u zapadnoj, centralnoj i južnoj Evropi i jugozapadnoj Aziji. Fitohemijski profil ove biljne vrste bio je predmet nekoliko ranijih istraživanja [1, i reference navedene u ovom radu], ali hemijski sastav ekstrakta korena do danas nije ispitivan.

Cilj: Fitohemijska analiza (pomoću GC-MS-a i NMR-a) dietil-etarskog ekstrakta korena biljne vrste *T. glauca*.

Materijal i metode: Biljni materijal, 27 g korena, prikupljen u junu 2022. godine na Suvoj planini, ekstrahovan je dietil-etrom tokom 7 dana. Prinos suvog ekstrakta bio je 3,46% (934 mg). Ekstrakt je podvrgnut gradijentnoj *dry-flash* hromatografiji na koloni silika gela (100% heksan → 100% dietil-etar). Nakon TLC hromatografije, frakcije su spajane, a zatim analizirane pomoću GC-MS-a i NMR-a.

Rezultati: Glavne komponente izolovane iz ekstrakta su poliacetileni (Z)-falkarinol (564 mg) i falkarindiol (60 mg), i kumarin dekurzin (22 mg). Razlika u hemijskom sastavu ekstrakta korena i prethodno analiziranog ekstrakta nadzemnog dela [1] ogleda se u većem sadržaju alkana i terpena u nadzemnom delu, dok je falkarindiol identifikovan samo u korenu. (Z)-falkarinol je glavna komponenta oba ekstrakta.

Zaključak: Prvom detaljnom GC-MS analizom dietil-etarskog ekstrakta korena biljne vrste *T. glauca* identifikovano je 30 komponenti. Najzastupljenije komponente su izolovane i njihova struktura je potvrđena NMR spektroskopijom.

Ključne reči: *Trinia glauca*; ekstrakt; falkarinol; falkarindiol

CHEMICAL COMPOSITION OF *TRINIA GLAUCA* L. ROOT DIETHYL ETHER EXTRACT

Author: VOJIN JOCIĆ

Email: vojcin.jocic@gmail.com

Mentor: Assist. Prof. Miljana Đorđević Zlatković; Co-Mentor: Assist. Prof. Dragan Zlatković

Department of Chemistry, Faculty of Sciences and Mathematics, University of Niš

Introduction: *Trinia glauca* (L.) DUMORT. (Apiaceae) is widespread in Western, Central, and Southern Europe and Southwest Asia. The phytochemical profile of *T. glauca* was the subject of several previous studies, but no study could be found to date on the constituents of the root extract.

Aim: Phytochemical analysis (by GC-MS and NMR) of *T. glauca* root diethyl ether extract.

Material and Methods: Plant material, 27 g of the root, collected in June 2022 from natural populations growing on Suva Planina, was extracted by maceration with diethyl ether for seven days. The yield of the dry extract, obtained after filtration and solvent removal, was 3.46% (w/w, 934 mg). The extract was fractionated by gradient dry flash column chromatography (100% hexane → 100% diethyl ether) on silica gel. The fractions were pooled based on TLC and analyzed by GC-MS and NMR spectroscopy.

Results: The major constituents isolated from the extract were the polyacetylenes (*Z*)-falcariinol (564 mg) and faltarindiol (60 mg), and the coumarin decursin (22 mg). Significant differences between the compositions of the root extract and the previously analyzed aerial part extract were noted: higher amounts of the alkane and terpenoids were identified in the aerial part while faltarindiol was isolated only from the roots; (*Z*)-falcariinol was found to be the major constituent in both extracts.

Conclusion: The first detailed analysis of *T. glauca* root diethyl ether extract by GC-MS and NMR spectroscopy allowed a successful identification of 30 components. The major constituents were isolated, and their structures were confirmed by NMR.

