

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

14. Naučno-stručni skup
Studenti u susret nauci – StES 2021

ZBORNIK RADOVA

Prirodne nauke

14th scientific conference
Students encountering science – StES 2021

PROCEEDINGS

Natural Sciences

Banja Luka
2021.

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

Za izdavača:
Prof. dr Goran Latinović,
Angelina Dulić

Urednici:
Milica Janjetović, Bojan Garić

Lektor za srpski jezik:
Aleksandra Savić

Lektor za engleski jezik:
Milica Guzijan

Štampa:
Mikro print s. p. Banja Luka

Tiraž: 50

Naučni odbor:
Prof. dr Goran Latinović, prof. dr Miloš Stojiljković, prof. dr Goran Vučić, prof. dr Siniša Lakić,
prof. dr Zorana Kovačević, prof. dr Đorđe Savić, prof. dr Biljana Lubarda,
prof. dr Dragan Gligorić, doc. dr Bojan Vlaški.

Recenzenti:
Vanr. prof. dr Svjetlana Lolić, red. prof. dr Siniša Vučenović,
vanr. prof. dr Dušanka Marčetić, vanr. prof. dr Irena Medar Tanja, red. prof. dr Mira Mandić,
vanr. prof. dr Tanja Mišlicki Tomić, vanr. prof. dr Biljana Lubarda, vanr. prof. dr Nina Janjić,
vanr. prof. dr Saša Zeljković, vanr. prof. dr Milica Balaban, red. prof. dr Radislav Tošić,
vanr. prof. dr Maja Manojlović, vanr. prof. dr Dragojla Golub, vanr. prof. dr Vesna Rajčević,
vanr. prof. dr Dijana Jelić, red. prof. dr Miodrag Krmar, doc. dr Ljiljana Suručić,
doc. dr Pero Sailović, doc. dr Ivan Samelak, doc. dr Dragana Malivuk Gak, doc. dr Olja Đordić,
doc. dr Dimitrije Čvokić, doc. ma Marko Đukanović, doc. dr Tatjana Popov,
viši asis. Svetlana Milošević Krejić, viši asis. Marko Ivanišević, viši asis. Luka Sabljić,
viši asis. Slobodan Gnjato, viši asis. Novica Lovrić, viši asis. Aleksandar Majić,
viši asis. Mirjana Marković, asis. Biljana Radusin Sopić, asis. Dragica Delić.

SADRŽAJ

RADOVI:

JOVANA HERCEG, Jovana Paspalj, ERITROCITNI STATUS POTOČNE MRENE (BARBUS BALCANICUS) IZ RIJEKE JADAR	7
MARINA ANASTASOV, EFEKAT FOLNE KISELINE NA RAZMNOŽAVANJE I REZISTENCIJU NA AZOLE VRSTE CANDIDA ALBICANS	15
NIKOLA LAJOVIĆ, Maja Savić, SADRŽAJ NITRATA U POVRĆU UZETOM SA „TRŽNICE“ U BANJOJ LUCI I IZ MARKETA	25
MILICA PERIĆ, KONTROLA GRUPNE BRZINE LASERSKE SVETLOSTI POMOĆU ELEKTROMAGNETNO INDUKOVANE TRANSPARENTNOSTI	33
MATIJA MILIĆ, DRUŠTVENI MEDIJI U FUNKCIJI RAZVOJA TURIZMA OPŠTINE ALEKSINAC	45
MILICA CRNOBRNJA, OPIS POSTUPAKA I IDEJA ZA KONSTRUKTIVISTIČKI TIP NASTAVE GEOGRAFIJE	59
NATALIJA NIKOLIĆ, Aleksandar Pilipović, Dušan Puhar, BOJA SEDIMENTA KAO POKAZATELJ KLIMATSKIH PROMENA POSLEDNJEG GLACIJALNOG CIKLUSA LESNO-PALEOZEMLJIŠNOG PROFILA MIŠELUK, SRBIJA	75
TEODORA KNEŽEVИĆ, Teodora Tomović, Andela Marković, Ana Marković, ISPITIVANJE TERMIČKE STABILNOSTI VITAMINA D3 NA NEORGANSKIM I POLIMERNIM NOSAČIMA	87
ZORICA JERKIĆ, ISPITIVANJE MEHANIZMA DEGRADACIJE I STUDIJA KOMPATIBILNOSTI AMBROKSOL-HIDROHLORIDA I EKSCIPIJENASA U FLAVAMED® TABLETTAMA	109
NIKOLINA ĐUKIĆ, Sladana Vranjković, PROSTORNA ANALIZA VRIJEDNOSTI NEKRETNINA UPOTREBOM GIS-a NA PRIMJERU GRADA BANJA LUKA ..	121
FILIP VUJOVIĆ, Mladen Delić, GEOEKOLOŠKA EVALUACIJA MOJKOVCA U SVRHU RAZVOJA REKREATIVNOG TURIZMA	131
JOVANA MILJKOVIĆ, MOGUĆNOST UNAPREĐENJA TURISTIČKE PONUDE NOVOG SADA IZ UGLA LOKALNIH TURISTIČKIH VODIČA	143
MARIJA ZELJKOVIĆ, FAKTORI RAZVOJA BICIKLISTIČKOG TURIZMA SRBIJE I ANALIZA PROFILA CIKLO-TURISTA.....	151
VANJA MIRJANA VUJIĆ, ANALIZA TREnda PADAVINA U KONTEKSTU KLIMATSKIH PROMJENA U BOSNI I HERCEGOVINI	165
STEFAN VIDOVIC, Mihajlo Ćirić, FTIR SPEKTROSKOPSKA I HEMOMETRIJSKA KARAKTERIZACIJA ORGANSKE MATERIJE ZEMLJIŠTA SA RAZLIČITIM C/N ODNOSOM.....	187

STEFAN MARKOVIĆ, Dušica Kovač, SVOĐENJE KODNE RIJEČI U BINARNOM BROJNOM SISTEMU NA KODNU RIJEČ BROJNOG SISTEMA PROIZVOLJNE BAZE U KOJOJ JE REDOSLIJED KARAKTERA PROIZVOLJAN	195
MILENA SIMIĆ, MEDICAL PHYSICS SIMULATIONS FOR PROTON THERAPY ...	205

SAŽECI:

TIJANA JAKICA, Dušan Živković, SINTEZE I IN SILICO ANALIZA ADMET OSOBINA STEROIDNIH N(2)-SUPSTITUISANIH 1,2,3-TRIAZOLSKIH DERIVATA	217
DUŠAN ŽIVKOVIĆ, Tijana Jakica, IN SILICO ANALIZA FARMAKOKINETIČKIH SVOJSTAVA NOVIH STEROIDNIH HETEROCIKLIČNIH DERIVATA	219
NASTASIJA URTA, ADSORPCIJA TOKSIČNIH METALA NA MODIFIKOVANOM TUFU	221

RADOVI

ERITROCITNI STATUS POTOČNE MRENE (*BARBUS BALCANICUS*) IZ RIJEKE JADAR

Autor: JOVANA HERCEG, Jovana Paspalj

e-mail: jovanaherceg8@gmail.com

Mentor: Vanr. prof. Radoslav Dekić

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Banjoj Luci

Uvod: Fiziološke karakteristike predstavljaju dobar pokazatelj stanja organizma, populacije i u velikoj mjeri stanja životne sredine. Fiziološko stanje organizma može se adekvatno predstaviti na osnovu hematoloških parametara. Hematološki parametri, kao što su broj eritrocita, njihova veličina, koncentracija hemoglobina, broj leukocita i diferencijalna krvna slika, mogu dati ključne podatke u razumijevanju stanja organizma.

Cilj: Cilj ovog istraživanja je određivanje eritrocitnog statusa i osnovnih morfometrijskih parametara potočne mrene (*Barbus balcanicus*) iz rijeke Jadarske.

Materijal i metode: U istraživanju je ukupno analizirana 21 jedinka vrste *Barbus balcanicus*, koje su ulovljene na rijeci Jadarskoj. Elektroribolov je realizovan 3. 8. 2017. godine, a nakon provedenog perioda oporavka, uzeti su uzorci krvi. U dobijenim uzorcima krvi su standardnim metodama ustanovljeni sljedeći parametri eritrocitne loze: broj eritrocita, koncentracija hemoglobina (Hb), hematokrit (Hct) i vrijednosti hematoloških indeksa (MCV, MCH i MCHC). Pored navedenih parametara, istraživanjem su obuhvaćeni i osnovni morfometrijski parametri riba. Relevantnim statističkim metodama izvršena je obrada dobijenih rezultata i komparacija praćenih karakteristika.

Rezultati: U istraživanju su dobijene sljedeće srednje vrijednosti za parametre eritrocitne loze: broj eritrocita = $1,549 \times 1012/l$, koncentracija hemoglobina (Hb) = 73,15 g/l i vrijednost hematokrita (Hct) = 0,410 l/l. Dobijene srednje vrijednosti za morfometrijske parametre iznosile su: masa (m) = 22,26 g i totalna dužina (TD) = 13,00 cm.

Zaključak: Komparacijom dobijenih rezultata u istraživanju sa rezultatima koji su dobijeni za istu vrstu na drugim lokalitetima ustanovljeno je da su srednja vrijednost broja eritrocita i srednja vrijednost zapremine eritrocita (MCV) potočne mrene iz rijeke Jadarske pokazivale više vrijednosti. Ostali parametri eritrocitne loze nisu pokazali značajnija odstupanja.

Ključne riječi: *Barbus balcanicus*; eritrociti; morfometrijske karakteristike

UVOD

Fiziološke karakteristike predstavljaju dobar pokazatelj stanja organizma, populacije i u velikoj mjeri stanja životne sredine. Vrijednosti parametara hematološkog statusa osciliraju pod različitim uticajima spoljašnje sredine. Promjene u krvnoj slici mogu biti rezultat promjene unutrašnjeg fiziološkog stanja i različitosti ekoloških faktora u vremenu i prostoru [1]. Hematološki parametri, kao što su broj eritrocita, njihova veličina, koncentracija hemoglobina, broj leukocita i diferencijalna krvna slika, mogu dati ključne podatke u razumijevanju stanja organizma [2]. Broj eritrocita u krvi kod riba je stabilan i tijelo riba održava ovaj broj unutar određenih granica fizioloških standarda, koristeći pri

tome različite fiziološke kompenzatorne mehanizme [3]. Osim hematoloških parametara, morfometrijski parametri imaju važnu ulogu u otkrivanju zdravstvenog stanja ribe. Razlike u morfološkim karakteristikama, uz genetske razloge, postoje i zbog uticaja antropogenih faktora, kao i različitih tipova ekosistema (rijeka, jezera ili hidroakumulacija) [4]. Promjene morfometrijskih parametara potencijalno mogu ukazivati na narušenost stanja kvaliteta vode. Na morfometrijske karakteristike riba utiču mnogi faktori unutrašnje sredine organizma i faktori staništa, pa su poređenja nezahvalna ukoliko nema dovoljno podataka o stanju organizma ribe i njene životne sredine [5]. U ovoj studiji je izvršeno određivanje eritrocitnog statusa i osnovnih morfometrijskih parametara potočne mrene (*Barbus balcanicus*) iz rijeke Jadarske. Prema Sofradžiji [6], diverzitet slatkovodnih riba BiH se ogleda kroz prisustvo 118 taksona, među kojima su najzastupljenije ribe iz familije *Cyprinidae*. Jedna od karakterističnih ciprinidnih vrsta naših slatkih voda je i potočna mrena (*Barbus balcanicus*), koja pripada rodu *Barbus*, u okviru koga je opisano oko 20 vrsta [7]. U Bosni i Hercegovini, navedena vrsta je široko rasprostranjena u potocima i tekućicama Crnomorskog sliva, naročito u gornjim tokovima Drine i Bosne. Najčešće naseljava gornje i srednje dijelove potoka sa brzom, bistrom i dobro oksigenisanom vodom, kao i nizinska područja u kojima nema vrste *Barbus barbus* (mrena).

MATERIJAL I METODE

Za potrebe istraživanja analizirana je ukupno 21 jedinka vrste *Barbus balcanicus*, koje su ulovljene na rijeci Jadarskoj. Rijeka Jadarska je desna pritoka rijeke Drinjače, a protiče sjeveroistočnim dijelom Bosne i Hercegovine. Duga je 64,7 km, sa površinom sliva od 893,7 km². Nastaje od Zelenog i Studenog Jadra, koji se sastaju u Milićima. Studeni Jadarski izvire u naselju Zalukovik kod Vlasenice, a Zeleni ispod Kuka, na oko 1.100 m nadmorske visine. Rijeka Jadarska prirodno ima planinski tok [8].

Za uzorkovanje ribe korišten je aparat za elektroribolov, sa impulsnom istosmjernom strujom i mogućnošću prilagođavanja izlaznog napona, marke ELT62II GI HONDA GCV160, 3 kW, a nakon pojave galvanotaksisa i galvanonarkoze, izvršeno je sakupljanje riba pomoću meredova. Elektroribolov je realizovan 3. 8. 2017. godine, a nakon provedenog perioda oporavka riba, uzeti su uzorci krvi.

Hematološke analize

Uzimanje krvi za hematološke analize obavljeno je punkcijom srca oštrom i širokom sterilnom iglom (1,0 do 1,2 mm), uz primjenu pravila sterilnog rada. Za dalju analizu se koristila nativna krv bez dodatka antikoagulativnog sredstva. U dobijenim uzorcima krvi su standardnim metodama ustanovljeni sljedeći parametri eritrocitne loze: broj eritrocita, koncentracija hemoglobina (Hb), hematokrit (Hct) i vrijednosti hematoloških indeksa (MCV, MCH i MCHC).

Analiza broja uobličenih elementa određena je postupkom brojanja u komori (hemocitometru), metodom Kekića i Ivance. Prilikom određivanja koncentracije hemoglobina (Hb), korištena je Drabkinova hemoglobin-cijanidska metoda. Hematokrit (Hct) je određen centrifugiranjem, korištenjem mikrohematokrit centrifuge, dok su hematološki indeksi izračunati na osnovu vrijednosti hematokrita, broja eritrocita i koncentracije hemoglobina.

Za izračunavanje hematoloških indeksa, korišteni su sljedeći obrasci:

Srednja vrijednost zapremine eritrocita (MCV):

$$MCV = \frac{Hct}{Br. eritrocita/l}$$

Srednja vrijednost količine hemoglobina u eritrocitu (MCH):

$$MCH = \frac{Hb/l}{Br. eritrocita/l}$$

Srednja vrijednost hemoglobina u litri eritrocita (MCHC):

$$MCHC = \frac{Hb/l}{Hct}$$

Morfometrijske karakteristike

Pored navedenih hematoloških parametara, istraživanjem su obuhvaćeni i osnovni morfometrijski parametri riba. Kod svih ispitivanih jedinki, određene su vrijednosti osnovnih morfometrijskih karakteristika: totalna i standardna dužina. Standardna i totalna dužina određene su pomoću ihtiometra.

Pored morfometrijskih parametara, kod svih jedinki određena je i masa tijela. Za određivanje mase korištena je tehnička vaga.

Statistička obrada podataka

Svi dobijeni rezultati u istraživanju obrađeni su pomoću programa *Microsoft Office Excel* 2010, a evidentirane su srednja vrijednost, minimalna i maksimalna vrijednost, standardna devijacija, te koeficijent variranja. Rezultati su predstavljeni deskriptivno i tabelarno.

REZULTATI

PARAMETRI ERITROCITNE LOZE

U Tabeli 1 prikazane su vrijednosti hematoloških parametara vrste *Barbus balcanicus* koji su dobijeni u istraživanju.

Tabela 1. Parametri eritrocitne loze vrste *Barbus balcanicus* iz rijeke Jadar

	Broj eritrocita ($10^{12}/l$)	Hb (g/l)	Hct (l/l)	MCV (fl)	MCH (pg)	MCHC (g/l)
Srednja vrijednost	1,549	73,15	0,410	297,04	52,29	180,85
Standardna devijacija	0,491	13,69	0,070	134,60	24,35	34,40
Minimum	0,950	48,15	0,270	142,45	28,49	122,22
Maksimum	2,340	111,11	0,550	574,16	98,33	259,26
Koeficijent variranja	31,712	18,72	15,980	45,31	46,57	19,02

U istraživanju su dobijene sljedeće srednje vrijednosti za parametre eritrocitne loze: broj eritrocita $1,549 \times 10^{12}/l$, koncentracija hemoglobina (Hb) 73,15 g/l i vrijednost hematokrita (Hct) 0,410 l/l. Na osnovu vrijednosti hematokrita, broja eritrocita i koncentracije hemoglobina, izračunate su vrijednosti za hematološke indekse. Srednja vrijednost za parametar MCV iznosila je 297,04 fl, za MCH 52,29 pg i za MCHC 180,85 g/.

MORFOMETRIJSKI PARAMETRI

Pored navedenih parametara, istraživanjem su obuhvaćeni i osnovni morfometrijski parametri riba. U Tabeli 2 prikazane su vrijednosti morfometrijskih parametara: totalna i standardna dužina tijela. Pored morfometrijskih parametara, kod svih jedinki je određena i masa tijela.

Tabela 2. Morfometrijski parametri i masa vrste *Barbus balcanicus* iz rijeke Jadar

	Masa (g)	Totalna dužina (cm)	Standardna dužina (cm)
Srednja vrijednost	22,26	13,00	10,81
Standardna devijacija	15,31	2,94	2,27
Minimum	7,02	9,20	7,50
Maksimum	55,40	18,90	15,50
Koeficijent variranja	68,77	22,58	21,00

Dobijene srednje vrijednosti za morfometrijske parametre iznosile su: totalna dužina tijela 13,00 cm i standardna dužina tijela 10,81 cm. Vrijednost mase tijela je iznosila 22,26 g.

DISKUSIJA

Nakon analize eritrocitnog statusa potočne mrene (*Barbus balcanicus*) iz rijeke Jadar, konstatovano je da je srednja vrijednost broja eritrocita iznosila $1,549 \times 10^{12}/l$. Komparacijom dobijenih rezultata sa rezultatima koji su dobijeni za istu vrstu na drugim lokalitetima, ustanovljeno je da je srednja vrijednost broja eritrocita potočne mrene iz rijeke Jadar pokazivala višu vrijednost. Tako Dekić i saradnici [9] navode da je srednja vrijednost broja eritrocita za vrstu *Barbus balcanicus* na lokalitetu Jakotinska rijeka iznosila $1,225 \times 10^{12}/l$, dok je za lokalitet rijeke Suturlije data vrijednost iznosila $1,254 \times 10^{12}/l$. Osim toga, kod jedinki iz Suturlije i Jakotinske rijeke MCV parametar je bio značajno viši, dok ostali parametri eritrocitne loze nisu pokazali značajnija odstupanja u odnosu na rezultate koji su dobijeni u ovoj studiji. Takođe, studija Dekića i saradnika [9] ukazuje na postojanje razlika u hematološkom statusu kod različitih uzrasnih klasa vrste *Barbus balcanicus*, pri čemu su značajnije razlike ustanovljene kod jedinki iz rijeke Suturlije. Poređenjem vrijednosti za morfometrijske parametre koji su dobijeni u ovom istraživanju sa rezultatima dobijenim u drugim istraživanjima uočeno je postojanje određenih razlika. Žutinić i sar. [10] navode da je srednja vrijednost totalne dužine tijela mužjaka potočne mrene sa područja centralne Hrvatske iznosila 10,15 cm, dok je vrijednost za ženke sa istog područja iznosila 13,93 cm. Minimalna vrijednost za standardnu dužinu tijela je iznosila 5,42 cm, a maksimalna vrijednost 16,6 cm, što je u skladu sa rezultatima iz naše studije. Međutim, Radojković i sar. [11] u istraživanju navode da je vrijednost totalne dužine tijela potočne mrene ($n=30$) iz tri fragmentisana staništa u Srbiji (rijekе Grošnica, Borač i Petrovačka rijeka) varirala od 6,5 cm do 17,6 cm, što su niže vrijednosti u odnosu na vrijednosti dobijene u ovom istraživanju (minimalna vrijednost = 9,2 cm i maksimalna vrijednost = 18,9 cm). Približno slične rezultate kao u ovoj studiji za morfometrijske parametre vrste *Barbus balcanicus* dobili su Marić i saradnici [12] u istraživanju koje su sproveli na području Crne Gore (rijekе Tara, Lim i Čehotina) na ukupno 184 jedinke. Srednja vrijednost za totalnu dužinu tijela je iznosila 11,97 cm, što je nešto niža vrijednost u odnosu na naše rezultate. Vrijednosti za standardnu dužinu tijela su varirale od 6,27 cm do 18,80 cm, sa srednjom vrijednošću od 10,38 cm, što je u skladu sa našim rezultatima. Promjene određenih uslova

životne sredine dovode i do specifičnih ili nespecifičnih promjena hematološkog statusa određene vrste ribe, a ove promjene, zajedno sa sezonskim promjenama, takođe u značajnoj mjeri utiču na fiziologiju i biohemiju krvi [1]. Tako Ivanc i saradnici [13] navode da promjena broja leukocita i proporcije pojedinih formi mogu biti uzrokovane i povećanjem organskog opterećenja u vodi, što vjerovatno predstavlja adaptivni odgovor na povećanje broja fakultativno patogenih mikroorganizama. Osim toga, istraživanja hematoloških parametara vrste *Clarias gariepinus* pokazuju da na vrijednosti hematoloških parametara u značajnoj mjeri utiču pol ribe, period aklimatizacije, kao i samo stanište [14].

ZAKLJUČCI

Na osnovu rezultata našeg istraživanja ustanovljeno je da je srednja vrijednost broja eritrocita potočne mrene iz rijeke Jadar pokazala višu vrijednost u odnosu na srednju vrijednost broja eritrocita jedinki iste vrste sa drugih lokaliteta. Srednja vrijednost zapremine eritrocita (MCV) je niža u odnosu na vrijednosti za isti parametar proučavane vrste na drugim staništima. Komparacijom dobijenih rezultata u ovoj studiji sa rezultatima drugih autora zaključeno je da ostali parametri eritrocitne loze nisu pokazali značajnija odstupanja. Rezultati za morfometrijske parametre su slični rezultatima koje su dali drugi autori.

LITERATURA

1. Dekić, R., Ivanc, A., Bakrač-Bećiraj, A., Bošković, J., Lolić, S. Hematološki parametri kao indikatori stanja životne sredine. IV međunarodna konferencija „Ribarstvo”, Zbornik radova, Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu. 2009. 204–211, ISBN 978-86-7834-224-0.
2. Knežević, Z. (2015): Morfometrijske karakteristike eritrocita *Delminichthys ghetaldii*. Diplomski rad. Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Banjoj Luci.
3. Adeyemo O.K., Ajani F., Adedeji O. B., Ajiboye O.O. Acute toxicity and blood profile of adult *Clarias gariepinus* exposed to lead nitrate. The Internet Journal of Hematology, 2008. 4(2):1-8. DOI:10.5580/10e7.
4. Baruš V., Prokeš, M., Zukal, J. A biometric study of four populations of the bleak (*Alburnus alburnus*) from the Czech Republic. Folia Zoologica, 1998., 47, 2, 135-144.
5. Gayatri A., Prafulla M.: The Morphometrical Characterisation of Normal Blood Cells of Two airbreathing fishes, *Clarias batrachus* and *Anabas testudineus*. International Research Journal of Biological Sciences, 2014, 3, 11, 37-41.
6. Sofradžija, A., (2009). Slatkovodne ribe Bosne i Hercegovine. Sarajevo: Vijeće Kongresa bošnjačkih intelektualaca.
7. Kottelat, M., Freyhof, J. (2007): Handbook of European Freshwater Fishes. Kottelat, Crnol, Switzerland and Freyhof, Berlin, Germany.
8. Marković, J. (1990): Enciklopedijski geografski leksikon Jugoslavije. Sarajevo: Svjetlost. ISBN 978-86-01-02651-3.
9. Dekić R., Ivanc A., Lolić S., Maletin S., Bakrač-Bećiraj A., Obradović S., et al. Hematološki sastav različitih uzrasnih klasi *Barbus balcanicus*. V Međunarodna konferencija „Akvakultura i ribarstvo”. Zbornik radova, 2011, 195–200, ISBN 978-86-7834-119-9.
10. Žutinić P., Jelić D., Jelić M., Buj I., A contribution to understanding the ecology of the large spot barbel -sexual dimorphism, growth and population structure of *Barbus balcanicus* (Actinopterygii; Cyprinidae) in Central Croatia. North-western journal of zoology 10, 2014, (1): 158-166.
11. Radojković N., Marinović Z., Milošković A., Radenković M., Đuretanović S., Lujić J., et al. Effects of Stream Damming on Morphological Variability of Fish: Case Study on Large Spot Barbell *Barbus balcanicus*. Turk. J. Fish & Aquat. Sci, 2017, 19(3), 231-239, http://doi.org/10.4194/1303-2712-v19_3_06.
12. Marić S., Rakočević J., Marić D., Morphological characteristics of barbels (*Barbus*, Cyprinidae) from the waters of Montenegro. Natura Montenegrina, Podgorica, 2012, 11(1): 79-92.
13. Ivanc A., Maletin S., Kojčić K., Đukić N., Pujin. V. Leukocitarna formula riba kao pokazatelj uticaja organskog opterećenja vode Kanala Hidrosistema DTD kod Vrbasa, „Zaštita voda 93”, Aranđelovac,

Zbornik radova, 1993, 240–245.

14. Gabriel U. U., Ezeri G.N.O. and Opabunmi, O.O. Influence of sex, source, health status and acclimation on the haematology of *Clarias gariepinus* (Burch, 1822). African Journal of Biotechnology Vol. 3, No. 9, September, 2004 pp. 463-467. DOI: 10.5897/AJB2004.000-2090.

ERYTHROCYTE STATUS OF LARGE-SPOT BARBEL (*BARBUS BALCANICUS*) FROM JADAR RIVER

Authors: JOVANA HERCEG, Jovana Paspalj

Email: jovanaherceg8@gmail.com

Mentor: Assoc. Prof. Radoslav Dekić

Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Banja Luka

Introduction: Physiological characteristics are a valuable means of estimating the physiological state of fish, population and indirectly, the state of the environment. Hematological parameters can represent the physiological state of the organism. Hematological parameters such as erythrocyte count, their size, hemoglobin concentration, leukocyte count, and differential blood count may provide key data in understanding the condition of the organism.

Aim: The aim of this study was to determine the erythrocyte status and basic morphometric parameters of Large-spot Barbel (*Barbus balcanicus*).

Material and Methods: The research was performed on 21 individuals of *Barbus balcanicus* that were caught in the Jadar river. Fish sampling was done by an electro-shocker on August 3, 2017, and after the recovery period, blood samples were collected. The following red blood cell parameters were measured in the obtained blood samples: the number of erythrocytes (RBC), hemoglobin concentration (Hb), hematocrit (Hct), mean corpuscular volume (MCV), mean corpuscular hemoglobin (MCH), and mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC). Beside these parameters, the basic morphometric parameters were also determined in the research. Relevant statistical methods were used to process the obtained results and compare the monitored characteristics.

Results: The mean values of erythrocyte parameters were as follows: the number of erythrocytes (RBC) = $1.549 \times 10^{12}/l$; hemoglobin concentration (Hb) = 73.15 g/l and packed cell volume (PCV) = 0.410 l/l.

Body mass and morphometric features were also estimated and their mean values were: body mass = 22.26 g and total body length = 13.00 cm.

Conclusion: Comparing the results obtained in this study with the results obtained for the same species in another habitat, it was concluded that the mean value of RBC and the mean value of MCV of the Large-spot barbel from the Jadar River showed higher values. Other erythrocyte parameters did not show significant deviations.

Keywords: *Barbus balcanicus*; erythrocyte; morphometric characteristics

EFEKAT FOLNE KISELINE NA RAZMNOŽAVANJE I REZISTENCIJU NA AZOLE VRSTE CANDIDA ALBICANS

Autor: MARINA ANASTASOV

e-mail: anastasovmarinaa@gmail.com

Mentor: Prof. dr Valentina Arsić Arsenijević

Nacionalna referentna laboratorija za uzročnike mikoza,

Institut za mikrobiologiju i imunologiju

Medicinski fakultet Univerziteta u Beogradu

Uvod: Gljive roda *Candida* imaju veliki medicinski značaj jer izazivaju fatalna oboljenja. Trudnice su podložnije kandidijazi, a njeno lečenje je otežano zbog razvoja rezistencija na standardne antimikotike (azole). Azoli se široko primenjuju u terapiji *Candida* delujući na enzim lanozin 14α – demetilaza. Rast i razvoj *Candida* mogu da stimulišu materije koje se normalno nalaze u organizmu. Dokazano je da folna kiselina (FK) stimuliše produkciju ergosterola gljiva roda *Candida* i njihovu deobu.

Cilj: Cilj rada je da se ispita i vizuelno prikaže efekat FK na razmnožavanje *C. albicans* i porast rezistencije na azole.

Materijali i metode: Suspenzija gljiva soja *C. albicans* broja 439 (106 ćelija po ml) napravljena je u RPMI 1640 medijumu (sa 2% glukoze). Triplikati suspenzija gljiva testirani su FK različitim koncentracijama u toku 24 h na 37°C uz vorteksovanje. Kontrola je inkubirana na isti način, bez FK, nakon čega je određivan CFU. Za ispitivanje efekta FK na rezistenciju *C. albicans* korišćeni su Flukonazol (FLU) i Mycafungin (MF). Ćelije *C. albicans*, tretirane i netretirane FK, inkubirane su sa antimikoticima u medijumu, 24 h 37°C u mikrotitar ploči.

Rezultati: Rezultati su pokazali da je najbolji efekat na rast *C. albicans* imala FK u koncentraciji 10 µg/ml (18,21%), a koncentracija od 1µg/ml FK najslabiji (2,88%).

Različitim metodama vizuelizacije pokazano je da je FK u koncentraciji 10 µg/ml imala najbolji efekat na rezistenciju gljiva na FLU, dok je MF imao potpuni citocidni efekat.

Zaključak: Ovim rezultatima se može zaključiti da FK, pored svog pozitivnog dejstva na ljudski organizam, značajno utiče i na razmnožavanje gljiva, uključujući i rezistenciju na azole, što je od značaja za buduća istraživanja.

Ključne reči: *Candida albicans*; folna kiselina; flukonazol; razmnožavanje; rezistencija

UVOD

Rod Candida

Vrste roda *Candida* su kvasnice i predstavljaju jedne od medicinski najznačajnijih grupa gljiva. Obuhvataju veliki broj vrsta među kojima su *C. albicans*, *C. tropicalis*, *C. parapsilosis*, *C. krusei*, *C. glabrata* i dr. Ove gljive su deo normalne flore kože i sluzokože ždrela, creva i vulvo-vaginalnog regiona i normalno su u ravnoteži sa ostalim mikroorganizmima normalne flore. Bolest nastaje kada se poremeti odnos mikroorganizama normalne flore i to može da izazove kutane ili mukokutane kandidijaze i kod zdravih osoba. Takođe, kod trudnica je kandidijaza značajno češće prisutna u odnosu na ostalu populaciju. Oboljenja

izazvana ovim gljivama se mogu lokalizovati na koži i sluzokoži, posebno kod trudnica, ali se mogu lokalizovati i u dubokim organima i tkivima, kada su i po život opasna [1]. Njihova osnovna struktorna jedinica je blastospora, a kolonije su konveksne, sjajne, bež boje sa karakterističnim mirisom kvasca.

Vitamin folna kiselina

Folna kiselina (vitamin B9) je jedan od vitamina B kompleksa. Važan je element za funkcionisanje našeg organizma i nalazi se u listovima zelenog povrća (spanaća, blitve), u orasima, kvascu, jetri itd. Sinteza DNK, konverzija aminokiselina, normalan razvoj nervne cevi kod novorođenčeta i pravilna funkciju ćelija jetre samo su neki od važnih procesa koji zahtevaju prisustvo ove supstance, tako da njen manjak može dovesti do zastoja u rastu i razvoju, upale desni, gubitka apetita, nedostatka daha, dijareje, iritiranosti, zaboravnosti, mentalne tuposti, anemije i slično [2]. Kako za ljudski organizam, folna kiselina je bitna i za pravilan rast i razvoj ćelija drugih živih bića. Dokazano je da folna kiselina pospešuje produkciju ergosterola u ćelijskoj membrani gljiva roda *Candida* koji ima zaštitnu ulogu i smanjuje efekat antimikotika na gljive [2]. Takođe je pokazano da folna kiselina pospešuje rezistenciju ovih gljiva na azole [3].

Poznato je da je jedan od simptoma kandidijaze i deficit folne kiseline u organizmu, što opravdava istraživanja odnosa folne kiseline i gljiva roda *Candida*.

Azoli

Azoli su sintetski antiglivični lekovi sa širokim spektrom dejstva. Njihov mehanizam dejstva se zasniva na inhibiciji enzima lanozim 14 α -demetilaza koji je odgovoran za konverziju lanosterola u ergosterol. Kao posledica blokiranja biosinteze ergosterola dolazi do nagomilavanja toksičnih intermedijernih produkata i promene permeabilnosti plazma membrane, što dovodi do inhibicije rasta i često smrti ćelije. Primenuju se u terapiji lokalnih i sistemskih glivičnih infekcija. Flukonazol je najkorišćeniji azol u antiglivičnoj terapiji, zbog čega su gljive roda *Candida* razvile rezistenciju na njegovo dejstvo [1].

Cilj istraživanja

Cilj istraživanja bio je da se ispita i vizuelno prikaže efekat folne kiseline na razmnožavanje *C. albicans* i porast njene rezistencije na azole.

MATERIJALI I METODE

Materijali

- Folna kiselina (*Sigma-Aldrich*)
- Diflucan-flukonazol (*Pfizer PGM*)
- Mycamine-mycafungin (*ASTELLAS IRELAND CO. LTD.*)
- Soj *Candida albicans* 439 izolovan kod trudnice sa rekurentnom vulvo-vaginalnom infekcijom (Medicinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Nacionalna referentna laboratorija za uzročnike mikoza)

Podloge, medijumi i aparatura

- SDA (*Sabouraud dextrose agar*), PDA (*Potato dextrose agar*), RPMI 1640 (Roswell Park Memorial Institute 1640 medium) sa 2% glukoze (za bolji rast gljiva), tečni SDA
- eza, plamenik, poluautomatska pipeta, epruvete, komora za sterilan rad, termostat podešen na temperaturu od 37°C, mikroskop, vorteks i dr.

Priprema rastvora folne kiseline, flukonazola i mycafungina:

- Folna kiselina:

Primarni oblik ove supstance bio je čvrstog agregatnog stanja, praškaste forme. Finalne koncentracije rastvora folne kiseline pravljene su u okviru desetostrukih razblaženja. Primarni rastvor pravljen je u destilovanoj vodi i njegova koncentracija je iznosila 10 mg/ml. Prebacivanjem 1 ml ovog rastvora u 9 ml tečnog SDA pipetom dobijeno je prvo razblaženje koncentracije 1000 µg/ml. Ponavljanjem postupka dobijeni su i rastvori koncentracija 100 µg/ml, 10 µg /ml i 1 µg /ml. Ova četiri rastvora korišćena su kao finalni rastvori folne kiseline u tretmanu gljiva ovom supstancom.

- Flukonazol:

Flukonazol je rastvaran u RPMI 1640 medijumu (sa 2% glukoze) i finalna koncentracija je iznosila 0,4 mg/ml.

- Mycafungin:

Mycafungin je rastvaran u fiziološkom rastvoru i finalna koncentracija je iznosila 2 mg/ml.

Priprema suspenzija vrste *Candida albicans*

Za vizualizaciju dejstva folne kiseline na rast gljiva vrste *C. albicans* korišćena je suspenzija gljiva dvadesetčetvoročasovne kulture soja 439 (ukošeni Potato dextrose agar, 37°C, 24 časa). Dve do tri kolonije soja *C. albicans* srednje veličine je sa kosog agra (PDA) uzeto i preneto u epruvetu sa destilovanom vodom zapremine 1 ml (epruveta 1). Nakon mešanja vorteks aparatom (radi homogenizacije suspenzije), 50 µl te suspenzije je poluautomatskom pipetom preneto u epruvetu sa destilovanom vodom zapremine 5 ml (epruveta 2). Nakon mešanja gljiva u epruveti 2, uzeta je jedna kap te suspenzije i preneta na komoricu u cilju brojanja gljivičnih ćelija (metoda mikroskopiranja i brojanja u hemocitometru).

Broj ćelija od oko 10–20 gljiva u 16 polja odgovarao je broju od 10^6 gljiva u 1 ml destilovane vode (Slika 1. Prilog).

Nakon toga, 150 µl suspenzije gljiva je preneto u erlenmajer bocu koja je sadržala 15 ml PRMI 1640 medijuma (sa 2% glukoze). Homogenizacijom je napravljen finalni inokulum gljiva za test. Nakon toga, po 1 ml suspenzije iz erlenmajer boce je preneto u 15 novih epruveta obeleženih slovima A (1, 2, 3) B (1, 2, 3), C (1, 2, 3), D (1, 2, 3) i E (1, 2, 3).

Efekat folne kiseline na razmnožavanje vrste *Candida albicans*

U 10 epruveta koje su sadržale 1 ml finalne suspenzije gljiva, dodato je po 1 ml rastvora folne kiseline određene koncentracije, tako da je u sve epruvete obeležene slovom A (1, 2, 3) dodat 1 ml rastvora folne kiseline koncentracije 1000 µg/ml, u epruvete obeležene slovom B (1, 2, 3) je dodat 1 ml rastvora folne kiseline koncentracije 100 µg/ml, u epruvete obeležene slovom C (1, 2, 3) je dodat po 1 ml rastvora folne kiseline koncentracije 10 µg/ml, a u epruvete obeležene slovom D (1, 2, 3) je dodat po 1 ml rastvora folne kiseline koncentracije 1 µg/ml. U epruvete obeležene slovom E (1, 2, 3) dodat je po 1 ml RPMI 1640 medijuma (sa 2% glukoze) i one su služile kao kontrola rasta gljivičnih ćelija bez tretmana folnom kiselinom. Svi 15 epruveta je, nakon homogenizacije, odloženo u termostat na 37°C na 24-časovnu inkubaciju u toku koje su na svakih sat vremena epruvete iznošene iz termostata i vorteksovane do homogenizacije sadržaja. Nakon 24 h, vizuelnim očitavanjem su utvrđeni rezultati tretmana i to makroskopski, na osnovu zamućenja sadržaja u epruvetama, i kulturelno, zasejavanjem 100 µl sadržaja epruvete na SDA i određivanjem CFU-a (*colony forming units*) nakon 24 h inkubacije na 37°C. Zbog potencijalnog pre-

komernog porasta gljivičnih kolonija, zasejavanju je prethodilo razblaživanje sadržaja u odnosu 1 : 10.000 u destilovanoj vodi.

Vizuelno ispitivanje efekata folne kiseline na razmnožavanje vrste *C. albicans* je izvršeno na dva načina:

1. makroskopski – na osnovu zamućenja sadržaja u epruvetama (Slika 2. Prilog)
2. kulturno – na osnovu porasta na SDA medijumu i određivanjem CFU-a (Slika . Prilog)

Efekat azola i ehinokandina na gljive tretirane i netretirane folnom kiselinom

Pre samog ispitivanja, ćelije iz svih epruveta su oprane 5 puta destilovanom vodom, i napravljene su nove suspenzije sa standardnim inokulumom (10^6 ćelija po ml) u RPMI 1640 medijumu (sa 2% glukoze). Ispitivanje efekta flukonazola i mycafungina kao kontrole u ovom delu rada vršeno je mikrodilucionom metodom. U odgovarajuće „bunarčice“ je sipano po 100 µl odgovarajuće suspenzije za taj red (npr. u bunarčice u redu „A“ sipano je 100 µl sadržaja iz epruveta označenih slovom A, itd.). Zatim je u sve bunarčice dodato 100 µl odgovarajućeg antimikotika, tako da je su gljive iz svake suspenzije bile tretirane i azolom i ehinokandinom odvojeno (finalni volumen je bio 200 µl). Konačan sadržaj mikrotitar ploče prikazan je u Tabeli 1. Mikrotitar ploča je zatim odložen u termostat na 37°C. Nakon 24 h, rezultati su očitani vizuelno; makroskopski, na osnovu zamućenja dna bunarčica, i kulturno, zasejavanjem na SDA.

Vizuelno ispitivanje efekata folne kiseline na rezistenciju naazole i ehinokandin (kao kontrola) je izvršeno na dva načina:

1. makroskopski – na osnovu zamućenja dna bunarčica (Slika 4. Prilog) (Tabela 3. Prilog)
2. kulturno – na osnovu porasta na SDA medijumu (Slika 5. Prilog)

REZULTATI I DISKUSIJA

Na Slici 2 (Prilog) se vidi zamućenje u svim epruvetama, što znači da je došlo do porasta gljiva nakon tretmana folnom kiselinom svih koncentracija. U epruveti u kojoj je bila kontrola rasta, takođe je došlo do porasta ćelija. Kontrola sterilnosti je bistra, što pokazuje da korišćeni medijum nije bio kontaminiran. Na Slici 3 (Prilog) se vidi porast kolonija na svim medijumima.

Sa Tabele 2 (Prilog) vidimo da su srednja vrednost i procenat stimulacije rasta najveći kod gljiva koje su tretirane rastvorom folne kiseline koncentracije 10 µg/ml (18,21%), a najmanji kod rastvora koncentracije 1 µg/ml (2,88%). Sa Grafika 1 se vidi da su manje koncentracije (10 i 100 µg/ml) imale bolje rezultate nego veća koncentracija tj. 1000 µg/ml.

Na Slici 4 (Prilog) i Tabeli 3 (Prilog) uočava se pojava zamućenja različitih stepena u određenim bunarčicima. Najjasnije zamućenje (+ +) uočava se u poljima C1, C2, C3, F2 (kontrola rasta) i E5, delimično zamućenje (+ -) u poljima B1, B2 i B3, dok su sva ostala polja bistra (- -). To znači da je u poljima gde se uočava zamućenje bilo kog stepena (osim polja F2) došlo do moguće rezistencije naazole (ehinokandin je imao citocitan efekat u svim poljima).

Zasejavanjem 100 µl sadržaja bunarčica na SDA, preciznije je određen efekat folne kiseline na rezistenciju *C. albicans* naazole. Sa Slike 5 (Prilog) se vidi da je rastvor folne kiseline koncentracije 10 µg/ml imao najbolji efekat tj. da je pospešio već postojeću rezistenciju na flukonazol, dok rastvor koncentracije 1000 µg/ml nije imao efekta. Štaviše, on je doprineo inhibiciji rasta gljivičnih ćelija. Ehinokandin je imao totalni citocidni efekat.

Takođe, na medijumu gde je zasejan sadržaj iz polja E5 (koje je imalo jasno zamućenje) nije bilo porasta, iako je i dalje nepoznat razlog zamućenja. Ovim rezultatima se zaključuje da je folna kiselina faktor koji u određenoj koncentraciji pospešuje rezistenciju *C.albicans* na azole.

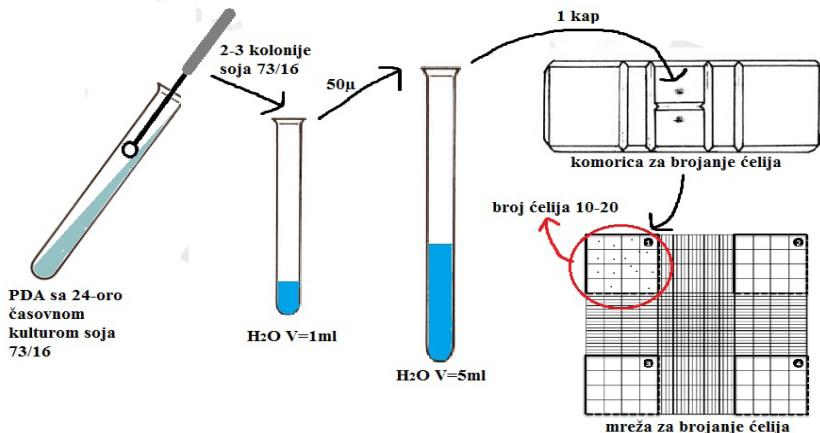
ZAKLJUČAK

Ovim rezultatima se može zaključiti da folna kiselina, pored svog pozitivnog dejstva na ljudski organizam, značajno utiče i na život i razmnožavanje gljiva, uključujući i rezistenciju na azole. Potrebna su dodatna istraživanje u cilju prevencije rezistencije, posebno kod trudnica koje unose velike količine folne kiseline zbog pravilnog razvoja ploda.