Keywords: *Trinia glauca*, extract, falcariinol, faltarindiol

ANTIOKSIDATIVNA I ANTIMIKROBNA SVOJSTVA EKSTRAKTA SEMENA *QUERCUS PEDUNCULIFLORA*

Autor: DINA STOJANOVIĆ

e-mail: dinastojanovic99@gmail.com

Mentor: Prof. dr Nataša Joković; Komentor: Prof. dr Jelena Rajković

Departman za biologiju i ekologiju

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Nišu

Uvod: Hrastov žir se veoma često koristi u ishrani ljudi i životinja, ali njihova hranjiva vrednost i hemijski sastav zavise od vrste hrasta i ekoloških uslova područja na kome rastu.

Cilj: Utvrđivanje antioksidativne i antimikrobne aktivnosti semena *Quercus pedunculiflora*.

Materijal i metode: Heksanski i metanolni ekstrakti iz semena hrasta dobijeni su ekstrakcijom po Soksletu.

Rezultati: Metanolni ekstrakt se pokazao kao bolji u odnosu na heksanski u hvatanju DPPH radikala i vodonik-peroksida, a takođe je imao bolju redukcionu moć u fosfomolibdenskom i FRAP aseju. Sa druge strane, ukupan sadržaj fenola i flavonoida bio je veći u heksanskom ekstraktu. Antimikrobna aktivnost metanolnog ekstrakta je, takođe, bila znatno bolja sa MIC vrednostima od 0,72 do 11,45 mg/mL protiv bakterija *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* i *Salmonella enteritidis*. Isto tako, gljivica *Candida albicans* je bila osetljiva na delovanje metanolnog ekstrakta sa MIC vrednošću od 1,43 mg/mL.

Zaključak: Metanolni i heksanski ekstrakt semena *Quercus pedunculiflora* pokazali su antimikrobnu i antioksidativnu moć u različitim vrednostima.

Ključne reči: *Quercus pedunculiflora*; antioksidativna aktivnost; radikali; ekstrakcija; MIC

ANTIOXIDANT AND ANTIMICROBIAL PROPERTIES OF *QUERCUS PEDUNCULIFLORA* SEED EXTRACTS

Author: DINA STOJANOVIC

Email: dinastojanovic99@gmail.com

Mentor: Assoc. Prof. Nataša Joković; Co-Mentor Assoc. Prof. Jelena Rajković

Department for Biology and Ecology

Faculty of Science and Mathematics, University of Niš

Introduction: Oak acorns are very often used in human and animal nutrition, but their nutritional value and chemical composition depend on the oak species and the ecological conditions of the area where they grow.

Aim: Determination of the antioxidant and antimicrobial activity of *Quercus pedunculiflora* seeds.

Material and Methods: Hexane and methanol extracts from oak seeds were obtained by Soxhlet extraction.

Results: The methanol extract proved to be better than the hexane extract in trapping DPPH radicals and hydrogen peroxide and also had better reducing power in the phosphomolybdenum and FRAP assays. On the other hand, the total contents of phenols and flavonoids were higher in the hexane extract. The antimicrobial activity of the methanol extract was also significantly better with MIC values from 0.72 to 11.45 mg/mL against the bacteria *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Salmonella enteritidis*. Likewise, the fungus *Candida albicans* was sensitive to the activity of the methanol extract with a MIC value of 1.43 mg/mL.

Conclusion: Methanol and hexane extract of *Quercus pedunculiflora* seeds showed antimicrobial and antioxidant power in different values.

Keywords: *Quercus pedunculiflora*, antioxidant activity, radicals, extraction, MIC

UTICAJ POPLAVE NA PROTEINSKE PROFILE U LISTOVIMA GRAŠKA

Autor: LJUPKA RAILIĆ, Slađana Četković

e-mail: ljupka996@gmail.com

Mentor: Dr Biljana Kukavica, redovni profesor, Komentor: dr Biljana Davidović-

Plavšić, vanredni profesor

Katedra za biohemiju i molekularnu biologiju,

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Banjoj Luci

Uvod: U prirodnim uslovima, kao i pri uzgoju na poljoprivrednim površinama, biljke su tokom svog životnog ciklusa izložene različitim vrstama abiotičkog stresa koji mogu da inhibitorno djeluju na metaboličke procese biljaka i posljedično na njihov rast, razvoj i produktivnost. Otpornost biljaka na stres uključuje promjene na nivou ekspresije gena i sintezu metabolita među kojima proteini imaju veoma važnu ulogu.

Cilj: Cilj ovog rada bio je istražiti uticaj poplave kao abiotičkog stresa na grašak (*Pisum sativum* L.). Ispitivan je uticaj na koncentraciju proteina u listovima graška kao i na proteinske profile.

Materijal i metode: Biljke graška (26 dana rasta) bile su izložene poplavi, potpanjem do visine od 5 cm od nivoa zemljišta, tokom 3 i 7 dana. Tokom tretmana koncentracija kiseonika smanjena je za 44% u odnosu na početak tretmana (9,35 mg/L). Nakon 7 dana potapanja, biljke su podvrgnute oporavku od 15 dana. Kontrolne biljke su rasle u optimalnim uslovima vodnog režima. Uzorci su sprašeni u tečnom azotu, te je izvršena proteinska ekstrakcija sa puferom za ekstrakciju. Koncentracija proteina je određivana pomoću Lorijeve metode sa Folin-Čikalteovim reagensom. Za analizu proteinskih profila korištena je SDS elektroforeza, a kao marker korišten je *ExcelBandTM*. Za analizu gelova korišten je program TotalLab.

Rezultati: Koncentracija proteina u tretmanima veća je u odnosu na kontrolnu osim nakon 7 dana. U svim uzorcima koncentracija proteina raste sa povećanjem trajanja tretmana, a najveća koncentracija proteina izmjerena je kod biljaka nakon perioda oporavka (20,39 mg/gFW). Tretmani oba dana su indukovali proteinsku izoformu sa R_f vrijednošću 0,522 (~25 kDa) u odnosu na oba kontrolna uzorka. Kod svih uzoraka detektovana je proteinska traka R_f 0,399 (~35 kDa) osim kod uzorka nakon oporavka. Tretman oporavka doveo je do pojave najintenzivnije proteinske trake R_f 0,299 (~50 kDa), dok se kod ostalih uzoraka ne uočava.

Zaključak: Koncentracija proteina se povećavala sa trajanjem poplave. Takođe, poplava je dovela do indukcije novih proteinskih traka.

Ključne riječi: poplava; grašak; proteini; SDS elektroforeza

IMPACT OF FLOODING ON PROTEIN PROFILES IN PEA PLANTS

Authors: LJUPKA RAILIĆ, Slađana Četković

Email: ljupka996@gmail.com

Mentors: Full Prof. Biljana Kukavica, Comentor: Assoc. Prof. Biljana Davidović-Plavšić

Department of Biochemistry and Molecular Biology

Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Banja Luka

Introduction: In natural conditions, as well as on agricultural land, plants are exposed to abiotic stress during their life cycle, which can have an inhibitory effect on the metabolic processes of plants and, consequently, on their growth and productivity. The resistance of plants to stress includes changes at the level of gene expression and the synthesis of metabolites, among which proteins play a very important role.

Aim: The objective of this paper was to examine the impact of flooding on pea plants (*Pisum sativum* L.). The impact on the protein content of pea leaves, as well as on the protein profiles, was examined.

Material and Methods: Pea plants (26 days of growth) were exposed to flooding to a height of 5 cm from the soil level for 3 and 7 days. During treatment, the oxygen concentration was reduced by 44% compared to the beginning of the treatment (9.35 mg/L). After 7 days of submergence, the plants were left for 15 days to recover. Control plants grew in optimal conditions of the water regime. The samples were ground to a powder in liquid nitrogen, and protein extraction was performed with an extraction buffer. Proteins were determined using the Lowry method with the Folin-Ciocalteu reagent. SDS electrophoresis was used to determine protein profiles, and Excel-Band™ was used as a marker. TotalLab was used to analyze the gels.