LITERATURA

- [1] V. A. Arsenijević, M. Milenković, S. Otašević, D. Pavlica, Medicinskomikologija i parazitologija, Centarzainovacije u mikologiji, Beograd, 2014.
- [2] Enzymology research group, Connection between the folic acid cycle and the ergosterol biosynthesis pathway in *Candida albicans*, Department of Biochemistry and Molecular Biology, Faculty of biology, University of Murcia, E-30100 Murcia, Espinardo, Spain, 2006.
- [3] Afsaneh Poroor, Ian G. Macreadile, school of Applied Sciences, RMIT University, Bundoora, Victoria 3083, Australia

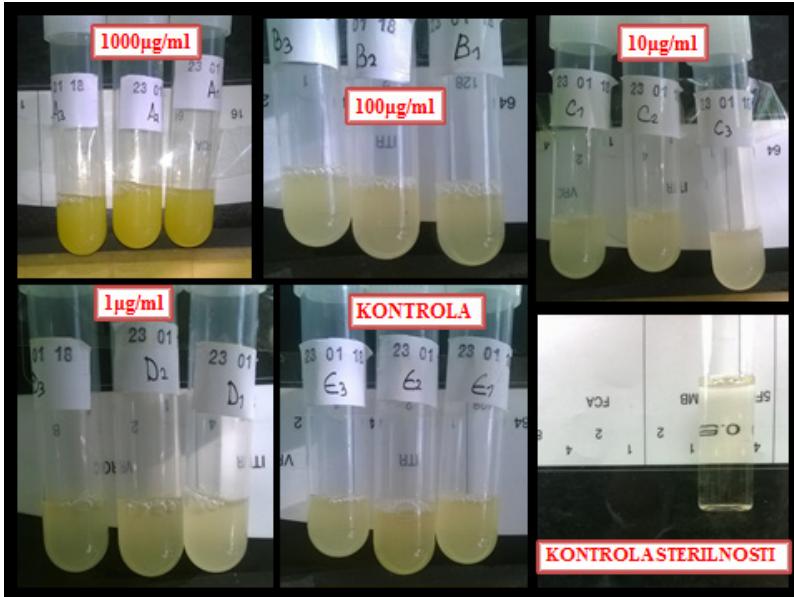
PRILOG



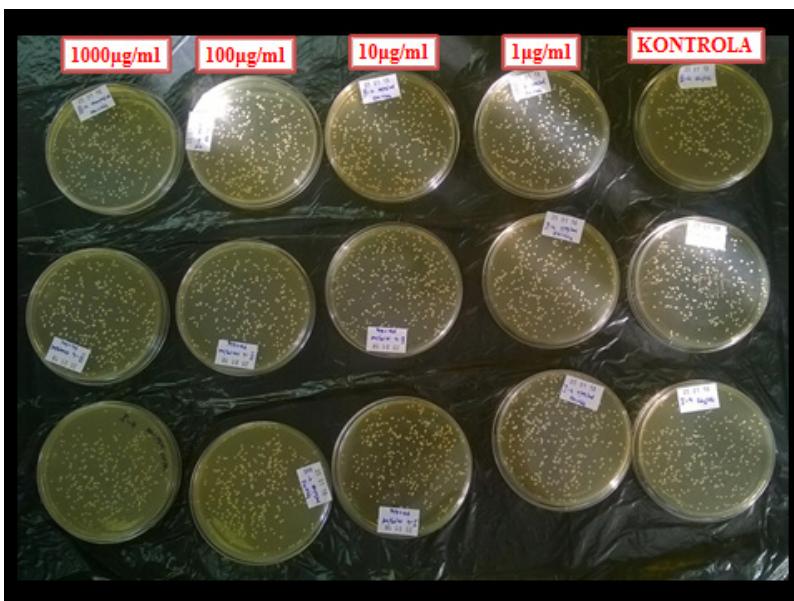
Slika 1. Shema postupka pravljenja inokuluma od 10^6 /ml gljiva u epruveti sa 1 ml destilovane vode

Tabela 1. Koncentracije antimikotika u ploči za testiranje rezistencije *C. albicans*

	1	2	3	4	5	6
A	gljive (1000 µg/ml FK) FLU 0,4 mg/ml	Gljive (1000 µg/ml FK) FLU 0,4 mg/ml	gljive (1000 µg/ml FK) FLU 0,4 mg/ml	gljive (1000 µg/ml FK) MYC 2 mg/ml	gljive (1000 µg/ml FK) FLU 2 mg/ml	gljive (1000 µg/ml FK) FLU 2 mg/ml
B	gljive (100 µg/ml FK) FLU 0,4 mg/ml	gljive (100 µg/ml FK) FLU 0,4 mg/ml	gljive (100 µg/ml FK) FLU 0,4 mg/ml	gljive (100 µg/ml FK) MYC 2 mg/ml	gljive (100 µg/ml FK) MYC 2 mg/ml	gljive (100 µg/ml FK) MYC 2 mg/ml
C	gljive (10 µg/ml FK) FLU 0,4mg/ml	gljive+ (10 µg/ml FK) FLU 0,4mg/ml	gljive (10 µg/ml FK) FLU 0,4mg/ml	gljive (10 µg/ml FK) MYC 2mg/ml	gljive (10 µg/ml FK) MYC 2mg/ml	gljive (10 µg/ml FK) MYC 2 mg/ml
D	gljive (1 µg/ml FK) FLU 0,4mg/ml	gljive+ (1 µg/ml FK) FLU 0,4mg/ml	gljive+ (1 µg/ml FK) FLU 0,4mg/ml	gljive (1 µg/ml FK) MYC 2mg/ml	gljive (1 µg/ml FK) MYC 2mg/ml	gljive (1 µg/ml FK) MYC 2 mg/ml
E	KONTROLA+ FLU 0,4 mg/ml	KONTROLA + FLU 0,4 mg/ml	KONTROLA + FLU 0,4 mg/ml	KONTROLA + MYC 2 mg/ml	KONTROLA +MYC 2 mg/ml	KONTROLA +MYC 2 mg/ml
F	RPMI 1640 + 2% glu	RPMI 1640 + 2% glu + gljive				



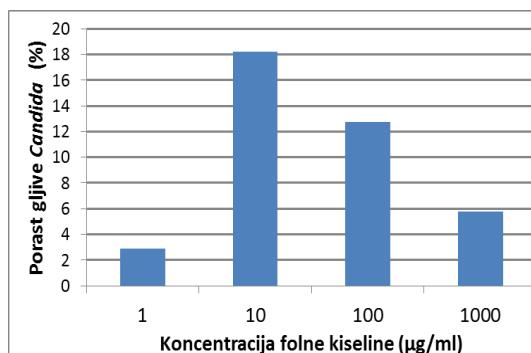
Slika 2. Vizuelni efekat dejstva FK različitih koncentracija na rast *C. albicans* (makroskopski)



Slika 3. Vizuelni efekat dejstva FK različitih koncentracija na rast *C. albicans* (kulturnelno)

Tabela 2. Rezultati određivanja CFU-a

Koncentracije folne kiseline	I CFU	II CFU	III CFU	Srednja vrednost CFU-a	Procenat stimulacije rasta
1000 µg/ml	327	347	320	331	5,75%
100 µg/ml	367	352	340	353	12,77%
10 µg/ml	370	377	363	370	18,21%
1 µg/ml	326	310	330	322	2,88%
KONTROLA 0 µg/ml	311	314	315	313	/



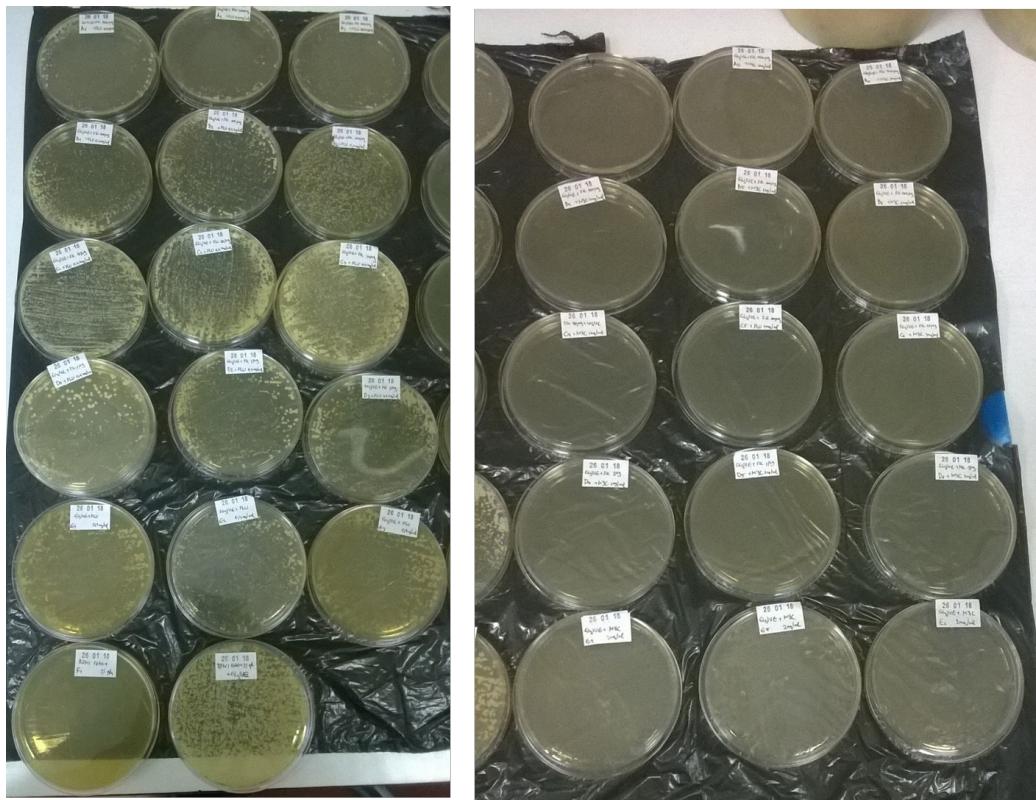
Grafik 1. Procenat stimulacije rasta *C. albicans*

Tabela 3. Zamućenja bunarčića „++” – jasno zamućenje, „+” – delimično zamućenje, „-” – bistro

Mikrotitraciona ploca; Kolone	TRIPLIKATI FLU			TRIPLIKATI MK		
	A – 1000 µg /ml FK	B – 100 µg/ml FK	C – 10 µg/ml FK	D – 1 µg/ml FK	E – kontrola 0 µg/ml	
– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –
+ –	+ –	+ –	+ –	– –	– –	– –
++	++	++	++	– –	– –	– –
+ –	+ –	+ –	+ –	– –	– –	– –
– –	– –	– –	– –	– –	++	– –



Slika 4. Mikrotitar ploča nakon inkubacije



Slika 5. Vizuelni prikaz efekta FK na rezistenciju *C. albicans* (kulturnelno)

EFFECT OF FOLIC ACID ON DIVISION AND RESISTANCE TO AZOLES OF *CANDIDA ALBICANS* SPECIES

Author: MARINA ANASTASOV

Email: anastasovmarinaa@gmail.com

Mentor: Full Prof. Valentina Arsić Arsenijević

National Reference Laboratory for Causes of Mycoses, Institute of Microbiology and Immunology

Faculty of Medicine, University of Belgrade

Introduction: *Candida* genus fungi have great medical significance because they cause human diseases which can be fatal. Pregnant women are susceptible to candidiasis, and its treatment is difficult due to the development of resistance to standard antifungals such as azoles. Azoles are widely used in the treatment of *Candida*, acting on the lanosterol 14alpha-demethylase enzyme. Substances that are normally found in the body can stimulate the growth and development of *Candida*. It has been proven that folic acid (FA) stimulates the production of ergosterol of the fungi genus of *Candida* and stimulates their division.

Aim: This study aimed to examine and visualize the effect of resistance to azoles.

Material and Methods: Suspension of fungi (10^6 cells per ml) was made in RPMI 1640 medium (with 2% glucose). Triplicates were treated with FA solutions of different concentrations during an incubation period of 24 h at 37°C with vortexing. The control was incubated the same way, without FA and after that the CFU was determined. Fluconazole (FLU) and Mycamine (MC) were used for the examination of the effect of FA on the resistance of *C. albicans*. Cells of *C. albicans* treated and untreated with FA were incubated together with antimycotics in the medium for 24 h at 37°C in a microtiter plate.

Results: The results showed that FA in a concentration of 10 µg/ml had the best effect on the growth of *C. albicans* (18.21%), while the concentration of 1 µg/ml had the weakest effect (2.88%). Different methods of visualization showed that FA in a concentration of 10 µg/ml had the best effect on FLU resistance of *C. albicans*, while MC had a total cytocidal effect.

Conclusion: With these results, it can be concluded that FA, besides its positive effect on the human organism, significantly affects the life and reproduction of fungi cells, including resistance on azoles, which is meaningful for future research.

Keywords: *Candida albicans*; folic acid; fluconazole; division; resistance

SADRŽAJ NITRATA U POVRĆU UZETOM SA „TRŽNICE“ U BANJOJ LUCI I IZ MARKETA

Autor: NIKOLA LAJOVIĆ, Maja Savić

e-mail: nikola.lajovic12@gmail.com, savicmaja05@gmail.com

Mentor: Dr Tanja Maksimović, vanredni profesor

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Banjoj Luci

Uvod: Visok sadržaj nitrata u hrani može imati toksične ili kancerogene efekte na ljudski organizam, te je od izuzetnog značaja posmatranje koncentracije nitrata u povrću. U ovom radu određivan je sadržaj nitrata u povrću (paradajz, mrkva, krompir, krastavac, cvekla, crveni luk, kupus, peršun i tikvica) uzetom sa različitih štandova gradske tržnice u Banjoj Luci i u marketima. Prosječna koncentracija nitrata u uzorcima povrća kretala se od 6 do 250 mg/kg, pri čemu su najveće vrijednosti dobijene u cveklji. Sadržaj nitrata u uzorcima povrća bio je u granicama koje su propisane od strane Svjetske zdravstvene organizacije, tako da ne postoji potencijalna opasnost po zdravlje ljudi.

Cilj: Cilj istraživanja bio je određivanje sadržaja nitrata u uzorcima sezonskog povrća uzetog sa različitih prodajnih mjesto, gradske tržnice i marketa, da bi se izvršila procjena kvaliteta hrane koja se svakodnevno konzumira. Na osnovu rezultata izvršena je procjena izloženosti i rizika.

Materijal i metode: Povrće koje se najčešće uzgaja i konzumira na području Banje Luke uzorkovano je na gradskoj tržnici i marketima tokom sezone. Odabrane biljne vrste (paradajz, mrkva, krompir, krastavac, cvekla, crveni luk, kupus, peršun i tikvica) uzimano je na različitim štandovima, vodeći računa o načinu uzgoja odabralih vrsta. Uzorci su dopremani u laboratoriju, gdje se se pristupilo analizi sadržaja nitrata pomoću aparata SOEKS NUK-019-1.

Rezultati: Svakako da rezultati ovih istraživanja treba da ukažu na to da li su i koliko su ovi proizvodi bezbjedni za ljudsku ishranu, odnosno potencijalno otrovni. Dobijeni rezultati su pokazali da su neki uzorci imali visoke koncentracije nitrata, dok su kod nekih bile izrazito niske. Najveća koncentracija nitrata je zapažena u povrću uzorkovanom u julu mjesecu. Vrijednosti nitrata iz uzorkovanog povrća nisu prekoračile dozvoljene vrijednosti.

Zaključak: Povrće uzeto iz marketa je imalo višu koncentraciju nitrata nego povrće uzeto sa tržnice. Prema standardima izdatim od strane EFSA i WHO, uzorkovano povrće je bezbjedno za ishranu ljudi.

Ključne riječi: Nitrati; povrće

UVOD

Poznato je da u posljednje vrijeme, zbog prekomjernog korištenja sintetičnog azotnog i stajskog đubriva u intenzivnoj poljoprivredi, povrće sadrži veću koncentraciju nitrata nego u prošlosti. Visok sadržaj nitrata može da ima toksične i kancerogene efekte na ljudski organizam. Prema preporukama EFSA-e, dnevni unos nitrata bi trebalo da bude 3,7 mg/kg tjelesne težine. Prema Evropskoj agenciji za sigurnost hrane [1], putem povrća i voća se unosi do 41% dnevnog unosa nitrata. Količina nitrata u zelenom lisnatom povrću ovisi o nizu faktora, uključujući godišnje doba, intenzitet svjetlosti, temperaturu, sastav

zemljišta, uslove rasta, stepen obezbijeđenosti vodom, koncentracija ugljen-dioksida, načina korištenja đubriva i skladištenja [2–4]. U Evropi, koncentracije nitrata u povrću su uopšteno veće tokom zime zbog slabijeg intenziteta svjetlosti i manje dnevnih sati [1, 5]. Voće i povrće iz stakleničkog uzgoja ima veći sadržaj nitrata zbog manjka svjetlosti i veće mineralizacije zemljišta. Sadržaj nitrata u svježem povrću ne bi smio da bude veći od 400 mg/kg, a u hrani koja je namijenjena za djecu 250 mg/kg, zbog toga je neophodno kontrolisanje nitrata u hrani. Danas se primjenjuju različite metode za smanjenje sadržaja nitrata u biljkama. Sadržaj nitrata u povrću može da se smanji pravilnim izborom sorte, racionalnom primjenom mineralnih azotnih i organskih đubriva i đubrenjem sporodjelujućim azotnim đubrивимa, djelimičnom zamjenom u ishrani nitrata amonijumom, prekidanjem usvajanja nitrata prije ubiranja proizvoda, plodoredom, primjenom inhibitora nitrifikacije, obezbjeđenjem optimalnih uslova za redukciju i primarnu asimilaciju nitrata u biljkama [4]. Svjetska zdravstvena organizacija preporučuje dnevni unos povrća zajedno s voćem u količini od 400 g dnevno [5]. Većina povrća može nakupiti velike količine nitrata [4], dok su istraživanja različitih autora potvrdila da lisnato povrće najviše akumulira nitrate, a pripada familijama *Brassicaceae* (rukola, rotkvica, gorušica), *Chenopodiaceae* (cvekla, bob, špinat), *Amaranthaceae* (štir), *Asteraceae* (salata) i *Apiaceae* (celer, peršun) [4, 7]. Prisustvo prekomjernog sadržaja nitrata i nitrita u povrću može imati otrovne i kancerogene efekte po ljudski organizam [8]. Nitrat je relativno netoksičan [7], ali približno 5% svih unijetih nitrata se pretvara u gastrointestinalnom traktu u toksičan oblik (nitrit) koji izaziva bolest poznatu pod nazivom methemoglobinemija („sindrom plave bebe“) u organizmu ljudi i životinja. Nitriti u krvotoku uključeni su u oksidaciju hemoglobina, čime utiču na nastanak malokrvnosti. Višak nitrita se čvrsto vezuje za oksidisano gvožđe, pri čemu nastaje methemoglobin, koji nije u stanju da veže i transportuje kiseonik. Smrt nastupa kada se više od 70% hemoglobina oksidiše u methemoglobin. Kod djece, zbog slabije proizvodnje želudačne kiseline, ovaj problem je izraženiji. U 2008. je stradalo 8-mjesečno dijete u Hong Kongu od bolesti methemoglobinemija uzrokovane nakon konzumiranja špinata. Riječ je o stanju kada hemoglobin ne prenosi kiseonik, a karakteriše je plavo-siva koža i usne. U krajnjem slučaju, ova bolest može prouzrokovati oštećenje mozga i na kraju dovesti do smrti zbog gušenja izazvanog nedostatkom kiseonika [9]. Ovaj incident podigao je javnu svijest o nitratu i nivoima nitrita u lokalnom povrću. U našem okruženju, Hrvatska zdravstvena organizacija (HAH) je tokom 2012. i 2013. sprovedla istraživanje o zastupljenosti nitrata u različitim vrstama povrća, kako bi se izvršila procjena jesu li dobrobiti konzumacije povrća veće od rizika koji je posljedica izloženosti nitratima. Slična istraživanja na 1.018 uzoraka špinata i blitvi sprovedla je španska Agencija za sigurnost hrane i ishranu (AESAN), pri čemu su više vrijednosti utvrđene za blitvu a manje za špinat. Primjenu azotnih đubriva treba prilagoditi hemijskim karakteristikama zemljišta i vrsti povrća koja se gaji. U industrijski razvijenim zemljama počeli su se razvijati alternativni poljoprivredni sistemi čiji je osnovni cilj proizvodnja zdravstveno bezbjedne hrane.

CILJ

Cilj istraživanja je bio određivanje sadržaja nitrata u uzorcima sezonskog povrća (paradajz, mrkva, cvekla, krompir, krastavac, luk crveni, kupus, peršun i tikvica), uzetih sa različitim štandova sa gradske „Tržnice“ u Banjoj Luci i iz „Marketa AS“ i „Moj Market“. Na osnovu dobijenih rezultata, izvršena je procjena izloženosti i rizika.

MATERIJAL I METODE

Povrće (paradajz, mrkva, cvekla, krompir, krastavac, luk crveni, kupus, peršun i tikvica) koje se najčešće koristi u ishrani uzorkованo je tokom ljeta na gradskoj „Tržnici“ u Banjoj Luci i marketima (Slika 3 i 4). Uzorkovano povrće je uzeto na različitim štandovima tržnice i marketa, zatim doneseno u laboratoriju Prirodno-matematičkog fakulteta, gdje je izvršena analiza sadržaja nitrata pomoću aparata SOEKS (*NITRATE TESTER NUK-019-1*) (Slika 1 i 2), čija se metoda bazira na električnoj provodljivosti.

Rezultati analize su upoređivani sa standardima koji su propisani od strane Svjetske zdravstvene organizacije i Evropske komisije za bezbjednost hrane [1, 5].

REZULTATI RADA

Rezultati prikazani u Tabeli 1 pokazuju sadržaj nitrata u povrću uzorkovanom na gradskoj tržnici u Banjoj Luci i marketima u junu 2021. godine. Vrijednost nitrata u nekim vrstama povrća kretala se u rasponu od 11 mg/kg (crveni luk) do 160 mg/kg (list peršuna). Najveći sadržaj nitrata pronađen je u povrću uzetom sa Štanda 1 gradske tržnice u Banjoj Luci. S obzirom na to da najveći iznos nitrata u uzorkovanom povrću iznosi 160 mg/kg, nisu prekršeni dati standardi.

Vrijednost nitrata u nekim vrstama povrća (Tabela 2) tokom jula kretala se u rasponu od 1 mg/kg (krompir) do 198 mg/kg (cvekla). Najveći sadržaj nitrata pronađen je u povrću uzetom sa Štanda 1 gradske tržnice u Banjoj Luci.

Dobijeni rezultati u avgustu (Tabela 3) pokazuju da prosječan sadržaj nitrata u povrću uzorkovanom na gradskoj tržnici u Banjoj Luci i marketima nije prekoračio dozvoljene koncentracije. Vrijednost nitrata u nekim vrstama povrća kretala se u rasponu od 9 mg/kg (krompir) do 168 mg/kg (krompir „Moj Market“). Najveći sadržaj nitrata pronađen je u povrću (cvekla i krompir) uzetom iz marketa „Moj Market“.

DISKUSIJA

U ispitivanim uzorcima povrća, visoke koncentracije nitrata su utvrđene kod cvekla, dok su niske koncentracije utvrđene kod krompira i kupusa. Krompir uzet na tržnici ima manje vrijednosti (1–130 mg/kg) od krompira uzetog u marketima. Upoređivanjem rezultata ovog istraživanja sa istraživanjem koje je sprovela Evropska komisija za bezbjednost hrane (EFSA), može se zaključiti da je sadržaj nitrata u povrću uzetom na gradskoj tržnici u Banjoj Luci i marketima niži [1]. Razlika u sadržaju koncentracije nitrata u povrću između različitih zemalja je najviše posljedica različitih uslova sredine i povećane upotrebe đubriva tokom ljeta od strane uzbajivača [10], što se može povezati i sa rezultatima koji su zabilježeni u ovom radu.

Mjeranjem je pokazano da su uobičajene vrijednosti za sve ispitivano povrće, osim crvenog luka, koji je bio u žutoj zoni (uzorci sa tržnice, 7. 7. 2021) i crvenoj zoni (uzorci iz marketa, 4. 8. 2021). Istraživanje u Iranu je pokazalo da su koncentracije nitrata u povrću koje je gajeno tokom zime bile niže nego kod onog koje je gajeno tokom ljeta, dok je u proljeće sadržaj nitrata bio niži u odnosu na zimu [4]. Povrće koje je uzbajano u staklenicima ima veći sadržaj nitrata zbog manjka svjetlosti i veće mineralizacije zemlje u kojoj raste [5], što je jedan od razloga zašto je neko povrće imalo više vrijednosti u našim ispitivanim uzorcima. Istraživači u Ankari pratili su nivo obezbijeđenosti nitrata i nitrita u povrću uzetom sa tržnice [11], istraživanje je urađeno na 258 uzoraka na 7 različitih vrsta povrća (mrkva, paradajz, dvije vrste zelene salate, kupus, špinat i peršun), u periodu od januara

2001. do aprila 2002. Lisnato povrće, i to peršun i špinat, sadržavali su najviše nitrata, dok su mrkva i paradajz sadržavali najmanju količinu nitrata. Takođe, ustanovljeno je da su razlike u akumulaciji nitrata rezultat različitog perioda žetve, količine hranljivih materija u zemljištu, količine i vrste korištenog đubriva, temperature kao i drugih spoljašnjih faktora, što se može povezati sa rezultatima koji su dobijeni u ovom radu.

ZAKLJUČAK

U ovom istraživanju je praćen sadržaj nitrata u sezonskom povrću tokom tri mjeseca, da bi se utvrdila njihova koncentracija i utvrđio stepen štetnosti po zdravlje ljudi. Rezultati ispitivanja su pokazali da je sadržaj nitrata u povrću uzetom sa gradske tržnice nešto niži u odnosu na povrće koje je uzeto u marketima. U svim ispitivanim uzorcima povrća, vrijednosti nitrata su bile niže od standarda koje je postavila Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) i Evropska komisija za bezbjednost hrane (EFSA). Slijedom toga, većina ispitivanog povrća nema opasnosti po zdravlje ljudi. Takođe, preporučuje se i nastavak istraživanja koje bi obuhvatilo drugo povrće i voće na širem području RS, a sve u cilju dobijanja podataka za šire područje i predlaganja mjera široj javnosti o načinima kako se sadržaj potencijalno toksičnih nitrata može svesti na minimum.

LITERATURA

- [1] EFSA, European Food Safety Authority (2008): Nitrate in vegetables. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. The EFSA Journal, 689, 1–79
- [2] Jan Dich, Ritva Järvinen, Paul Knekt & Pirjo-Liisa Penttilä (1996) Dietary intakes of nitrate, nitrite and NDMA in the Finnish mobile clinic health examination survey, Food Additives & Contaminants, 13:5, 541-552.
- [3] Iammarino, M., Di Taranto, A., Cristina, M. (2012): Monitoring of nitrites and nitrates levels in leafy vegetables (spinach and lettuce): a contribution to risk assessment. J Sci Food Agric 2014; 94: 773–778.
- [4] Gorenjak, A. H., Cencič. (2013): Nitrate in vegetables and their impact on human health.A review. Acta Alimentaria, 42 (2): 158-172.
- [5] WHO (2003b): Nitrate and nitrite – intake assessment. In: Safety evaluation of certain food additives. Food Additives Series 50. Geneva: WHO.
- [6] Gangolli, S. D., Van Den Brandt, P. A., Feron, V. J., Janzowsky, C., Koeman, J. H., Speijers, G. J. A., Spiegelhalder, B., Walker, R., Wishnok, J. S. (1994): Nitrate, nitrite and N-nitroso compounds. European Journal of Pharmacology: Environmental Toxicology and Pharmacology 292 (1): 1-38.
- [7] Santamaría, P. (2006): Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. Journal of the Science of Food and Agriculture, 86: 10-17.
- [8] Rezaei, M., Fani, A., Moini, A. L., Mirzajani, P. (2014): Determining Nitrate and Nitrite Content in Beverages, Fruits, Vegetables, and Stews marketed in Arak, Iran. Hindawi Publishing
- [9] Afzali, S.F., Elahi, R. (2014): Measuring nitrate and nitrite concentrations in vegetables, fruits in Shiraz. J.Appl.Sci.Environ.Manage. 18 (3): 451-457
- [10] Chung, S.W.C., Tran, J.C.H., Tong, K.S.K., Chen, M.Y.Y., Xiao, Y., Ho, Y.Y., Chan, C.H.Y. (2011): Nitrate and nitrite levels in commonly consumed vegetables in Hong Kong. Food additives and Contaminants, Vol 4, 1: 34-41.
- [11] Ayaz, A., Topcu, A., Yurttagul, M. (2007): Survey of nitrate and nitrite levels of fresh vegetables in Turkey. Journal of Food Technology, 5 (2); 177-179.



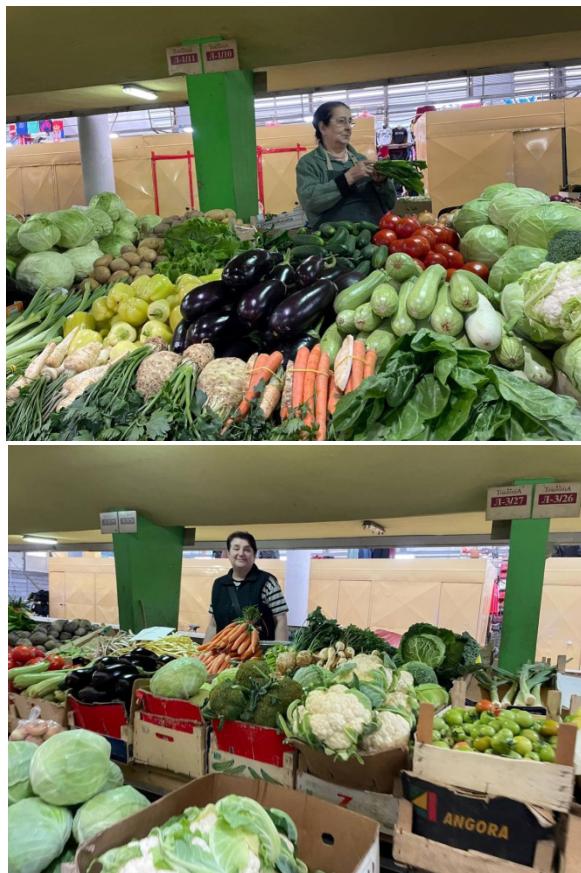
Slika 1. i 2. Mjerenje nitrata pomoću nitrat testera



Slika 3. Uzorkovano povrće



Slika 4. Maceriranje uzorka



Slika 5. Prikupljanje uzoraka sa tržnice u Banjoj Luci

Tabela br. 1. Sadržaj nitrata (mg/kg) u povrću uzorkovanom 3. 6. 2021. godine sa različitih štandova gradske tržnice u Banjoj Luci i marketa

POVRĆE	Moj Market	Market AS	Srednja vrijednost	Štand 1 (L1/10 L1/09)	Štand 2 (L3/28 L3/27)	Srednja vrijednost
Mrkva	96	116	106	70	92	81
Paradajz	92	108	100	96	83	89,5
Krastavac	75	52	63,5	56	50	53
Tikvica	56	99	77,5	60	90	75
Crveni luk	11	71	41	69	64	66,5
Krompir	127	150	138,5	130	32	81
Cvekla	146	134	140	134	136	135
Kupus	45	68	56,5	75	90	82,5
Peršun (korijen)	62	84	73	120	77	98,2
Peršun (list)	26	72	98	160	114	137

Tabela br. 2. Sadržaj nitrata (mg/kg) u povrću uzorkovanom 7. 7. 2021. godine sa različitih štandova gradske tržnice u Banjoj Luci i marketa

POVRĆE	Moj Market	Market AS	Srednja vrijednost	Štand 1 (L1/10 L1/09)	Štand 2 (L3/28 L3/27)	Srednja vrijednost
Mrkva	70	67	68,5	55	39	47
Paradajz	89	118	103,5	124	124	124
Krastavac	78	64	71	68	54	61
Tikvica	76	83	79,5	7	10	8,5
Crveni luk	81	84	82,5	60	62	61
Krompir	122	142	132	1	5	3
Cvekla	163	120	141,5	198	175	186
Kupus	77	45	61	64	60	62
Peršun (korijen)	79	64	71,5	56	58	57
Peršun (list)	90	79	84,5	66	51	58,5

Tabela br. 3. Sadržaj nitrata (mg/kg) u povrću uzorkovanom 4. 8. 2021. godine sa različitih štandova gradske tržnice u Banjoj Luci i marketa

POVRĆE	Moj Market	Market AS	Srednja vrijednost	Štand 1 (L1/10 L1/09)	Štand 2 (L3/28 L3/27)	Srednja vrijednost
Mrkva	101	104	102,5	57	23	40
Paradajz	84	10	47	71	51	61
Krastavac	71	13	42	24	24	24
Tikvica	57	84	70,5	47	48	47,5
Crveni luk	65	75	70	126	107	116,5
Krompir	168	9	88,5	9	18	13,5
Cvekla	72	12	84	42	12	27
Kupus	60	63	61,5	47	64	55,5
Peršun (korijen)	55	85	70	114	105	109,5
Peršun (list)	80	47	63,5	41	68	54,5

NITRATE CONTENT IN VEGETABLES TAKEN FROM FARMERS' MARKET IN BANJA LUKA AND SUPERMARKETS

Authors: NIKOLA LAJOVIĆ, Maja Savić

Email: nikola.lajovic12@gmail.com

Mentor: Assoc. Prof. Tanja Maksimović

Faculty of Science, University of Banja Luka

Introduction: High levels of nitrates in food can have toxic or carcinogenic effects on the human body. Therefore, it is crucial to observe the concentration of nitrate in vegetables. In this paper, the nitrate content in vegetables (tomatoes, carrots, potatoes, cucumbers, beets, red onions, cabbages, parsley, and zucchini) was taken from various stands at the farmers' market and supermarkets in Banja Luka. The average nitrate concentration in the samples of vegetables ranged from 6 to 250 mg/kg, with the highest values obtained in beets. The nitrate content in the vegetable samples was within the limits prescribed by the World Health Organization so there is no potential danger to human health.

Aim: The aim of the study was to determine the nitrate content in samples of seasonal vegetables taken from various markets, the farmers' market, and supermarkets in order to assess the quality of food consumed daily. Exposure and risk assessments were performed based on the results.

Material and Methods: Vegetables that are most often grown and consumed in the area of Banja Luka were sampled at the farmers' market and supermarkets during the season. The selected plant species (tomato, carrot, potato, cucumber, beet, red onion, cabbage, parsley and zucchini) were taken from various stands, taking into account the method of cultivation of the selected species. The samples were delivered to a laboratory, where an analysis of nitrate content was performed using the SOEKS NUK-019-1 apparatus.

Results: Certainly, the results of this research should indicate whether and to what extent these products are safe for human consumption, or potentially toxic. The obtained results showed that some samples had high nitrate concentrations while some were extremely low. The highest concentration of nitrate was observed in vegetables sampled in July. The sampled vegetables did not exceed the allowed values.

Conclusion: Vegetables taken from the supermarket had a higher concentration of nitrates than vegetables taken from the farmers' market. According to the standards issued by the EFSA and WHO, the sampled vegetables are safe for consumption.

Keywords: nitrates; vegetables

KONTROLA GRUPNE BRZINE LASERSKE SVETLOSTI POMOĆU ELEKTROMAGNETNO INDUKOVANE TRANSPARENTNOSTI

Autor: MILICA PERIĆ

e-mail: milica.peric1@pmf.edu.rs

Mentor: Prof. dr Ljiljana Stevanović

Departman za fiziku

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Nišu

Uvod: Mogućnost usporavanja i skladištenja laserskih pulseva u nekoj supstancijalnoj sredini, odnosno dobijanje subluminalne svetlosti od interesa je za istraživanja u oblasti kvantne optike i kvantne informatike. U radu su objašnjeni pojmovi subluminalne i superluminalne svetlosti i opisan je način da se smanji grupna brzina svetlosti korišćenjem efekta elektromagnetno indukovane transparentnosti.

Cilj: Istraživanjem uticaja odgovarajućih parametara na grupnu brzinu laserske svetlosti potrebno je odrediti opseg ovih parametara, u kome grupni indeks sredine dostiže maksimalne vrednosti.

Materijal i metode: Proučavanje interakcije sredine sa sondirajućim i kontrolnim laserom zasnovano je na modelu atoma sa tri nivoa u Λ i leštičastoj konfiguraciji. Rešavanjem optičkih Blohovih jednačina za svaku od konfiguracija dobija se odgovarajući element matrice gustine pomoću čijeg realnog dela se definiše grupni indeks. Ove jednačine rešavaju se numerički, a takođe i analitički u prvom redu teorije perturbacija po Rabijevoj frekvenci sondirajućeg lasera.

Rezultati: Menjanjem Rabijeve frekvencije kontrolnog lasera i koeficijenata spontane emisije generišu se grafici zavisnosti grupnog indeksa sredine od razdešenosti sondirajućeg lasera. Proučavanjem uticaja pomenutih veličina na oblik ovih grafika određuju se njihove vrednosti koje dovode do subluminalnog prostiranja sondirajuće laserske svetlosti.

Zaključak: Prisustvo kontrolnog lasera omogućava pojavu efekta elektromagnetno indukovane transparentnosti, koja se ogleda u formiranju prozora transparentnosti u apsorpcionom profilu i velikoj strmini disperzionalne krive unutar tog prozora. Izborom vrednosti odgovarajućih veličina može se kontrolisati nagib disperzionalne krive, a samim tim i vrednost grupnog indeksa sredine.

Ključne reči: Subluminalna svetlost; superluminalna svetlost; elektromagnetno indukovana transparentnost; grupna brzina; grupni indeks

UVOD

Poslednjih decenija, istraživanja u oblasti kvantne optike i kvantne informatike, koja su blisko povezana sa optičkim komunikacijama, privlače veliku pažnju [1]. Centralno mesto u njima zauzima mogućnost da se, po pravilu koherentna laserska svetlost, uspori u sredini ili u potpunosti zaustavi u njoj i zadrži određeno vreme. Kako je svetlost nosilac informacije, to znači da se ova informacija može zadržati, odnosno uskladištiti u sredini ukoliko je to potrebno. Upravo je to princip na kome se zasniva rad kvantnih memorija i optičkih bafera.

Jedan od načina usporavanja i skladištenja svetlosti jeste efekat elektromagnetno indu-

kovane transparentnosti (EIT, od engl. *Electromagnetically Induced Transparency*) [2–4]. EIT je kvantno interferentni efekat koji nastaje usled destruktivne interferencije različitih puteva ekscitacije i koji se manifestuje prolaskom rezonantne svetlosti sondirajućeg lasera male snage kroz sredinu, praktično bez apsorpcije, u prisustvu kontrolnog lasera većeg intenziteta. Kada su ostvareni uslovi za pojavu navedenog efekta, u apsorpcionom profilu sondirajućeg lasera uočava se prozor transparentnosti oko rezonantne frekvence (frekvence koja odgovara frekvenci prelaza između odgovarajućih energijskih nivoa atoma sredine). Istovremeno, disperzionalni profil sondirajućeg lasera odgovara anomalnoj disperziji sa pojmom većeg ili manjeg nagiba disperzije krive unutar prozora transparentnosti. Upravo je taj nagib odgovoran za grupnu brzinu svetlosti sondirajućeg lasera, koja može biti mnogo manja od brzine svetlosti u vakuumu c . Ovakva svetlost označava se i kao subluminalna svetlost (engl. *subluminal light*).

Koristeći EIT, postignuto je usporavanje laserskog pulsa do brzine od 17 m/s u Boze-Ajntajnovom kondenzatu od natrijumovih atoma [5]. U parama atoma alkalnih metala na višim temperaturama postignuto je potpuno zaustavljanje i skladištenje laserskog pulsa [6]. Pokazalo se da se male vrednosti grupne brzine mogu ostvariti u čvrstim materijalima na sobnoj temperaturi, što je od posebnog značaja zbog njihove praktične primene. Tako je ostvareno skladištenje svetlosti sa vremenom zadržavanja od nekoliko sekundi u dopiranom kristalu Y_2SiO_5 [7].

Osim usporavanja i skladištenja laserske svetlosti u supstancialnoj sredini, moguće je postići, pod određenim uslovima, da grupna brzina laserskih pulseva bude veća od brzine svetlosti u vakuumu c . Ovakva svetlost naziva se brza ili superluminalna svetlost (engl. *superluminal light*). Prvi eksperimenti za dobijanje brze svetlosti koristili su tehnike zasnivane na anomalnoj disperziji u blizini apsorpcione linije [8] ili na tunelovanju [9]. Nedostatak ovih tehnika ogledao se u činjenici da je dolazilo do apsorpcije laserskih pulseva korišćenih u eksperimentu ili do njihovog preoblikovanja, što je otežavalo interpretaciju dobijenih rezultata. Prvi uspešan eksperiment u kome je postignuto superluminalno prostiranje svetlosti kroz sredinu koristio je anomalnu disperziju sredine uz asistenciju pojačanja svetlosti u gasu sastavljanom od atoma cezijuma [10]. U ovom eksperimentu takođe je izmeren i negativan grupni indeks $n_g = -310(\pm 5)$. Superluminalna ili brza svetlost nalazi svoju primenu u interferometriji [11]. Ubacivanjem sredine u interferometar i ostvarivanjem uslova za realizaciju brze svetlosti, postiže se njegova veća osjetljivost na promene položaja ogledala, što može biti od koristi za primenu ovakvog tipa interferometra u detekciji gravitacionih talasa.

U dатој sredini moguće je, pod određenim uslovima, realizovati brzu ili sporu svetlost u zavisnosti od cilja koji se želi ostvariti. Zbog toga je važno ispitati mogućnosti kontrole grupne brzine svetlosti i odrediti parametre kako od superluminalnog prostiranja doći do subluminalnog prostiranja koherentne laserske svetlosti. Ovo je ostvareno sa parama atoma cezijuma i rubidijuma koristeći EIT i elektromagnetsko indukovani apsorpciju [12, 13]. Interpretacija eksperimentalnih rezultata zasnovana je na modelima atoma u Λ i V konfiguraciji. Osim navedenih efekata, predložena je i upotreba efekta spontano generisane koherentnosti u kombinaciji sa EIT efektom u cilju kontrole grupne brzine laserske svetlosti [14].

U ovom radu pozabavilićemo se teorijskim modelom koji omogućuje objašnjenje gore navedenih rezultata. Modelu je posvećen deo Materijali i metode, dok je u delu Rezultati i diskusija dat grafički prikaz numerički generisanih rezultata. U ovom delu predstavljena je detaljna analiza rezultata koristeći i analitičke izraze dobijene u prvom redu teorije perturbacija po Rabijevoj frekvenci sondirajućeg lasera. Na kraju, sumirani su rezultati proučavanja navedenjem zaključaka koji iz njih slede.

MATERIJAL I METODE

Posmatraćemo sredinu kroz koju se prostire svetlost kao skup atoma koji imaju samo tri energijska nivoa (stanja): osnovni nivo (stanje) označen sa $|1\rangle$ i dva pobudena nivoa (stanja) označena sa $|2\rangle$ i $|3\rangle$. Interakciju sredine sa dva lasera – sondirajućim i kontrolnim – modeluje se koristeći Λ ili lestvičastu konfiguraciju (slika 1).



Slika 1. Interakcija atoma sa tri nivoa sa laserskim poljima u Λ konfiguraciji (levo) i u lestvičastoj konfiguraciji (desno)

Hamiltonijan koji opisuje atome sredine i njihovu interakciju sa laserskim poljima u aproksimaciji rotirajućih talasa i u korotirajućem bazisu je oblika

$$H_{\Lambda} = \hbar \begin{pmatrix} 0 & 0 & -\Omega_p^* \\ 0 & \Delta_p - \Delta_c & -\Omega_c^* \\ -\Omega_p & -\Omega_c & \Delta_p \end{pmatrix} \quad (1)$$

za Λ konfiguraciju i

$$H_l = \hbar \begin{pmatrix} 0 & -\Omega_p^* & 0 \\ -\Omega_p & \Delta_p & -\Omega_c^* \\ 0 & -\Omega_c & \Delta_p + \Delta_c \end{pmatrix} \quad (2)$$

za lestvičastu konfiguraciju. Ovde su sa Ω_p i Ω_c označene Rabijeve frekvence, a sa Δ_p i Δ_c razdešenosti sondirajućeg i kontrolnog lasera: $\Omega_p = \mathbf{E}_p \cdot \mathbf{d}_{31(21)} / (2\hbar)$, $\Omega_c = \mathbf{E}_c \cdot \mathbf{d}_{32} / (2\hbar)$, $\Delta_p = \omega_{31(21)} - \omega_p$, $\Delta_c = \omega_{32} - \omega_c$, gde su \mathbf{E}_p i \mathbf{E}_c amplitude jačina električnog polja, $\omega_{31(21)}$ i ω_{32} atomske frekvence, ω_p i ω_c frekvence sondirajućeg i kontrolnog lasera, $\mathbf{d}_{31(21)}$ i \mathbf{d}_{32} su matrični elementi operatora dipolnog prelaza između stanja $|3\rangle$ i $|1\rangle$ ($|2\rangle$ i $|1\rangle$) odnosno $|3\rangle$ i $|2\rangle$. U prethodnim izrazima, sa \hbar je označena redukovana Plankova konstanta. Iz definicije Rabijevih frekvenci uočava se da ove veličine zavise od karakteristika lasera (amplitude jačina električnih polja lasera \mathbf{E}_p i \mathbf{E}_c) i karakteristika atoma (električni dipolni momenti atoma \mathbf{d}_{31} , \mathbf{d}_{21} i \mathbf{d}_{32}). Ovakvo definisane, Rabijeve frekvence zapravo svojom vrednošću određuju jačinu interakcije između lasera i atoma.

Polazeći od Luivilove jednačine za matricu gustine ρ [15]

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = -\frac{i}{\hbar} [H, \rho] + \mathcal{L}\rho, \quad (3)$$

gde je sa $\mathcal{L}\rho$ označen deo koji opisuje procese relaksacije usled spontane emisije, dobija se sistem optičkih Blohovih jednačina za Λ konfiguraciju

$$\begin{aligned}\dot{\rho}_{11} &= i\Omega_p^*\rho_{31} - i\Omega_p\rho_{13} + \gamma_{31}\rho_{33} \\ \dot{\rho}_{33} &= i\Omega_p\rho_{13} + i\Omega_c\rho_{23} - i\Omega_p^*\rho_{31} - i\Omega_c^*\rho_{32} - (\gamma_{31} + \gamma_{32})\rho_{33} \\ \dot{\rho}_{21} &= i\Omega_c^*\rho_{31} - i(\Delta_p - \Delta_c)\rho_{21} - i\Omega_p\rho_{23} + \gamma_{31,32}\rho_{33}e^{i(\omega_{31}-\omega_{23})t} \\ \dot{\rho}_{31} &= i\Omega_p\rho_{11} + i\Omega_c\rho_{21} - i\Delta_p\rho_{31} - i\Omega_p\rho_{33} - \frac{1}{2}(\gamma_{31} + \gamma_{32})\rho_{31} \\ \dot{\rho}_{32} &= i\Omega_p\rho_{12} + i\Omega_c\rho_{22} - i\Delta_c\rho_{32} - i\Omega_c\rho_{33} - \frac{1}{2}(\gamma_{31} + \gamma_{32})\rho_{32}\end{aligned}\quad (4a)$$

i za lestvičastu konfiguraciju

$$\begin{aligned}\dot{\rho}_{11} &= i\Omega_p^*\rho_{21} - i\Omega_p\rho_{12} + \gamma_{21}\rho_{22} \\ \dot{\rho}_{33} &= i\Omega_c\rho_{23} - i\Omega_c^*\rho_{32} - \gamma_{32}\rho_{33} \\ = i\Omega_p\rho_{11} &- i\Delta_p\rho_{21} + i\Omega_c^*\rho_{31} - i\Omega_p\rho_{22} - \frac{1}{2}\gamma_{21}\rho_{21} + \gamma_{21,31}\rho_{32}e^{i(\omega_{21}-\omega_{23})t} \\ \dot{\rho}_{31} &= i\Omega_c\rho_{21} - i(\Delta_p + \Delta_c)\rho_{31} - i\Omega_p\rho_{32} - \frac{1}{2}\gamma_{32}\rho_{31} \\ \dot{\rho}_{32} &= i\Omega_c\rho_{22} - i\Delta_c\rho_{32} - i\Omega_p^*\rho_{31} - i\Omega_c\rho_{33} - \frac{1}{2}(\gamma_{21} + \gamma_{32})\rho_{32}\end{aligned}\quad (4b)$$

U prethodnim jednačinama, sa y su označeni koeficijenti spontane emisije između odgovarajućih nivoa. Rešavanjem optičkih Blohovih jednačina u stacionarnom režimu izračunava se susceptibilnost sredine u odnosu na sondirajuće polje po formulama

$$\chi = \frac{2Nd_{31}^2}{\varepsilon_0\hbar\Omega_p} \rho_{31} \quad (5a)$$

$$\chi = \frac{2Nd_{21}^2}{\varepsilon_0\hbar\Omega_p} \rho_{21} \quad (5b)$$

redom za Λ i lestvičastu konfiguraciju, gde je N koncentracija atoma sredine. Imaginarni deo susceptibilnosti u direktnoj je vezi sa apsorpcijom svetlosti sondirajućeg lasera u sredini. Njegovom analizom određuju se uslovi za pojavu efekta EIT, odnosno za pojavu prozora transparentnosti. Ovo je moguće ako je $\Omega_c \gg \Omega_p$ i $\Delta_p \pm \Delta_c = 0$, gde znak - stoji za Λ , a znak + za lestvičastu konfiguraciju [4]. Pomoću realnog dela susceptibilnosti definiše se indeks prelamanja sredine

$$n = 1 + \frac{1}{2}\operatorname{Re}\chi \quad (6)$$

Grupni indeks sredine za svetlost sondirajućeg lasera određuje se na sledeći način

$$n_g = \frac{c}{v_g} = n(\omega_p) + \omega_p \frac{dn(\omega_p)}{d\omega_p} \quad (7)$$

ili izraženo pomoću razdešenosti sondirajućeg lasera

$$n_g = n(\Delta_p) - (\omega_{31} - \Delta_p) \frac{dn(\Delta_p)}{d\Delta_p} \quad (8a)$$

$$n_g = n(\Delta_p) - (\omega_{21} - \Delta_p) \frac{dn(\Delta_p)}{d\Delta_p} \quad (8b)$$

redom za Λ i lestvičastu konfiguraciju. U zavisnosti od vrednosti drugog sabirka u izrazima (7), (8a) i (8b), moguće je postići da bude $n_g > 1$ (spora svetlost) ili $n_g < 1$ (brza svetlost) uključujući i negativne vrednosti. Kombinovanjem izraza (5a) – (8b), dobijaju se sledeći izrazi

$$n_g - 1 = \alpha \left[\operatorname{Re} \rho_{31} - (\omega_{31} - \Delta_p) \frac{d}{d\Delta_p} (\operatorname{Re} \rho_{31}) \right] \quad (9a)$$

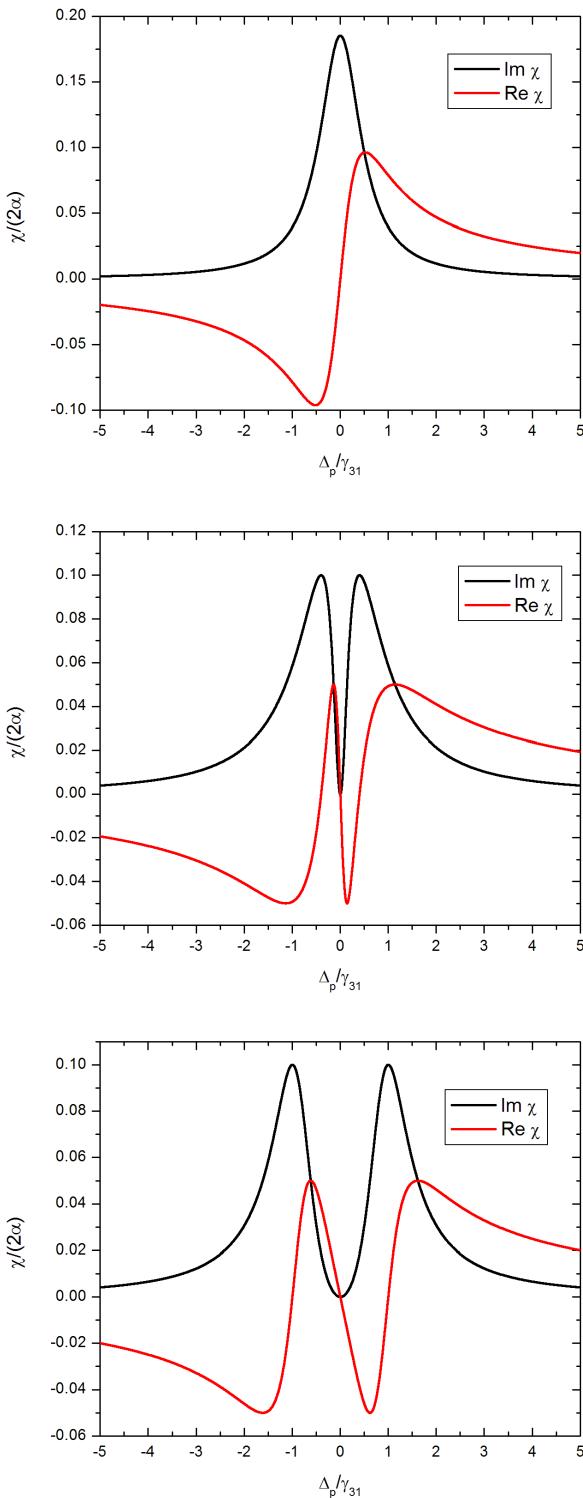
$$n_g - 1 = \alpha \left[\operatorname{Re} \rho_{21} - (\omega_{21} - \Delta_p) \frac{d}{d\Delta_p} (\operatorname{Re} \rho_{21}) \right] \quad (9b)$$

redom za Λ i lestvičastu konfiguraciju, gde je $\alpha = N d_{31(21)}^2 / (\varepsilon_0 \hbar \Omega_p)$. Nadalje ćemo raditi upravo sa veličinom $n_g - 1$.

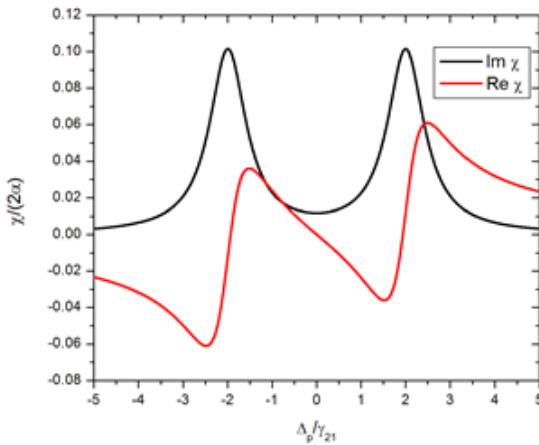
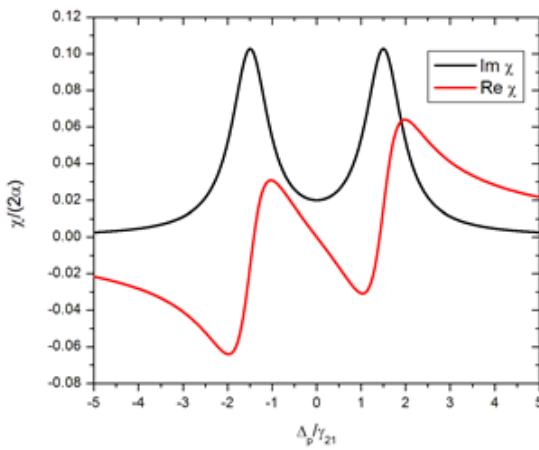
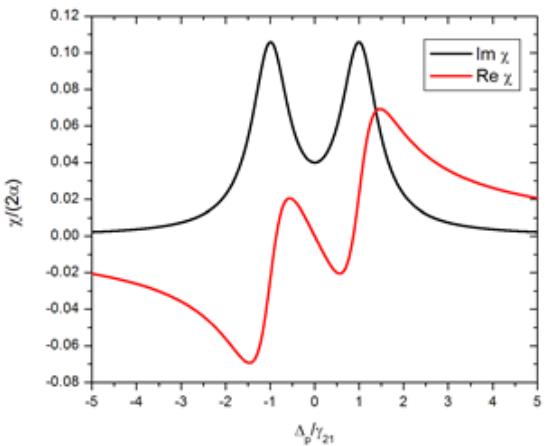
REZULTATI I DISKUSIJA

U ovom delu najpre ćemo se baviti efektom EIT u razmatrаниm konfiguracijama, a nakon toga ćemo proučavati ponašanje grupnog indeksa, odnosno veličine $n_g - 1$.

Na Slikama 2 i 3 predstavljena je zavisnost imaginarnog i realnog dela susceptibilnosti (tačnije, vrednosti ove veličine skalirane veličinom 2α , pri čemu je veličina α definisanom na kraju prethodnog odeljka) od razdešenosti sondirajućeg lasera za obe proučavane konfiguracije u slučajevima kada nema efekta EIT ($\Omega_c = 0$) i kada je on prisutan. Ovi grafici dobijeni su numeričkim rešavanjem sistema jednačina (4a) i (4b) u stacionarnom režimu, pri čemu su veličine u ovim sistemima skalirane u odnosu na koeficijent spontane emisije γ_{31} (Λ konfiguracija), odnosno koeficijent spontane emisije γ_{21} (lestvičasta konfiguracija). U svim izračunavanjima, bez obzira o kojoj konfiguraciji je reč, korišćena je ista vrednost Rabijeve frekvence sondirajućeg lasera $\Omega_p = 0.1\gamma_{31(21)}$ i ista vrednost razdešenosti kontrolnog lasera $\Delta_c = 0$. Za atomske frekvence ω_{31} i ω_{21} korišćene su vrednosti $2\gamma_{31}$ i $2\gamma_{21}$.

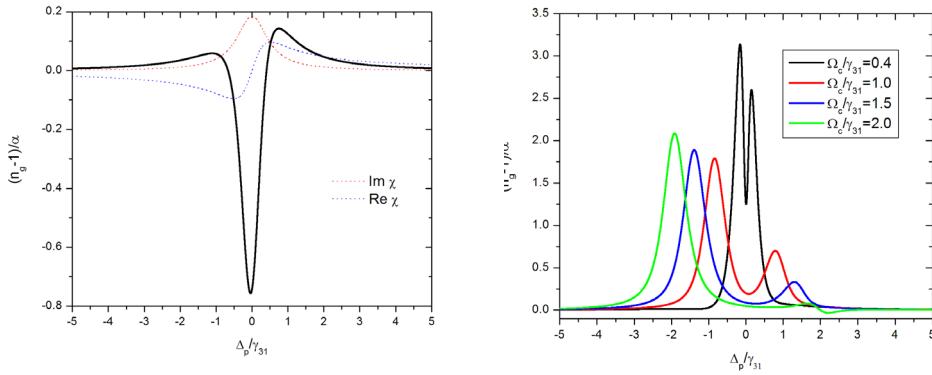


Slika 2. Zavisnost imaginarnog i realnog dela susceptibilnosti od Δ_p za atome u Λ konfiguraciji za $\Omega_c/\gamma_{31}=0, 0.4, 1.0$ (redom od vrha prema dnu).



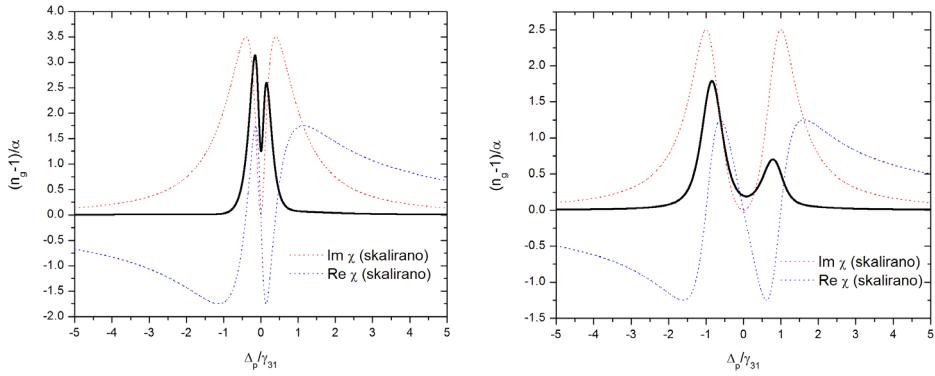
Slika 3. Zavisnost imaginarnog i realnog dela susceptibilnosti od Δ_p za atome u lestičastoj konfiguraciji za $\Omega_c / \gamma_{21} = 1.0$, 1.5, 2.0 (redom od vrha prema dnu).

Kada su ostvareni uslovi za pojavu navedenog efekta, na grafiku imaginarnog dela suseptibilnosti uočava se prozor transparentnosti, čija se širina povećava sa povećanjem Rabijeve frekvence kontrolnog lasera, za razliku od apsorpcionog maksimuma u slučaju kada efekat EIT nije realizovan. Očigledna je i razlika u ponašanju realnog dela susceptibilnosti sa promenom Δ_p u ovim slučajevima, koja se ogleda u promeni tipa disperzije iz normalne u anomalnu. Osim toga, uočava se promena nagiba ove krive unutar prozora transparentnosti – nagib postaje manji sa povećanjem vrednosti Ω_c . Značaj efekta EIT za kontrolu vrednosti grupnog indeksa najlakše je uočiti upoređivanjem grafika za Λ konfiguraciju predstavljenim na Slici 4. Ovi grafici dobijeni su numeričkim rešavanjem optičkih Blohovih jednačina (4a) u stacionarnom režimu. Da u daljoj analizi ne bi bilo zabune, treba reći da su uobičajene vrednosti veličine α reda 10^2 - 10^4 ili 10^5 .



Slika 4. Skalirana veličina $n_g - 1$ kao funkcija Δ_p za $\Omega_c = 0$ (levo) i $\Omega_c \neq 0$ (desno) za Λ konfiguraciju.

Kada efekat EIT nije uspostavljen, skalirana veličina $n_g - 1$ ima negativne vrednosti unutar apsorpcione linije, odnosno u okolini rezonantne frekvencije sondirajućeg lasera ($\omega_p \approx \omega_{31}$). U ovom frekventnom opsegu moguće je realizovati samo superluminalno prostiranje svetlosti, mada ga je skoro nemoguće i eksperimentalno potvrditi usled velike apsorpcije [11]. Nasuprot ovome, kada je EIT realizovan, skalirana veličina $n_g - 1$ ima pozitivne vrednosti unutar i oko prozora transparentnosti, što podrazumeva da je u ovom frekventnom opsegu ostvareno usporenje svetlosti sondirajućeg lasera, odnosno njeno subluminalno prostiranje. Uočava se da vrednost grupnog indeksa opada sa povećanjem vrednosti Ω_c . Da bismo ovakvo ponašanje razumeli u potpunosti, na Slici 5 izdvojeni su grafici za dve vrednosti Ω_c : $\Omega_c = 0.4\gamma_{31}$ i $\Omega_c = \gamma_{31}$, i na njima su istovremeno predstavljeni, srazmerno uvećani radi preglednosti, imaginarni i realni delovi susceptibilnosti.



Slika 5. Skalirana veličina $n_g - 1$ kao funkcija Δ_p za $\Omega_c/\gamma_{31} = 0.4$ (levo) i $\Omega_c/\gamma_{31} = 1.0$ (desno) za Λ konfiguraciju.

Grupni indeks, kao funkcija Δ_p , ima maksimume u blizini ili ispod samih apsorpcionih maksimuma i minimum u samom centru prozora transparentnosti, odnosno za $\Delta_p = 0$. Ova poslednja vrednost istovremeno predstavlja jednu od nula $\text{Re } \chi$ kao funkcije razdešenosti, dok se maksimumi grupnog indeksa nalaze vrlo blizu preostale dve nule funkcije $\text{Re } \chi$. Ovo su upravo tačke gde drugi sabirak u izrazu (7) dostiže svoje ekstremalne vrednosti, odnosno gde kriva $\text{Re } \chi$ ima velike nagibe. Kako se Ω_c povećava, to se nagib ove krive smanjuje, pa se samim tim smanjuje i vrednost minimuma grupnog indeksa unutar prozora transparentnosti. Treba napomenuti da maksimumi grupnog indeksa nisu od interesa, jer pri ovim vrednostima razdešenosti sondirajućeg lasera dolazi do znatne apsorpcije njegove svetlosti. Sa daljim povećanjem Rabijeve frekvence kontrolnog lasera, grupni indeks dobija negativne vrednosti u određenom opsegu razdešenosti, kao što je to slučaj sa krivom za $\Omega_c = 2\gamma_{31}$ na Slici 4. Za ovu vrednost Ω_c grupni indeks je negativan za sledeće vrednosti razdešenosti sondirajućeg lasera: $2\gamma_{31} < \Delta_p < 3\gamma_{31}$. Interesantno je primetiti da su ove frekvencije manje od rezonantne, atomske frekvencije.

Rešavanjem optičkih Blohovih jednačina (4a) u stacionarnom režimu u prvom redu teorije perturbacija po Ω_p , dobija se sledeći analitički izraz za odgovarajući matrični element matrice gustine

$$\rho_{31} = \frac{i\Omega_p}{\frac{1}{2}(\gamma_{31} + \gamma_{32}) + i\Delta_p - i\frac{\Omega_c^2}{\Delta_p - \Delta_c}} \quad (10)$$

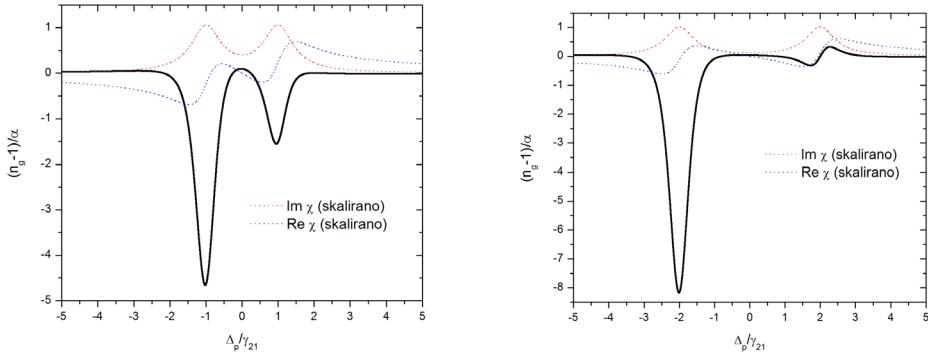
Nalaženjem realnog dela ovog izraza i njegovom zamenom u (8a) dobija se racionalna funkcija čiji brojilac je polinom šestog stepena, a imenilac polinom osmog stepena po Δ_p . Razvojem ove funkcije u Tejlorov red oko $\Delta_p = 0$ i zadržavanjem samo linearног člana, dobija se aproksimativni izraz koji može poslužiti za procenu vrednosti grupnog indeksa unutar prozora transparentnosti

$$n_g(\Delta_p) - 1 = \frac{2\alpha\Omega_p}{|\Omega_c|^2} (\omega_{21} - 2\Delta_p) \quad (11)$$

Rezultati, dobijeni primenom ove formule, pokazuju dosta dobro slaganje sa numerički

generisanim rezultatima u okolini minimum prozora transparentnosti. Takođe, na osnovu ovog izraza mogu se proceniti vrednosti veličina koje figurišu u njemu kako bi se svetlost sondirajućeg lasera što više usporila.

Na Slici 6 grafički je predstavljena zavisnost skalirane veličine $n_g - 1$ od Δ_p za lestvičastu konfiguraciju za dve vrednosti Rabijeve frekvence kontrolnog lasera, $\Omega_c = \gamma_{21}$ i $\Omega_c = 2\gamma_{21}$. Zajedno sa njima predstavljeni su, srazmerno uvećani, grafici imaginarnog i realnog dela susceptibilnosti koji se dobijaju za navedene vrednosti Ω_c . Svi ovi rezultati dobijeni su numeričkim rešavanjem optičkih Blohovih jednačina (4b) u stacionarnom režimu. Uočava se da je kod ove konfiguracije moguće postići usporavanje svetlosti samo unutar nekog malog opsega Δ_p unutar prozora transparentnosti, dok u većem delu grafika dominira kriva koja odgovara superluminalnoj svetlosti. Ovakva razlika između lestvičaste i Δ konfiguracije potiče od činjenice da je nagib disperzije krive, odgovoran za male vrednosti grupne brzine, znatno manji kod lestvičaste konfiguracije (uporediti Sliku 2 i Sliku 3).



Slika 6. Skalirana veličina $n_g - 1$ kao funkcija Δ_p za $\Omega_c/\gamma_{21} = 1.0$ (levo) i $\Omega_c/\gamma_{21} = 2.0$ (desno) za lestvičastu konfiguraciju.

I u slučaju lestvičaste konfiguracije moguće je, na isti način kao i kod Δ konfiguracije, rešavanjem optičkih Blohovih jednačina (4b), doći do izraza koji aproksimativno opisuje ponašanje grupnog indeksa u minimumu prozora transparentnosti ($\Delta_p \approx 0$)

$$n_g(\Delta_p) - 1 = \alpha \Omega_p \cdot \frac{\left(\frac{1}{4}\gamma_{32}^2 - \Omega_c^2\right)(2\Delta_p - \omega_{21})}{\left(\frac{1}{4}\gamma_{32}\gamma_{21} + \Omega_c^2\right)^2} \quad (12)$$

i koji pokazuje dobro slaganje sa numeričkim rezultatima za navedene vrednosti razdešenosti sondirajućeg lasera.

ZAKLJUČAK

U ovom radu proučavali smo ponašanje grupnog indeksa sredine za svetlost sondiranjućeg lasera. Pokazali smo da je kontrolu vrednosti grupnog indeksa moguće ostvariti promenom Rabijeve frekvence kontrolnog lasera. Upoređivanjem dve konfiguracije, Δ i lestvičaste, uočeno je da se kod obe konfiguracije usporavanje bez apsorpcije (Δ konfiguracija) ili sa redukovanim apsorpcijom (lestvičasta konfiguracija) postiže unutar prozora transparentnosti. U cilju efikasnijeg usporavanja svetlosti, potrebno je birati manje vrednosti Ω_c , pri kojima se uspostavlja efekat EIT jer je tada nagib disperzije krive veći. Ako se podsetimo da veličina a , kojom smo vršili skaliranje, može imati vrednosti i reda veličine 10^5 , to je naš teorijski model zadovoljavajući za opisivanje mehanizma usporavanja svetlosti do grupnih brzina reda veličine 10^3 m/s . Za objašnjavanje dobijanja vrednosti grupne brzine, navedenih u uvodu, koristi se složeniji model koji se bazira na drugim konfiguracijama i većem broju lasera.

LITERATURA

- [1] Lukin M. D. *Colloquium: Trapping and manipulating photon states in atomic ensembles*, Reviews of Modern Physics 2003, 74, 457-472
- [2] Boller K.-J., E., Imamoglu A. and Harris S. E. Observation of electromagnetically induced transparency, Physical Review Letters 1991, 66, 2593-2596
- [3] Marangos J. P. Electromagnetically induced transparency, Journal of Modern Optics 1998, 45, 471-503
- [4] Fleischhauer M., Imamoglu A. and Marangos J. P. Electromagnetically induced transparency: Optics in coherent media, Reviews of Modern Physics 2005, 77, 633-673
- [5] Hau L. V., Harris S. E., Dutton Z. and Behroozi C. H. Light speed reduction to 17 meters per second in an ultracold atomic gas, Nature 1999, 397, 594-598
- [6] Novikova I., Walsworth R. L. and Xiao Y. Electromagnetically induced transparency-based slow and stored light in warm atoms, Laser and Photonics Reviews 2011, 6, 333-353
- [7] Longdell J. J., Fraval E., Sellars M. J. and Manson N. B. Stopped light with storage times greater than one second using electromagnetically induced transparency in a solid, Physical Review Letters 2005, 95, 063601: 1-4
- [8] Akulshin A. M., Barreiro, S. and Lezama, A. Steep anomalous dispersion in coherently prepared Rb vapor, Physical Review Letters 1999, 83, 4277-4280
- [9] Steinberg A. M., Kwiat P. G. and Chiao R. Y. Measurement of the single-photon tunneling time, Physical Review Letters 1993, 71, 708-711
- [10] Wang L. J., Kuzmich A. and Dogariu A. Gain-assisted superluminal light propagation, Nature 2000, 406, 277-279
- [11] Boyd R. W. Slow and fast light: fundamentals and applications, Journal of Modern Optics 2009, 56, 1908-1915
- [12] Kim K., Moon H. S., Lee C., Kim S. K. and Kim J. B. Observation of arbitrary group velocities of light from superluminal to subluminal on a single atomic transition line, Physical Review A 2003, 68, 013810
- [13] Bae I.-H. and Moon H. S. Continuous control of light group velocity from subluminal to superluminal propagation with a standing-wave coupling field in a Rb vapor cell, Physical Review A 2011, 83, 053806
- [14] Dutta S. and Dastidar R. Control over group velocity in a three-level closed Λ system via spontaneously generated coherence and dynamically induced coherence, Journal of Physics B: At. Mol. Opt. Phys. 2007, 40, 4287-4306
- [15] Scully M. O. and Zubairy M. S. (1997): Quantum Optics. Cambridge University Press. Cambridge

CONTROL OF LASER LIGHT GROUP VELOCITY BY ELECTROMAGNETICALLY INDUCED TRANSPARENCY

Author: MILICA PERIĆ

Email: milica.peric1@pmf.edu.rs

Mentor: Full Prof. Ljiljana Stevanović

Department of Physics

Faculty of Sciences and Mathematics, University of Niš

Introduction: A possibility of slowing and storing laser pulses in a given medium, in other words, creating subluminal light, is of great interest for research in the fields of quantum optics and quantum informatics. The terms of subluminal and superluminal light are explained and a method for lowering group velocity of light using the effect of electromagnetically induced transparency is described.

Aim: Investigate the effect of the corresponding parameters on the laser light group velocity in order to find their domains where the group index achieves maximum values.

Material and Methods: A study of the interaction of the medium with the probe and control lasers is based on the model of atoms with three levels in the Λ and ladder configuration. By solving the optical Bloch equations for each of the configurations, the corresponding density matrix element is obtained, the real part of which serves to define the group index. These equations are solved numerically, as well as analytically in the first order theory of perturbations to the Rabi frequency of the probe laser.

Results: Changing the Rabi frequency of the control laser and spontaneous decay rates, the graphical dependence of the group index on the probe laser detuning is generated. Studying the influence of the mentioned quantities on graphic appearance, their values that support the subluminal propagation of probe laser light are found.

Conclusion: The presence of a control laser is responsible for the effect of electromagnetically induced transparency, which manifests itself in the formation of the transparency window in the absorption profile and steep dispersion curve within the window. Choosing the values of the corresponding quantities, it is possible to control the steepness of the dispersion curve and, accordingly, the value of the group index.

Keywords: subluminal light; superluminal light; electromagnetically induced transparency; group velocity; group index

DRUŠTVENI MEDIJI U FUNKCIJI RAZVOJA TURIZMA OPŠTINE ALEKSINAC

Autor: MATIJA MILIĆ

e-mail: jumpermaki@gmail.com

Mentor: Prof. dr Jelena Petrović

Departman za geografiju

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Nišu

Uvod: U turizmu kao važnoj privrednoj grani tercijarnog sektora, kao i u turizmologiji kao naučnoj oblasti, ekspanzija društvenih medija otvara neslućene mogućnosti. Pored ekonomskog aspekta turizma, sve aktuelniji etno, eko i grin (engl. green) trendovi koji zagovaraju povratak prirodi i zadovoljenje duhovnih potreba čoveka na platformama društvenih mreža nalaze svoje pristalice. Srbija kao turistička destinacija postaje sve aktuelnija. Isto se može reći i za njene pojedine regije, koji po prirodnoj lepoti, kulturnom i istorijskom nasleđu ne zaostaju za svetski poznatim destinacijama.

Cilj: Cilj rada je da se analizom društvenih medija kod nosilaca i korisnika turističkih usluga ukaže na njihovu ulogu u razvoju turizma opštine Aleksinac. Jedan od očekivanih ishoda rada bio bi u doprinosu osnaživanju turističkih potencijala ovog regiona i njegovoj boljoj pozicioniranosti na turističkoj mapi Srbije.

Materijal i metode: Naučno-analitički i deskriptivni metod, eksperimentalno istraživanje, analiza i evaluacija upitnika.

Rezultati: Najzastupljenije društvene mreže među turističkim organizacijama i pružaocima usluga u Aleksincu jesu Fejsbuk, Instagram i Jutjub. Većinom se koriste radi jačanja interesa za upoznavanje turističkih potencijala aleksinačke opštine, potom za privlačenje turističke klijentele, te za promovisanje proizvoda i usluga. Više od polovine ukupnog broja ispitanika se najčešće preko prijatelja ili poznanika informiše o turističkoj ponudi opštine Aleksinac, a manji deo preko društvenih mreža i tradicionalnih medija.

Zaključak: Turistički subjekti i nosioci usluga opštine Aleksinac ne koriste dovoljno prednosti i mogućnosti koje nude savremene društvene mreže. Veća vidljivost, angažovanost i tehnička podrška, uz prihvatljiv finansijski utrošak, doprineće osnaživanju i razvoju turizma u ovoj turističkim potencijalima bogatoj regiji.

Ključne reči: Društveni mediji; opština Aleksinac; turizam

UVOD

Prve dve decenije XXI veka obeležilo je ubrzano širenje i razvoj digitalnih tehnologija. Naučno-tehnološke inovacije unele su mnoge promene u sve sektore u domenu poslovanja, ali i u našu životnu svakodnevnicu. Danas je nezamisliva komunikacija bez mobilnog telefona, elektronske pošte, razmene „lajkova“ na društvenim mrežama.

Društveni mediji su doneli revoluciju i u ekonomskoj sferi i na globalnom tržištu ponude i potražnje. Socijalnu umreženost sve više prati potreba za ekonomskom efikasnošću. Ići u korak sa njima za nosioce turističke ponude i potražnje postaje uslov zado-

voljenja postavljenih ciljeva i iskazanih potreba. Zahvaljujući rastu opšte informatizacije, i do sada manje poznate, ali ne i manje atraktivne turističke destinacije, postaju pristupačne i vredne upoznavanja.

Predmet ovog istraživanja jesu društveni mediji u funkciji razvoja turizma opštine Aleksinac. Osnovni cilj istraživanja jeste da se proverom postavljenih hipoteza, naučno-analitičkim i deskriptivnim metodom, eksperimentalnim istraživanjem, kao i analizom i evaluacijom empirijskog dela istraživanja, steknu novi i detaljniji uvidi i zaključci o uticaju društvenih mreža na razvoj turizma u opštini Aleksinac. U tom pogledu, jedan od očekivanih ishoda rada bio bi u doprinosu osnaživanju turističkih potencijala ovog regiona i njegovoj boljoj pozicioniranosti na turističkoj mapi Srbije.

Polazne hipoteze su: 1) Diverzifikacija unutar društvenih medija rezultovala je pojmom popularnih društvenih mreža (Fejsbuk, Instagram, Jutjub, Twiter, Forskver), čija je tehnička podrška neizostavni aspekt u promovisanju i predstavljanju turističkih sadržaja opštine Aleksinac; 2) Empirijsko istraživanje na ciljnim grupama: nosiocima i korisnicima turističkih sadržaja Aleksinca, trebalo bi da ukaže na prednosti društvenih mreža u ovom domenu, ali i da skrene pažnju na slabosti i nedostatke kada je o turističkim potencijalima reč.

Prvu medijsku revoluciju predstavlja štampanje „Biblije“ 1455. godine Gutenbergovim štamparskim strojem [1]. Informacije su postale prenosive i lakše dostupne i to je činilo osnove za dalji napredak.

Druga medijska revolucija je nastupila nekoliko stotina godina nakon prve medijske revolucije. Tada se pojavljuju televizija i radio kao masovni elektronski mediji. Marketinške kampanje su se usmeravale na velike grupe ljudi, i oglašavanjem svojih proizvoda i usluga, privukli su njihovu pažnju. Broj elektronskih medija u domaćinstvima se sve više povećavao, a ljudi su verovali reklamnim sadržajima. Marketing vremenom dolazi u središte tržišnog poslovanja.

Treća medijska revolucija javila se krajem osamdesetih godina prošlog veka. Tada su Tim Berners-Li i Robert Kajo predstavili WWW (*World Wide Web*) internet servis. Ovaj internet servis čini sistem međusobno povezanih hipertekst dokumenata dostupnih preko interneta. Internet je postao nužnost savremenog poslovanja. U početku je postojalo nekoliko stotina internet korisnika, dok ih danas ima nekoliko milijardi [1].

Nastanak, korišćenje i razvoj društvenih mreža omogućila je pojava:

- interneta i računarskih mreža
- Web2.0 tehnologije
- društvenih medija
- društvenih softvera

Društveni mediji obuhvataju raznovrsne medije, poput blogova, veb-sajtova, mejla, soba za četovanje i sl. Đurić [2] navodi, preuzimajući od Kaplana i Henlajna, klasifikacionu šemu šest različitih tipova društvenih medija: Saradnički društveni projekti (engl. *Collaboration projects*) – npr. Vikipedija; Blogovi i mikroblogovi (engl. *Blogs and microblogs*) – npr. Tamblr, Twiter; Zajednica društvenih sadržaja (engl. *Content Network*) – npr. Jutjub; Sajtovi za društveno umrežavanje (engl. *Social networking sites*) – npr. Fejsbuk, Gugl+, Twiter; Virtualni svetovi društvenih igara (engl. *Virtual Game-Worlds*) – npr. World of Warcraft; Virtualni društveni svetovi (engl. *Virtual Social Worlds*) – npr. Second Life (66).

U uslovima razvoja novih tehnologija privredni subjekti prepoznali su mogućnosti za jačanje konkurentnosti, naročito putem marketinga koji se usmerava ka specifičnim ciljnim grupama. Prema pojedinim istraživačima [3], „rapidno širenje informacionih tehnologija je uticalo i na kvalitet i efikasnost turističke industrije i njenih usluga koje pruža potrošačima“ (103).

U „turizmu kao informaciono intenzivnoj delatnosti ključna tehnološka promena

nastala je razvojem telekomunikacija i kompjuterskih tehnologija“ [4] (67). Kako su društveni mediji rezultat inovativnih tehničko-tehnoloških promena i „tzv. treće tehnološke (naučne) revolucije“[5] (62), njihova uloga je neizostavno važna u turističkoj delatnosti. Prednost društvenih medija u odnosu na tradicionalne medije [4] u sledećim je karakteristikama: interaktivnost, pristupačnost, povezanost, kontrola (76). Tome treba dodati [6]:

- 1) „Visoku targetizovanost“, što podrazumeva olakšani pristup ciljnim grupama i tržištu.
- 2) „Merljivost“, koja se odnosi na upotrebu statističkih podataka i njihovu analizu u cilju praćenja i poboljšanja turističkih usluga.
- 3) „Pristupačnost“ i niske cene oglašavanja i promocije na društvenim mrežama, važan su ekonomski faktor zbog koga se turističke organizacije odlučuju za plasiranje i promociju svojih sadržaja na društvenim mrežama.
- 4) „Povećanje prepoznatljivosti i izgradnja imidža“
- 5) „Povećanje prometa i prihoda“
- 6) „Prikupljanje povratnih informacija i unapređenje poslovanja“ (7).

Budući da su naučno-tehnološke promene stalni i živi proces [5](70), u novije vreme pristupačnost turističkim sadržajima i informacijama, važnim, kako za poslodavca tako i za korisnika, znatno je olakšana zahvaljujući najnovijim generacijama tzv. pametnih mobilnih telefona. Sada svaki korisnik mobilnog telefona može u najkraćem roku doći do svih potrebnih informacija uz uštedu vremena i gotovo zanemarljiv utrošak novca.

Iako se iz navedenog može lako izvući zaključak o gotovo bezuslovnoj prednosti društvenih mreža u domenu turizma, još uvek postoje određene slabosti kada je o njihovoj upotrebni u turizmu reč. Tradicionalni načini turističke propagande sa stanovišta tehničkih sredstava (grafička, oglasna, projekciona, prostorno-plastična i lična sredstva [7] 183), još uvek nisu potpuno ustupila mesto društvenim medijima. To se posebno odnosi na stariju generaciju korisnika kojima društvene mreže i dalje predstavljaju nepoznanicu. Za ovu potrošačku grupu turističke informacije na društvenim mrežama ostaju nevidljive, budući da oni nisu njihova primarna ciljna grupa.

Iz perspektive poslodavca, stalne promene koje prate diverzifikaciju društvenih mreža i inovacije na njima mogu vršiti opresivnu ulogu i zahtevati neprestano prilagođavanje i modifikacije u cilju održivosti turističkog poslovanja.¹

Opština Aleksinac, sa istoimenim gradom kao administrativnim središtem, ima višestruku potencijale za razvoj turizma. Oni su sadržani u bogatom kulturno-istorijskom nasleđu i spomenicima od umetničkog i istorijskog značaja, kao što su: Manastir Sv. Stevan u Lipovcu, Spomen Crkva N. Rajevskog u Gornjem Adrovcu, Manastir Sv. Roman, spomenik ruskim dobromoljcima iz srpsko-turskih ratova. Pored toga, klimatske karakteristike, kao i brojna prirodna bogatstva (Bovansko jezero, rečni tokovi i termalni izvori, lovišta) i atraktivan geografski položaj (blizina Koridora 10), sve popularnije privredne manifestacije – jesu karakteristike koje ukazuju na „bogat turistički potencijal Aleksinca“ [8]. Većina turističkih brendova ovog regiona je usko povezana sa kulturno-istorijskim nasleđem, kao i prirodnim resursima kojima Aleksinac raspolaže.

U opštini Aleksinac izdvajaju se sportsko-rekreativni, kulturni i kombinovani turizam, manifestacioni, eko2 i etno-turizam, a takođe i izletnički i tranzitni tip turizma. Opštinska

¹ Na primer, Fejsbuk, koji je pre desetak godina bio najpopularnija društvena mreža među mlađima, danas nije u toj meri aktuelan i sve više ustupa mesto Instagramu. Takođe, uprkos prednostima društvene mreže Forksver, ona se kao relativno nova još uvek ne javlja među turističkim organizacijama u funkciji marketinškog alata i podrške.

² Prema Miličević, Petrović i Šuleić [9] „Ceballos-Lascurain je prvi postavio definiciju po kojoj eko-turizam predstavlja ekološki odgovorno putovanje i posetu relativno nedirnutim prirodnim oblastima, sa ciljem uživanja i divljenja prirodi (kao i svim pratećim kulturnim osobinama, iz prošlosti i sadašnjosti), i promovisanja konzervacije, sa malim negativnim utica-

organizacija za turizam i sport „OTIS“ (osnovana 2002) ima za cilj unapređenje i doprinos uspešnjem poslovanju privrede, obavljanje poslova promocije, propagande turizma kao i obavljanje delatnosti iz oblasti sporta. Organizacija priprema programe za razvoj turizma i sporta, podstiče unapređenje opštih uslova za prihvatanje i boravak turista u Aleksincu, podiže nivo kvaliteta turističkih sadržaja, obezbeđuje propagandno-informativna sredstva, priprema i organizuje niz raznih kulturno-istorijskih i sportskih manifestacija.

Najveći broj kulturno-umetničkih manifestacija u opštini Aleksinac realizuje se u organizaciji Centra za kulturu i umetnost u Aleksincu.³ U delokrugu njegove organizacije su pozorišni, filmski, muzički, književni i tribinski program, manifestacije i festivali, producijska aktivnost.

MATERIJALI I METODE

Kako bi se utvrdila uloga i značaj koji društvene mreže imaju u razvoju turističkih potencijala opštine Aleksinac, kao i njihova zastupljenost u poslovnim strategijama turističkih subjekata, odnosno, među fizičkim licima – posetiocima i potencijalnim turistima za datu regiju, sačinjena su dva upitnika. Oba upitnika su bila anonimna, postavljena na gugl disku, a odgovori i rezultati su automatski generisani. Ukupno je učestvovalo 25 ispitanika (4 za prvi Upitnik i 21 za drugi Upitnik). Ispitanici su pristupali upitnicima putem linka na društvenoj mreži Fejsbuk.

Eksperimentalno istraživanje je sprovedeno u toku septembra meseca 2021. Pitanja u upitnicima bila su usmerena ka ulozi društvenih medija u turističkom marketingu, rezervaciji smeštaja i odabiru turističkih sadržaja i destinacija.

Prvi upitnik (Upitnik 1) je bio namenjen turističkim organizacijama i pružaocima usluga. Na upitnik je odgovorilo 4 ispitanika. Upitnik se sastojao iz dva dela: pitanja na koja je trebalo odgovoriti i ponuđenih stavova za iskazivanje tvrdnje.