Results: The protein concentration in the treatments is higher compared to the control, except for day 7. In all samples, the protein concentration increases with increasing days of treatment, and the highest protein concentration is in the sample after the recovery period (20.39 mg/gFW). Treatments on both days induced protein isoforms with an R_f value of 0.522 (~25 kDa) compared to both control samples. R_f 0.399 protein band (~35 kDa) was observed in all samples except for the sample after recovery. The recovery treatment led to the appearance of the most intensive protein band R_f 0.299 (~50 kDa), which was not observed in the other samples.

Conclusion: The protein concentration increased with the duration of the flooding. Also, the flood led to the induction of new protein bands.

Keywords: flooding, pea plant, proteins, SDS electrophoresis

SASTAV ZAJEDNICA EKTOPARAZITA DOMESTIFIKOVANIH GOLUBOVA NA PODRUČJU LAKTAŠA

Autor: RAJKO ROLJIĆ, Tanja Elez

e-mail: rajko.roljic@pmf.unibl.org

Mentor: Prof. dr Vera Nikolić

Katedra za zoologiju

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Banjoj Luci

Uvod: Populacije golubova su od posebnog značaja jer imaju važnu ulogu u epizootologiji parazitskih infekcija drugih domestifikovanih ptica. Poznavanje etiologije i epizootologije parazitskih infekcija domestifikovanih golubova od izuzetnog je značaja za proces unapređenja sistema zaštite zdravlja kako domestifikovanih tako i divljih životinja.

Cilj: Cilj nam je utvrditi diverzitet ektoparazita domestifikovanih golubova na području Laktaša.

Materijal i metode: Tokom proljeća, ljeta i jeseni 2021. godine provedena je ektoparazitološka studija na domestifikovanim golubovima iz Laktaša. Ukupno je 200 golubova različite starosti i pola nasumično odabrano iz populacije koja je proučavana. Temeljno je pregledano perje glave, vrata, grudi, leđa, krila, nogu, kao i druge vanjske površine tijela (kljun, nozdrve, kapci). Sve vrste prikupljenih parazita su fiksirane smrzavanjem na -20°C , a zatim determinisane uz upotrebu odgovarajuće literature i stereomikroskopa tipa „Leica EZ4D“.

Rezultati: Od ukupno 200 ispitivanih golubova, 143 jedinke (71,5%) bile su inficirane ektoparazitima. Ektoparaziti domestifikovanih golubova pripadali su grupama: ptičije vaši (Phthiraptera), perjane grinje (Astigmata), grinje (Mesostigmata) i dvokrilci (Diptera). Konstatovana je statistički značajna razlika ($p < 0,05$) između pojedinačnih i mješovite ektoparazitske infekcije. Raznovrsnost i intenzitet infekcije su u toku ovog istraživanja bili su u korelaciji sa bioklimatskim faktorima i dostigli su pik u avgustu, dok je u drugim periodima godine intenzitet inficiranosti imao niže vrijednosti.

Zaključak: Za efikasniji program kontrole domestifikovanih golubova treba intenzivnije provoditi mjere prevencije i suzbijanja parazitskih infekcija u saradnji svih subjekata u službi veterinarskog i javnog zdravlja.

Ključne riječi: domestifikovani golubovi; ektoparaziti; epizootologija

STRUCTURE OF ECTOPARASITE COMMUNITIES OF DOMESTIC PIGEONS IN AREA OF LAKTAŠI

Authors: RAJKO ROLJIĆ, Tanja Elez

Email: rajko.roljic@pmf.unibl.org

Mentor: Full Prof. Vera Nikolić

Department of Zoology

Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Banja Luka

Introduction: Pigeon populations are of significant importance since they play an important role in the epizootiology of parasitic infections of other domesticated birds. Knowledge of the etiology and epizootiology of parasitic infections of domesticated pigeons is extremely important for the process of improving the health protection system of both domesticated and wild animals.