Pitanja u Upitniku 1:

1. Da li koristite društvene mreže radi promovisanja vaše turističke ponude?
2. Koje društvene mreže koristite u svrhu turističkog oglašavanja?
3. Koji je najčešći način rezervacije smeštaja/boravka kod Vas?
4. Koja je najvažnija uloga društvenih mreža u Vašem poslovanju?
5. Zaokružite mesečni iznos potrošnje za marketing na društvenim mrežama:

Stavovi u Upitniku 1:

1. Aktivnost na društvenim mrežama ne oduzima mnogo vremena u poslovanju.
2. Redovno ažuriramo sadržaje o našem poslovanju na društvenim mrežama.
3. Redovno se informišemo o potrebama posetilaca i turista u našoj opštini.
4. Redovno pratimo aktuelne trendove u turizmu i trudimo se da se prilagodimo njima.
5. Redovno analiziramo ocene korisnika naših sadržaja i uvažavamo njihove preporuke i komentare.
6. Redovno pratimo aktuelnosti u digitalnoj komunikaciji i trudimo se da budemo u toku sa inovacijama u toj oblasti.

jem posetioca i obezbeđenjem socioekonomskih koristi za lokalno stanovništvo koje je aktivno uključeno u ekoturistički biznis” (73).

³ Na zvaničnom sajtu ove organizacije <http://ckualeksinac.rs/> mogu se naći osnovni podaci o istorijatu i aktivnostima Centra.

Drugi upitnik (Upitnik 2) je bio namenjen potencijalnoj klijenteli – korisnicima turističkih sadržaja opštine Aleksinac. Sastojao se iz dva dela: pitanja opšteg tipa na koja je trebalo odgovoriti i ponuđenih stavova za iskazivanje tvrdnje. Na upitnik je odgovorio 21 ispitanik.

Pitanja u Upitniku 2:

Pitanja opšteg tipa:

1. Pol
2. Godine starosti
3. Nivo obrazovanja
4. Status
5. Zanimanje
6. Mesečni prihodi po domaćinstvu
7. Domaćinstvo u kome živite je

Posebna pitanja:

1. Koje turističke sadržaje ste posetili u opštini Aleksinac?
2. Da li koristite društvene mreže?
3. Koje društvene mreže koristite?
4. Društvene mreže najčešće koristite za:
5. Da li na društvenim mrežama objavljujete slike i/ili video-zapise sa turističkih putovanja?
6. Na koji način se najčešće informišete o turističkoj ponudi opštine Aleksinac?

Stavovi u Upitniku 2:

1. Društvene mreže su sastavni deo moje svakodnevice.
2. Informacije o turističkim sadržajima najpre nalazim preko društvenih mreža.
3. Na društvenim mrežama često razmenjujem utiske i iskustva o turističkim sadržajima.
4. Društvene mreže su mi važan izvor informisanja prilikom konačnog odabira turističke destinacije.
5. Uvek najpre pregledam zvaničnu internet stranicu turističke ponude, pre nego što se opredelim za konkretni sadržaj.
6. Na društvenim mrežama više poverenja imam u ocene korisnika o određenom turističkom sadržaju nego u zvanične informacije ponuđača.
7. Društvene mreže pružaju adekvatne informacije o turističkoj ponudi u opštini Aleksinac.
8. Društvene mreže mogu da doprinesu razvoju turizma u opštini Aleksinac.

REZULTATI

Rezultati upitnika za pružaoce turističkih usluga i ponuda

Sa stanovišta turističkog marketinga opštine Aleksinac, najzastupljenije društvene mreže koje u svom poslovanju koriste turističke organizacije i pružaoci usluga jesu Fejsbuk, Instagram i Jutjub, dok se ostale društvene mreže gotovo ne koriste.

Upitnik potvrđuje da se putem interneta i direktnom prodajom najčešće vrši rezervacija smeštaja i boravka u opštini Aleksinac, dok turistički subjekti u svom poslovanju ne

koriste posrednike, odnosno turističke agencije.

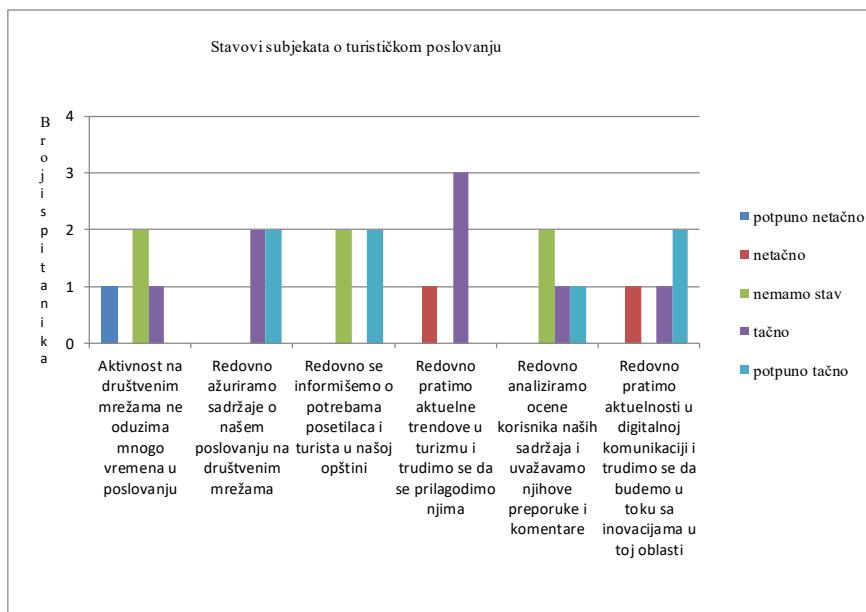
Iz Tabele 1 može se zaključiti da Turistička organizacija Aleksinca i ostali pružaoci usluga društvene mreže većim delom koriste radi osnaživanja interesa za upoznavanje turističkih potencijala aleksinačke opštine, potom za privlačenje turističke klijentele, te za promovisanje proizvoda i usluga.

Tabela 1. Uloga društvenih mreža u poslovanju ponuđača opštine Aleksinac

Uloga društvenih mreža u poslovanju	Broj ispitanika	Broj ispitanika (procentualno)
promovisanje proizvoda i usluga	1	25
veća pristupačnost i vidljivost na tržištu	0	0
privlačenje turističke klijentele	1	25
povećanje ekonomskog prosperiteta	0	0
povećanje interesa za upoznavanje turističkih potencijala opštine Aleksinac	2	50

Turistički subjekti se uglavnom oglašavaju besplatno ili troše do 10.000 dinara za marketing na društvenim mrežama na mesečnom nivou.

Sprovedena anketa o ispitivanju stavova subjekata pokazuje da Turistička organizacija i pružaoci usluga imaju ambivalentan ili nedefinisani stav u pogledu utrošenog vremena na društvenim mrežama, ali, takođe, i da redovno ažuriraju sadržaje o svom poslovanju na njima. Oni, takođe, navode i da redovno prate aktuelne trendove u turizmu i da se informišu o potrebama turista i posetilaca u aleksinačkoj opštini. Uglavnom analiziraju ocene korisnika njihovih sadržaja i uvažavaju njihove preporuke i komentare. Organizacija i pružaoci usluga redovno prate aktuelne trendove u turizmu i trude se da im se prilagođavaju.



Grafikon 1

Tabela 2. Najpoznatije Fejsbuk stranice ponuđača aleksinačke opštine

Naziv stranice	Link adresa stranice	Broj sviđanja stranice
Hotel „Bosfor“	https://www.facebook.com/bosphorushotel/	10.884
Hostel „Day Off“	https://www.facebook.com/Hostel-Day-Off	687
LU „Deligrad“	https://www.facebook.com/profile.php?id=100073379821236	21
PSK „Brđanka“	https://www.facebook.com/psk.brdjanka/	2018
Centar za kulturu i umetnost Aleksinac	https://www.facebook.com/ckualeksinac.rs/	4726
OTIS Aleksinac	https://www.facebook.com/otis.aleksinac/	1818
Bazen „Akvarijus“ u Žitkovcu	https://www.facebook.com/cafeclub.aquarius	5268

Izvor: <https://www.facebook.com/>

Iz Tabele 2 uočava se da su hotel „Bosfor“, bazen „Akvarijus“ i Centar za kulturu i umetnost u Aleksincu najviše aktivni na društvenoj mreži Fejsbuk, što potvrđuje broj sviđanja tih stranica. Drugi subjekti bi isto tako trebalo više da se aktiviraju na društvenim mrežama kako bi napredovali u svom poslovanju.

Pretragom društvenih mreža na kojima se oglašavaju nosioci turističkih usluga i ponuda opštine Aleksinac, i uvidom u načine promocije i prezentacije turističkih organizacija u Aleksincu na društvenim mrežama, došlo se do sledećih rezultata:

Centar za kulturu i umetnost na svom Jutjub kanalu ima 302 pratioca. Do sada je na ovom kanalu postavljeno 87 video-zapisa vezanih za razne predstave i koncerte u Aleksincu. Broj prikaza po video-zapisima varira. Neki video-zapisi imaju tridesetak pregleda, a neki i preko 3.000, što uglavnom zavisi od njihovog datuma postavljanja i popularnosti.

Ovaj centar ima zvaničnu Fejsbuk stranicu koju prati 4.786 osoba i na osnovu mišljenja 49 osoba koje je prate, stranica ima vrlo visoku ocenu preporuke (4,9 od 5). Centar za kulturu i umetnost organizuje događaje koje postavlja na svoju stranicu, što u velikoj meri doprinosi privlačenju klijentele. Ti događaji se pojavljuju u novostima svih korisnika koji prate stranicu i lako su im vidljivi.

Gradsko kulturno-umetničko društvo ima svoju stranicu na Instagramu i Fejsbuku. Na njima objavljuje slike i video-zapise raznih koncerata folklora koji se odvijaju u Centru za kulturu i umetnost u Aleksincu. Na Jutjubu nema svoj kanal, ali njihove video-zapise postavljaju drugi korisnici i na taj način utiču na povećanje broja posetilaca događaja koje organizuju.

Opštinska organizacija za turizam i sport (OTIS) svoje oglašavanje i reklamiranje vrši isključivo preko Fejsbuka i preko zvaničnog veb-sajta⁴ na internetu. Na Fejsbuku njihova stranica ima preko 1.800 pratilaca i sviđanja.

Sportski savez opštine Aleksinac, osim što ima svoj veb-sajt⁵, ima stranicu i na Fejsbuku. Stranicu prati više od 800 korisnika i ima najvišu ocenu preporuke (5 od 5). Na stranici objavljuje događaje u vidu objava, odnosno fotografija.

Planinsko-skijaški klub „Brđanka“ aktivan je na Fejsbuku i Instagramu, što potvrđuju broj sviđanja i broj pratilaca (više od 2.000 pratilaca na Fejsbuku). Na Fejsbuku objavljuje događaje koji su vezani za razne planinarske uspone (usponi na Rajac, Sokolov

⁴ <http://www.otisaleksinac.org/component/phocagallery/5-2015/detail/40-10956995-10153220074969813-391776467121649866-n>

⁵ <https://www.sportskisavezaleksinac.org.rs/>

kamen, Jastrebac), kao i fotografije sa tih uspona na navedenim društvenim mrežama. PSK „Brđanka“ imao je i svoj zvaničan sajt, ali on trenutno nije u funkciji.

Lovačko udruženje „Deligrad“ ima svoju stranicu na Fejsbuku i zvaničan sajt⁶, međutim imaju vrlo mali broj objava, kao i pratilaca.

Zavičajni muzej ima svoju Fejsbuk stranicu i Jutjub kanal, ali jako mali broj pratilaca.

Hotel „Bosfor“ u svom poslovanju od društvenih mreža koristi Fejsbuk, Instagram i WhatsApp⁷. Na Fejsbuku i Instagramu ima veliki broj pratilaca (više od 11.000 na Fejsbuku i više od 2.000 na Instagramu). Hotel ima zvaničan sajt⁸, ali on je dostupan samo na engleskom i turskom jeziku.

Kada je reč o hotelima i hostelima, na osnovu pregleda internet sajta Booking.com, utvrđeno je da je hotel „Bosfor“ (Bosphorus), što se tiče recenzija, ocenjen kao dobar (7,8 od 10), dok je sam odnos cene i kvaliteta nisko ocenjen za destinaciju Aleksinac.

Hostel „Day Off“ je izvanredno ocenjen u pogledu recenzija (9,2 od 10), a hotel Šumatovac je ocenjen veoma dobro (8,4 od 10).

Na Slici 1, pored lajkova, mogu se videti i brojni pozitivni komentari, kao i heštegovи, što potvrđuje zaključke o pozitivnim stavovima i utiscima o Bovanskom jezeru kao turističkoj destinaciji.



Slika 1 – Primer reakcija pratilaca na Instagram objavu vezanu za turizam opštine Aleksinac

Izvor: www.instagram.com/turizam_srbije

Slika 2 pokazuje tačan datum kreiranja Fejsbuk stranice hotela Bosfor, kao i lokacije zemalja i osoba koje upravljaju ovom stranicom.

⁶ <https://lovribolov.rs/members/acasvaba1/info/>

⁷ WhatsApp je društvena mreža koja najviše služi za obavljanje poziva i poruka preko interneta. Naročito je pogodan kod poslovanja na međudržavnom nivou.

⁸ <https://www.bosphorushotel.rs/>



Slika 2 – Transparentnost Fejsbuk stranice hotela „Bosfor“

Izvor: www.facebook.com

Rezultati upitnika za potencijalnu klijentelu

U pogledu rezultata ispitanika prema polu, od 21 ispitanika, njih 12 je bilo ženskog, a 9 muškog pola. Najveći ideo ispitanika ima između 19 i 25 godina, i sa visokim je obrazovanjem. Jedna trećina ispitanika su studenti, a druga trećina su stalno zaposleni, dok je ostatak nezaposleno, privremeno zaposleno, ili su učenici.

Najveći ideo ispitanika živi u tročlanom (jedna trećina), a 19% njih su u dvočlanom domaćinstvu, dok ostatak njih živi u jednočlanom ili višečlanom domaćinstvu (više od 3 člana). Najviše ispitanika živi u domaćinstvima koja imaju mesečnu zaradu veću od 70.000 dinara.

Na osnovu odgovora ispitanika o poseti turističkih sadržaja i manifestacija Aleksinca, može se zaključiti da čak 47,6% ispitanika nije posetilo nijedan sadržaj, 33,3% ispitanika je posetilo sportsko-rekreativne sadržaje, 19% ispitanika istorijske znamenitosti, dok su preostali ispitanici posetili ostale sadržaje.

Svi ispitanici koriste društvene mreže. Najviše ispitanika koristi Fejsbuk, Jutjub i Instagram, dok vrlo mali broj korisnika koristi Twiter, LinktIn (LinkedIn)⁹ i ostale društvene mreže.

Najveći broj ispitanika društvene mreže koristi za komunikaciju, a potom za zabavu i za informisanje o proizvodima i uslugama. Znatno manji broj ispitanika ih koristi za objavljivanje ličnih materijala (fotografije, video-snimci i sl.) i za profesionalno usavršavanje, dok ih najmanje njih koristi za igranje video-igara i ostale aktivnosti. Pritom, 57% ispitanika rekli su da objavljaju slike i video-zapise sa putovanja, dok ih ostalih 43% ispitanika ne objavljuje.

Više od polovine ukupnog broja ispitanika se najčešće preko prijatelja ili poznanika informiše o turističkoj ponudi opštine Aleksinac. Znatno manji deo njih se informiše preko društvenih mreža i tradicionalnih medija (novine, tv, radio), a samo jedna osoba je u ranijem periodu preko turističkih agencija dolazila do informacija o turističkoj ponudi.

Na osnovu ispitivanja klijentele u vezi sa stavovima o društvenim mrežama, može se zaključiti da većina ispitanika tvrdi da su društvene mreže deo njihove svakodnevnicice, kao i da preko njih najpre nalazi informacije o turističkim sadržajima.

⁹ LinktIn je poslovna društvena mreža, namenjena povezivanju poslodavaca i ljudi koji traže posao.

Tabela 3. Stavovi ispitanika o uticaju društvenih mreža na turističku ponudu opštine Aleksinac

	U potpunosti se neslažem	Neslažem se	Niti seslažem niti se neslažem	Slažem se	Upotpunostiseslažem
Društvene mreže mogu da doprinesu razvoju turizma u opštini Aleksinac	1	1	4	8	7
Društvene mreže pružaju adekvatne informacije o turističkoj ponudi u opštini Aleksinac	2	2	11	4	2
Na društvenim mrežama više poverenja imam u ocene korisnika o određenom turističkom sadržaju, nego u zvanične informacije stranice o turističkoj ponudi	2	2	6	8	3
Uvek najpre pregledam zvaničnu internet stranicu turističke ponude, pre nego što se opredelim za konkretni sadržaj	0	1	5	8	7
Društvene mreže su mi važan izvor informisanja prilikom konačnog odabira turističke destinacije	3	1	8	3	6
Na društvenim mrežama često razmenjujem utiske i iskustva o turističkim sadržajima	3	7	4	5	2
Informacije o turističkim sadržajima najpre nalazim preko društvenih mreža	1	1	6	7	6
Društvene mreže su sastavni deo moje svakodnevice	1	1	4	4	11
	Broj ispitanika				

Ispitanici navode da na društvenim mrežama ne razmenjuju često utiske i iskustva o turističkim sadržajima, dok samo manji broj njih to čini. Jedna polovina ispitanika tvrdi da su im društvene mreže važan izvor informisanja prilikom konačnog odabira turističke destinacije, dok druga polovina ispitanika nema stav o tome, ali zato velika većina ispitanika tvrdi da uvek najpre pregleda zvaničnu internet stranicu turističke ponude, pre nego što se opredeli za konkretni sadržaj. Ispitanici većinom tvrde da na društvenim mrežama imaju više poverenja u ocene korisnika o turističkom sadržaju, nego u zvanične informacije ponuđača. Što se tiče činjenice da društvene mreže pružaju adekvatne informacije o turističkoj ponudi u opštini Aleksinac, većina ispitanika je neutralna po tom stavu, ali zato velika većina njih tvrdi da društvene mreže mogu doprineti razvoju turizma u aleksinačkoj opštini.

DISKUSIJA

Iako je eksperimentalno istraživanje obavljeno na relativno malom uzorku, dobijeni rezultati ukazuju na potencijalne slabosti, prednosti, mogućnosti i izazove kada je reč o ulozi društvenih mreža u jačanju turističkog potencijala Aleksinaca.

Na osnovu rezultata dobijenih uvidom u aktivnosti turističkih subjekata i klijenata i eksperimentalnog istraživanja (Upitnik 1 i Upitnik 2), može se zaključiti da se društvene mreže u promovisanju Aleksinaca kao turističke destinacije ne koriste u svom maksimalnom obimu, posebno u pogledu navedenih prednosti. Da bi se dostigla veća pristupačnost i vidljivost na tržištu i time povećao ekonomski prosperitet, mora se više računati na potencijalni učinak društvenih mreža. Dostizanje većeg broja realnih pratilaca stranica koje se bave ponudom Aleksinaca može doprineti stvarnom povećanju broja posetilaca turističkih motiva i manifestacija u Aleksincu. Takođe je potrebno uložiti veću količinu novčanih sredstava u marketinške svrhe da bi se stekla veća popularnost turističke ponude Aleksinaca i njegove okoline. Novi trendovi u turističkom marketingu, kao što je „holistički marketing“ [4] (9), nužno zahtevaju veću fleksibilnost i prilagođavanje nosilaca turističkih sadržaja inovacijama i zahtevima konkurentskog tržišta.

Kada je o stavovima i aktivnostima potrošača reč, rezultati anketa u većoj meri potvrđuju učinak digitalnog marketinga koji „počiva na prihvatanju tehnoloških promena“ [4]. Prema Popesku [4], takve „promene u ponašanju potrošača“ prate sledeće karakteristike: međupovezanost, pretvaranje potrošača u aktera, povećanje filtriranosti informacija, rast prikupljanja informacija, povećanje mikro-objava ličnih sadržaja i broja „prosumera“, mogućnost brzog, mikro-zadovoljenja potreba (76).

Na osnovu celovitog uvida nakon sprovedenog istraživanja na izabranom materijalu, sačinjena je SWOT analiza turističkih potencijala opštine Aleksinac.

SWOT¹⁰ Analiza uticaja društvenih medija na turističke potencijale opštine Aleksinac

JAKE STRANE	SLABE STRANE
- pozitivan stav turističkih subjekata i potencijalnih korisnika turističkih sadržaja prema društvenim medijima - ubrzan tehnološki napredak - laka dostupnost i pristupačnost društvenih mreža - relativno mali finansijski troškovi prilikom digitalnog marketinga - brzi protok informacija	- nedovoljna edukacija zaposlenih u turizmu u domenu informacionih tehnologija - nedovoljna primena savremene tehnologije - nedovoljno praćenje inovacija u digitalnom marketingu - nedovoljna aktivnost turističkih subjekata u digitalnom okruženju - nepostojanje platforme za dugoročni i održivi marketing putem društvenih medija
MOGUĆNOSTI	PRETNJE
- interes za praćenja trendova u digitalnom marketingu - korišćenje prednosti interaktivne komunikacije sa potencijalnim potrošačima preko društvenih medija - veća popularnost društvenih medija u odnosu na tradicionalne medije - sveprisutnost društvenih mreža u svakodnevici - jačanje poverenja potencijalnih turističkih korisnika u informacije na društvenim mrežama - oslanjanje nosioca turističkih usluga na sopstvene marketinške kapacitete i izbegavanje posrednika	- ekonomski posledice na lokalnom i državnom nivou izazvane globalnim krizama (primer aktuelne pandemije kovid-19) - tehnološko zaostajanje u turističkom marketingu - slab interes za alternativne oblike turizma ili savremene turističke trendove - nekontinuirano praćenje posećenosti korisnika u virtuelnom prostoru - gubitak klijentele u starijoj populaciji usled odustajanja od turističkog marketinga na tradicionalnim medijima - zloupotreba društvenih medija, nelojalna konkurenca, širenje lažnih objava („fake news“)

¹⁰ SWOT – Strengths (jake strane), Weakness (slabe strane), Opportunities (mogućnosti), Threats (pretnje).

ZAKLJUČCI

Iako opština Aleksinac, sa istoimenim gradom kao administrativnim središtem, ima višestruke potencijale za razvoj turizma, turistički subjekti i nosioci usluga u ovoj opštini još uvek ne koriste dovoljno prednosti i mogućnosti koje nude savremene društvene mreže. Može se prepostaviti da bi veća vidljivost, angažovanost i tehnička podrška, uz prihvatljiv finansijski utrošak, bili prvi korak ka osnaživanju i razvoju turizma u ovoj turističkim potencijalima bogatoj regiji. Uz to, postojećim strateškim platformama lokalne vlasti mogu predvideti participiranje u turističkoj ponudi na republičkom nivou (npr. uvođenjem popularnih vaučera za ovu destinaciju ili neki njen vid turizma). Nema sumnje da bi se sinergijom zvaničnih administrativnih subjekata, tehničke podrške društvenih medija, profesionalnih udruženja, turizmologa stručnjaka, kao i svih bivših i potencijalnih turista, mogao postići najbolji učinak u turističkom razvoju Aleksinca i okoline.

LITERATURA

- [1] Grljušić, A., Društveni mediji kao ključan faktor prilikom odabira turističke destinacije – Diplomski rad, 2016. <https://core.ac.uk/download/pdf/197790792.pdf> 2021-09-09.
- [2] Đurić, Z. Značaj komunikacije putem društvenih medija u hotelijerstvu. TIMS Acta, 2018, 12, 65–74.
- [3] Naumović M., Živković R., Njeguš A, 2018. Uticaj internet distributivnih kanala na promociju i prodaju usluga u hotelijerstvu. Ekološke inovacije u turizmu i hotelijerstvu u funkciji unapređenja konkurentnosti na turističkom tržištu. HOTELSKA KUĆA. XI Međunarodna naučno-stručna konferencija. Zbornik radova: INOVACIJE U HOTELIJERSTVU I TURIZMU, 2018, Hores, Beograd. 103–115.
- [4] Popesku, J. (2018): Marketing u turizmu i hotelijerstvu. Univerzitet „Singidunum“. Beograd.
- [5] Stefanović, V., Gligorijević, Ž., (2010): Ekonomika turizma. Swen, Niš.
- [6] Stojković, M. (2013): Primena društvenih mreža u turizmu i ugostiteljstvu. Tourism Management and Consulting. <https://www.turizamiputovanja.com/besplatni-prirucnik-primena-drustvenih-mreza-turizmu-ugostiteljstvu/08.009.2021>.
- [7] Unković, S. (2001): Ekonomika turizma. Savremena administracija. Beograd.
- [8] Vučković, Jelena. N. Upravljanje strategijom turističkog razvoja Nišavskog okruga – Master rad. 2013. https://www.pmf.ni.ac.rs/download/master/master_radovi_geografija/geografija_master_radovi/2013/2013-10-30-vj.pdf 09.09.2021.
- [9] Milićević, S., Petrović J., Šuleić, J., 2017. Ekološke inovacije u turizmu i hotelijerstvu u funkciji unapređenja konkurentnosti na turističkom tržištu. HOTELSKA KUĆA. XI Međunarodna naučno-stručna konferencija. Zbornik radova: INOVACIJE U HOTELIJERSTVU I TURIZMU. 2018. Hores, Beograd. 68–78.

SOCIAL MEDIA AS FACTOR OF TOURISTIC DEVELOPMENT IN MUNICIPALITY OF ALEKSINAC

Author: MATIJA MILIĆ

Email: jumpermaki@gmail.com

Mentor: Assoc. Prof. Jelena Petrović

Department for Geography

Faculty of Science and Mathematics, University of Niš

Introduction: In tourism as an important economic branch of the tertiary sector, as well as in tourism as a scientific field, the expansion of social media opened up unimagined possibilities. In addition to the economic aspect of tourism, the ethno-, eco- and green trends that advocate the return to nature and the satisfaction of human spiritual needs are finding their supporters on the platforms of social networks at an increasing rate. In such a context, Serbia as a tourist destination is becoming increasingly relevant itself. The same may be said for some of its individual regions, which do not lag behind the world-famous destinations in terms of natural beauty, cultural and historical heritage.

Aim: The goal of this paper is to analyze the social media used by providers and users of tourist services, in order to point out their role and importance in the development of tourism in the municipality of Aleksinac. One of the expected outcomes is contribution to the reinforcement of tourist potentials of this region and its better positioning within the tourist map of Serbia.

Material and Methods: Scientific-analytical and descriptive method, experimental research, analysis and evaluation of questionnaires.

Results: The social networks most commonly used by tourist organizations and service providers in Aleksinac for their business purposes are Facebook, Instagram and YouTube. They are mostly used to strengthen public interest in exploring the tourist potentials of the Aleksinac municipality, then to attract a tourist clientele, and finally, to promote products and services. As far as the clientele is concerned, more than half of the total number of respondents stated that they are generally informed about the tourist offer of the municipality of Aleksinac through friends or acquaintances, and just a smaller part through social networks and traditional media.

Conclusion: The firms and service providers in the tourism industry of the municipality of Aleksinac are not using the advantages and opportunities offered by modern social networks to their full potential. Greater visibility, engagement and technical support, with acceptable financial investment, may be the necessary first step towards strengthening and further development of tourism in this region known for high tourism potential.

Keywords: social media; municipality of Aleksinac; tourism

OPIS POSTUPAKA I IDEJA ZA KONSTRUKTIVISTIČKI TIP NASTAVE GEOGRAFIJE

Autor: MILICA CRNOBRNJA

e-mail: knezevicmilica343@gmail.com

Mentor: Prof. dr Mladen Trifunović

Naziv ustanove u kojoj je obavljeno istraživanje: OŠ „Sveti Sava” Novi Grad

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Banjoj Luci

Uvod: Ovaj rad, pored objašnjenja konstruktivizma kao pravca u didaktici, pružiće čitaocu opis nekoliko specifičnih kreativnih postupaka i ideja izvođenja nastavnog časa u kojem bi trebalo da uživaju i nastavnik i učenik.

Cilj: Cilj rada jeste da se kroz opis konstruktivizma, postupaka i ideja za konstruktivistički tip nastave geografije, podigne svijest o značaju ovog tipa nastave, svrsi naučenog gradiva, kao i o važnosti životnog iskustva učenika koje treba da se koristi u procesu učenja.

Materijal i metode: Deskriptivni metod, analiza, sinteza, komparacija, klasifikacija, sistematizacija, statistički metod.

Rezultati: Učenici su pozitivno reagovali na ovaj tip nastave. Željni su da imaju više ovakvih nastavnih časova, ne samo iz geografije već i iz drugih nastavnih predmeta.

Zaključak: Navedeni rad ponudio je opis postupaka scenarija, misterije i živog grafa, te opis ideja za planiranje nastavnog časa na kreativan način konstruktivističkog karaktera. Navedeni postupci traže veće angažovanje kako nastavnika tako i učenika. Krajnji rezultat jeste konstruisano znanje od strane učenika, kojem će vrlo lako naći primjenu u životnom iskustvu.

Ključne riječi: Konstruktivizam; socijalni; individualni; misterije; scenario; živi graf; ideje; nastavnik; učenik; životno iskustvo

UVOD

Osnovna odlika konstruktivizma je u tome što učenik sam konstruiše znanje na osnovu vlastitog iskustva, a nastavnik preuzima ulogu asistenta, koji usmjerava učenika na pravi put. Učenje je vrlo samostalno, a odgovornost učenika prema sopstvenom znanju i učenju je velika. U ovom radu je, pored objašnjena konstruktivizma kao pravca u didaktici, predstavljen opis nekoliko specifičnih kreativnih postupaka i ideja izvođenja nastavnog časa u kojem treba da uživaju i nastavnik i učenik. Cilj rada jeste da se kroz opis konstruktivizma, postupaka i ideja za konstruktivistički tip nastave geografije podigne svijest o značaju ovog tipa nastave, svrsi naučenog gradiva, kao i o važnosti životnog iskustva učenika, koje treba da se koristi u procesu učenja. Postupci su pisani na osnovu praktikuma „Thinking through geography“ David-a Leat-a iz 1998. god.

MATERIJAL I METODE

Kao glavni izvor literature, pored gore spomenutog praktikuma, poslužio je master rad autora ovog djela, za čije svrhe je izvršeno istraživanje. Naziv master rada je *Razvoj*

prostornog mišljenja u nastavi geografije, čije je težište predstavljenje konstruktivističkih postupaka i njihova primjena u predmetnoj nastavi, s ciljem razvoja prostornog mišljenja. Autor je izvršio istraživanje u osnovnoj školi „Sveti Sava“ u Novom Gradu, gdje je održano nekoliko nastavnih (konstruktivističkih) časova i provedena je anketa o tome koliko se učenicima svida pomenuti tip nastave. Treba istaći da je uloženo mnogo truda da bi nastavni postupci bili kreativni i interesantni učenicima, te održavali motivaciju učenika tokom nastavnih časova, sa ciljem razvoja prostorne inteligencije i korištenjem životnog iskustva kao jedne vrste početnog znanja, na koje se konstruisalo novo znanje. Veoma je važno napomenuti da su zbog otežane epidemiološke situacije (kovid-19) nastavni časovi trajali 20 minuta. Metode koje su korištene su: deskriptivni metod, analiza, sinteza, komparacija, klasifikacija, sistematizacija, statistički metod.

REZULTATI

Učenici su pozitivno reagovali na konstruktivistički tip nastave. Željeli bi da imaju više ovakvih nastavnih časova, ne samo iz geografije, već i iz drugih nastavnih predmeta. Na početku im je bilo malo neobično da se na nastavnom času geografije piše priča, koriste informacije iz životnog iskustva, pominju priče baka i djedova. Dakle, potrebno je još mnogo časova da se realizuje, da bi svi učenici mogli da povezuju životno iskustvo sa gradivom, da ih iskustvo i znanje koje već posjeduju usmjerava ka novom, te da postanu odgovorni za sopstveno „konstruisanje znanja“.

KONSTRUKTIVIZAM

Konstruktivizam je pravac koji je istovremeno teorija o učenju i teorija o znanju [1].

Plut Pregelj navodi sljedeće odlike konstruktivizma u nastavi:

1. Učenici grade, odnosno „konstruišu“ svoje znanje;
2. Nastavna jedinica zahtijeva interakciju, mentalne aktivnosti, napore, saradnju, poštovanje različitosti i suočavanje sa životnim problemima kako bi svoje znanje oblikovali na smislen, trajan i praktičan način;
3. Polazište je prethodno znanje, stavovi, interesovanja;
4. Individualna odgovornost: nastavnik je odgovoran za nastavu i shodno tome za formiranje učenikovog znanja; student za učenje i njegovo znanje [2].

Postoji mnogo konstruktivističkih teorija o učenju. Filips izdvaja tri aspekta konstruktivističkog učenja, a to su:

- Individualno i socijalno konstruisanje znanja;
- Stvaranje ili otkriće;
- Intelektualno ili fizičko konstruisanje znanja [1].

U moru teorija kojima se pokušava objasniti priroda znanja, načini njegovog pronalaženja, usvajanja i najefikasnije primjene, socijalni konstruktivizam ističe se kao jedan od najpotencijalnijih pristupa prema autorima Đoršić i Škrbić, a u tome su saglasni Džinkić i Milutinović. Zagovornici socijalnog konstruktivizma polaze od toga da je znanje socijalni proizvod, te zbog toga pridaju veliki značaj grupnom, odnosno timskom radu u kojem se učenici uključuju u dijalog i uče da izražavaju svoje mišljenje. Jedan od oblika grupnog rada je kooperativna nastava koja zahtijeva zajedničko odlučivanje, komunikaciju, umijeće vođenja dijaloga, prihvatanje odgovornosti za svoje odluke i postupke, kao i za ostvarene konačne rezultate. U okviru kooperativne nastave, naglasak je na solidarnosti, odgo-

vornosti za drugoga, osjećaju za zajednički rad, pružanje pomoći, odsustvo suparništva. Održavajući potrebu za timskim radom, socijalni konstruktivisti veliki naglasak stavljuju na saradnju učenika u nastavi, a ne na takmičenje i konkurenčiju. Nastavnik pomaže učeniku u procesu „konstrukcije znanja“ tokom nastavnog procesa. U školi orijentisanoj ka saradnji, nastava je usmjerena na procese rješavanja problema i podrazumijeva zajedničko rješavanje. Težište socijalnog konstruktivizma čine interpsihički procesi, odnosno razgovor između dvije ili više individua. Znanje se razvija i gradi, odnosno konstruiše komunikacijom i interakcijom pojedinca sa okolinom.

Vigotski, kao jedan od istaknutih predstavnika socijalnog konstruktivizma, za kognitivni razvoj svake individue ističe uticaj jezika i kulture. Riječ je o uvjerenju da kroz jezik i kulturu ljudi stiču iskustvo, komunikaciju, percepciju i razumijevanje svijeta oko sebe. Dakle, socijalni konstruktivizam pridaje veliki značaj uticaju društva i kulture na proces učenja [3].

Prema zagovornicima individualnog konstruktivizma, učenje predstavlja proces samoregulacije putem refleksije, a znanje se konstruiše izvan uticaja socijalno-kulturnog konteksta. Individualni konstruktivizam predstavlja sistem objašnjenja na koji način učenik kao pojedinac rekonstruiše i usvaja znanje. Korijeni individualnog konstruktivizma temelje se na teoriji kognitivnog razvoja Pijažeа, koji smatra da učenik aktivno rekonstruiše znanje na individualan način. Njegovo shvatanje kognitivnog razvoja ima veliki uticaj na učenje i nastavu, te predstavlja osnovu za razvoj učenja putem otkrića. Znanje se u tom slučaju posmatra kao proaktivna konstrukcija organizma koji vrši saznanje. Učenik se posmatra kao aktivna pojedinac koji konstruiše nove saznajne forme. Učenjem se omogućava nastajanje novih struktura i unapređivanje starih [3].

Primjer: Na osnovu iskustva (ličnog iskustva, priča bake i djeda, filmova, obilazaka muzeja) učenici znaju kakve su narodne nošnje karakteristične za područje Krajine (stare strukture). Na osnovu toga, učenik „konstruiše novo znanje“ odnosno kakva je narodna nošnja karakteristična za područje Manjače, koje su sličnosti i razlike. Na kojim se svečanostima oblačila i da li danas postoji neka manifestacija s ciljem obrazovanja mladih generacija o tome šta je nekad bilo sastavni dio tradicije našeg naroda (nastajanje novih i unapređivanje starih struktura).

Dakle, u nastavi je potrebno uvažiti individualne razlike i prilagoditi se njihovom kognitivnom razvoju i onome što već znaju.

Konstruktivistički pristupi poučavanju i učenju prvo se javljaju u nastavi matematike i prirodnim naukama, a kasnije su se širili i u drugim naučnim oblastima. Sa konstruktivističkog aspekta, nastava nije samo prenos informacija na pasivnog primaoca, već se akcenat stavlja na učenika koji informacijama daje smisao i omogućava da se u njima odvija promjena i pronađe primjena. Interakcija između učenika i nastavnika od neprocjenjive je važnosti u nastavi [3].

PROMJENA ULOGE NASTAVNIKA U KONSTRUKTIVISTIČKOJ PARADIGMI UČENJA

Priroda učenika naglašava njegovu radoznalost. Zadatak nastavnika je da njeguje tu radoznalost i pobrine se da je školski sistem ne potisne. U isto vrijeme, nastavnik mora znati kako da izazove i usmjeri dječije otkriće, kako da izvuče njegove ideje, mišljenja itd. U tom smislu, danas su nastavnik i učenik predstavljeni kao partneri u procesu učenja, a u okviru ovog odnosa nastavnik je taj koji sve više preuzima ulogu vodiča, ali ne predstavlja glavni izvor znanja. Dakle, omogućava aktivno učešće učenika, traži i podstiče unutrašnju motivaciju, omogućava i uči međuljudskim vještinama. U „tradicionalnoj školi“ učitelj je bio apsolutni vođa. Njegov zadatak je bio da organizuje i vodi nastavu, ne uzimajući

u obzir učenika, njegove specifičnosti, sposobnosti, razvojne mogućnosti, potrebe, želje, interesovanja. Prekinut je odnos u didaktičkom trouglu (učenik, nastavnik, nastavni sadržaj). U „novoj školi“, uloga nastavnika i njegovog rukovodstva trebala bi da se značajno mijenja. Odnos u didaktičkom trouglu nagnuo se u korist učenika. Nastavnik bi trebalo da utvrdi put učenja učenicima kako bi učenje učinio lakšim i zabavnijim. Njegova glavna uloga jeste da bude asistent kada učenicima treba pomoći i usmjeriti na pravi put [4].

Kvalitet nastavne jedinice zavisi od toga koliko i kako učenici učestvuju na časovima. Povjerenje nastavnika u učenike ogleda se u omogućavanju samostalnog rada, gdje učenici izražavaju svoja mišljenja koja se uzimaju u obzir u daljem radu. Važno je da nastavnik učenicima omogući dovoljno vremena da razmisle prije nego što odgovore, a zatim im daje povratne informacije o ispravnosti odgovora. Pohvala djeluje stimulativno za dalju saradnju i učenje [4].

U procesu konstruktivističke nastave, uloga nastavnika je da obezbjeđuje situacije i uslove kroz koje učenici uče iz vlastitog iskustva, pomoći rješavanja problema i kroz kritičko, analitičko i kreativno razmišljanje i odnošenje prema sadržaju. Nova uloga nastavnika posebno dolazi do izražaja u kreiranju sredine za učenje, što pospješuje razvoj kognitivnih sposobnosti kod učenika, podstiče motivaciju za učenje, omogućava uspješan tok učenja, unapređuje samostalan rad, kao i saradnju i komunikaciju. Dakle, pod uticajem konstruktivizma i stava da se učeniku znanje ne može dati niti direktno prenijeti, uloga nastavnika nije da predaje, već da organizuje i vodi proces učenja. Prema tome, nastavnik se ne nalazi u centru pažnje, već se u središtu nastavnog procesa nalaze aktivnosti učenika, kao subjekata u vaspitno-obrazovnom procesu. Nastavnik treba da, zanemari svoju ulogu predavača i prihvati inicijativu da traži smislene veze, formuliše pitanja, analizira i daje odgovarajuće odgovore. Od nastavnika se očekuje da učenje dovodi u vezu sa realnim i postojećim problemima i iskustvima iz života. Ova koncepcija podrazumijeva uključivanje učenika u dijalog, ohrabrivanje da postavljaju pitanja, kao i oblikovanje uslova da uz samopouzdanje iznose svoje ideje i kreiraju nova shvatnja. Dakle, aktivna uloga nastavnika nije zanemarena i sastoji se u tome da pomogne učeniku da konstruiše znanja koja će proces učenja učiniti dinamičnjim, interesantnjim, zabavnijim, primjenjivim, poput aktivnosti rješavanja problema i istraživanja [3].

U osnovnoj školi „Žarko Zrenjanin“ u Zrenjaninu, 2017. godine izvršeno je istraživanje čiji su uzorak činili nastavnici i učenici ove škole [3].

Ispitivač je prisustvovao nastavnim časovima koji su se odvijali kao i obično, te je bilježio zastupljenost konstruktivističkih elemenata u klasičnoj nastavi.

Cilj istraživanja bio je da se utvrdi prisutnost elemenata konstruktivističke nastave sa težištem na proučavanje otvorenosti nastavnika za primjenu različitih metoda rada i saradnju sa učenicima u toku procesa učenja [3].

Rezultati istraživanja pokazuju da:

- Jedna trećina uključuje primjenu elemenata konstruktivizma u obradi nastavnog sadržaja, dok je na dvije trećine časova prisutan tradicionalni način.
- Na ovim časovima uočen je interaktivni tip rada nastavnika, te otvorena komunikacija i saradnja sa učenicima.
- Tri nastavna časa od deset mogla bi se okarakterisati kao konstruktivistička, u čijim okvirima je prisutan više socijalni konstruktivizam u odnosu na individualni. Saradnja među učenicima, spontano formiranje grupa i zajedničko rješavanje problema su zapažene odlike koje potvrđuju dominantno prisustvo socijalnih elemenata konstruktivizma.
- Posmatranjem tradicionalnog načina rada, uočeno je da su učenici na ovim časovima mirni, tihi i da samostalno rade zadatke. Pasivni su i ne postavljaju pitanja, ne učestvuju u procesu učenja jer nisu ni dobili priliku da se angažuju. Na ovim časovima, uočeno je odsustvo interakcije i međusobne komunikacije, što je veoma

loše. Primijećeno je da su u okviru nastavnih časova u kojima su prisutni elementi konstruktivističke nastave učenici u većoj mjeri zainteresovani za nastavne časove. Zapažena je sloboda iznošenja vlastitog mišljenja, mogućnost kreiranja znanja, radoznalost i zainteresovanost za obradu nastavnog sadržaja, te učenje kroz vlastito iskustvo [3].

Primjena elemenata konstruktivizma u nastavnom procesu olakšava uključivanje učenika u proces konstrukcije znanja, podstiče radoznalost te usmjerava i zadržava njihovu pažnju na nastavni sadržaj. Rezultati istraživanja na ispitanom uzorku pokazuju da se u školskoj praksi dovoljno ne koriste karakteristike konstruktivističkog poučavanja i učenja. Dakle, u redovnoj nastavi dominiraju elementi tradicionalne u odnosu na konstruktivističku nastavu. U razmatranju pitanja unapređivanja kvaliteta nastave s obzirom na ulogu nastavnika, značajno je da promjene u obrazovno – vaspitnom sistemu zavise od nastavnika, jer su oni ti koji prihvataju promjenu, planiraju i realizuju je u svom radu. Za sprovođenje promjena u savremenoj nastavi ključno je obrazovanje i osposobljavanje nastavnika za primjenu novih, interaktivnih metoda učenja I poučavanja, kao i njegova želja da se nastavni proces podigne na jedan viši nivo [3].

Konstruktivistička nastava zahtijeva veliko angažovanje kako nastavnika tako i učenika. Takođe, potrebno je izdvojiti vise vremena tokom planiranja nastavnog časa, te obezbjeđenje dodatnog materijala (radni listovi, karte, bojice, glina, pjesak, plastelin i mnogi drugi). Treba istaći da trud, volja i posvećenost obje strane moraju biti dominantni, te konstantno raditi na motivaciji učenika, koja je danas na dosta niskom nivou, kako iz geografije tako i iz ostalih nastavnih predmeta. Treba iskoristiti informatičku tehnologiju da u ovom vremenu bude saveznik za podsticanje motivacije i „širine“ razmišljanja – da bi se formirala kvalitetna osnova za sticanje enciklopedijskog znanja kroz vrijeme.

OPIS POSTUPAKA ZA KONSTRUKTIVISTIČKI TIP NASTAVE GEOGRAFIJE

Prema Dejvidu Litu, svi nastavnici treba da podstiču učenike na razvoj sljedećih kognitivnih vještina:

- Vještine obrade informacija (omogućavaju učenicima da prikupe relevantne informacije, sortiraju, klasifikuju, rasporede, upoređuju, analiziraju).
- Vještine rasuđivanja (omogućavaju učenicima da argumentuju svoje mišljenje, zaključuju, da donose odluke utemeljene na dokazima ili razlozima...)
- Vještine ispitivanja (omogućavaju učenicima da postavljaju relevantna pitanja, definišu probleme, predviđaju ishode i posljedice...)
- Vještine kreativnog razmišljanja (omogućavaju učenicima da proširuju ideje, predlažu hipoteze, primjenjuju maštu i traže alternativna rješenja...)
- Vještine ocjenjivanja (omogućavaju učenicima da procijene vrijednost onoga što čitaju, čuju ili rade, da razviju kriterijume za procjenu vrijednosti sopstvenog i tuđeg rada ili ideja, da imaju povjerenja u svoje procjene...)

Naučiti studenta, odnosno učenika da bude samostalan i naklonjen sopstvenom obravnavanju jeste kao brod i posada koji su u potpunosti osposobljeni za plovidbu (znanje), koji iznova i iznova kreće u nove plovidbe te koristi znanje i vještine stečene ranije, te svakim uplovljavanjem biva vještiji, iskusniji, čak u jednom trenutnu sposoban da uči mladu posadu [5].

U narednom poglavlju biće opisani neki od postupaka po ugledu na praktikum „Thinking through geography“ David-a Leat-a, objavljen 1998. godine.

„Navedeni praktikum nastao je sa ciljem da se pomogne nastavnicima (geografije) u

profesionalnom razvoju, odnosno da ih upozna sa novim strategijama proučavanja. Težište strategija jeste upravo na konstruktivističkoj nastavi, odnosno da se nastavni sadržaj predstavi učenicima na poučan način, te da učenici putem poznatog (znanje iz škole ili iskustvo iz života) nauče ono nepoznato, kroz assistiranje od strane nastavnika. Navedeni praktikum sadrži više postupaka, kao što su: izbaciti uljeza, živi graf, scenario, misterije, pričanje priča, činjenica ili mnjenja, klasifikacije, interpretacija fotografija. Postupci su provedeni na ispitanicima uzrasta od 11 do 18 godina. Na početku, autor je nailazio na poteškoće u smislu obučavanja učenika kako da sami dolaze do zaključaka putem onog već poznatog i koristeći više kognitivne procese, ali kasnije su svi učenici uživali u ovom tipu nastave, čak i oni lošiji, koji su kasnije postizali mnogo bolji uspjeh nego što je očekivano. Znanje iz geografije učenici su vrlo lako primjenjivali u životnim situacijama, te mnogo lakše i duže pamtili. Časovi geografije predstavljeni su kao časovi igre u kojima se koriste viši kognitivni nivoi, te su na razne načine motivisali učenike za rad. Osnovni zadatak za nastavnika jeste da pronađe strategiju da što kvalitetnije iskoristi potencijal učenika i da ga motiviše za rad. Naravno, to zahtijeva mnogo veće angažovanje nastavnika, ali nagrada za to jeste efikasno i primjenjivo znanje učenika, koje im stvara odličnu podlogu za dalje školovanje i život“ [6–59].

SCENARIO

Scenario (*mind movies*) je postupak izvođenja nastavnog časa na interesantan i zanimljiv način. Predstavlja specifičan pristup učenju, odnosno primjenu naučenog gradiva i životnog iskustva učenika. Proces nastave zasnovan na postupku scenarija organizovan je tako da se od učenika traži da napravi vlastiti scenario određenog procesa, događaja, pojave i sl. Postupak djeluje pozitivno na motivaciju kako nastavnika tako i učenika, aktivira čula i proces razvoja vještina vizuelne memorije, razvija sposobnost imaginacije.

Prema Dejvidu Litu, postupak „scenario“ sastoji se:

- Iz priče, koja ima samo početak, dok je zadatak za učenike da je završe. Prvi dio priče mora biti dobro osmišljen, primjenjiv sa više mogućih „rješenja“.
- Poslije čitanja priče, učenici nastavljaju raditi u parovima.
- Jedan član treba da za oko 2 minuta ispriča svoj scenario, a drugi da hvata bilješke i da izdvoji: sličnosti između njihovih „filmova“, razlike i ono što im je bilo iznenadujuće.
- Nakon toga svaki učenik piše svoj scenario.
- Čitanje scenarija, diskusija – gdje se može primijeniti [5].

Primjer:

- Napomena: Primjer je jedinstven i djelo je autora. Nažalost, autor nije imao priliku ovaj scenario primijeniti u nastavnom procesu, te tu opciju sa zadovoljstvom ostavlja čitaocima na raspolaganju, uz sugestiju da ne samo nastavnik, već i roditelj može zadati djeci da dovrše scenario s ciljem proširivanja vidika, razvoja prostorne inteligencije i imaginacije.

Danas u školi obaviješteni smo da ćemo ići na izlet za pet dana i da se pripremimo. Ono što nas je jako iznenadilo jeste to da nam razrednica nije rekla gdje idemo. Samo je naglasila da ponesemo kompas, ukoliko imamo kod svoje kuće, termometar takođe, da ponovimo oblike reljefa, kao i da malo prelistamo nastavni udžbenik iz geografije, jer ćemo na izletu prirodu i društvo posmatrati očima malih geografa. Nakon tih njenih riječi, ostali smo malo zbunjeni. Dosad smo na izlet išli da se igramo i zabavljamo, ali sa nestručnjem smo očekivali

taj dan. Dan prije, kupili smo omiljene grickalice, sokove, slatkiše, a majke su nam napravile sendviče. Ustajemo ujutru, oblačimo najudobnije trenerke i patike, stavljamo ruksak na leđa i užurbanim korakom idemo ka školi. U dvorištu škole, autobusi su se već parkirali. Vidimo tri vozača kako stoje u grupi i razgovaraju sa cigaretom u ruci. Odlučio sam da priđem jednom od njih i upitam gdje idemo, ali vozač je samo slegao ramenima i nastavio sa pričom i uživanjem u cigaretu. Ali ja nisam odustao, pa prolazim pored autobusa i pokušam pročitati natpis koji obično stoji sa desne strane vjetrobranskog stakla, ali tu je samo pisalo vanredna vožnja. Ulazimo u učionicu sa velikim nestrpljenjem da čujemo gdje idemo. Razrednica je ispred sebe imala jednu crvenu plastičnu posudicu u kojoj se nalazilo mnogo malih koverti. Stala je ispred table, te prvo zatražila strogu tišinu, a onda nam je objasnila da se u činiji nalaze koverte, a na svakoj je jedan od sljedeća tri natpisa:

- *Posjeta ruralnog naselja na planini Kozari, dolini rijeke Sane i grada Prijedora;*
- *Posjeta Lijevče polju, desnoj obali rijeke Save i Gradiškoj;*
- *Posjeta vodopadima Plive, krupskim slapovima i Jajcu.*

Dakle, koje mjesto izvučete, to mjesto posjećujete i istražujete očima malih geografa. Koje mjesto ste vi izvukli.....?

Vježba nastala sa ciljem da nastavnik uoči kako učenici posmatraju i doživljavaju prirodu. Koliko su vješti znanje primijeniti u praksi, odnosno u realnim situacijama, te kako doživljavaju geografiju kao nauku.

MISTERIJE

Misterije predstavljaju još jedan zanimljiv način izvođenja nastavnog časa. Za postupak izvođenja misterije, prema Dejvidu Litu, potrebno je na ključno pitanje pronaći adekvatan odgovor. On se krije u postupku slaganja rečenica po hronologiji i/ili uzročno-posljedičnoj vezi. Kao pomoć mogu (ali nisu obavezni) poslužiti tabele, grafikoni, karte i slično. Postupak misterije u nastavi geografije poželjno je raditi u grupama, a sam postupak utiče na razvoj sljedećih kognitivnih sposobnosti i vještina važnih za rješavanje problema:

- Razdvajanje bitnog od nebitnog gradiva;
- Interpretiranje informacija;
- Uviđanje veza između različitih pojava i procesa;
- Sposobnost refleksije i postavljanja hipoteza;
- Objasnjanje;
- Timski rad i saradnja;
- Izražavanje [5].

Autor je imao priliku postupak „misterije“ provesti u nastavi, tačnije u razredu IX 1 u osnovnoj školi „Sveti Sava“ u Novom Gradu (mart 2021). Pored toga, povedena je i anketa o tome da li se učenicima sviđa ovaj postupak i zašto, da li bi voljeli više ovakvih časova, te kako su funkcionali tokom rada u grupama i da li su koristili životno iskustvo kao vid predznanja. Konkretni primjer „misterije“ koji je predstavljen u nastavnom procesu, te evaluaciju nastavnog postupka, možete pročitati u narednom tekstu.

Primjer:

„Objasnite kojim poslom se bavio Lukin otac, a čim se sada bavi Luka i zašto? Napišite kratki rezime u vidu objašnjenja. Materijal koji će se koristiti sadrži rečenice koje se odnose na društveno-istorijske procese u kozaračkim ruralnim naseljima. Dakle, onaj dio koji se odnosi na objašnjenje prirodno-geografskih odlika planine smatra se manje

bitnim. Nerelevantni materijal nije korišten u ovoj vježbi, jer smatram da bi bilo preteško za učenike 9. razreda, s obzirom na to da se prvi put susreću sa ovakvim postupkom.

1. Lukin otac (1940) živio je u jednom malom selu u podnožju planine Kozare.
2. Kozara se prostire dužinom od oko 70 km i širinom od 20 do 30 km.
3. Omeđena je rijekama Savom na sjeveru, Vrbasom na istoku, Sanom na jugu, Unom na zapadu.
4. Njen najviši vrh je Lisina.
5. Imali su mali prinos po jedinici obradivog zemljišta i grlu stoke.
6. Proizvodnja je usmjerena na uzgoj kukuruza, te svinja, krava i peradi.
7. Skoro svako domaćinstvo imalo je bar po jednog konja ili vola koji je pomagao ljudima pri obradi zemljišta.
8. Luka je imao još 3 sestre i 2 brata, a on je bio najmlađi član porodice (1990).
9. Svi članovi porodice, čak i djeca, učestvovali su u obradi zemljišta i ispaši stoke.
10. Često su bile organizovane mobe (kosidbe, žetve, kopanje i branje kukuruza...).
11. Lukin otac zabranio je djeci da dodiruju šaltere, jer se plašio tog novog izuma.
12. Bila je to električna struja (1970).
13. U narednom periodu prodali su dva konja, te su skupili novac za kupovinu mašine, koja je umnogome zamijenila ljudsku radu snagu.
14. Bio je to traktor.
15. Širenjem proizvodnje uspjeli su da kupe i druge pomoćne poljoprivredne mašine.
16. Lukin otac svoju djecu odgaja i vaspitava sa velikom željom da ostanu živjeti na selu, iako to postaje rijetkost.
17. Gradovi postaju dosta gušće naseljeni od sela.
18. Luka napušta svoje ognjište i seli se u grad (2017).
19. Planira imati jedno ili dvoje djece, s tim da još ne planira brak.
20. Preselivši se u grad, počinje da radi u najzastupljenijem sektoru njegovog vremena
21. Pripremanje hrane postaje njegova svakodnevica.
22. U Lukinom rodnom naselju živi pretežno starije stanovništvo.
23. Luka i njegov prijatelj turizmolog razmišljaju kako pokrenuti razvoj ruralnog turizma.”

[6–76].

Evaluacija navedenog postupka

Nakon izvršenja zadatka, učenici Novog Grada odgovorili su na sljedeća pitanja u svrhu evaluacije nastavnog postupka! Na data pitanja, odgovarali su svi učenici IX 1 razreda (17), osnovne škole „Sveti Sava“. Neki od najzanimljivijih odgovora su istaknuti.

1. *Da li ste dosad radili ovakav ili sličan oblik izvođenja nastavne jedinice?*
Svi su odgovorili pozitivno, radili su nekoliko puta nešto slično ovome, ali sa manje rečenica.
2. *Da li Vam se sviđa ovakav oblik nastave i zašto?* Stopostotno su odgovori bili pozitivni.

„Sviđa nam se ovaj oblik nastave jer je veoma zanimljiv, tjera nas da razmišljamo i povezujemo rečenice da bismo ih uklopili u malu priču“

„Sviđa mi se jer se ovim oblikom nastave razvija koncentracija kod mladih, kao i logičko povezivanje.“

3. Šta ste sve naučili redajući iskaze po hronologiji?

Neki od najzanimljivijih odgovora bili su: „Naučili smo kako iz više manjih dijelova stvoriti jednu jedinstvenu cjelinu, a to nam može pomoći u rješavanju mnogih problema polazeći od manjih dijelova“. „Naučili smo kako da sami povezujemo stvari, odnosno otklanjamo nejasnoće“.

4. Da li ste koristili znanja iz drugih nauka?

Većina učenika, tačnije 71%, koristili su znanje iz drugih nauka ili iz života, dok jedna trećina smatra da za izradu navedenog zadatka nije potrebno znanje iz drugih nauka. To nam govori da se još uvijek mora podići svijest kod učenika o važnosti životnog iskustva, kao i da se mnoštvo nastavnog gradiva prepliće iz jednog predmeta u drugi. Kao tipičan primjer može poslužiti narodna izreka koja glasi da su istorija i geografija rođene sestre. Takođe, i drugi predmeti se prožimaju kroz istoriju i geografiju. npr, srpski jezik (epske pjesme, mitovi, legende...) likovna kultura (renesansna umjetnost, barokna umjetnost) i mnogi drugi.

Neki od najzanimljivijih odgovora učenika su: „U rješavanju ovog zadatka koristili smo znanja stečena iz istorije, kao i priče naših baka i djedova o životu ljudi na selu iz prošlosti, o njihovom radu i slozi koja je bila ključ srećnog života.“ „Za rješenje ovog zadatka mnogo mi je pomoglo sjećanje na priče moje bake koja mi je pričala kako su ona i deda imali 2 konja i zapregu i kako su koristili fenjere, kada nije bilo struje“.

5. Da li biste voljeli da imate više ovakvih ili sličnih vježbi?

Svi bi voljeli da imaju više ovakvih vježbi, ne samo iz geografije već i iz drugih nastavnih predmeta. „Da, kada bismo nastavu sveli na ovako zanimljiv način, mnogo toga bi bilo lakše učenicima.“ „Da, lekcije ne bi bile dosadne, više bismo razmišljali, a i učenje bi bilo lakše i zabavnije“.

6. Da li ste saslušali i druga mišljenja?

„Svako ima pravo na svoje mišljenje, a mi svakoga moramo da saslušamo, ne da ga osuđujemo odmah na početku“. „Prvo saslušam svakoga šta ima da kaže, a tek onda donosim svoj stav o tome“. „Saslušao sam druga mišljenja i trudim se da izvučem ono najbolje iz svega“.

7. Kako ste riješili „sukob mišljenja“?

Svi odgovori sveli su se na saslušanje i međusobno razumijevanje, te pronalazak zajedničkog rješenja.

8. Šta ste naučili tokom rada u grupama?

Neki od najzanimljivijih odgovora bili su: „Iz rada u grupama možemo naučiti koliko su svi članovi tima bitni i koliko je važno da se svakome da tačno određena uloga“. „Iz rada u grupama možemo naučiti da jedino pravilnom raspodjelom uloga tim može uspješno da funkcioniše, a svaki član da da svoj doprinos zajedničkom timskom radu, kao i da svaki član ima pravo na svoje mišljenje“ [6–78].

Navedeni postupak zahtijeva veće angažovanje obje strane. Nastavnik bi trebalo da izdvoji mnogo vise vremena nego obično za planiranje nastavnog časa na kojem se obra-

đuju misterije. Potrebna je vještina i kreativnost za osmišljavanje navedenog postupka, tako da ne bude prejednostavan, a ni prekomplikovan. Prilikom podjele učenika u grupe, potrebno je da grupe budu približno jednake po znanju, sa velikim akcentom na aktivnost svih članova u donošenju odluka i zaključaka. Opisani postupak traži aktivaciju svih kognitivnih vještina po Blumu, sa akcentom na sintezu i evaluaciju, koje su neophodne da bi se pronašao skriveni odgovor i učenik mogao da napiše kraće obrazloženje sa bitnim zaključcima, kao odgovor na ključno pitanje. Opis kognitivnih procesa koji su prisutni u prethodno navedenom konkretnom primjeru su sljedeći:

„(Razumijevanje i sinteza) Da bi učenik uspješno izvršio navedeni zadatak, potrebno je razumijevanje i sinteza prethodno naučenog, odnosno pomenutih događaja kroz istoriju, tj. da može ne veže za 21. vijek i sl.

(Sinteza) Dakle, potrebno je da učenici povezuju proizvodnju ekstenzivnog tipa sa radom cijele porodice, a višečlanu porodicu da veže sa visokom stopom nataliteta i poljoprivrednim društvom.

(Analiza) Analizom, učenik reda iskaze po hronologiji i uzročno-posljetičnoj vezi, dok sintezom argumentuje svoje mišljenje.

(Evaluacija) Na kraju, preko evaluacije daje odgovor na ključno pitanje uz obrazloženje svojim riječima, te nastavnik dobija sliku o tome kako su učenici savladali kompleksne procese današnjih ruralnih naselja na izučavanom prostoru” [6-79].

ŽIVI GRAF

Postupak živog grafa predstavlja jednu od manje komplikovanih aktivnosti za planiranje i upravljanje nastavim časom, dok su krajnji rezultati vrlo kompleksni. U nastavi geografije, grafikoni najčešće predstavljaju prikaz jedne pojave ili procesa kroz jedinicu vremena (kretanje broja stanovnika, pojave i jačine potresa i vulkana, količine padavina kroz jedinicu vremena, visina snježnog pokrivača itd.). Osnovni zadatak za učenike jeste da rečenice pisane i potkrepljene iskustvom običnog čovjeka pridruži odgovarajućoj fazi u grafikonu, te tako dolazi do „oživljavanja grafikona“. Ovim postupkom grafikonima se daje stvarni kontekst, te dolazi do formiranja veza između apstraktnih grafikona i konkretnih životnih situacija.

Navedeni postupak, prema Dejvidu Litu, sastoji se iz sljedećih segmenta:

- Studenti crtaju ili im se unaprijed daje odštampan linijski grafikon.
- Daje im se niz izjava, koje se odnose na kontekst grafikona, a oni moraju da odluče gdje na grafikonu, kojem trenutku odgovara data izjava;
- Rasprava o pozicijama rečenica;
- Predviđanje procesa u budućnosti.

Navedeni postupak doprinosi mnogo boljem i temeljnijem razumijevanju apstraktnih grafikona [5].

Zadatak – „ŽIVI GRAF“

„Date rečenice poredajte u odgovarajuću fazu ili fazu na grafikonu!

1. Maja je imala 7 djece, a Tanja 10.
2. Sve je bilo lakše kad svi članovi uže porodice (10) pomažu u kućnim poslovima i oko poljoprivrede.
3. U manjim gradovima porodilišta se zatvaraju.
4. Posao babice nije više tako perspektivan.
5. Una je jedino dijete svojih roditelja, kao i njena drugarica Ana.

6. Marko i Tea planiraju porodicu, a savjetuju ih da dvoje djece predstavljaju samo biološku zamjenu, te da imaju makar troje, da bi populacija mogla rasti.

7. Baka i deda preminuli su od neke zarazne bolesti, ali mama kaže da za nas to više nije tako opasno, jer postoji lijek.

8. Baka je imala 10 djece, moja mama 6, a ja troje.

9. Djeca i odrasli su mahom umirali od tifusa.

10. Mnogo ljudi izgubilo je svoje najbliže.

11. Mnogi domaćini poljoprivrednih gazdinstava našli su se u ulozi građevinskog radnika.

12. U našoj kući žive tri generacije, a očekujemo i podmladak četvrte generacije” [6–82].

U prilozima pogledajte Grafikon 1, na kojem je prikazana demografska tranzicija.

Obrazloženje i izrada

1. „Maja je imala 7 djece, a Tanja 10. Prva faza, karakteriše visoku stopu nataliteta.

2. Sve je bilo lakše kad svi članovi uže porodice (10) pomažu u kućnim poslovima i oko poljoprivrede. Prva faza, visoka stopa nataliteta i dominacija poljoprivredne proizvodnje.

3. U manjim gradovima porodilišta se zatvaraju. Može biti treća, četvrta i peta faza, karakteriše opadanje stope nataliteta.

4. Posao babice nije više tako perspektivan. Karakteriše pad stope nataliteta, spada u poslednje tri faze.

5. Una je jedino dijete svojih roditelja, kao i njena drugarica Ana. Karakteriše četvrtu fazu, niska stopa nataliteta koja blago opada.

6. Marko i Tea planiraju porodicu, a savjetuju ih da dvoje djece predstavlja samo biološku zamjenu, te da imaju makar troje. Posljednja faza, uticaj pronatalitetne populacione politike.

7. Baka i deda preminuli su od neke zarazne bolesti, ali mama kaže da za nas to nije tako opasno jer postoji lijek. Treća faza karakteristična je po padu stope mortaliteta – napredak medicine, bolja sanitarna zaštita.

8. Baka je imala 10 djece, moja mama 6, a ja troje. Treća faza, drastičan pad stope nataliteta.

9. Djeca i odrasli mahom su umirali od tifusa. Prva faza, visoka stopa mortaliteta.

10. Mnogo ljudi izgubilo je svoje najbliže. Prva faza, visoka stopa mortaliteta.

11. Mnogi domaćini našli su se u ulozi građevinskih radnika.

12. Prva i druga faza, karakteriše visoku stopu nataliteta, odnosno potrebu za većim kapacitetom smještaja zbog toga što porodice imaju mnogo članova.

13. U našoj kući žive tri generacije, a očekujemo i podmladak četvrte generacije. Druga faza, visoka stopa nataliteta, a stopa mortaliteta drastično opada, pa su u kućama brojne višečlane porodice” [6–89].

Živi graf možete pogledati u prilozima, Grafikon 2.

Navedeni postupak je interesantan i kreativan za izvođenje nastavnog časa. Nije ga moguće primijeniti u svim nastavnim temama, već samo u onim gdje se neka pojавa ili proces manifestuju kroz određenje faze, koje se mogu predstaviti grafički, kao što su npr. kretanje broja stanovnika, pojave zemljotresa i njegova razorna moć, pojave određenih padavina i sl. Analiza „živog grafa” zahtijeva interaktivni tip nastave, isticanje vlastitog

mišljenja i zaključivanje. Zahtijeva aktivaciju svih šest kognitivnih vještina po Blumu, sa akcentom na analizi i sintezi. Dakle, učenik analizira pojedine faze i njihove osnovne karakteristike, te putem sinteze, odnosno zaključivanja pridružuje datu rečenicu određenoj fazi uz obrazloženje.

IDEJE ZA KONSTRUKTIVISTIČKI TIP NASTAVE GEOGRAFIJE

Konstruktivistički tip nastave po autoru je zahtjevan, ali njegov produkt jeste dugo-trajno znanje kojem će učenici vrlo lako naći primjenu i svrhu. Geografija je nauka čije izučavanje možemo pretvoriti u igru, zabavu, druženje, putovanje itd. Kako je moguće znanje predstaviti na razne načine, isto tako je širok spektar primjene istog. U tom svemu najvažnije je da posmatramo okolinu očima malih i velikih geografa, a ne da suženo gledamo u pravcu tako široke nauke. Geografija kao nauka je kod mnogih ljudi shvaćena kroz kartografiju, kao samo jednu od njenih naučnih poddisciplina, te smatraju da je za izučavanje iste potrebno znati sve države svijeta i njihove glavne gradove. Geografija je prirodna i društvena nauka, te kao takvu, moguće je primijeniti i kombinovati sa drugim naučnim disciplinama, što predstavlja budućnost nje same, s obzirom na razvoj nauke i tehnologije, kao i globalizacije uopšte.

Da bismo od malih nogu doživjeli nauku na pravi način, potrebno je da stičemo znanje, takođe na pravi način. Kada se uči oblik planete Zemlje i udio kopna i mora, smaram da je interesantan način oblikovati geoid od plavog plastelina, te na manje od jedne trećine na taj geoid staviti smeđi plastelin koji bi označavao kopno. Tako će učenicima ostati u pamćenju oblik Zemlje i dominacija vodenog omotača u odnosu na kopno. Takođe, možemo od plastelina napraviti jezgro, omotač jezgra i litosferu, jedan takav model presjeći, te diskutovati o građi Zemlje, te objasniti pojavu vulkana i zemljotresa.

Kada budemo učili reljef bliže okoline, zašto ne bismo po ugledu na nastavnika svi pravili svoje modele. Kada budemo „dodirivali tu planinu, rijeku, jezero“ nećemo je tako lako zaboraviti.

Kada budemo učili zašto opada lišće listopadnog drveća, možemo napraviti jedan ogled. Ljubičicu zaliti optimalnom količinom vode i staviti je u frižider. Dakle, biljka iako ima dovoljno vode u podlozi, kao što na jesen padaju kiše, biljka će se osušiti zbog niske temperature koja ne dozvoljava da se vrše fiziološki procesi, te tako i lišće.

Smatram da je važno u proljeće posjetiti jedno ruralno naselje. Obratiti pažnju na način izgradnje kuća, na zaseoke i kako su dobili naziv. Poželjno bi bilo da učenici učestvuju u sadnji jedne seoske bašte. Da steknu malo iskustvo koliko se truda ulaže oko rasta i razvoja biljaka.

Važno je posjetiti i grad u kojem je škola, te njegovo društveno-istorijsko nasleđe.

Ništa manje nisu bitne i priče naših baka i djedova o životu prije modernog doba.

Zašto ne bismo na času geografije organizovali jednu predstavu, da dio učenika glumi, a dio gleda. Dakle da budimo u sebi ljubav prema kulturi.

Naravno, obavezna treba da bude posjeta obližnjim muzejima, pozorištima, bibliotekama, spomenicima, manastirima, meteorološkim stanicama i sl.

Bilo bi zanimljivo na času geografije posaditi nekoliko saksija pasulja. Kada nikne, pola saksija staviti na tamno mjesto, te pratiti rast i razvoj. Zaključiti šta je sve potrebno da bi se biljka pravilno razvijala.

Zašto ne bismo na času geografije igrali jednu od starih igara, koje su bile dio tradicije našeg naroda u zimskim dobima.

I još mnoštvo toga možemo da uradimo kako bismo našu plemenitu nauku što bolje približili učenicima od razredne nastave pa dalje.

Za sve je potrebno vrijeme, trud i dobra volja koju svaki nastavnik treba da posjeduje, te da smislja razne postupke i metode da nastava geografije probudi ljubav učenika prema

prirodi i društvu, a ne samo još jedan u nizu nastavni predmet kojeg jedva čekaju da se „riješe“.

ZAKLJUČAK

Navedeni rad ponudio je opis postupaka scenarija, misterije i živog grafa, te opis ideja za planiranje nastavnog časa na kreativan način konstruktivističkog karaktera. Opisani postupci traže veće angažovanje kako nastavnika tako i učenika. Krajnji rezultat jeste konstruisano znanje od strane učenika, kojem će vrlo lako naći primjenu u životnom iskustvu.

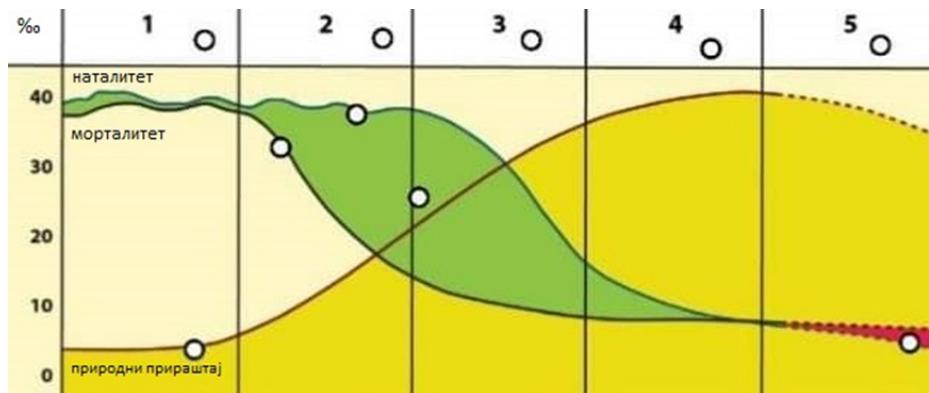
Tokom istraživanja u osnovnoj školi „Sveti Sava“, mogu se izdvojiti sljedeći zaključci:

- Svi učenici su pozitivno reagovali na „drugačiji“ vid nastave;
- Održavanje motivacije tokom svih časova;
- Povećava se interesovanje za nastavno gradivo i predmet;
- Učenici se uče da koriste znanja iz iskustva i prethodna znanja u procesu učenja;
- Timski rad, saradnja, kolegijalnost; donošenje odluka;
- Rješavanje „sukoba mišljenja“;
- Korištenje svih šest kognitivnih vještina po Blumu (znanje, razumijevanje, primjena, analiza, sinteza i evaluacija);
- Dominacija zaključivanja;
- Argumentacija vlastitog mišljenja;
- Proširenje vidika;
- Smjernice i podsticanje svestranosti kod učenika;
- Primjena stečenog znanja.
- Odgovornost i samostalnost.

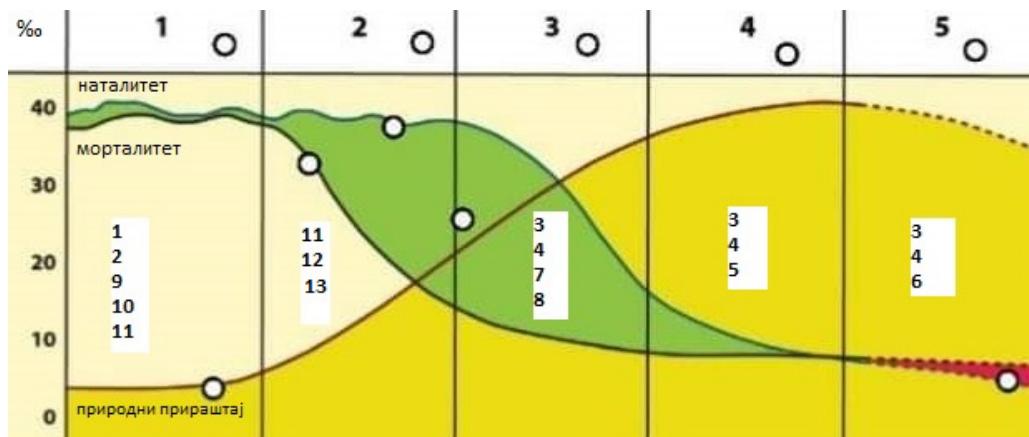
Učenje na gore opisani način učiniće proces nastave zanimljivim, sa motivacijom za svaki naredni nastavni čas. Povećanjem motivacije, povećava se želja za učenjem i njegovom primjenom u iskustvu, te će čitav proces učenja postati produktivniji. Geografija je specifičan predmet, te njegovo produktivno izučavanje od najranije dobi predstavlja početnu fazu, formiranja enciklopedijskog znanja u budućnosti.

LITERATURA

1. Topolovčan T., Rajić V., Matijević M., Konstruktivistička nastava: teorija i empirijska istraživanja. Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, 2017.
2. Kramar M., Konstruktivizem in učiteljeva vloga v izobraževalnem procesu. Konstruktivezam v šoli in izobraževawe učiteljev. Ljubljana. Center za pedagoško izobraževanje, Filozofske fakultete, 2004.
3. Džinkić O., Milutinović J., Ideje konstruktivizma u savremenoj školskoj praksi. Novi Sad. Univerzitet u Novom Sadu, Filozofski fakultet, 2018.
4. Zidarič M., Konstruktivizem in učiteljeva vloga pri pouku geografije. Ljubljana. Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo, Oddelek in pedagogiko in andragogiko, 2009.
5. Leat D., Thinking through geography. Published by Chris Kington, 1998.
6. Crnobrnja M., Razvoj prostornog mišljenja u nastavi geografije. Banja Luka. Prirodno-matematički fakultet. Master rad, neobjavljen, odbranjen 25. 10. 2021.



Prilog 1. Demografska tranzicija [6]



Prilog 2. „Živi graf“ [6–89]

DESCRIPTION OF PROCEDURES AND IDEAS FOR CONSTRUCTIVIST TYPE OF TEACHING GEOGRAPHY

Author: MILICA CRNOBRNJA

Email: knezevicmilica343@gmail.com

Mentor: Assoc. Prof. Mladen Trifunović

Faculty of Science, University of Banja Luka

Institution where the research was conducted: Elementary School "Sveti Sava" Novi Grad

Introduction: This paper, in addition to explaining constructivism as a direction in didactics, will provide the reader with a description of several specific creative procedures and ideas for conducting a class in which both the teacher and the student should enjoy.

Aim: The aim of the paper is to raise awareness of the importance of this type of teaching, the purpose of the learned material, as well as the importance of students' life experience that should be used in the learning process through a description of constructivism, procedures and ideas for the constructivist type of geography teaching.

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

Results: Students responded positively to this type of teaching. They would like to have more such classes, not only in geography, but also in other subjects.

Conclusion: The mentioned paper offered a description of the procedures of the script, mystery and living graph, and a description of ideas for planning a lesson of a constructivist character in a creative way. These procedures require greater involvement of both teachers and students. The end result is constructed knowledge by students, which will very easily find application in life experience.

Keywords: constructivism; social; Individual; mysteries; scenario; living graph; ideas; teacher; student; life experience

BOJA SEDIMENTA KAO POKAZATELJ KLIMATSKIH PROMENA POSLEDNJEG GLACIJALNOG CIKLUSA LESNO-PALEOZEMLJIŠNOG PROFILA MIŠELUK, SRBIJA

Autor: NATALIJA NIKOLIĆ, Aleksandar Pilipović, Dušan Puhar¹

e-mail: nacanikolic@gmail.com, acopilipovic@gmail.com, pdusan279@gmail.com

Mentor: Asis. msr Milica G. Radaković

¹Katedra 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 interglacijskog (topljih 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 Mišeluk na Sremskoj lesnoj zaravni biće pokazano kako boja može poslužiti kao pokazatelj promene klime u prošlosti.

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

Materijal i metode: Terensko istraživanje i prikupljanje uzoraka izvršeni su u junu 2021. godine. Instrumentalno merenje boje lesno-paleozemljišnih uzoraka vršeno je aparatom Conica Minolta CR-400 Chroma Meter. Za svih 207 uzoraka sa tri subprofila, izračunat je indeks crvenila zemljišta (Redness Index), a zatim su vrednosti normalizovane.

Rezultati: Kao rezultat analize tri pojedinačna subprofila napravljen je jedan sintetički profil. Svetlijii uzorci predstavljaju lesne horizonte, što govori o tome da je klima bila hladnija i suvija 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 Mišeluk se poklapa 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; Mišeluk; Fruška gora; boja

UVOD

Les predstavlja sitnozrnju, klastičnu sedimentnu stenu primarnog eolskog porekla [1]. U njegovom sastavu dominira mineral kvarc (40–80%), a za njim slede feldspati, minerali gline (5–20%) i karbonati (1–20%) [2]. Naslage lesa u Srbiji formirane su za vreme glacijalnih perioda u geološkoj periodi kvartaru. Tokom hladnih i aridnih glacijalnih perioda, lednici su prekrivali veliki deo severne Zemljine hemisfere. Čestice praha koje sačinjavaju les nastale su glacijalnom erozijom. Podledničkim potocima ove čestice bivale su transportovane i akumulirane u rečnoj dolini. Radom vetra, čestice su potom raznošene

u pravcu njegovog duvanja. Za vreme toplih i vlažnih interglacijskih perioda nije bilo akumulacije lesa, već je na lesu kao matičnom supstratu dolazilo do pojave pedogenetskih procesa, čime su formirani horizonti zemljišta, kasnije prekriveni novim slojevima lesa, pa se za njih kaže da su paleozemljišta [3, 4].

Les je kopneni sediment koji danas prekriva oko 10% površine kopna [1]. Najzastupljeniji je u semiaridnim oblastima umerenog klimatskog pojasa severne hemisfere, dok se mnogo manje javlja na južnoj hemisferi. Semiaridne oblasti obuhvataju stepu, šumo-stepu i eventualno šumske oblasti [2]. 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 (Prilog 1) [5].

Preko polovine geološke podloge Vojvodine (60%) čine les i njemu slični sedimenti. Depozitione oblasti lesa predodređene su reljefom Vojvodine. Tipičan les nataložen je na lesnim zaravnima između aluvijalnih ravnih najvećih reka u Vojvodini – Dunava, Tise, Save i Tamiša (Prilog 1). Lesno-paleozemljišni profil Mišeluk nalazi se na severnim padinama Fruške gore, na Sremskoj lesnoj zaravni. Formiranje lesnih sedimenata na Fruškoj gori započeto je još pre skoro milion godina [6], a u ovom radu biće pokriven period poslednjeg glacijalnog ciklusa – poslednjih 130.000 godina.

Razlika u boji između lesa i paleozemljišta jedan je od najvažnijih pokazatelja paleoklimatskih promena. Lesni horizonti slabo su podložni delovanju eluvijalnih procesa i žućkaste su boje, dok paleozemljišni horizonti podležu delovanju eluvijalnih procesa i imaju žućkasto-braon ili crveno-braon boju [7]. Lesno-paleozemljišni horizonti, odnosno litološke jedinice, označavaju se velikim latiničnim slovom „S“, koje predstavlja oznaku za paleozemljište, a oznaka za lesne horizonte nekog profila predstavljena je latiničnim slovom „L“. Ove oznake su izvedene prema uzoru na kineski lesno-stratigrafski model [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 [2, 9, 10]. Iz tog razloga, boja sedimenta može se koristiti kao sredstvo paleoklimatske rekonstrukcije. Svetlica žućkasta 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 [3, 4].

Pojava paleozemljišta između slojeva lesa na zaravnima Vojvodine svedoči o promeni klime na ovom prostoru. Stoga lesno-paleozemljišne sekvence na prostoru Vojvodine predstavljaju značajne pokazatelje regionalnih promena u klimi [10]. Upoređivanjem lesno-paleozemljišnih sekvenci profila u Vojvodini sa sekvcencama u drugim delovima sveta može se ustanoviti kakve su bile klimatske prilike i promene u kvartaru.

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 čini profil Mišeluk na Sremskoj lesnoj zaravni na kojem su uzorkovani sedimenti. Profil Mišeluk je otvoren za uzorkovanje zbog podizanja temelja za kovid-bolnicu nedaleko od atle. Ispitivane lesno-paleozemljišne sekvence nalaze se nedaleko od tunela Mišeluk, na 2.8 km jugoistočno od Novog Sada u blizini desne obale reke Dunav. Geografske koordinate ovog terena su $\lambda=45^{\circ}22'54''$, $\varphi=49^{\circ}87'48''$, dok se povlata ovog profila nalazi na 130 m apsolutne visine.

Terenska istraživanja su vršena u junu 2021. godine i uključivala su detaljan opis

lesno-paleozemljšnih sekvenci i uzimanje uzoraka za laboratorijske analize. 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 2021. godine na Departmanu za geografiju, turizam i hotelijerstvo Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu. Instrumentalno merenje boje lesno-paleozemljšnih uzoraka upotrebom tristimulusnog kolorimetra *Conica Minolta CR-400 Chroma Meter* i izražavanje ovih vrednosti u CIE L* a* b* kolorimetrijskom sistemu poslužilo je za izračunavanje indeksa crvenila zemljista *Redness index* (RI u daljem tekstu).

Pravilna priprema lesno-paleozemljšnih profila za uzimanje uzoraka od esencijalne je važnosti za dobijanje reprezentativnih rezultata pri laboratorijskoj analizi uzorka. Usled spiranja i odronjavanja, na površini profila se mogu stvoriti koluvijalni nanosi znatne debljine, koji u velikoj meri narušavaju doslednost rezultata dobijenih sprovodenjem laboratorijskih ispitivanja.

Na početku se odstranjuje površinski sloj koluvijalnog materijala po vertikali, kako bi se došlo do slojeva oslobođenih od površinskih koluvijalnih nanosa i recentne vegetacije. Nakon toga se pristupa uzorkovanju profila.

Uzorci iz pravilno i detaljno uređenog profila na lokalitetu Mišeluk su uzimani u intervalima na svakih 5 centimetara ka topografskoj površini. Ukupan broj uzetih uzoraka sa ovog lokaliteta iznosio je 207. Ukupan broj subprofila je 5. Rezultati u ovoj studiji nastali su stvaranjem sintetičkog profila od 3 subprofila koji su nastali u poslednjem glacijalnom ciklususu.

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

Instrument je kalibriran 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 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 ideo crvene, a negativne -a* na ideo zelene boje. Sa druge strane, pozitivne vrednosti za +b* se odnose na ideo žute, a negativne -b* na ideo plave boje. Što su vrednosti a* i b* brojčano veće (u apsolutnom smislu), veći je ideo i odgovarajućih primarnih boja u boji merenog objekta.

Kao pokazatelj crvenila zemljista i promene u sadržaju hematita, poslužio je *Redness index* (RI), koji se koristi za procenu sadržaja hematita u zemljistima. Izračunat je prema formuli [13]:

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

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 Mišeluk dostiže ukupnu moćnost od 10,25 m i sastoji se od tri subprofila: Mišeluk 1 (1,9 m), Mišeluk 2 (3 m) i Mišeluk 3 (5,35 m) (Prilog 3).

Sekvenca Mišeluk u ovom radu obuhvata, počevši od najnižeg sloja, paleozemljišnu jedinicu „S1“. Ovaj sloj ima moćnost oko 80 cm i predstavljen je zemljistem tamnije boje koje se razvilo u tipičan primer černozema, međutim, idući prema gornjoj granici horizonta, utvrđeni su uzorci gajnjacasto-černozemnog paleozemljišta, koje je karakteristično za tranziciona područja šumo-stepskih paleoekoloških uslova [14, 15]. Sloj „S1“ ukazuje na humidni interglacialni period. Najmanje i najveće vrednosti izmerenih parametara (L^* , a^* , b^* kolometrijske vrednosti i RI vrednosti sa normalizacijom (u zagradi)) ovog sloja su: $L^*_{min} = 39.49$, $L^*_{max} = 61.44$; $a^*_{min} = 2.96$, $a^*_{max} = 7.01$; $b^*_{min} = 25.63$, $b^*_{max} = 27.74$; $RI_{min} = 11.44$ (0.12) na dubini od 0.5 m, $RI_{max} = 54.72$ (0.60) na dubini od 0.80 m.

Preko sloja „S1“ nalazi se lesni horizont, „L1LL2“ sloj. Ovaj sloj je moćnosti oko 200 cm i predstavljen je svetlijim, žutim lesnim naslagama koje su se ovde akumulirale za vreme aridnog i glacijalnog perioda. Lesni horizont je porozan, slabo cementovan i sa prisustvom karbonatnih akumulacija. Najmanje i najveće vrednosti izmerenih parametara ovog sloja su: $L^*_{min} = 34.85$, $L^*_{max} = 50.8$; $a^*_{min} = 2.99$, $a^*_{max} = 5.21$; $b^*_{min} = 18.75$, $b^*_{max} = 25.22$; $RI_{min} = 1.01$ (0.01) na dubini od 3.35 m, $RI_{max} = 31.88$ (0.35) na dubini od 3.55 m. Sledeci sloj je pedogenetski slabo razvijeni „L1SS1“ sloj. Moćnost mu je svega oko 40 cm i predstavljen je tamnjim, braonkastim paleozemljištem iz interstadijalnog perioda u kom je vladala nešto toplija klima, koja je omogućila inicijalnu fazu razvitka paleozemljišta. Najmanje i najveće vrednosti izmerenih parametara ovog sloja su: $L^*_{min} = 35.06$, $L^*_{max} = 43.87$; $a^*_{min} = 4.01$, $a^*_{max} = 5.61$; $b^*_{min} = 18.75$, $b^*_{max} = 24.22$; $RI_{min} = 7.68$ (0.08) na dubini od 2.45 m, $RI_{max} = 26.84$ (0.29) na dubini od 2.70 m.

Naposletku sledi poslednji lesni sloj „L1LL1“. Ovaj horizont je oko 200 cm moćnosti i karakterišu ga porozne, svete žućkasto-braonkaste lesne naslage sa prisustvom karbonatnih akumulacija. Horizont je, takođe, nastao akumulacijom lesnog materijala preko prethodnog paleozemljišnog sloja, za vreme aridnog glacijalnog perioda. Mnoge sferične, relativno mekane karbonatne akumulacije i humusne infiltracije su pronađene u kanalima nekadašnjih korenja na kontaktnoj zoni između sloja „L1LL1“ i sledećeg, recentnog zemljишnog sloja. Najmanje i najveće vrednosti izmerenih parametara ovog sloja su: $L^*_{min} = 33.52$, $L^*_{max} = 57.21$; $a^*_{min} = 3.53$, $a^*_{max} = 6.01$; $b^*_{min} = 20.57$, $b^*_{max} = 25.87$; $RI_{min} = 2.11$ (0.02) na dubini od 1.55 m, $RI_{max} = 23.01$ (0.25) na dubini od 2.15 m.