Aim: The aim of this study was to determine the diversity of ectoparasites of domesticated pigeons in the area of Laktaši.

Material and Methods: During the spring, summer, and autumn last year, an ecto-parasitological study was conducted on domesticated pigeons from the area of Laktaši. A total of 200 pigeons of different ages and sexes were randomly taken for this study. The feathers of the head, neck, chest, back, wings, and legs, as well as other external surfaces of the body (beak, nostrils, eyelids), were thoroughly examined. All types of collected parasites were fixed by freezing at -20°C and then determined with the use of appropriate literature and the stereomicroscope "Leica EZ4D."

Results: Out of 200 examined pigeons, 143 individuals (71.5%) were infected with ectoparasites. Ectoparasites of domesticated pigeons belonged to the following groups: bird lice (Phthiraptera), feather mites (Astigmata), mites (Mesostigmata), and diptera (Diptera). A statistically significant difference ($p < 0.05$) was found between individual and mixed ectoparasitic infections. The diversity and intensity of infection during this study were correlated with bioclimatic factors and reached a peak in August, while in other periods of the year, the intensity of infection had lower values.

Conclusion: For a more effective control program of animal health, activities to prevent and suppress parasitic infections should be implemented more intensively in cooperation with all veterinary and public health services.

Keywords: domesticated pigeons, ectoparasites, epizootiology

DIZAJN LAMP PRAJNERA ZA PRAĆENJE GENSKE EKSPRESIJE TUMOR MARKERA U 3D KULTURAMA KANCERA

Autor: TEODORA KNEŽIĆ, Mila Džisalo

e-mail: teodora.knezic@biosense.rs

Mentor: Viši naučni saradnik dr Ivana Gadjanski
Institut BioSens, Univerzitet u Novom Sadu

Uvod: Rak je jedna od najsmrtonosnijih bolesti i njegovo rano otkrivanje i blagovremeno lečenje je od izuzetnog značaja. Upotreba 3D kultura tj. sferoida predstavlja relevantan pristup u ispitivanjima kancera s obzirom na činjenicu da imitira *in vivo* okruženje ćelija. Praćenje ekspresije tumorskih markera različitim dijagnostičkim metodama je od velike važnosti u određivanju specifične terapije. Metoda petljom-posredovane izotermalne amplifikacije nukleinskih kiselina (engl. *Loop-mediated isothermal amplification*, LAMP) predstavlja inovativni molekularni alat koji ima izuzetno široku primenu, uključujući i oblast dijagnostike raka.

Cilj: Ova studija imala je za cilj uspostavljanje 3D kultura različitih ćelijskih linija kancera, kao razvoj i *in silico* analizu specifičnosti LAMP prajnera za odabrane tumor markere.

Materijal i metode: Za uspostavljanje 3D kultura korišćene su sledeće humane ćelijske linije: HDF (dermalni fibroblasti-kontrolna linija), U-87 (glioblastom), Caco-2 (kolorektalni adenokarcinom), A549 (rak pluća). Sferoidi su formirani zasejavanjem 100.000 ćelija po bunariću u BIO-FLAT™ kultivacione ploče sa niskim stepenom prijanjanja. Nakon toga, ploče su centrifugirane 10 min/1250 rpm i inkubirane tokom sedam dana na 37°C i 5% CO₂. Formiranje i morfologija sferoida su tokom sedam dana praćeni mikroskopskim metodama. LAMP prajneri su dizajnirani za sledeće tumor markere: *GAL3*, *SOX2*, *MMP2*, *MMP9* pomoću onlajn softvera PrimerExplorer V5. Ubacivanjem ciljnih sekvenci u softver generisali su se prajner kandidati za ciljane gene, gde se vršila njihova dalja selekcija na osnovu sledećih parametara: 1. najveća ΔG vrednost za dimerizaciju i 2. odabir prajnera sa ΔG krajevima većim od -4. Za *in silico* analizu specifičnosti prajnera korišćen je softver BioEdit.