Na kraju, dolazi sloj recentnog (holocenskog) zemljista „S0“. Površinski zemljinski sloj ovog horizonta predstavljen je, uglavnom, tipičnim zemljistem tipa černozem, moćnosti oko 40 cm. S obzirom na to da se radi o samom površinskom sloju, očekivano je da je isti podložan velikom uticaju spoljašnje erozije. Takođe, čovek svojim delovanjem utiče na eroziju savremenog zemljista ovog horizonta. Najmanje i najveće vrednosti izmerenih parametara ovog sloja su: $L^*_{min} = 28.01$, $L^*_{max} = 37.57$; $a^*_{min} = 3.57$, $a^*_{max} = 6.15$; $b^*_{min} = 14.11$, $b^*_{max} = 22.63$; $RI_{min} = 16.18$ (0.17) na dubini od 0.20 m, $RI_{max} = 56.77$ (0.63) na dubini od 0.10 m.

DISKUSIJA

STVARANJE SINTETIČKOG PROFILA „MIŠELUK“

Integracijom pomenuta tri subprofila („MŠ1“, „MŠ2“ i „MŠ3“) u jedan sintetički (Prilog 3), omogućena je grafička interpretacija profila i sveobuhvatnija analiza paleoklimatskih promena.

Iako se tri subprofila nalaze na različitim nadmorskim visinama, sa razlikom do nekoliko metara, postoje poklapanja u određenim delovima različitih subprofila. Tako se, na primer, delovi gornjeg sloja subprofila „MŠ2“ poklapaju sa određenim delovima donjeg sloja subprofila „MŠ1“. Nakon analize pomenutih slojeva oba subprofila, utvrđeno je da uzorci sa subprofila „MŠ2“ pružaju detaljniji zapis o paleoklimatskim promenama (usled faktora koji utiču na stopu sedimentacije i očuvanja nepromjenjene stanje sedimenata kroz vreme, kao što je konfiguracija terena) negoli ekvivalentni uzorci donjih slojeva subprofila „MŠ1“. Tako su, zarad postizanja što detaljnijih finalnih vrednosti celokupnog profila Mišeluk, u procesu integracije tri subprofila u jedan sintetički, uvrštene vrednosti donjeg sloja subprofila „MŠ2“.

KORELACIJA HORIZONATA SA „MIS“ STRATIGRAFIJOM

MIS (*Marine isotope stages*) predstavlja stratigrafiju naizmeničnosti toplih (interglacijskih) i hladnih (glacijskih) perioda u Zemljinoj paleoklimi, izvedenih iz podataka o izotopu kiseonika iz uzorka dubokomorskih sedimenata koji ukazuju na fluktuaciju promena temperature. Gledajući unazad od sadašnjosti, odnosno MIS 1 na skali, etape sa parnim brojčanim vrednostima imaju visok nivo ^{18}O i predstavljaju hladne odnosno glacijalne periode. Etape sa neparnim brojčanim vrednostima odlikuju se niskim nivoom ^{18}O i tako predstavljajući tople, interglacijske periode. Podaci su izvedeni iz ostataka planktonskih foraminifera u bušenim jezgrima morskih sedimenta [16]. Identifikovano je više od 100 faza, koje se trenutno protežu do oko 6 miliona godina, a skala bi u budućnosti mogla da dosegne i do 15 miliona godina. Neke faze, posebno MIS 5, podeljene su u podfaze, kao što je „MIS 5a“, pri čemu su 5 „a“, „c“ i „e“ topli, a sa druge strane „b“ i „d“ hladni periodi [16]. Vrednosti sa MIS stratigrafske služe kao globalna korelaciona osnova sa drugim metodama paleoklimatskih rekonstrukcija [17].

Na sintetičkom profilu Mišeluk jasno su utvrđene korelace vrednosti sa „MIS“ skalom, koje su, nakon detaljnih laboratorijskih analiza, pronađene u svim horizontima profila. Najizraženije ekstremne vrednosti klimatskih oscilacija „MIS 5“ faze (MIS 5 a, c, e), koje ukazuju na toplije periode, upravo se podudaraju sa ekstremnim vrednostima „RI“ utvrđenih u paleozemljšnom sloju „S1“. Istim principom, svaki sloj pronalazi ekvivalentne ekstremne vrednosti oscilacija izmerenih parametara sa njima korelativnim na „MIS“ stratigrafski. Shodno tome, na celokupnom profilu Mišeluk, hronološki su diferencirani horizonti profila u skladu sa fazama „MIS“ stratigrafije, odnosno: „S1“=„MIS 5“; „L1LL2“=„MIS 4“; „L1SS1“=„MIS 3“; „L1LL1“=„MIS 2“; „S0“=„MIS 1“ (Prilog 4).

KORELACIJA SA DRUGIM LESNIM PROFILOM

U Srbiji je do sada urađeno veoma malo lesnih profila koji imaju analizu boje sedimenta. Lesno paleozemljšni profil Orlovat je jedan od retkih za koje se pouzdano zna apsolutna starost slojeva koja je datirana optički stimulisanom luminescencijom, kao i vrednosti a^* , b^* i L^* po CIE sistemu boja. Prilog 5 prikazuje izračunat RI za Orlovat i Mišeluk. Udaljeni su oko 55 km, ali leže na istoj geografskoj širini i formirani su za vreme poslednje glacijacije. Različita moćnost slojeva posledica je drugačijih sedimentacionih uslova. Orlovat je u sklopu Tamiškog lesnog platoa na nižoj nadmorskoj visini, između aktivnog toka reke Tamiš i paleomeandra Tise, dok je Mišeluk na severnoj padini Fruške

gore i kao takav vrlo verovatno podložan procesima erozije. Iako je Orlovatski L1 za oko 1.50 m moćniji od L1 Mišeluka, njegov RI je prilično monoton i ne prikazuje toliko oscilacija kao Mišeluk. Prelazak modernog zemljišta u eolski sediment jasno se izdvaja na oba profila naglim opadanjem hematita. Indeks se ponovo povećava sa približavanjem poslednjem interglacijskom razdoblju, a pretpostavlja se da su karakteristični skokovi u signalu posledica toplijih perioda tokom MIS5, jer je njihova pozicija na metar ispod datirane starosti od 92 ± 12.0 ka. Orlovat za razliku od Mišeluka ima izraženiji skok RI pre ulaska u Holocen kao posledica inicijalnog zemljišta koji je izrazito tamnije boje od lesa. Mišeluk sa druge strane ima mnogo detaljniji signal tokom MIS3, dok je u Orlovatu na mestu inicijalnog zemljišta prisutna granularna poroznost kao indikacija početka toplijeg perioda. Za potrebe vremenske korelacije ova dva profila uzeti su uzorci za apsolutno datiranje Mišeluka, čiji rezultati se očekuju u budućnosti.

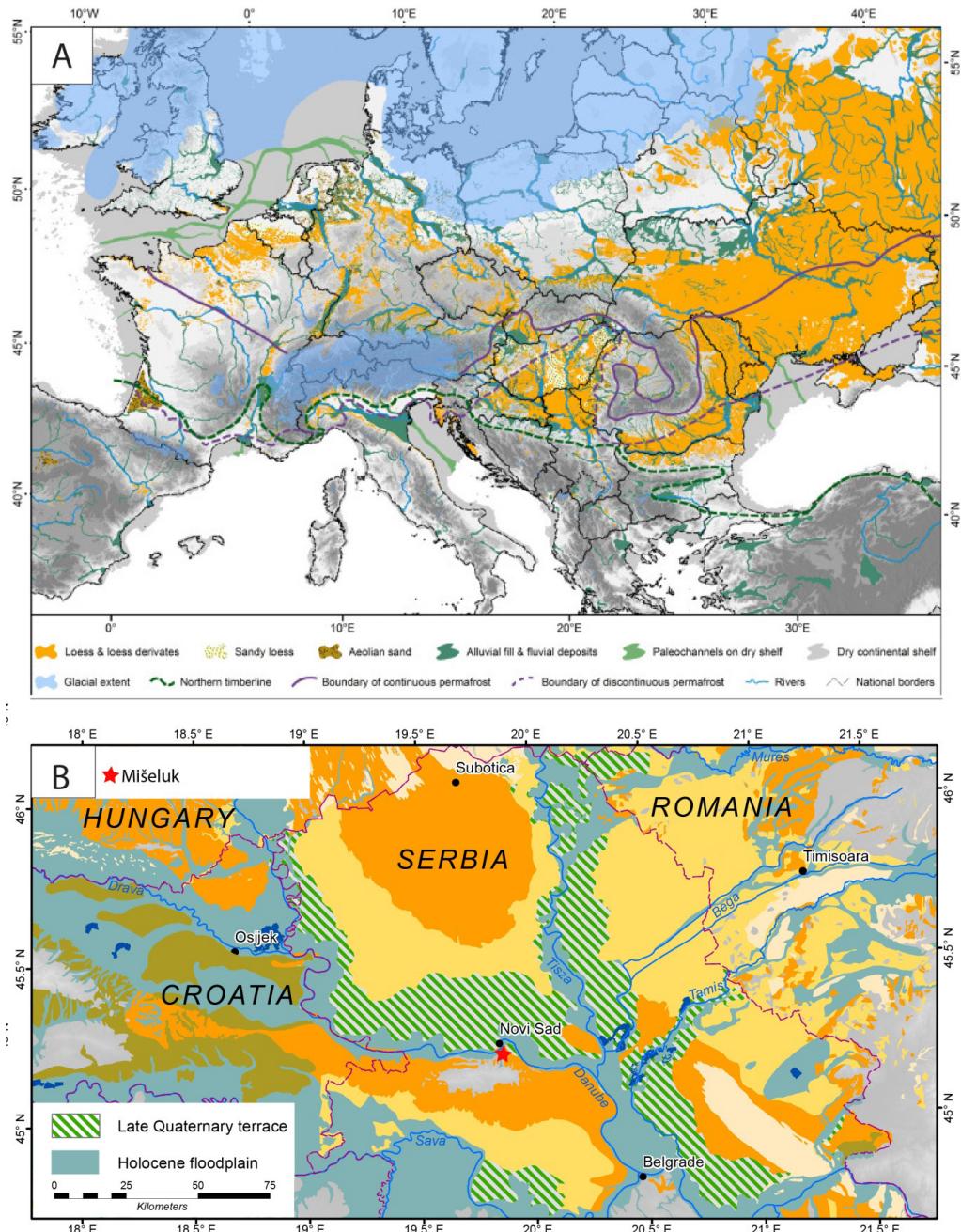
ZAKLJUČAK

Kako klimi prošlosti moramo pristupiti indirektno, do sada su razvijene brojne tehnike za tumačenje njenih promena. U ovom radu, odlučeno je da se proba sa paleoklimatskom rekonstrukcijom na osnovu boje sedimenta lesno paleozemljišnog profila Mišeluk, koji je uzorkovan 2021. godine. Profil je otvoren na severnoj padini Fruške gore u Sremskoj lesnoj zaravni u Srbiji. Da bi se pristupilo svim horizontima, lokacija kopanja se menjala, tako da postoji ukupno 5 subprofila na relativno maloj udaljenosti. U ovom radu, koji se tiče poslednjeg glacijalnog ciklusa, prikazani su rezultati dobiveni na 3 subprofila. Korišćen je aparat *Conica Minolta CR-400 Chroma Meter* pomoću kojeg je uspešno izmerena boja sedimenta u prethodnih 130.000 godina. 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 i klime ogleda se u pedogenezi kojom se boja matičnog supstrata, u ovom slučaju lesa, drastično menja. Boja sedimenta poslužila je za korelaciju sedimentacionih uslova sa vremenskom skalom marinskog izotopa kiseonika. Osim svetske stratigrafije, profil je korelisan i sa još jednim lesnim profilom. Dokazano je da moćnost sedimenta ne mora da znači detaljniji rezultat u promeni boje, jer je Mišeluk kao tanji profil od Orlovata prikazao veće fluktuacije i mogućnosti za interpretaciju. Hipoteze ovog naučnog rada biće proverene analizom apsolutne starosti sedimenata Mišeluka, čime će se pokazati valjanost boje kao indikatora paleoklimatskih promena.

LITERATURA

- (1) Heller F, and Evans M. E. Loess magnetism, *Rev. Geophys.*, 1995, 33(2), 211–240, doi:10.1029/95RG00579.
- (2) Pecsi M. Loess is not just the accumulation of dust, *Quaternary International*, 1990, 7/8, 1-21.
- (3) Smalley, I. J. The properties of glacial loess and the formation of loess deposits, *Journal of Sedimentary Petrology*, 1966, 36, 669–676.
- (4) Lukić T., Marković S. B. Stevens T., Vasiljević Dj. A., Machalett B., Milojković N., et al. The loess ‘cave’ Near the village of Surduk – An unusual pseudokarst landform in the loess of Vojvodina, Serbia, *Acta Carsologica*, 2009, 38, 227-235.
- (5) Muhs D. R., Bettis A. E. Quaternary loess-paleosol sequences as examples of climate-driven sedimentary extremes, *Special papers- Geological Society of America*, 2003, 53-74.
- (6) Marković S. B., Hambach U., Stevens T., Kukla G. J., Heller F., McCoy W. D., Oches E. A., Buggle B., Zöller L. The last million years recorded at the Stari Slankamen loesspalaeosol sequence: revised chronostratigraphy and longterm environmental trends. *Quaternary Science Reviews*, 2011, 30, 1142-1154.
- (7) Liu T.S., et al., (unnamed). Loess and the Environment. China Ocean Press, Beijing, 1985.
- (8) Kukla G. Loess stratigraphy in central China. *Quaternary Science Reviews*, 1987, 6, 191–219

- (9) Yang S. L., Ding Z. L. Color reflectance of Chinese loess and its implications for climate gradient changes during the last two glacial-interglacial cycles. *Geophysical Research Letters*, 2003, 30, 2058. doi:10.1029/2003GL018346
- (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, 31, L03207, 1-4. doi:10.1029/2003GL018975.
- (11) Marković S. B., Bokhorst M. P., Vandenberghe J., McCoy W. D., Oches E. A., Hambach U., et al. Late Pleistocene loess-paleosol sequences in the Vojvodina region, North Serbia, *Journal of Quaternary Science*, 2008, 23, 73–84.
- (12) Lehmkuhl F., Nett J.J., Schulte P., Sprafke T., Jary Z., Antoine P., et al. Loess landscapes of Europe – Mapping, geomorphology and zonal differentiation, *Earth-Science Reviews*, 2021, 215, 103496.
- (13) Barron V., Torrent J. Use of the KubelkaMunk theory to study the influence of iron oxides on soil colour. *Journal of Soil Science*, 1986, 37, 499-510.s
- (14) Lukić T. (2015): Boja lesno-paleozemljišnih sekvenci kao pokazatelj paleoklimatskih i paleoekoloških procesa. Prirodno-matematički fakultet, Departman za geografiju, turizam i hotelijerstvo, Novi Sad.
- (15) Markovic S. B., Oches E. A., Gaudeny T., Jovanovic M., Hambach U., Zöller L., Sümegi P. Palaeoclimate record in the Late Pleistocene loess-paleosol sequence at Miseluk (Vojvodina, Serbia) [Le cycle climatique du Pléistocène supérieur dans la séquence loessique de Miseluk (Vojvodina, Serbie).], *Quaternaire*, 2004, 15(4), 361-368.
- (16) Wright J. Global Climate Change in Marine Stable Isotope Records. *Quaternary Geochronology: Methods and Applications*, 2000, 4, 10.1029/RF004p0427.
- (17) Grossman E.L, Joachimski M.M. Oxygen Isotope Stratigraphy, *Geologic Time Scale* 2020, 2020, 1, 279–307, doi.org/10.1016/B978-0-12-824360-2.00010-3
- (18) Lukić T., Basarin B., Buggle B., Marković S. B., Tomović V. M., Raljić J. P., et al. A joined rock magnetic and colorimetric perspective on the Late Pleistocene climate of Orlovat loess site (Northern Serbia), *Quaternary International*, 2014, 334, 179-188.



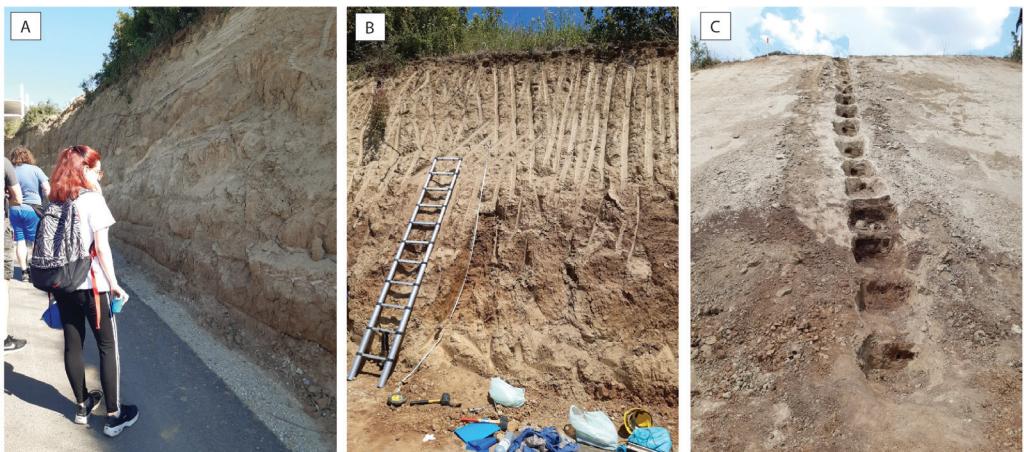
Projection: Lambert Azimuthal Equal Area
Central Meridian: 18° E; Latitude of Origin: 48.5° N

Cartography: A. Thiemann, S. Steffens, J. Viehweger
© Journal of Maps

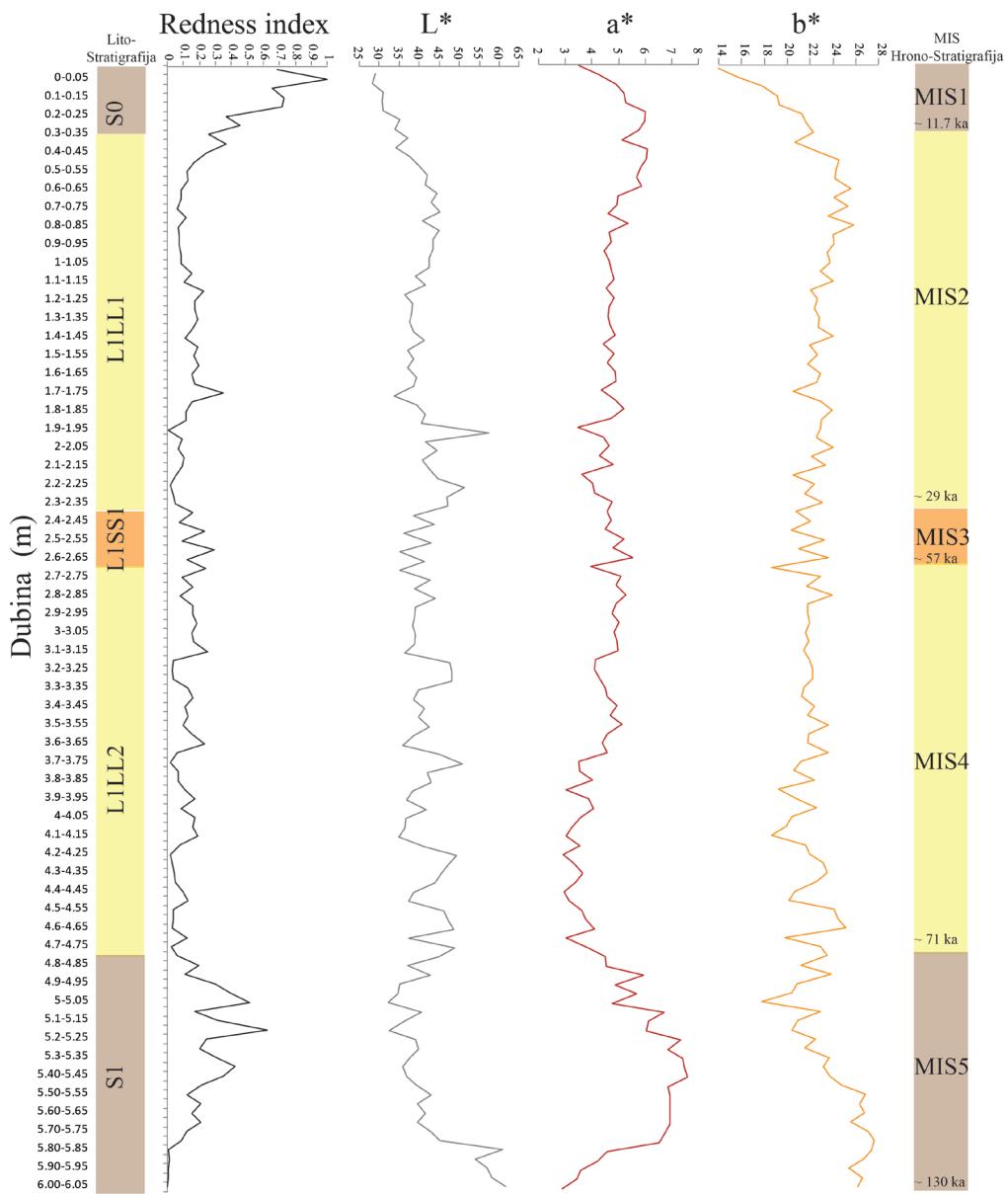
Prilog 1. Rasprostranjenje lesa A) u Evropi (11, izmenjeno); B) u Vojvodini sa lokacijom lesno paleozemljšnog profila Mišeluk.



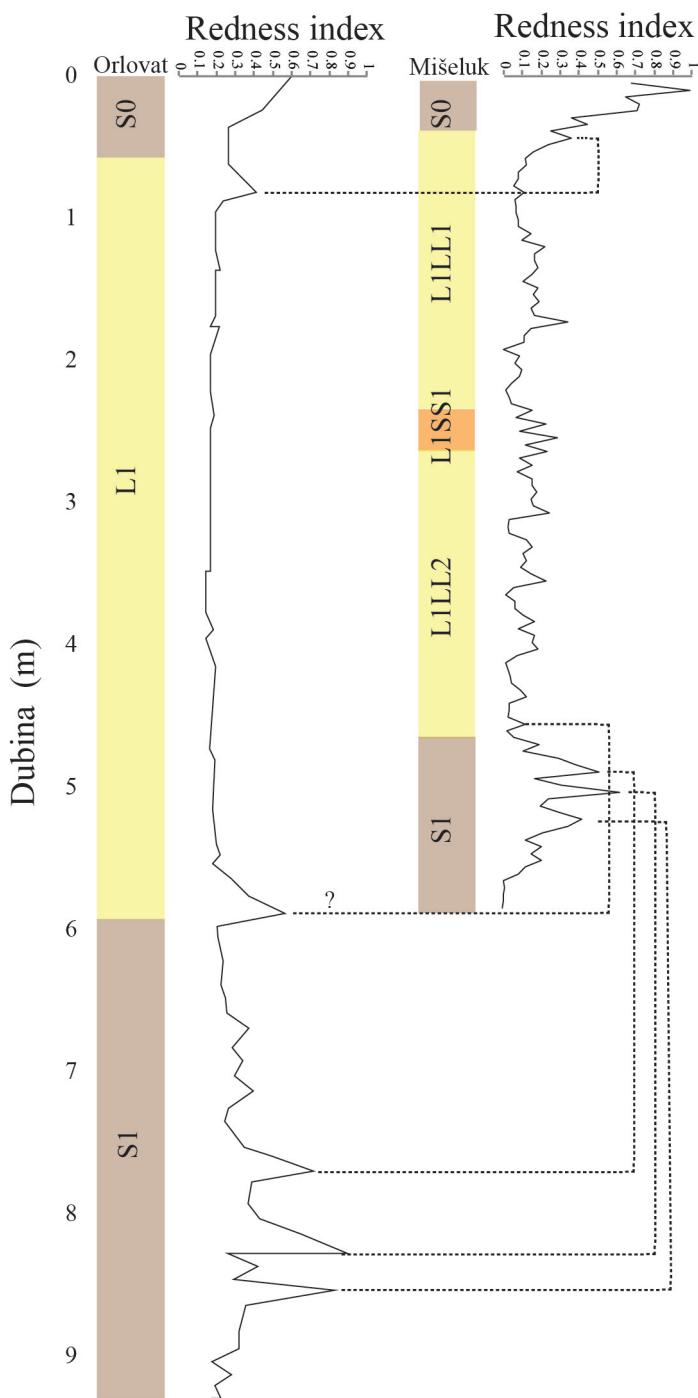
Prilog 2. Aparatura za merenje boje sedimenta, *Conica Minolta CR-400 Chroma Meter*.



Prilog 3. Fotografije subprofila A) MŠ1; B) MŠ2; C) MŠ3.



Prilog 4. Sintetički profil Mišeluk sa lesnom stratigrafijom i „MIS“ hrono-stratigrafijom: A) Redness indeks; B) L* svetlina; C) a* boja; D) b* boja.



Prilog 5. Uporedni prikaz Redness indeksa u sedimentima profila Orlovat (18, izmenjeno) i Mišeluk.

SEDIMENT COLOR AS PALAEOCLIMATIC PROXY OF LAST GLACIAL CYCLE AT LOESS-PALEOSOL PROFILE MIŠLUK, SERBIA

Authors: NATALIJA NIKOLIĆ, Aleksandar Pilipović, Dušan Puhar¹

Email: nacanikolic@gmail.com

Mentor: TA Milica G. Radaković

¹Chair 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 being deposited, and during interglacial periods (the warmer periods) paleosol was being formed. The difference in color between the 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 Mišeluk, it will be shown how the color of sediment can be used as a palaeoclimatic proxy.

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 Mišeluk fits in with international stratigraphies and with other loess-paleosol profiles.

Material and Methods: Field research and sample collection were conducted in June 2021. An instrumental color measurement of loess-paleosol samples was performed with a Conica Minolta CR-400 Chroma Meter. For all the 207 samples from three subprofiles, the Redness Index was calculated, and then the values were normalized.

Results: The analysis of three separate subprofiles 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 Mišeluk 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; Mišeluk; Fruška gora Mountain; color

ISPITIVANJE TERMIČKE STABILNOSTI VITAMINA D3 NA NEORGANSKIM I POLIMERNIM NOSAČIMA

Autor: TEODORA KNEŽEVIĆ, Teodora Tomović, Andjela Marković, Ana Marković

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

org; andjela.markovic@student.pmf.unibl.org; ana.markovic@student.pmf.unibl.org

Mentor: Prof. dr Dijana Jelić Komentor: Doc. dr Snežana Papović i asis. Sanja Pržulj

Studijski program hemija

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Banjoj Luci

Uvod: Kako deficit vitamina D kod ljudi predstavlja sve veći zdravstveni problem u razvijenim zemljama, raste potreba za adekvatnom suplementacijom. Formulacija suplemenata sa vitaminom D3 (VD3) je izazovna zbog njegove nestabilnosti, između ostalog i osjetljivosti na toplotu. Od velikog interesa su istraživanja u kojima se vitamin D nanosi na nosače u cilju povećanja stabilnosti vitamina D, kao i mogućnosti sinergističkih efekata u kombinaciji sa nosačima.

Cilj: Ispitivanje termičke stabilnosti VD3 nakon inkorporiranja na sintetisane CaCO₃ i polivinil alkohol (PVA)/CaCO₃ nosače.

Metode: Četiri različita oblika čestica CaCO₃ (sferne, kubne, velike i male elipsoidne) kao i kompozitni PVA/CaCO₃ nosač su sintetisani u laboratorijskim uslovima. Njihova specifična površina, veličina pora i adsorpcione izoterme su određene na Brunauer-Emmett-Teller (BET) analizatoru. Nanošenje vitamina D3 na izabrane nosače je vršeno pomoću adsorpcije i koprecipitacije. Uspješnost vezivanja vitamina i jačine interakcija su izučavane Furijeovom transformisanom infracrvenom (FTIR) spektroskopijom. Konačno, termička stabilnost sistema je ispitivana termogravimetrijskom analizom (TGA).

Rezultati: BET analiza je utvrđila da PVA/CaCO₃ nosač ima najveću aktivnu površinu, dok su se među kalcijum-karbonatnim česticama kao najbolje pokazale velike elipsoidne čestice. FTIR spektri su pokazali da je količina vezanog vitamina veća nakon koprecipitacije i da je adsorpcija na kompozitnom nosaču uspješnija u odnosu na čisti CaCO₃. Termogravimetrijski dijagrami pokazuju da je početna temperatura degradacije pomjerena ka višim temperaturama u svim sistemima. Međutim, dijagrami prvog izvoda termogravimetrije (DTG) pokazuju da je temperatura najvećeg pika degradacije slična kao kod čistog vitamina, osim za sistem koprecipitacije sa vitaminom D3 i vitaminom E (VE), gdje je vitamin D3 stabilniji za 40 °C.

Zaključak: BET analiza sintetisanih čestica ukazuje na mogućnost adsorpcije VD3 na površini nosača. FTIR spektroskopijom je utvrđeno da je koprecipitacija bolja metoda nanošenja VD3 na nosače u odnosu na adsorpciju. Konačno, kod svih sistema je početak degradacije na višim temperaturama, a sistem koprecipitacije VD3 i VE pokazuje povećanje stabilnosti za 40°C.

Ključne riječi: Vitamin D3; CaCO₃; nosači; termička stabilnost

UVOD

Iako se vitamin D₃ (VD₃), koji je glavni oblik vitamina D, može proizvesti u ljudskoj koži pod dejstvom sunčevog zračenja [1], nedostatak vitamina D je postao veliki zdravstveni problem. Deficit ovog vitamina u organizmu je vrlo rasprostranjeno stanje koje utiče na oko milijardu ljudi širom svijeta [2]. Pored održavanja nivoa kalcijuma i fosfora u cirkulaciji, VD₃ ima funkcije održavanja zdravlja skeletnog, imunog i kardiovaskularnog sistema,

kao i prevencije nekih karcinoma i autoimunih bolesti. Iz tog razloga, dijagnoza i liječenje manjka ovog vitamina je neophodna za održavanje zdravstvenog stanja organizma [3, 4]. Deficit VD₃ se tretira dodacima ishrani, koje je preporučeno uzimati svaki dan, kako bi se održao odgovarajući nivo vitamina D u serumu.

Međutim, formulacija vitamin D₃ suplemenata je izazovna zbog njegove loše stabilnosti, što je vidljivo po kratkom vijeku trajanja lijekova i dodataka prehrani (jedna do dvije godine). Stabilnost aktivne supstance je jedan od ključnih segmenata u osiguravanju kvaliteta preparata. Samim tim, znanje o stabilnosti farmaceutskih sastojaka je neophodno za formulisanje prikladnih gotovih proizvoda. Poznato je da različiti faktori, kao što su izloženost svjetlu, vlazi, kiseoniku, temperaturi i niskoj pH vrijednosti mogu uticati na stabilnost vitamina D₃. U cilju zaštite od ovih faktora i povećanja stabilnosti, VD₃ se nanosi na nosače [2].

U ovom radu, sintetisani su neorganski i kompozitni polimerni nosači na bazi kalcijum-karbonata u cilju povećanja termičke stabilnosti vitamina D₃. Njegova struktura i površinska morfologija pružaju mogućnost adsorpcije velikog raspona biomolekula, a biokompatibilnost i netoksičnost ga čine atraktivnim kandidatom za ovu primjenu [5]. Pored toga, sam CaCO₃ služi kao izvor kalcijumovih jona, te sinergičkim efektom može pojačati dejstvo ovog vitamina. Prednost kosuplementacije je posebno izražena kod zdravlja kostiju, ali su utvrđeni pozitivni efekti i na druge sisteme [6–10].

Sinteza nosača je vršena pod različitim uslovima, te su sintetisana 4 različita oblika čestica CaCO₃, kao i kompozitni PVA/CaCO₃ nosač. Nakon određivanja specifične površine i distribucije pora BET analizom, kubične čestice CaCO₃ i kompozitni PVA/CaCO₃ nosač su izabrani za nanošenje VD₃. Nanošenje aktivne supstance je vršeno pomoću 2 metode: koprecipitacija i adsorpcija, te se njihova efikasnost kao i efikasnost sinteze nosača analizirala FTIR spektroskopijom. Konačno, termalna stabilnost VD₃ na ovim nosačima je ispitivana termogravimetrijskom analizom (TGA).

MATERIJALI I METODE

Materijali

Za sintezu nosača korišteni su CaCl₂, CAS: 10043-52-4 i poli(vinil alkohol), M= 31 000-50 000, CAS: 9002-89-5 proizvođača SIGMA-ALDRICH, Njemačka, te bezvodni Na₂CO₃, CAS: 497-19-8 i natrijum-tetraborat dekahidrat Na₂B₄O₇ · 10H₂O, CAS: 1303-96-4 proizvođača Lach-ner s. r. o., Republika Češka. Kao aktivne supstance korišteni su vitamin D₃ C₂₇H₄₄O, CAS: 67-97-0, proizvođača DSM, SAD i D-α-Tokoferol sukcinat C₃₃H₅₄O₅, CAS: 4345-03-3 proizvođača SIGMA-ALDRICH, Njemačka.

Sinteza CaCO₃ čestica

Mikročestice kalcijum-karbonata su sintetisane u različitim oblicima podešavanjem pH, koncentracije soli CaCl₂ i Na₂CO₃, vremena miješanja i dodavanjem etilen-glikola [11]. Navedeni uslovi sinteze su predstavljeni u Tabeli 1, dok su detaljne metode sinteze opisane ispod. Za sintezu sfernih kalcijum-karbonat čestica pripremljeni su rastvori Na₂CO₃ (c=0,33 M, pH=8) i CaCl₂ (c=0,33 M, pH=12). Rastvori soli se spajaju u jednakim zapreminskim odnosima, te miješaju na magnetnoj mješalici 90 sekundi na 600 rpm. Nakon toga, pH se podešava na 10, a miješanje se nastavlja još 10 minuta na 600 rpm. Sinteza ovih čestica je vršena 3 puta sa zapreminama rastvora soli od 2 mL, 5 mL i 20 mL, te je postignuto iskorištenje od 11,2%, 34,6% i 41,7%. Ukupna masa sfernih CaCO₃ čestica nakon svih sinteza je 0,3433 g.

Prije sinteze velikih elipsoidnih čestica pripremljeni su rastvori Na₂CO₃ (c=1 M, pH=9,5) i CaCl₂ (c=0,1 M, pH=9,5). U staklenom sudu su napravljena razblaženja oba

rastvora sa destilovanom vodom u odnosu 1 : 10. Razblaženi rastvori se prvo promiješaju, a potom se rastvor CaCl_2 doda rastvoru Na_2CO_3 , i miješanje se nastavlja 30 minuta na 600 rpm. Sinteza čestica ovog oblika je rađena 4 puta sa zapreminama rastvora soli od 2 mL, 5 mL, 14 mL i 36 mL, te je postignuto iskorištenje od 16,0%, 62,0%, 41,1% i 69,3%. Nakon svih sinteza ukupna masa je bila 0,3411 g.

Postupak sinteze malih elipsoidnih kalcijum-karbonat čestica je veoma sličan sintezi velikih elipsoidnih. Koriste se isti rastvori, te isto vrijeme i brzina miješanja. Umjesto razblaženja sa destilovanom vodom, početni rastvori se miješaju sa smješom etilen-glikola i vode (1 : 1) u odnosu 1 : 10. Nakon spajanja rastvora (rastvor CaCl_2 se doda rastvoru Na_2CO_3), miješanje se vrši 30 min na 600 rpm. Ova sinteza je vršena 2 puta sa zapreminama rastvora soli od 2 mL i 4 mL, dok je iskorištenje bilo 28,0% i 35,2%. Poslije obje sinteze, ukupna masa malih elipsoidnih čestica je bila 0,0197 g.

Četvrti oblik čestica kalcijum-karbonata koji je sintetisan jeste kubični. Korišteni rastvori su Na_2CO_3 ($c=1 \text{ M}$, $\text{pH}=12$) i CaCl_2 ($c=1 \text{ M}$, $\text{pH}=8$). Rastvore soli je potrebno pomiješati, te staviti na magnetnu mješalicu 3 h na 600 rpm. Ovaj postupak je ponovljen 3 puta sa zapreminama rastvora soli od 2 mL, 5 mL i 35 mL, te je postignuto iskorištenje od 65,6%, 84,9% i 90,2%. Ukupna masa dobijenih čestica je 3,7132 g.

Podešavanje pH početnih rastvora je vršeno pomoću 0,1 M rastvora NaOH i HCl .

Nakon sinteze sve čestice su odvojene od rastvora centrifugiranjem, a nakon odvajanja ispirane prvo destilovanom vodom, pa etanolom, kako bi se uklonile neizreagovane soli, ostaci etilen-glikola ili eventualne nečistoće. Sušenje se vrši 1 h na 70°C .

Fotografije snimljene tokom postupka sinteze su prikazane ispod (Slika 1–4).

Sinteza CaCO_3/PVA čestica

U svrhu povećanja aktivne površine, sintetisan je kompozitni nosač izgrađen od kubičnog CaCO_3 i polivinil-alkohola (PVA) [12]. Kako bi se sintetisao ovaj nosač 0,5 g PVA je suspendovano u 20 mL destilovane vode, te stavljeni da bubre 2 h na 98°C uz konstantno miješanje na magnetnoj mješalici. Takođe, odvojeno je pripremljena suspenzija 0,5 g kubičnog CaCO_3 i 20 mL destilovane vode miješajući pomenute 2 komponente na sobnoj temperaturi u periodu od 1 h. Nakon završetka miješanja, suspenzija kalcijum-karbonata u vodi se dodaje ohlađenom PVA rastvoru, te se miješanje nastavlja na sobnoj temperaturi još sat vremena. Potom se smješi polako dodaje agens za umrežavanje tj. rastvor 0,05 g boraksa u 10 mL destilovane vode. Ova smješa se ostavi još 30 min na magnetnoj mješalici, a zatim se sonifikuje 1 min u ultrazvučnoj kadi. Ovakvo dobijena smješa se dekantuje, te prenese u odgovarajući posudu kako bi se sušila na sobnoj temperaturi u periodu od 72 h. Sinteza je šematski predstavljena na Slici 5.

Nanošenje vitamina D₃ na nosače

U ovom radu korištena su dva mehanizma nanošenja aktivne supstance na nosače, a to su adsorpcija i koprecipitacija. Postupak upotrebljen za nanošenje vitamina D₃ na sintetisane nosače je objašnjen ispod.

Koprecipitacija vitamina D₃

Koprecipitacija je vršena dodavanjem aktivnih supstanci na početku same sinteze kubičnih čestica kalcijum-karbonata. Rađene su dvije varijacije ove metode, u prvoj je kao aktivna supstanca korišten samo vitamin D₃, dok je u drugoj pored vitamina D₃ dodan i vitamin E (tokoferol-sukcinat). Svrha vitamina E je da djeluje kao surfaktant, ali i kao aktivna supstanca tj. antioksidans [13]. Početni rastvori za obje metode su Na_2CO_3 ($c=1 \text{ M}$, $\text{pH}=12$) i CaCl_2 ($c=1 \text{ M}$, $\text{pH}=8$). Treba napomenuti da, s obzirom na to da je nakon miješanja ova 2 rastvora izmjereni pH bio 8,52, su i vitamin D i vitamin E stabilni u baznoj

sredini [14, 2]. U dva staklena suda su spojena po 2 mL početnih rastvora soli kojima je podešen pH. Istovremeno je u jedan stakleni sud dodano 50 mg vitamina D₃, dok je u drugi dodano 50 mg vitamina D₃ i 20 mg vitamina E. Smješe su ostavljene na sobnoj temperaturi 3 h na magnetnoj mješalici. Potom je izvršeno centrifugiranje, a nakon toga dobijeni proizvod je ispran destilovanom vodom 2 puta. Prilikom ove sinteze, preskočen je korak ispiranja etanolom, kako ne bi došlo do rastvaranja vitamina. Sušenje je vršeno na sobnoj temperaturi i na tamnom mjestu, a nakon sušenja, proizvod je prenesen u zamrzivač. Proizvod dobijen nakon centrifugiranja prikazan je na Slici 6.

Adsorpcija vitamina D₃

Adsorpcija je izvođena miješanjem čvrstog nosača sa etanolnim rastvorom vitamina D₃. Kao nosači korišteni su kubični kalcijum-karbonat i kompozitni PVA/CaCO₃ nosač. Postupak je započeo pripremom 25 mL rastvora vitamina D₃ u 96% etanolu masene koncentracije 50 mg/mL. Po 5 mL ovog rastvora je preneseno u dvije Erlen-Majer tikvice: u jednoj se nalazilo 1 g kubičnog kalcijum-karbonata, a u drugoj 1 g kompozitnog PVA/CaCO₃ nosača. Obje tikvice su istovremeno postavljene na mućkalicu koja je podešena na 115 obrtaja u minuti u trajanju od 22 h. Nakon toga, mućkanje je ubrzano prvo na 125 rpm, a potom na 130 rpm tokom 2 h. Po završetku mućkanja čestice su odvojene centrifugiranjem, isprane 2 puta destilovanom vodom, te stavljene da se suše na sobnoj temperaturi i na tamnom mjestu. Osušen proizvod je čuvan u zamrzivaču. Dio postupka adsorpcije je prikazan na Slici 7.

BET analiza

Određivanje aktivne površine i distribucije pora nosača, te adsorpcionih izotermi je vršeno pomoću *Surface Area and Pore Analyzer*, serije Sync 100 proizvođača 3P Instruments GmbH & Co. Uzorci su prvo degasirani 20 h na 150°C, a potom je BET analiza vršena metodom adsorpcije/desporpcije azota.

IR spektroskopija

Pomoću SHIMADZU IRSpirit FTIR spektrofotometra ispitivana je interakcija između nosača i aktivnih supstanci. Snimanje čistih nosača, kao i čestica nakon adsorpcije i koprecipitacije, rađeno je u opsegu od 4000 do 400 cm⁻¹.

TGA/DSC

Termička stabilnost uzorka ispitana je pomoću termogravimetrijskog analizatora proizvođača TA instruments sa modelom uređaja SDT 2960, koji je sposoban za istovremene TGA-DSC analize. TGA-DSC eksperimenti su sprovedeni u temperaturnom rasponu od 23 do 800°C, pod dinamičnom atmosferom azota (N₂ čistoća od 99.999 wt.%) pri protoku od 70 mL/min. Praškasti uzorci mase od oko 5 mg stavljeni su u platinaste posudice pri brzini grijanja od $\beta = 10, 20$ i 30°C /min.

REZULTATI

BET analiza

Podaci o veličini aktivne površine i distribuciji pora ispitivanih sfernih, velikih elipsoidnih i kubičnih čestica kalcijum-karbonata kao i čestica PVA/CaCO₃ kompozita prikazani su u Tabeli 2. Takođe je naveden i literturni podatak za komercijalni CaCO₃ [15]. Sve sintetisane čestice su imale veću aktivnu površinu u odnosu na komercijalni kalcijum-karbonat. Pore veličine od 2 do 10 nm su većinski zastupljene kod velikih elipsoidnih CaCO₃ čestica

i kompozitnog PVA/CaCO₃ nosača. Kod sfernih i kubičnih kalcijum-karbonat čestica su podjednako zastupljene pore od 2 do 20 nm.

Izoterme dobijene nakon ispitivanja toka adsorpcije i desorpcije na sintetisanim česticama su prikazane na Slici 8. Prikazana je zavisnost količine adsorbovanog azota od pritiska gasa.

FTIR spektroskopija

Za proučavanje uspješnosti sinteze nosača, proizvodi sinteze su snimljeni IR spektrofotometrom. Snimljeni IR spektri sintetisanih čestica kalcijum-karbonata prikazani su na Slici 9. Spektar sintetisanog kompozitnog PVA/CaCO₃ nosača, kao i početnih supstanci prikazan je na Slici 10. Kako bi se proučila interakcija i uspješnost adsorpcije i koprecipitacije, poređeni su spektri polaznih supstanci i nosača sa dobijenim proizvodom. Adsorpcija VD₃ na kubičnom kalcijum-karbonatu prikazana je na Slici 11. Spektri sintetisanog kompozitnog PVA/CaCO₃ nosača, VD₃ i nosač nakon adsorpcije prikazani su na Slici 12. Koprecipitacija sa VD₃ je vršena prilikom sinteze kubičnog CaCO₃ nosača, te se proučavanjem IR spektara (Slika 13) može predvidjeti njena uspješnost. Pored toga, na Slici 14, prikazani su i spektri početnih supstanci, kao i proizvod sinteze koprecipitacije kubičnog CaCO₃ nosača i vitamina D i E.