Rezultati: Mikroskopskim metodama ustanovljena je uspešna kultivacija, preživljavanje, kao i značajan rast 3D sferoida svih testiranih ćelijskih linija tokom sedam dana. *In silico* analiza dizajniranih LAMP prajnera pokazala je njihovu visoku specifičnost.

Zaključak: Opisani rezultati ukazuju na veliku mogućnost primene sofisticiranih tehnika ćelijske i molekularne biologije u oblasti dijagnostike i praćenja tretmana raka.

Ključne reči: sferoidi; LAMP; kancer; tumor marker

LAMP PRIMER DESIGN FOR MONITORING GENE EXPRESSION OF TUMOR MARKERS IN 3D CANCER CULTURES

Authors: TEODORA KNEŽIĆ, Mila Đisalov

Email: teodora.knezic@biosense.rs

Mentor: Senior RA Ivana Gađanski

BioSense Institute, University of Novi Sad

Introduction: Cancer is one of the deadliest diseases, and its early detection and timely treatment are extremely important. The use of 3D cultures (spheroids) is the most relevant approach in cancer research because it mimics the *in vivo* environment of cells. Monitoring the tumor marker expression with different diagnostic methods is very important in determining specific therapy. Loop-mediated isothermal amplification (LAMP) is an innovative molecular tool that has a wide application, including the field of cancer diagnostics.

Aim: The study aimed to establish 3D cultures of different cancer cell lines, as well as the development and *in silico* analysis of LAMP primers' specificity for selected tumor markers.

Material and Methods: The human cell lines used for establishing spheroids are: HDF (dermal fibroblasts-control), U-87 (glioblastoma), Caco-2 (colorectal adenocarcinoma), and A549 (lung cancer). Spheroids were formed by seeding 100.000 cells/well in BIOFLAT™ ultra-low attachment plates. Then, the plates were centrifuged at 10min/1250rpm and incubated for seven days at 37°C and 5% CO₂. The formation and morphology of the spheroids were monitored by microscopic methods for seven days. LAMP primers were designed for the *GAL3*, *SOX2*, *MMP2*, and *MMP9* tumor markers using the PrimerExplorerV5 software. By inserting the target sequences into the software, primer candidates for the target genes were generated, where their further selection was performed based on the following parameters: 1. the highest ΔG value for dimerization and 2. selection of primers with ΔG ends greater than -4. BioEdit software was used for *in silico* analysis of primer specificity.

Results: Successful cultivation, survival, and significant growth of spheroids of all tested cell lines during incubation were noticed by microscopic methods. *In silico* analysis of the designed LAMP primers showed their high specificity.

Conclusion: The described results indicate a great possibility of applying sophisticated cellular and molecular biology techniques in diagnostics and monitoring cancer treatment.

Keywords: spheroids, LAMP, cancer, tumor marker

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна и универзитетска библиотека
Републике Српске, Бања Лука

5(082)

НАУЧНО-стручни скуп Студенти у сусрет науци - StES (15 ; 2022 ;
Бања Лука)

Prirodne nauke : zbornik radova / 15. naučno-stručni skup
Studenti u susret nauci - StES 2022, Banja Luka = Natural Sciences :
proceedings / 15th scientific conference Students encountering science -
StES 2022 ; [urednici Milica Janjetović, Valentina Knežević]. - Banja
Luka : Univerzitet : Studentski parlament Univerziteta, 2022 (Banja
Luka : Mikro print). - 298 стр. : илустр. и илустр. у бојама ; 25 cm. -
(Prirodne nauke, ISSN 2637-1987, ISSN 2637-1928)

Тираж 25. - Библиографија уз сваки рад. - Abstracts.

ISBN 978-99976-49-26-3

COBISS.RS-ID 137086721