Termogravimetrijska analiza

Termogravimetrijska analiza omogućava proučavanje promjene mase uslijed dehidracije i dekompozicije uzorka prouzrokovanih promjenom temperature. U ovom radu, TGA je korištena da se ispita promjena termičke stabilnosti aktivne supstance nakon nanošenja na nosač, kao i da se dodatno ispita uspješnost adsorpcije i koprecipitacije.

Krive razlaganja čistog VD₃, kubičnih čestica CaCO₃ i proizvoda adsorpcije vitamina D₃ na kubičnom kalcijum-karbonatu prikazane su na Slici 15. Takođe, prvi izvod termogravimetrije (DTG) urađen je kako bi se preciznije odredila temperatura degradacije. Razlaganje čestica nastalih nakon adsorpcije vitamina D₃ na kubičnim česticama CaCO₃ prikazano je na Slici 16. Slika 17 prikazuje TGA dijagram degradacije proizvoda koprecipitacije vitamina D₃ sa kalcijum-karbonatom, kao i čistih komponenata VD₃ i kubičnog CaCO₃. Na Slici 18 prikazan je DTG dijagram CaCO₃ čestica koprecipitovanih sa vitaminom D₃. Slika 19 prikazuje degradaciju proizvoda koprecipitacije vitamina D₃, vitamina E i kalcijum-karbonata, kao i čistog VD₃ i CaCO₃. DTG dijagram razlaganja CaCO₃ čestica koprecipitovanih sa vitaminom D₃ i vitaminom E je prikazan na Slici 20. Konačno, na Slici 21 prikazane su TGA krive čistog VD₃, kompozitnog PVA/CaCO₃ nosača i proizvoda adsorpcije vitamina D₃ na PVA/CaCO₃ nosaču. Na Slici 22 prikazan je DTG dijagram razgradnje PVA/CaCO₃ kompozitnog nosača sa adsorbovanim vitaminom D₃.

DISKUSIJA

BET analiza

Od čistih CaCO₃ čestica, velike elipsoidne su pokazale najbolji rezultat, dok je dodatak polimera na kubične kalcijum-karbonat čestice drastično povećao njihovu aktivnu površinu. Ukoliko se prouči izoterma dobijena nakon analize kubičnih čestica CaCO₃, može se zaključiti da je slaba adsorpcija pri niskom pritisku posljedica slabih interakcija. Sa rastom pritiska adsorpcija se pojačava, a nove čestice adsorbata su dodatno privučene postojećim slojem pa izoterma postaje konveksna. Konveksnost izoterme prema x-osi pokazuje da prethodno adsorbowane čestice poboljšavaju adsorpciju drugih čestica iz dubine faze. Može se zaključiti da su ovdje značajne interakcije između čestica adsorbata, te da dolazi do formiranja višesloja. Tip izotermi sfernih i velikih elipsoidnih čestica takođe

ukazuje na stvaranje višesloja tokom adsorpcije. Oblik izoterme kompozitnog PVA/CaCO₃ nosača ukazuje na postojanje mikropora, te na stvaranje monosloja adsorbata. Razdvajanje adspcionih i desorpcionih izotermi kod kubičnih i sfernih CaCO₃ čestica sugerije na postojanje mezopora [16].

FTIR spektroskopija

Svih 5 spektara sintetisanih čestica CaCO₃ pokazuju karakteristične trake na pribлизно 1400 cm⁻¹, 875 cm⁻¹ i 713 cm⁻¹ koji odgovaraju CO₃²⁻. Međutim, detaljan pregled spektara ukazuje na različite polimorfne modifikacije kalcijum-karbonata. Kod sfernih i malih elipsoidnih čestica uočljiva je pojava traka na 1088 cm⁻¹, 1075 cm⁻¹ i 745 cm⁻¹ koje su karakteristične za vaterit. Kod ostalih čestica, pored toga što ove trake nisu izražene, pojavljuje se i traka na 1795 cm⁻¹, što ukazuje na kalcit [17]. Dalje je proučavan spektar sintetisanog kompozitnog PVA/CaCO₃ nosača, kao i početnih supstanci. Na spektru čistog PVA mogu se uočiti trake karakteristične za primarni alkohol na 1082 cm⁻¹, C-H veze, kao i široka traka u području iznad 3000 cm⁻¹, koja ukazuje na prisustvo vodonične veze uslijed prisustva hidroksilne grupe. Na spektru kompozitnog nosača se mogu uočiti karakteristične trake i kubičnog CaCO₃ i PVA, što znači da je umrežavanje bilo uspješno.

Uspješnost adsorpcije VD₃ na kubičnom kalcijum-karbonatu ispitivana je na sljedećem spektru. Na spektru vitamina D uočljive su jasne trake na 1634 cm⁻¹ i 1052 cm⁻¹ koje su povezane sa istežućim vibracijama C=O i C-O grupe. Takođe, na 1634 cm⁻¹ se javlja signal koji označava C=C vezu. Osim toga, istežuće vibracije C-H grupe su detektovane na 2868 cm⁻¹ i 2933 cm⁻¹ i kao slabi signali na 835–966 cm⁻¹. Slab signal na 718 cm⁻¹ odgovara slabim istežućim vibracijama CH₂ grupe. Preostali signali na oko 1460 cm⁻¹ označavaju deformacione vibracije -CH₂- grupe, dok traka na 1376 cm⁻¹ označava deformacionu vibraciju metil-grupe. Pojava široke trake iznad 3000 cm⁻¹ objašnjava se pojmom vodonične veze tj. potvrđuje prisustvo hidroksilne grupe [18]. Ukoliko se prouči spektar nakon adsorpcije, mogu se uočiti trake slabijeg intenziteta karakteristične za VD₃ i jači signali CaCO₃. Ovo implicira da je došlo do djelomične adsorpcije, ali da je količina vezanog vitamina mala u odnosu na nosač. Slično kao i sa kubičnim nosačem, signali vitamina D na PVA/CaCO₃ nosaču su veoma slabi, te se adsorpcija ne smatra uspješnom.

Kao što se može vidjeti na Slici 13, nakon koprecipitacije su i dalje uočljivi signali vitamina D, što ukazuje na uspješnost sinteze. Ukoliko se porede intenziteti signala nakon adsorpcije i koprecipitacije na kubičnom CaCO₃, može se zaključiti da je koprecipitacija efikasnija metoda kačenja aktivne supstance. Pored toga, na Slici 14, prikazani su i spektari početnih supstanci kao i proizvod sinteze koprecipitacije kubičnog CaCO₃ nosača i vitamina D i E. Spektar vitamina E sadrži jak signal na 2925 cm⁻¹ koji potiče od velikog broja C-H vibracija. Na 1751 cm⁻¹ je uočljiva traka koja odgovara C=O grupi. Konačno, signal na 1576 cm⁻¹ odgovara vibraciji veze C(Ar)–C. Pri proučavanju spektra snimljenog nakon koprecipitacije mogu se uočiti signali karakteristični za sve 3 komponente, te su trake aktivnih supstanci zadovoljavajućeg intenziteta, što ukazuje na to da je koprecipitacija uspješna.

Termogravimetrijska analiza

Termičko razlaganje vitamina D na neorganskom nosaču (kalcijum-karbonatu – kubične čestice).

Na TGA dijagramu (Slika 15) termičko razlaganje vitamina D, koji je nanošen mehanizmom adsorpcije na kalcijum-karbonat, dato je kao dvostepeni proces, gdje se u temperaturskom intervalu od 160 do 305°C dešava termička dekompozicija vitamina D₃ [19], a nakon toga se dešava termičko razlaganje kalcijum-karbonata do konstante mase na otprilike 705°C [20]. Proces razlaganja vitamina D i kalcijum-karbonata preko promjene

mase dat je na DTG dijagramu (Slika 16). Promjena mase koja prati razlaganje vitamina D₃ pokazuje pik na 270°C, dok se drugi izraženiji pik na DTG dijagramu odnosi na razlaganje kalcijum-karbonata.

TG kriva degradacije proizvoda koprecipitacije vitamina D₃ sa kalcijum-karbonatom (Slika 17) ukazuje na to da je početak degradacije vitamina D pomjerен na oko 200°C, ali da se degradacija završava na istoj temperaturi. Krive razlaganja čistog, a i koprecipitovanog kalcijum-karbonata jednake su. Ukoliko se poredi oblik krive nakon koprecipitacije, sa krivom nakon adsorpcije, može se utvrditi da je koprecipitacija uspješnija metoda za nanošenje aktivne supstance. Dokaz ovoj tvrdnji predstavljen je na DTG dijagramu (Slika 18), gdje se uočava daleko veća promjena mase koja se odnosi na termičko razlaganje vitamina D. Dva signala uočljiva na dijagramu CaCO₃ čestica koprecipitovanih sa vitaminom D₃ su na 282°C i 677°C i oni odgovaraju razlaganju VD₃ i CaCO₃. Takođe, uočljivo je da je količina vezanog VD₃ veća nego nakon adsorpcije. Pik ujedno i potvrđuje da je metoda nanošenja vitamina D metodom koprecipitacije bila uspješna.

Konačno, proučavana je degradacija proizvoda koprecipitacije vitamina D₃, vitamina E i kalcijum-karbonata, kao i čistog VD₃ i CaCO₃. Degradacija vitamina E se dešava u istom rasponu kao degradacija VD₃ [21]. Kriva (Slika 19) jasno pokazuje da je termička stabilnost vitamina D povećana, i degradacija se počinje dešavati na 195°C, a završava na 310°C. Kalcijum-karbonat ne pokazuje promjenu stabilnosti. U sistemu CaCO₃ čestica koprecipitovanih sa vitaminom D₃ i vitaminom E, razlaganje aktivnih supstanci se dešava na 325°C, dok se nosač razlaže na 716°C (Slika 20). Ovi rezultati ukazuju da je termička stabilnost vitamina povećana, a takođe, veličina signala pokazuje da je koprecipitacija uspješna.

Termičko razlaganje vitamina D na neorganskom/polimernom nosaču

Na Slici 21 data je TGA kriva termičkog razlaganja vitamina D na PVA/CaCO₃ nosaču, na kojoj se uočavaju tri platoa. Prvi stupanj razlaganja odnosi se na vitamin D i počinje na 230°C, što ukazuje na to da nanošenje vitamina D na neorganski/polimerni nosač povećava termičku stabilnost vitamina D. Kraj degradacije se dešava na istoj temperaturi kao kod čistog vitamina D. Na ovom dijagramu je uočljiv dodatni pad mase koje se dešava od 390°C do 480°C, koji je povezan sa degradacijom polimera [22]. Konačno, i termička stabilnost kalcijum-karbonata je povećana, te njegova degradacija počinje na oko 600°C. DTG dijagrami razlaganja vitamina D na PVA/CaCO₃ nosaču dati su na Slici 22. Na DTG dijagramu razgradnje PVA/CaCO₃ kompozitnog nosača sa adsorbovanim vitaminom D₃ signali su uočljivi na 279°C, 440°C i 698°C, a oni odgovaraju razgradnji VD₃, PVA i CaCO₃. Uspješnost adsorpcije je veća za PVA/CaCO₃ u odnosu na kubične čestice kalcijum-karbonata.

ZAKLJUČAK

U ovom ispitivanju sintetisane su različite čestice na bazi kalcijum-karbonata, koje bi mogle imati ulogu nosača aktivne supstance pri formulaciji suplemenata. Cilj nanošenja vitamina D₃ na sintetisane nosače je da se poveća njegova stabilnost uz istovremenu mogućnost kosuplementacije VD₃ i Ca²⁺.

Sve sintetisane čestice su BET analizom pokazale veću aktivnu površinu u odnosu na komercijalni CaCO₃. Dodatak polimera se pokazao kao dobra metoda za povećanje aktivne površine, tako da kompozitni PVA/CaCO₃ nosač ima najveću aktivnu površinu od svih sintetisanih čestica. Među česticama kalcijum-karbonata različitog oblika najveću aktivnu površinu imaju velike elipsoidne čestice. Ove dva nosača imaju i pore najmanjih dimenzija. Proučavanje izotermi pokazuje da je za čiste čestice CaCO₃ karakteristična

fizička adsorpcija i stvaranje višesloja, dok je za PVA/CaCO₃ nosač karakteristično stvaranje monosloja.

FTIR spektroskopija sintetisanih nosača ukazuje na to da su sintetisani različiti polimorfni oblici kalcijum-karbonata. Dodatno, pomoću ove metode je utvrđeno da je količina vezanog vitamina veća ukoliko se za nanošenje koristi metoda koprecipitacije. Može se zaključiti da je koprecipitacija superiornija metoda za nanošenje VD₃ u odnosu na adsorpciju. Ovdje se ne smije zanemariti uticaj izbora adsorbensa. Naime, kompozitni PVA/CaCO₃ nosač, za kojeg je BET analizom utvrđeno da je bolji adsorbens u odnosu na kubični CaCO₃, pokazao je veći stepen adsorpcije.

Konačno, termogravimetrijskom analizom ispitivana je termička stabilnost VD₃ u različitim sistemima. Kod svih sistema je došlo do pomjeranja TGA krive na početku degradacije prema višim temperaturama. To znači da degradacija VD₃ nakon nanošenja na nosač počinje na višim temperaturama u odnosu na čisti VD₃. DTG dijagrami pokazuju temperaturu na kojoj se dešava najveća degradacija. Adsorpcija na kubičnom CaCO₃ i PVA/CaCO₃ nosačima, kao i koprecipitacija VD₃ i CaCO₃, ne utiču na temperaturu maksimalne razgradnje. Sa druge strane, koprecipitacija CaCO₃ sa vitaminom D₃ i vitaminom E pokazuje da se maksimum razgradnje aktivnih supstanci dešava na oko 40°C višoj temperaturi. Može se zaključiti da je VD₃ u ovom sistemu termički stabilniji.

LITERATURA

- [1] Adams J, Hewison M. Update in Vitamin D. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2010;95(2):471-478.
- [2] Temova Rakuša Ž, Pišlar M, Kristl A, Roškar R. Comprehensive Stability Study of Vitamin D3 in Aqueous Solutions and Liquid Commercial Products. *Pharmaceutics*. 2021;13(5):617.
- [3] Kannan S, Lim H. Photoprotection and vitamin D: a review. *Photodermatology, Photoimmunology & Photomedicine*. 2014;30(2-3):137-145.
- [4] Pludowski P, Holick M, Grant W, Konstantynowicz J, Mascarenhas M, Haq A et al. Vitamin D supplementation guidelines. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*. 2018;175:125-135.
- [5] Trushina D, Bukreeva T, Kovalchuk M, Antipina M. CaCO3 vaterite microparticles for biomedical and personal care applications. *Materials Science and Engineering: C*. 2014;45:644-658.
- [6] Tang B, Eslick G, Nowson C, Smith C, Bensoussan A. Use of calcium or calcium in combination with vitamin D supplementation to prevent fractures and bone loss in people aged 50 years and older: a meta-analysis. *The Lancet*. 2007;370(9588):657-666.
- [7] Omelka R, Martiniakova M, Svik K, Slovak L, Payer J, Oppenbergerova I et al. The effects of eggshell calcium (Biomin H[®]) and its combinations with alfalcacidiol (1α-hydroxyvitamin D3) and menaquinone-7 (vitamin K2) on ovariectomy-induced bone loss in a rat model of osteoporosis. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2020;105(2):336-344.
- [8] Esterle L, Nguyen M, Walrant-Debray O, Sabatier J, Garabedian M. Adverse interaction of low-calcium diet and low 25(OH)D levels on lumbar spine mineralization in late-pubertal girls. *Journal of Bone and Mineral Research*. 2010;25(11):2392-2398.
- [9] Derakhshandeh-Rishehri S, Ghobadi S, Akhlaghi M, Faghish S. The effect of calcium supplement intake on lipid profile: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled clinical trials. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2020;1-10.
- [10] El-Boshy M, Refaat B, Alaimani R, Abdelghany A, Ahmad J, Idris S et al. Vitamin D 3 and calcium cosupplementation alleviates cadmium hepatotoxicity in the rat: Enhanced antioxidative and anti-inflammatory actions by remodeling cellular calcium pathways. *Journal of Biochemical and Molecular Toxicology*. 2020;34(3).
- [11] Parakhonskiy B, Zyuzin M, Yashchenok A, Carregal-Romero S, Rejman J, Möhwald H et al. The influence of the size and aspect ratio of anisotropic, porous CaCO3 particles on their uptake by cells. *Journal of Nanobiotechnology*. 2015;13(1).
- [12] Jahani D, Nazari A, Ghourbanpour J, Ameli A. Polyvinyl Alcohol/Calcium Carbonate Nanocomposites

- as Efficient and Cost-Effective Cationic Dye Adsorbents. *Polymers*. 2020;12(10):2179.
- [13] Schneider C. Chemistry and biology of vitamin E. *Molecular Nutrition & Food Research*. 2004;49(1):7-30.
- [14] Park J, Kim K, Choi Y, Park Y, Kwon H. The stability of water- and fat-soluble vitamin in dentifrices according to pH level and storage type. *Biomedical Chromatography*. 2015;30(2):191-199.
- [15] Bang J, Jang Y, Kim W, Song K, Jeon C, Chae S et al. Specific surface area and particle size of calcium carbonate precipitated by carbon dioxide microbubbles. *Chemical Engineering Journal*. 2012;198-199:254-260.
- [16] A. T. Surface area and pore size determination [Internet]. Fhi-berlin.mpg.de. 2021 [cited 7 October 2021]. Available from:http://www.fhi-berlin.mpg.de/acnew/department/pages/teaching/pages/teaching_wintersemester_2015_2016/annette_trunschke_surface_area_and_pore_size_analysis_151030.pdf
- [17] Sato M, Matsuda S. Structure of vaterite and infrared spectra. *Zeitschrift für Kristallographie*. 1969;129(5-6):405-410
- [18] Jannasari N, Fathi M, Moshtaghian S, Abbaspourrad A. Microencapsulation of vitamin D using gelatin and cress seed mucilage: Production, characterization and in vivo study. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2019;129:972-979.
- [19] Jannasari N, Fathi M, Moshtaghian S, Abbaspourrad A. Microencapsulation of vitamin D using gelatin and cress seed mucilage: Production, characterization and in vivo study. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2019;129:972-979.
- [20] Babou-Kammoe R, Hamoudi S, Larachi F, Belkacemi K. Synthesis of CaCO₃ nanoparticles by controlled precipitation of saturated carbonate and calcium nitrate aqueous solutions. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*. 2011;90(1):26-33.
- [21] Mohammadi B., Shekaari H., & Zafarani-Moattar M. T. (2020). Synthesis of nanoencapsulated vitamin E in phase change material (PCM) shell as thermo-sensitive drug delivery purpose. *Journal of Molecular Liquids*, 114429.
- [22] Reguieg F, Ricci L, Bouyacoub N, Belbachir M, Bertoldo M. Thermal characterization by DSC and TGA analyses of PVA hydrogels with organic and sodium MMT. *Polymer Bulletin*. 2019;77(2):929-948.

Tabela 1: Uslovi sinteze za dobijanje čestica kalcijum-karbonata različitog oblika

Oblik čestica	Rastvor Na_2CO_3		Rastvor CaCl_2		Prisustvo etilen-glikola	Vrijeme miješanja
	Koncentracija [mol/dm ³]	pH	Koncentracija [mol/dm ³]	pH		
Sferne	0.33	8	0.33	12	ne	11.5 min
Velike elipsoidne	1	9.5	0.1	9.5	ne	30 min
Male elipsoidne	1	9.5	0.1	9.5	da	30 min
Kubične	1	12	1	8	ne	3h



Slika 1. Podešavanje pH rastvora soli



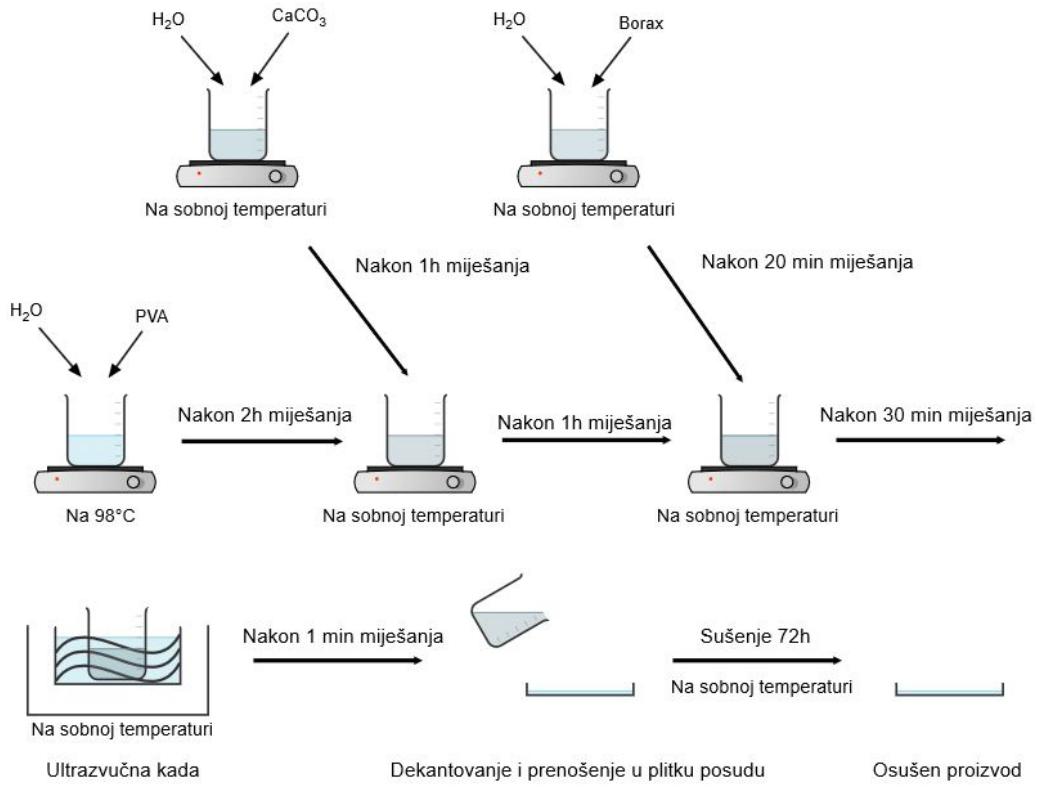
Slika 2. Miješanje na magnetnoj mješaćici



Slika 3. Centrifugiranje



Slika 4. Sintetisani proizvodi u eksikatoru



Slika 5. Šematski prikaz sinteze PVA/ CaCO_3 čestica



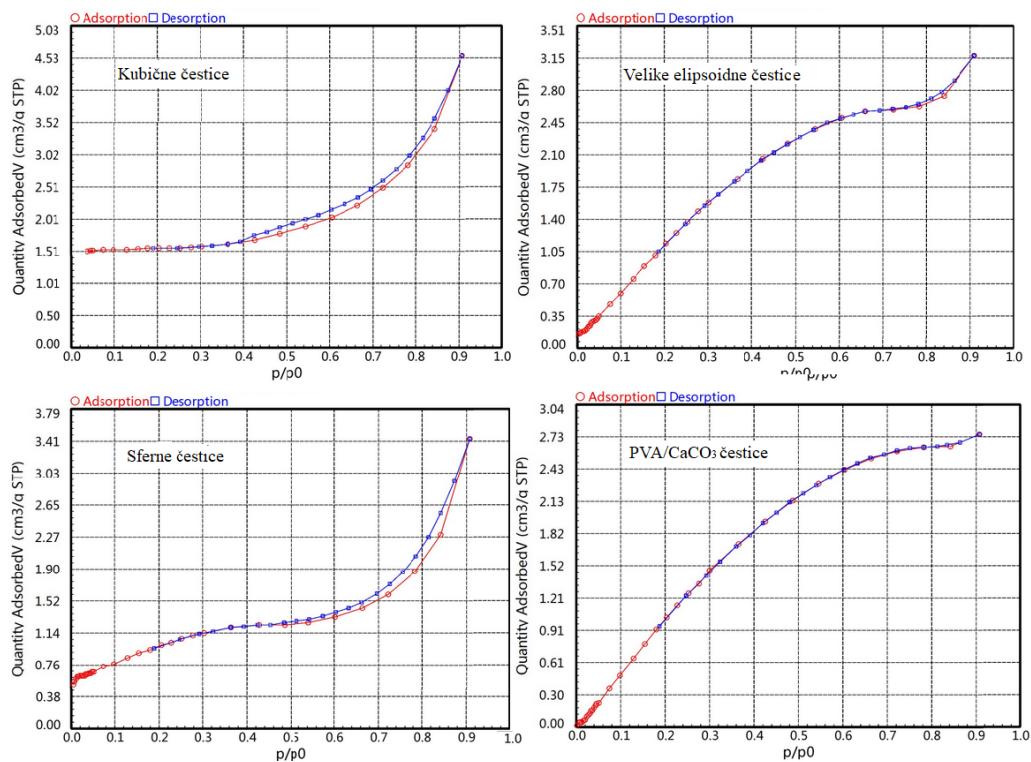
Slika 6. Proizvod koprecipitacije nakon centrifugiranja



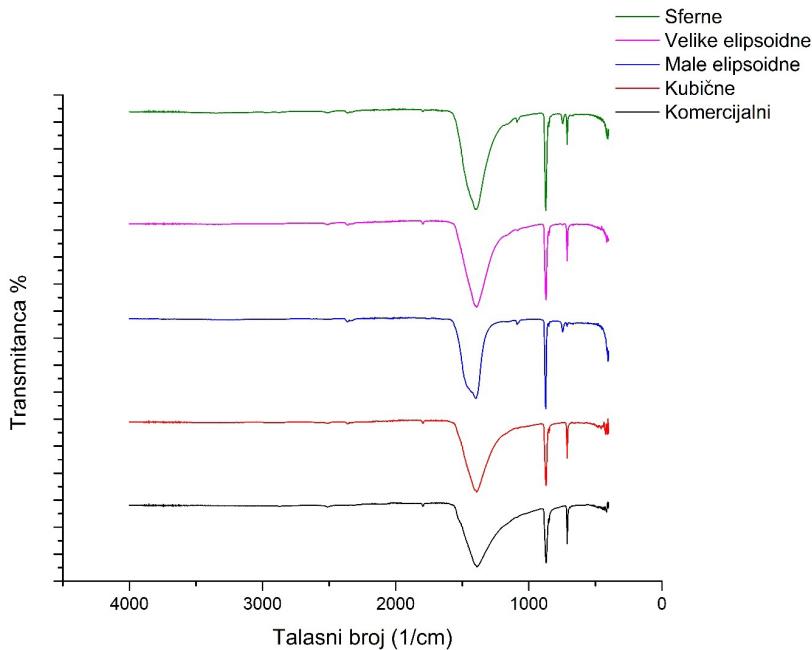
Slika 7. Etanolni rastvor vitamina D₃ i tikvice sa nosačima

Tabela 2. Aktivna površina i procenat zastupljenosti pora kod različitih čestica CaCO₃

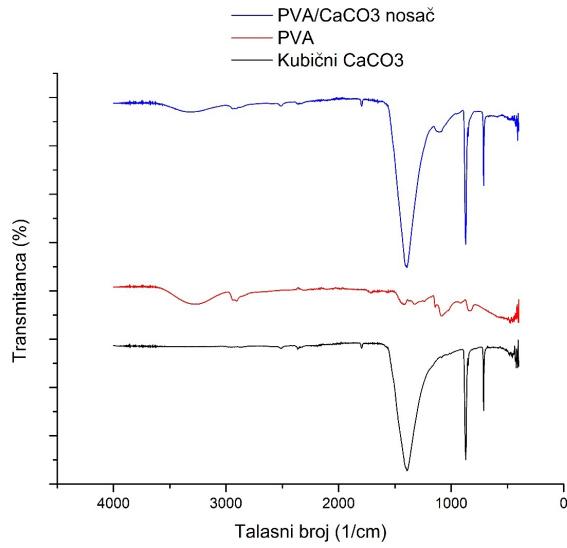
Vrsta čestica	Aktivna površina [m ² /g]	Procenat zastupljenosti pora [%]	
		Pore veličine 2-10 nm	Pore veličine 10-20nm
Sferne CaCO ₃	3.706	49.93	45.28
Velike elipsoidne CaCO ₃	7.549	76.86	12.99
Kubične CaCO ₃	4.864	56.13	43.87
PVA/CaCO ₃	9.235	85.85	3.36
Komercijalne	3.00		



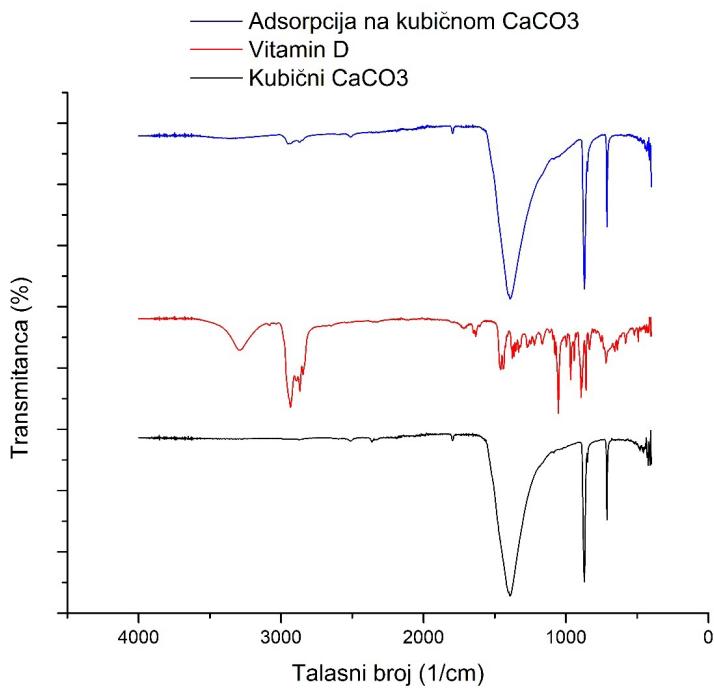
Slika 8. BET izoterme kubičnih, velikih elipsoidnih, sfernih i PVA/CaCO₃ čestica



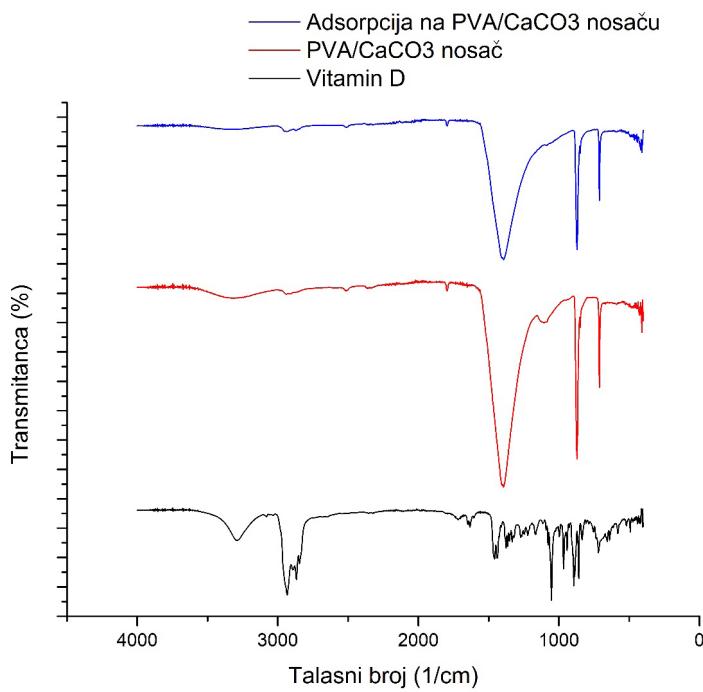
Slika 9. IR spektri različitih oblika čestica kalcijum-karbonata



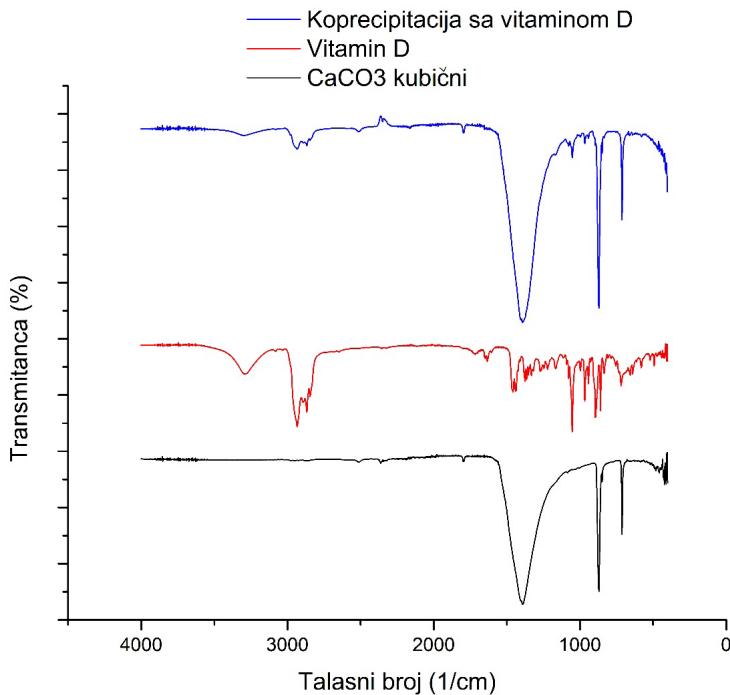
Slika 10. IR spekti kubičnog kalcijum-karbonata, PVA i PVA/CaCO₃ čestica



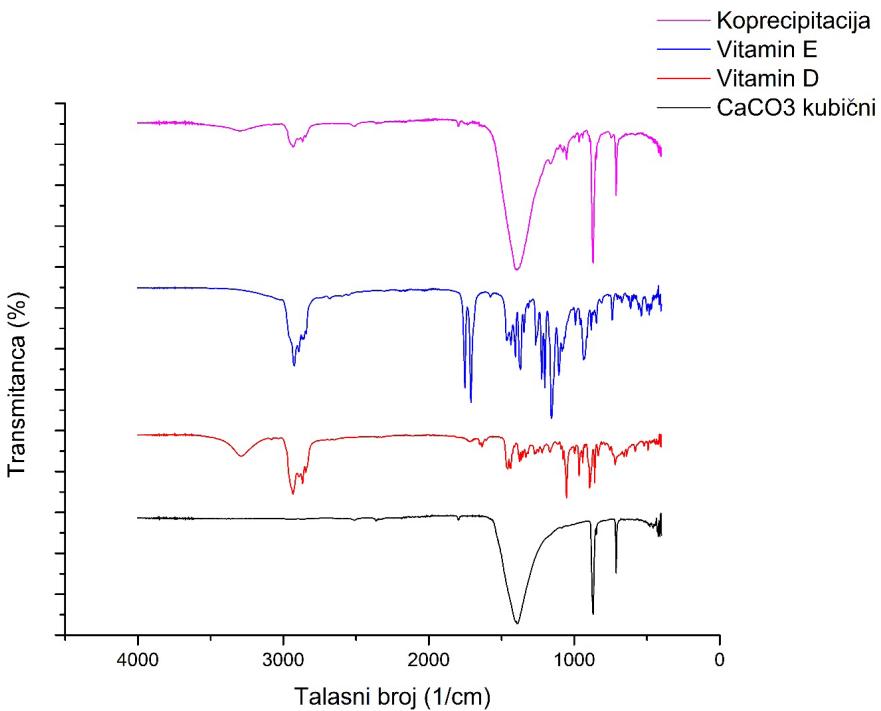
Slika 11. IR spektri kubičnog CaCO₃ nakon adsorpcije vitamina D₃, čistog vitamina D₃ i kubičnih čestica CaCO₃



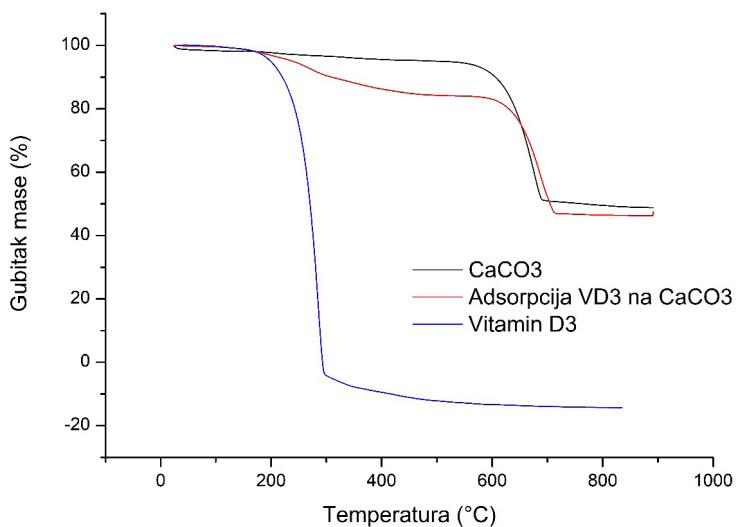
Slika 12. IR spektri PVA/CaCO₃ nosača nakon adsorpcije vitamina D₃, čistog nosača i čistog vitamina D₃



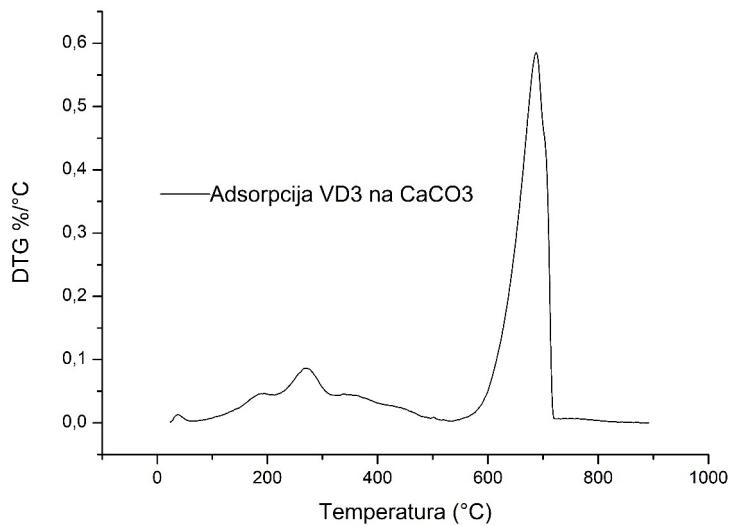
Slika 13. IR spektri čestica koprecipitovanih sa vitaminom D₃, čistog vitamina D₃ i kubičnih čestica CaCO₃



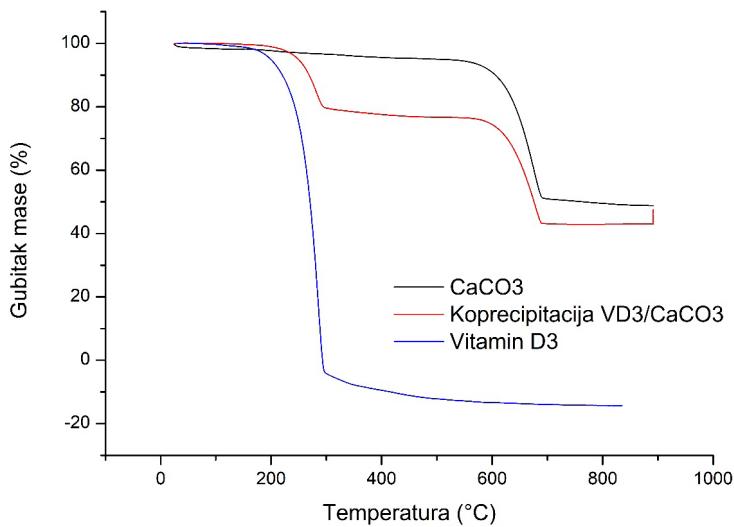
Slika 14. IR spektri čestica koprecipitovanih sa vitaminom D₃ i vitaminom E, čistog vitamina E, čistog vitamina D₃ i kubičnih čestica CaCO₃



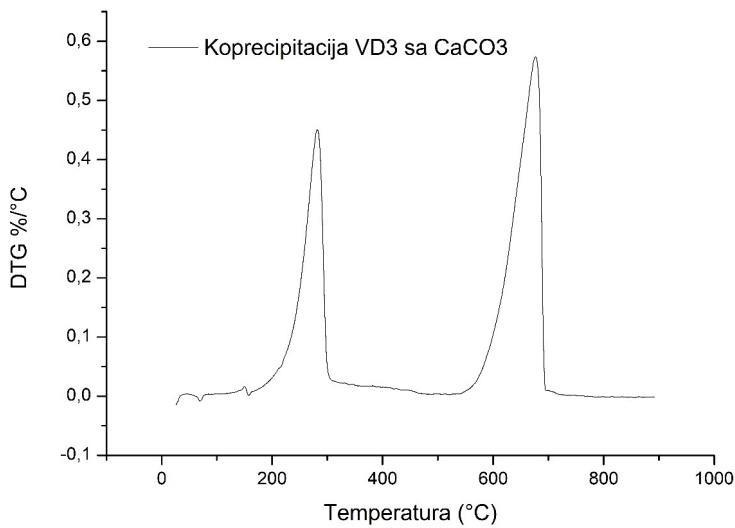
Slika 15. TGA krive kubičnog CaCO₃ sa adsorbovanim vitaminom D₃, čistog vitamina D₃ i kubičnih čestica CaCO₃



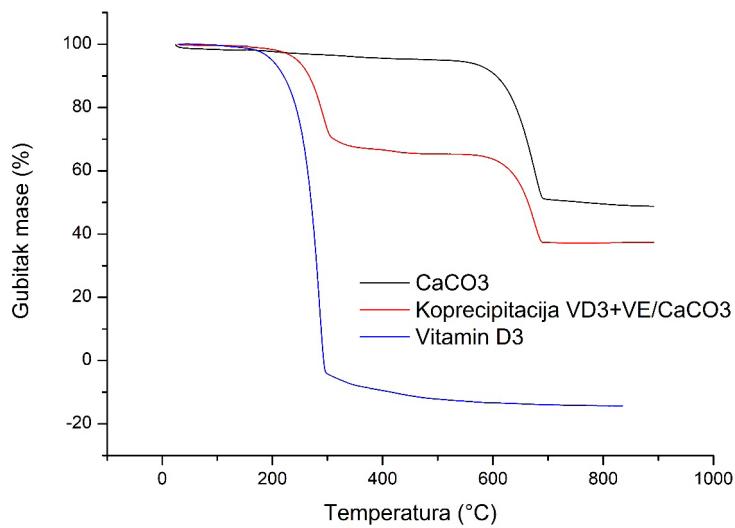
Slika 16. DTG dijagram razlaganja kubičnog CaCO₃ sa adsorbovanim vitaminom D₃



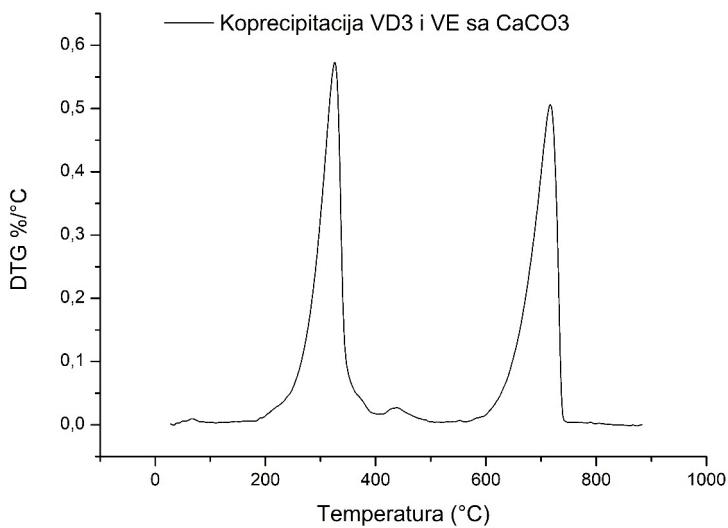
Slika 17. TGA krive CaCO₃ čestica koprecipitovanih sa vitaminom D₃, čistog vitamina D₃ i kubičnih čestica CaCO₃



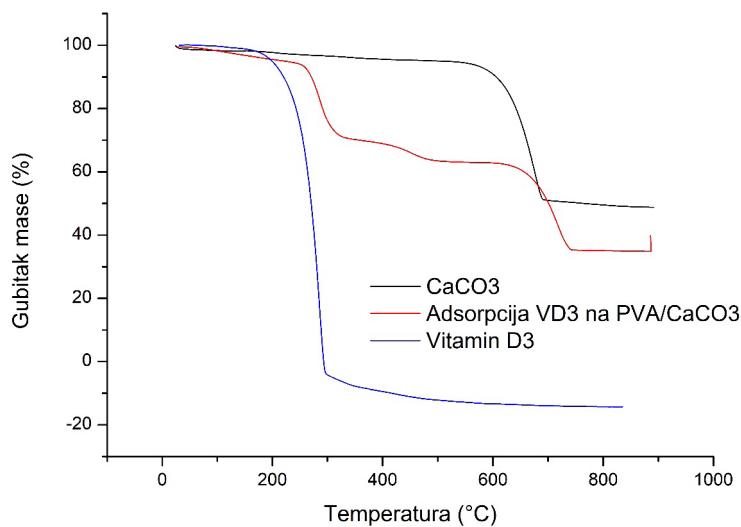
Slika 18. DTG dijagram CaCO₃ čestica koprecipitovanih sa vitaminom D₃



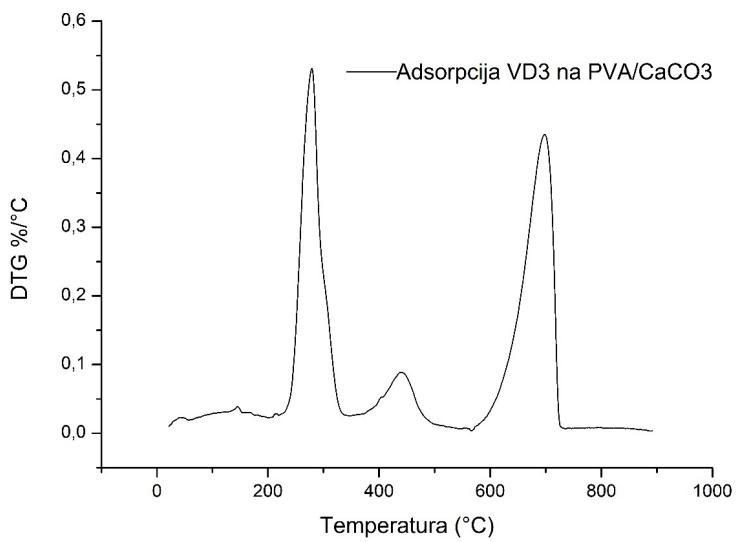
Slika 19. TGA krive CaCO₃ čestica koprecipitovanih sa vitaminom D₃ i vitaminom E, čistog vitamina D₃ i kubičnih čestica CaCO₃



Slika 20. DTG dijagram CaCO₃ čestica koprecipitovanih sa vitaminom D₃ i vitaminom E



Slika 21. TGA krive PVA/CaCO₃ nosača sa adsorbovanim vitaminom D₃, čistog CaCO₃ i čistog vitamina D₃



Slika 22. DTG dijagram PVA/CaCO₃ nosača sa adsorbovanim vitaminom D₃

EXPLORING THERMAL STABILITY OF VITAMIN D₃ ON INORGANIC AND POLYMERIC CARRIERS

Authors: TEODORA KNEŽEVIĆ, Teodora Tomović, Andjela Marković, Ana Marković
Email: teodora.knezevic@student.pmf.unibl.org

Mentor: Assoc. Prof. Dijana Jelić

Co-Mentors: Assist. Prof. Snežana Papović, TA Sanja Pržulj

Department of Chemistry

Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Banja Luka

Introduction: The vitamin D deficiency in humans is becoming a growing health problem even in developed countries, so the focus on adequate supplementation is of great importance. The formulations of vitamin D₃ supplements are challenging due to instability, especially the thermal one. The pharmaceutical carriers into which vitamin D₃ might be loaded are of great interest and exploring the efficiency of successful loading and improving the stability of vitamin D are very much in focus.

Aim: Examination of the thermal stability of VD₃ after its loading into CaCO₃ and polyvinyl alcohol (PVA)/CaCO₃ carriers.

Material and Methods: Four different shapes of CaCO₃ particles (spherical, cubic, large and small ellipsoidal) including PVA/CaCO₃ composite were synthesized as potential inorganic/polymeric pharmaceuticals carriers. Their specific surface area, pore size and adsorption isotherms were determined on a Brunauer-Emmett-Teller (BET) analyzer. The loading of vitamin D₃ on selected carriers was performed by adsorption and coprecipitation. The success of loading and interaction strengths were studied by Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR). Finally, the thermal stability of vitamin D/carrier systems was examined by thermogravimetric analysis (TGA).

Results: BET analysis showed that the PVA/CaCO₃ carrier has the largest active surface area, while large ellipsoidal particles proved to be the best among calcium carbonate particles. FTIR spectra showed that the amount of loaded VD₃ is higher after coprecipitation. Also, adsorption on a composite carrier is more successful compared to the one on pure CaCO₃. TGA diagrams showed that the starting temperature of VD₃ degradation is shifted to higher temperatures in all systems. However, derivative thermogravimetry (DTG) diagrams show that the temperature of maximum degradation is similar to that of pure VD₃, except for the coprecipitation system with VD₃ and vitamin E (VE), where VD₃ has higher stability by 40 °C.

Conclusion: BET analysis of the synthesized particles indicates that there is a possibility of adsorption of VD₃ on the surface of the carrier. FTIR spectroscopy showed that coprecipitation was a superior method of applying VD₃ to carriers compared to adsorption. Finally, in all systems, the start of degradation is at higher temperatures, and the coprecipitation system VD₃ and VE shows an increase in stability by 40 °C.

Keywords: Vitamin D₃; CaCO₃; carriers; thermal stability

ISPITIVANJE MEHANIZMA DEGRADACIJE I STUDIJA KOMPATIBILNOSTI AMBROKSOL-HIDROHLORIDA I EKSCIPIJENASA U *FLAVAMED®* TABLETAMA

Autor: ZORICA JERKIĆ

e-mail: zorica.jerkic@student.pmf.unibl.org

Mentor: Dr Dijana Jelić, vanredni profesor

Komentor: Dr Snežana Papović, docent

Studijski program hemija

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Banjoj Luci

Uvod: Stabilnost predstavlja mjeru do koje proizvod zadržava karakteristike koje je imao u vrijeme proizvodnje unutar specifikacijskih granica, sve do isteka roka trajanja. Stabilnost uključuje fizičke, hemijske, mikrobiološke, terapijske i toksikološke osobine proizvoda. Studije ispitivanja stabilnosti lijekova baziraju se na praćenju promjena u toku proizvodnje i čuvanja, koje obično utiču na kvalitet, efikasnost i sigurnost gotovog proizvoda. Na stabilnost gotovog farmaceutskog proizvoda utiču mnogi faktori, kao što su: stabilnost aktivnih supstanci, potencijalne interakcije između aktivnih i pomoćnih supstanci, temperatura, proces proizvodnje, svjetlost, vlažnost, uslovi u okolini tokom distribucije, skladištenja i rukovanja, vremenski period od proizvodnje do upotrebe i dr. Cilj ispitivanja stabilnosti jeste i određivanje roka trajanja, vremenskog perioda u kojem se ljekoviti proizvod skladišti u određenim uslovima i granicama specifikacije.

Cilj: Predmet istraživanja ovog rada bilo je ispitivanje stabilnosti *Flavamed®* tableta primjenom infracrvene spektroskopije sa Furijevom transformacijom (FTIR) i mehanizma termičke degradacije primjenom simultane TGA (termogravimetrijske analize)/DSC (diferencijalne skenirajuće kalorimetrije).

Materijal i metode: Za ispitivanje su korištene sljedeće hemikalije: *Flavamed®* tablete, ambroksol-hidrohlorid – standard, laktosa-monohidrat, kukuruzni skrob, celuloza, kroskarmeliza-natrijum, povidon K 30 (PVP) i magnezijum-stearat. Za karakterizaciju *Flavamed®* tableta, korištene su sljedeće instrumentalne metode: FTIR spektroskopija i simultana TGA/DSC termička analiza.

Rezultati: Rezultati su pokazali da su laktosa monohidrat i magnezijum-stearat nekompatibilni sa standardom ambroksol-hidrohlorida, dok su ostali ekscipijensi prisutni u formulaciji lijeka kompatibilni.

Zaključak: FTIR spektroskopija i simultana TGA/DSC termička analiza pokazale su se uspješnim za procjenu stabilnosti i ispitivanje mehanizma degradacije *Flavamed®* tableta.

Ključne riječi: *Flavamed®* tablete; ambroksol-hidrohlorid; stabilnost; kompatibilnost

UVOD

Stabilnost se može definisati kao mjera do koje proizvod zadržava karakteristike koje je imao u vrijeme proizvodnje unutar specifikacijskih granica, do isteka roka trajanja. Stabilnost obično uključuje hemijske, fizičke, mikrobiološke, terapijske i toksikološke karakteristike proizvoda. Studije ispitivanja stabilnosti lijekova moraju se fokusirati na praćenje promjena tokom proizvodnje i čuvanja, koje mogu uticati na kvalitet, efikasnost i sigurnost gotovog proizvoda. Na stabilnost gotovog farmaceutskog proizvoda utiču mnogi faktori, a oni uključuju: stabilnost aktivnih supstanci, potencijalne interakcije između

aktivnih i pomoćnih supstanci, temperatura, vlažnost, svjetlost, proces proizvodnje, dozni oblik, sistem rezervoar/zatvarač, uslove u okolini tokom distribucije, skladištenja i rukovanja, te vremenski period od proizvodnje do upotrebe. Svrha ispitivanja stabilnosti jeste i određivanje roka trajanja, vremenskog perioda skladištenja u određenim uslovima u kojima ljekoviti proizvod ostaje u određenim granicama specifikacije [1]. Na fabrički proizvedenim lijekovima obavezno se mora naznačiti rok trajanja lijeka poslije kojeg lijek više ne smije da se upotrebjava. Da bi se procijenio ovaj rok, svaki lijek se podvrgava testu „*ubrzanog starenja*“, koji uključuje podvrgavanje lijeka ekstremnim promjenama temperature, vlažnosti i prisustva kiseonika, te se na ovaj način vrlo pouzdano može odrediti rok trajanja. Rok trajanja fabrički proizvedenih lijekova je obično 3–5 godina. Obično se smatra da je rok upotrebe lijeka istekao kada količina aktivne komponente padne ispod 90% količine prisutne u momentu izrade. Ako je količina vlage ispod 2%, to je maksimum za koji se smatra da se neće raspasti više od 5% početne količine ljekovite supstance u dužem vremenskom period [2]. Istraživanja kompatibilnosti aktivnog lijeka i ekscipijensa predstavljaju važan korak u fazi preformulacije razvoja svih oblika doziranja [3]. Pomoćne supstance (ekscipijensi), koje su sastavni dijelovi lijekova, ne smiju da imaju interakciju sa aktivnom komponentom lijeka, odnosno moraju da budu kompatibilne sa aktivnom komponentom, jer je lijeku sa nekompatibilnim supstancama smanjena terapijska vrijednost ili znatno promijenjen izgled. Dakle, važno je ispitati kompatibilnost (nekompatibilnost) ekscipijensa sa aktivnom komponentom u samom lijeku. Lijekovi koji se koriste za oralnu primjenu se mogu destabilizovati. Dva velika problema oralno primjenjivih lijekova su: razgradnja lijeka u neaktivnu oblik i interakcija sa jednom ili više različitim komponenti prisutnih u samom lijeku [4].

U ovom radu cilj je bio ispitati stabilnost *Flavamed*[®] tableta primjenom infracrvene spektroskopije sa Furijevom transformacijom (FTIR), te ispitati mehanizam termičke degradacije primjenom simultane TGA/DSC termičke analize. Aktivna komponenta *Flavamed*[®] tableta je ambroksol-hidrohlorid. Ambroksol-hidrohlorid pripada grupi mukolitika, koristi se protiv kašla i prehlade i *Flavamed*[®] tablete su namijenjene za oralnu primjenu. Jedna *Flavamed*[®] tableta sadrži 30 mg ambroksol-hidrohlorida koji povećava sekreciju u respiratornom traktu, produkciju surfaktanata u plućima, te stimuliše cilijarnu aktivnost. Ova dejstva dovode do poboljšanog protoka sluzi i njenog transporta. Pojačanje sekrecije tečnosti i mukocilijarnog klirensa olakšava ekspektoraciju i kašalj. Pokazalo se da ambroksol-hidrohlorid *in vitro* značajno smanjuje oslobođanje citokina iz krvi, kao i mononuklearnih i polimorfonuklearnih ćelija vezanih za tkiva. Kao neželjena dejstva ovog lijeka mogu se javiti poremećaji imunog sistema, poremećaji kože i potkožnog tkiva, gastrointestinalni poremećaji, respiratori, torakalni i medijastinalni poremećaji, opšti poremećaji, kao i poremećaji na mjestu primjene lijeka [5].

MATERIJAL I METODE

Za ispitivanje korištene su sljedeće hemikalije:

- *Flavamed*[®] tablete (*Berlin-Chemie AG*);
- ambroksol-hidrohlorid (AMB) – farmaceutski sekundarni standard (*Sigma-Aldrich*);
- laktosa-monohidrat (*Fengchen Group Co.*);
- kukuruzni skrob (*Sigma-Aldrich*);
- celuloza (*Fengchen Group Co.*);
- kroskarmeloza-natrijum (*Nature of Business*);
- povidon K 30 -PVP (*Hangzhou Longshine Bio-Tech Co.*);
- magnezijum-stearat (*Sigma-Aldrich*).

Svih šest pomoćnih supstanci su pomiješane sa standardom ambroksol-hidrohlorida u masenim odnosima 1 : 1, 1 : 2 i 1 : 4, te su korištene za dalja ispitivanja (Slika 1).

Metode karakterizacije Flavamed® tableta

Za karakterizaciju *Flavamed®* tableta korištene su sljedeće instrumentalne metode: FTIR spektroskopija i simultana TGA/DSC termička analiza.

FTIR spektroskopija

FTIR spektri korišteni za karakterizaciju *Flavamed®* tableta dobijeni su pomoću *Bruker Tensor 27 FTIR* spektrofotometra. Spektroskopsko snimanje je izvršeno u opsegu od 500 do 4000 cm⁻¹.

TGA/DSC termička analiza

Simultani TGA/DSC (eng. *thermogravimetric analysis / differential scanning calorimetry*) je izведен pomoću instrumenta *SDT Q600*. Uzorci su zagrijavani od 20°C do 800°C pri brzini zagrijavanja od $\beta = 10^{\circ}\text{C min}^{-1}$ u atmosferi azota sa protokom podešenim na 70 mL min⁻¹.

REZULTATI I DISKUSIJA

Ispitivanje mehanizma degradacije Flavamed® tableta pomoću simultane TGA/DSC termičke analize

Da bismo procijenili stabilnost neke supstance, pristupa se ispitivanju mehanizma termalne degradacije. Na Slici 2 date su uporedne TG krive razlaganja *Flavamed®* tablete i njene aktivne komponente ambroksol-hidrohlorida. Snimanje TG krivih je rađeno u inertnoj (neutralnoj) sredini pri brzini zagrijavanja od 10°C/min.

Razlaganje aktivne komponente se može predstaviti kroz sljedeće tri faze: I faza = 30–175°C, II faza = 175–280°C i III faza = 280–700°C. Ambroksol-hidrohlorid počinje da se topi oko 175°C, nakon čega slijedi proces razlaganja kroz dvije skoro nerazdvojne faze (II i III faza). Termička degradacija organske materije u drugoj fazi odgovara gubitku mase od oko 40%, dok su u trećoj fazi produkti razgradnje lijeka ambroksol-hidrohlorid podvrgnuti skoro potpunom razlaganju koje završava na 700°C.

Razlaganje *Flavamed®* tableta sastoji se od četiri faze sa sljedećim temperaturnim intervalima: I faza = 30–160°C, II faza = 160–262°C, III faza = 262–318°C i IV stepen = 318–800°C, respektivno. Prva faza predstavlja proces isparavanja *Flavamed®* tableta, u II i III fazi dolazi do procesa razgradnje lakoze monohidrata i AMB, a naredna faza obuhvata termičko razlaganje ekscipijenasa, koji su uglavnom stabilni do 300°C, poput PVP-a, Mg-stearata, kukuruznog skroba itd.

Na Slici 2 se uočava da je razlaganje ambroksol-hidrohlorida u *Flavamed®* tableti pomjereni ka nižim temperaturama, što nam može ukazivati na promijenjenu termičku stabilnost ambroksol-hidrohlorida unutar *Flavamed®* tablete. Da bismo dobili detaljniji uvid u termičku stabilnost ambroksol-hidrohlorida, bitno je uraditi studiju kompatibilnosti aktivne komponente i ekscipijenasa koje se nalaze unutar *Flavamed®* tablete.

Interakcije ambroksol-hidrohlorida i ekscipijena pomoću FTIR spektroskopije

Potencijalna kompatibilnost ambroksol-hidrohlorida sa svakim ekscipijensom ispitana je FTIR spektroskopijom. Prvobitno je snimljen i analiziran spektar čistog farmaceutskog standarda ambroksol-hidrohlorida. Daharwal S. J., Jangade R. K., Thakur V. D., Sahu B. P. [6] su pronašli karakteristične ambroksol-hidrohloridne trake ($1595\text{--}1545\text{ cm}^{-1}$ za aromatično istezanje C = C, $3350\text{--}3250\text{ cm}^{-1}$ za aromatično istezanje primarnog amina NH, $3400\text{--}3345\text{ cm}^{-1}$ za intermolekularno OH istezanje i $700\text{--}600\text{ cm}^{-1}$ za istezanje C-Br), što je približno vrijednostima u ovom radu (Tabela 1), čime je potvrđen identitet ambroksol-hidrohlorida [6]. Zatim, napravljene su smješe ambroksol-hidrohlorida/ekscipijensi u odnosu 1 : 1 i nakon karakterizacije dobijenih spektara, pokazalo se da su Mg-stearat, PVP i laktoza monohidrat ekscipijensi koji potencijalno doprinose nekompatibilnosti. Ostali ekscipijensi, poput celuloze, kukuruznog skroba, kroskarmeloze-natrijuma, nisu pokazali odstupanje u spektrima. Za tri ekscipijensa, koji su se pokazali kao kandidati koji mogu dovesti do interakcije sa aktivnom komponentom u *Flavamed®* tabletama i koji mogu narušiti termičku stabilnost ambroksol-hidrohlorida, napravljene su smješe u odnosima 1 : 2 i 1 : 4 i iste podvrgnute karakterizaciji pomoću FTIR metode.

Kod ekscipijena laktoza monohidrat i magnezijum-stearat pomiješanih sa standartom ambroksol-hidrohlorida u svim odnosima, uočene su razlike kod talasnih brojeva (3246 cm^{-1} i 3523 cm^{-1} kod laktoze monohidrata; 3452 cm^{-1} i 3423 cm^{-1} kod magnezijum-stearata) i širina traka kod apsorpcionih pikova, što ukazuje na moguće hemijske interakcije između ambroksol-hidrohlorida i pomoćnih supstanci. Balieiro A. L., Santos R. A., Pereira M. M., Figueiredo R. T., Freitas L. S., de Alsina O. L. et al. [7], okarakterisali su karakteristične trake za laktozu prema literaturi. Prema Balieiro A. L. et al., karakterističan pik za α -laktozu pojavio se na 920 cm^{-1} , a pikovi za β -laktozu pojavili su se na 950 cm^{-1} i 833 cm^{-1} , što je približno vrijednosti 883 cm^{-1} u ovom radu (Slika 3). Pik na 2925 cm^{-1} odgovara metilenu (-CH₂), dok pikovi od 1015 cm^{-1} do 1040 cm^{-1} ukazuju na međumolekulsko rastezanje ugljenih hidrata. Pik na 1646 cm^{-1} ukazuje na prisustvo C=O grupe, a pikovi na 1462 cm^{-1} i 865 cm^{-1} odgovaraju C=C i -Cl funkcionalnim grupama, koje potiču od ambroksol-hidrohlorida. Uočene su promjene u području od 3000 do 3600 cm^{-1} . Traka na 3246 cm^{-1} na spektru laktoze monohidrata ukazuje na istezanje O-H grupe, koje je znatno manje uočljivo na spektru smješe laktoze monohidrata i ambroksol-hidrohlorida, što je vjerovatno posljedica gubitka jedne molekule vode iz laktoze monohidrata. Pik na 3523 cm^{-1} takođe ukazuje na istezanje O-H grupe, koja potiče od molekule vode iz laktoze monohidrata [7]. Ovaj je pik je mnogo oštriji i izraženiji na FTIR spektru laktoze monohidrata u odnosu na pik kod FTIR spektra smješe laktoze monohidrata i ambroksol-hidrohlorida, koji je slabije izražen. To nam ukazuje na mogućnost da je voda iz laktoze monohidrata intereagovala sa ambroksol-hidrohloridom, odnosno da je ambroksol-hidrohlorid osjetljiv na vodu. Za ostale talasne brojeve kod FTIR spektara ambroksol-hidrohlorida, laktoze monohidrata i smješe ambroksol-hidrohlorida i laktoze monohidrata nisu uočene značajnije razlike. Što se tiče laktoze monohidrata, za nju je već poznato da može da bude uzrok nekompatibilnosti kada stupa u interakciju sa aktivnim komponentama koje sadrže amino grupe i podliježu Majlardovoj reakciji, kao i sa aktivnim komponentama koje su osjetljive na vlagu [8].

FTIR spektri za magnezijum-stearat, standard ambroksol-hidrohlorida i njihovu smješu (1 : 1, 1 : 2 i 1 : 4) predstavljeni su na Slici 4. Pikovi na 1574 cm^{-1} i 1467 cm^{-1} na spektru magnezijum-stearata mogu se pripisati vibracijama istezanja asimetričnog karboksilata (COO⁻) i vibracijama istezanja simetričnog karboksilata, dok se pikovi na 2916 cm^{-1} i 2851 cm^{-1} pripisuju vibraciji istezanja C-H grupe. Promjene u talasnim brojevima i širinama apsorpcionih traka se mogu uočiti u području od 3000 do 3500 cm^{-1} . Široka traka

na oko 3452 cm^{-1} je posljedica vibracija istezanja OH povezanog molekula vode i ova traka nije prisutna u smješi magnezijum-stearata i ambroksol-hidrohlorida, što ukazuje na to da je došlo do hemijske interakcije, odnosno nekompatibilosti ambroksol-hidrohlorida i magnezijum-stearata [9]. Pik na 3423 cm^{-1} , koji potiče od OH grupe, znatno je intenzivniji kod smješe magnezijum-stearata i ambroksol-hidrohlorida, u odnosu na pik kod magnezijum-stearata koji je rastegnut i veoma slabo uočljiv. Nisu uočene značajnije razlike za ostale apsorpcione pikove i smješu magnezijum-stearata i ambroksol-hidrohlorida u svim odnosima ($1 : 1 : 1 : 2$ i $1 : 1 : 4$) pokazala je karakteristične pikove apsorpcije magnezijum-stearata i „čistog“ ambroksol-hidrohlorida. Kod smješa magnezijum-stearata i ambroksol-hidrohlorida pomiješanih u odnosima $1 : 2$ i $1 : 4$ mnogo su izraženiji i oštiriji pikovi u odnosu na smješu $1 : 1$, te se prepostavlja da je kod smješa ($1 : 2$ i $1 : 4$) mnogo veća nekompatibilnost pomoćne supstance magnezijum-stearata sa standardom ambroksol-hidrohlorida. Vrijednosti apsorpcionih pikova za karakteristične funkcionalne grupe standarda ambroksol-hidrohlorida predstavljene su u Tabeli 1.

Kada se razmatra nekompatibilnost Mg-stearata, mora se uzeti u obzir nekoliko faktora, uključujući nečistoće, efekat alkalnosti, kao i katalitički efekat koji pokreću joni magnezijuma. Komercijalni Mg-stearat može da sadrži kao nečistoću magnezijum-oksid ili palmitinsku kiselinu, koji mogu da reaguju sa aktivnom komponentom. Prisustvo magnezijum-stearata može dovesti do povećanja alkalnosti sredine, što može ubrzati hidrolizu pojedinih komponenti [10].

Na FTIR spektrima: PVP + ambroksol-hidrohlorid i „čisti“ ambroksol-hidrohlorid (Slika 5) uočava se da je FITR spektar PVP + ambroksol-hidrohlorid identičan sa FTIR spektrom „čistog“ ambroksol-hidrohlorida. To nam ukazuje na to da je PVP kompatibilan sa standardom ambroksol-hidrohlorida, odnosno da nije bilo hemijske interakcije između „čistog“ ambroksol-hidrohlorida i PVP-a. Vrijednosti apsorpcionih pikova za karakteristične funkcionalne grupe prikazane su u Tabeli 1.

ZAKLJUČAK

FTIR spektroskopija i simultana TGA/DSC termička analiza pokazale su se uspješnim za procjenu stabilnosti i ispitivanje mehanizma degradacije *Flavamed*[®] tableta. Termičko razlaganje *Flavamed*[®] tableta odvija se kroz četiri faze, a razlaganje standarda ambroksol-hidrohlorida kroz tri faze. TG analiza ambroksol-hidrohlorida u temperaturnom intervalu od 30°C do 700°C ukazala je na to da je došlo do narušavanja termičke stabilnosti unutar komercijalne formulacije *Flavamed*[®] tableta. Studija kompatibilnosti urađena pomoću FTIR spektroskopije indikuje da su na stabilnost ambroksol-hidrohlorida u *Flavamed*[®] tabletu uticali lakoza-monohidrat i magnezijum-stearat, dok su ostali ekscipijensi pokazali kompatibilnost sa aktivnom komponentom.

LITERATURA

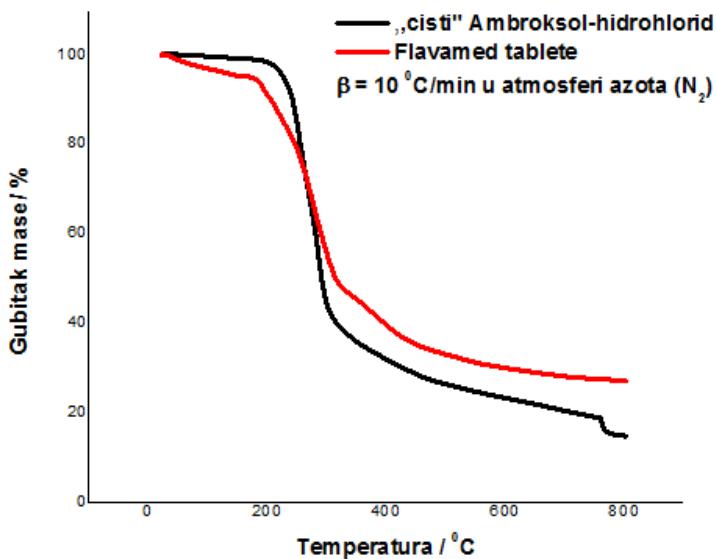
- [1] Jalžabetić M. *Analitički i regulatorni aspekt ispitivanja stabilnosti tableta od razvoja do odobrenja za stavljanje lijeka u promet* (Doctoral dissertation, University of Zagreb. Faculty of Pharmacy and Biochemistry).
- [2] <https://farmacija101.wordpress.com/farmaceutska-tehnologija-i/>
- [3] Arumugam P. *Quantitative Analysis of Ambroxol Hydrochloride and Loratadine in Bulk and Pharmaceutical Formulations* (Doctoral dissertation, Edayathangudy. GS Pillay College of Pharmacy, Nagapattinam).
- [4] Bharate SS, Bharate SB, Bajaj AN. Interactions and incompatibilities of pharmaceutical excipients with active pharmaceutical ingredients: a comprehensive review. *Journal of Excipients and Food Chemicals*. 2016 Nov 23;1(3):1131.

- [5] <https://medately.co/rs/drugs/WONoBbV0qOtLE8Bi23fICWH3Nrp/flavamed-30mg-tableta>
- [6] Daharwal SJ, Jangade RK, Thakur VD, Sahu BP. Compatibility Study of Ambroxol HCl Drug-Excipients by Using IR Spectroscopy. *Asian Journal of Pharmaceutical Analysis.* 2013;3(3):98-101.
- [7] Balieiro AL, Santos RA, Pereira MM, Figueiredo RT, Freitas LS, de Alsina OL, Lima AS, Soares CM. Adsorption process of molecularly imprinted sílica for extraction of lactose from milk. *Brazilian Journal of Chemical Engineering.* 2016 Apr;33:361-72.
- [8] Flemming A, Picker-Freyer KM. Compaction of lactose drug mixtures: Quantification of the extent of incompatibility by FT-Raman spectroscopy. *European journal of pharmaceutics and biopharmaceutics.* 2008 Mar 1;68(3):802-10.
- [9] Nep EI, Conway BR. Preformulation studies on grewia gum as a formulation excipient. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry.* 2012 Apr 1;108(1):197-205.
- [10] Li J, Wu Y. Lubricants in pharmaceutical solid dosage forms. *Lubricants.* 2014 Mar;2(1):21-43.

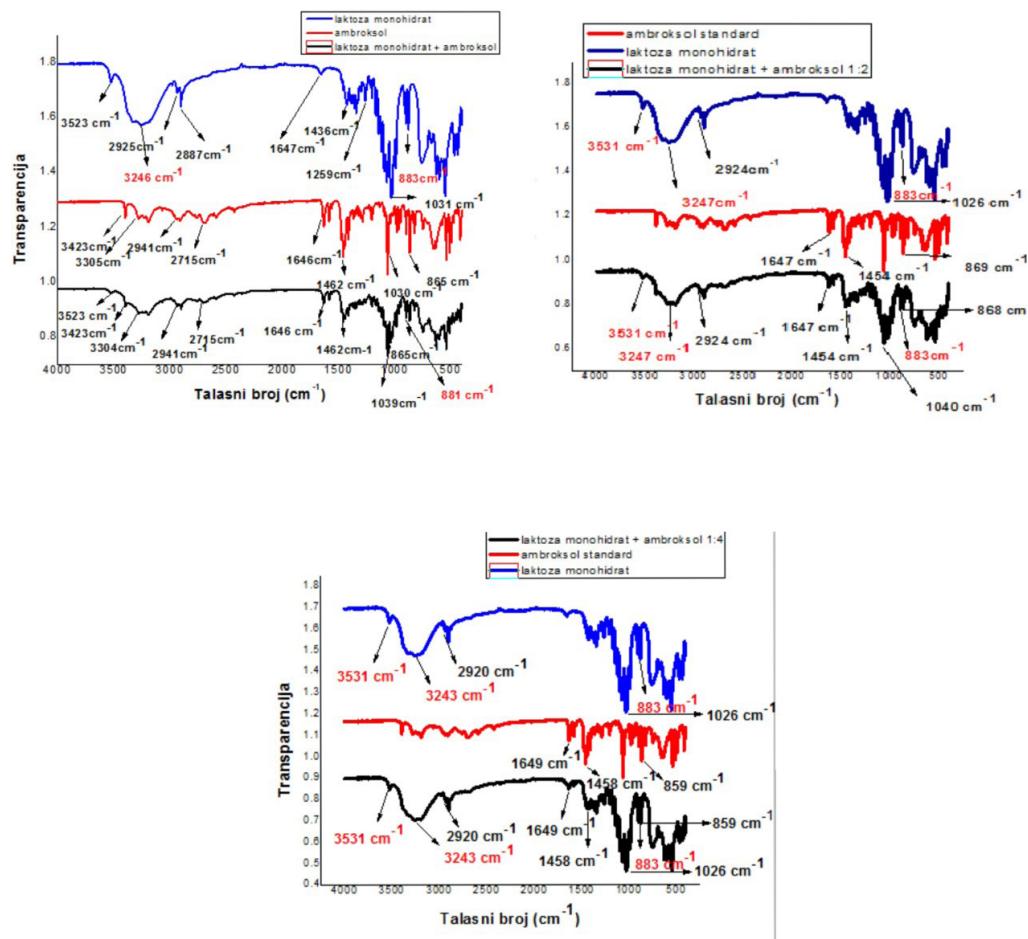
PRILOG



Slika 1a. *Flavamed*® tablet; Slika 1b. ambroksol-hidrohlorid (farmaceutski sekundardni standard); Slika 1c. ekscipijensi (laktoza monohidrat, kukuruzni skrob, celuloza, kroskarmelosa natrijum, povidon K 30 (PVP), magnezijum stearat); Slika 1d. ekscipijensi pomiješani sa ambroksol-hidrohloridom



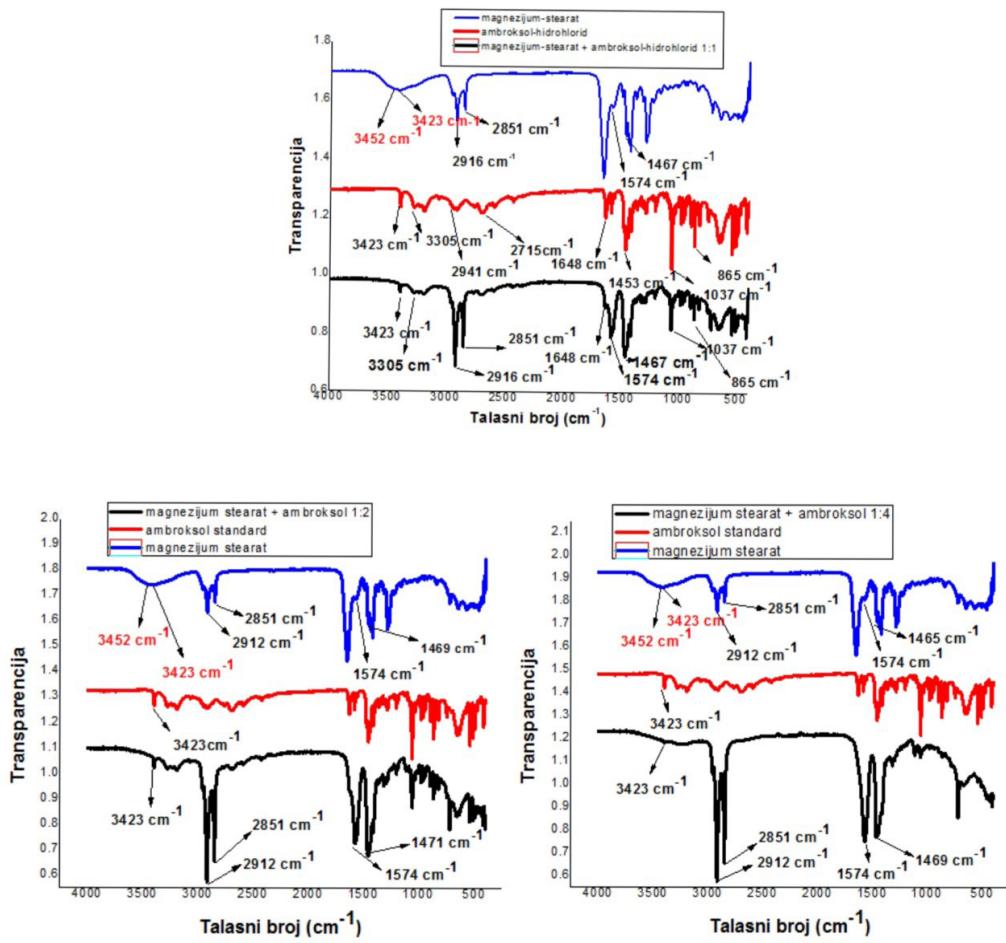
Slika 2. TGA krive „čistog“ ambroksol-hidrohlorida i *Flavamed*® tablet



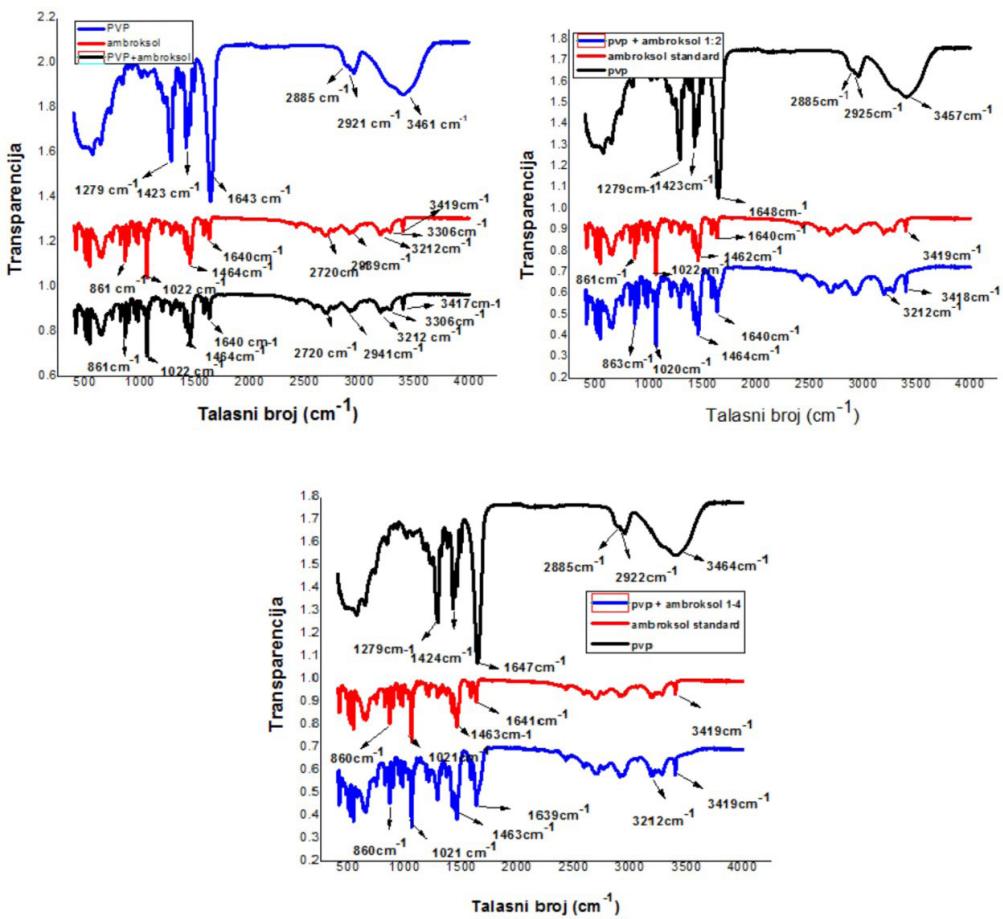
Slika 3. FTIR spektri laktoze monohidrata, standarda ambrosol-hidrohlorida i smješe laktoze monohidrata + ambrosol-hidrohlorida u odnosima: 1 : 1 (gore lijevo), 1 : 2 (gore desno) i 1 : 4 (dolje)

Tabela 1. Funkcionalne grupe u FTIR spektru

Apsorpcioni pikovi (cm^{-1})	Funkcionalne grupe
1279	C-N
1424	C-H
1643	C=O
2885	CH
2921	CH_2
3464	OH
861	-Cl
1021	-O-H
1462	C=C
1641	C=N
2720	alifatični C-H
3306	-NH ₂
3419	-NH



Slika 4. FTIR spektri magnezijum-stearata, standarda ambroksol-hidrohlorida i smješte magnezijum stearata + ambroksol-hidrohlorida u odnosima: 1 : 1 (gore), 1 : 2 (dolje lijevo) i 1 : 4 (dolje desno)



Slika 5. FTIR spektri PVP-a, standarda ambroksol-hidrohlorida i smješte PVP-a + ambroksol-hidrohlorida u odnosima: 1 : 1 (gore lijevo), 1 : 2 (gore desno) i 1 : 4 (dolje)

ANALYSIS OF DEGRADATION MECHANISM AND COMPATIBILITY STUDIES OF AMBROXOL HYDROCHLORIDE AND EXCIPIENTS IN FLAVAMED® TABLETS

Author: ZORICA JERKIĆ

Email: zorica.jerkic@student.pmf.unibl.org

Mentor: Assoc. Prof. Dijana Jelić

Co-Mentor: Assist. Prof. Snežana Papović

Chemistry Department

Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Banja Luka

Introduction: Stability is the extent to which a product retains the characteristics it had at the time of manufacture within the specification limits, until the expiry date. Stability includes the physical, chemical, microbiological, therapeutic and toxicological properties of the product. Drug stability studies are based on monitoring changes during production and storage, which usually affect the quality, efficacy and safety of the finished product. The stability of the finished pharmaceutical product is affected by many factors, such as: stability of active substances, potential interactions between actives and excipients, temperature, production process, light, humidity, environmental conditions during distribution, storage and handling, and time from production to use. The aim of the stability test is to determine the shelf life, the time period in which the medicinal product is stored under certain conditions and within the limits of the specification.

Aim: The subject of this study was to examine the stability of *Flavamed*® tablets using Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), and to examine the mechanism of thermal degradation using simultaneous TGA (thermal gravimetric analysis)/DSC (differential scanning calorimetry).

Material and Methods: The following chemicals were used: *Flavamed*® tablets, reference pharmaceutical standard of ambroxol hydrochloride, lactose monohydrate, corn starch, cellulose, croscarmellose sodium, povidone K 30 (PVP) and magnesium stearate. FTIR spectroscopy and simultaneous TGA/DSC thermal analysis were used for the thermal stability evaluation and characterisation of the obtained active component vs. excipients mixtures.

Results: The results showed that lactose monohydrate and magnesium stearate were incompatible with the ambroxol hydrochloride standard, while other excipients present in the drug formulation were compatible.

Conclusion: FTIR spectroscopy and TGA/DSC simultaneous thermal analysis proved to be successful in assessing the stability and investigating the degradation mechanism of tablets.

Keywords: *Flavamed*® tablets; ambroxol hydrochloride; stability; compatibility

PROSTORNA ANALIZA VRIJEDNOSTI NEKRETNINA UPOTREBOM GIS-a NA PRIMJERU GRADA BANJA LUKA

Autor: NIKOLINA ĐUKIĆ, Slađana Vranjković

e-mail: nikolina.djukic@student.pmf.unibl.org, sladjana.vranjkovic@student.pmf.unibl.org

Mentor: Doc. dr Neda Živak

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Banjoj Luci

Uvod: Trend porasta izgradnje stambenih objekata na teritoriji administrativnog centra Republike Srpske u posljednjih nekoliko godina ukazuje na sve veću potražnju stanova u užem i širem urbanom području. Najveća potražnja na tržištu nekretnina svakako je za novoizgrađenim stanicima, a o razmjeri potražnje dovoljno govori činjenica da se nekretnine kompletног stambenog kompleksa prodaju u toku same gradnje ili neposredno nakon završetka. Preduslov sve većeg porasta potražnje je veća dostupnost stambenih kredita s niskom kamatnom stopom, mogućnost izdavanja nekretnine, kao i sve veća sigurnost građana da investiraju u nekretnine.

Cilj: Utvrditi odnos cijena i lokacija u urbanom području grada Banja Luka, kao i faktore koji određuju tržišnu cijenu nekretnine.

Materijal i metode: Za potrebe ovog rada prikupljeni su relevantni podaci o pojedinim nekretninama u 2020. i 2021. godini iz otvorenih izvora, kao što su internet stranice agencija za nekretnine ili platformi koje služe za objavu oglasa o kupoprodaji. Navedeni podaci su naknadno obrađeni i georeferencirani te učitani u namjenski napravljenu GIS bazu podataka. Vrijednosti nekretnina su interpolirane IDW (Inverse Distance Weighted) metodom a računanje prosječnih pokazatelja unutar definisanih naselja/područja je izvedeno pomoću zonalne statistike.

Rezultati: Na osnovu cjelokupnog istraživanja, zaključeno je da je lokacija prvi faktor koji se uzima u obzir prilikom formiranja cijene stana, odnosno blizina stanici javnog prevoza ili vrtića, škole, prodavnice, ambulante porodične medicine, parka i slično. Najviše prosječne cijene evidentirane su u mjesnoj zajednici Nova varoš. Jedan od bitnih faktora je i spratnost stana. Naredni faktori koji utiču na formiranje cijene su vrsta grijanja, očuvanost stana, posjedovanje balkona (terase), lifta, parking mjesta...

Zaključak: Vrijednost nekretnina u Banjoj Luci u posljednje vrijeme je u konstantnom porastu. Prodaja stanova je rasla čak i u vrijeme pandemije, kada se očekivao znatan pad. Cijenu stana najviše određuje tzv. „atraktivnost lokacije“, odnosno neposredna blizina svih kulturnih, društvenih, obrazovnih institucija.

Ključne riječi: Nekretnine; potražnja; prostorna analiza; geografski informacioni sistemi; Banja Luka

UVOD

Gradovi predstavljaju područja velike koncentracije funkcija sa različitim lokacijskim zahtjevima. Ukupnost urbanih struktura i njihova prostorno-funkcionalna organizacija odražavaju stepen uređenosti i karakter urbanog razvoja. Konstantan demografski i funkcionalni razvoj povećavaju potrebe za urbanim prostorom, zbog čega je nužna racionalizacija njegove raspodjele. Efikasan i dugoročno održiv urbani razvoj prepostavlja uspostavljanje ravnoteže između potreba društvenih grupa i izgradenosti prostora za zadovoljavanje nji-

hovih osnovnih životnih potreba (rad, stanovanje, obrazovanje, kulturne potrebe, snabdijevanje, odmor, komuniciranje) [1]. Stanovanje, kao jedna od osnovnih egzistencijalnih potreba čovjeka, ima određene zahtjeve u pogledu prostora i infrastrukturne opremljenosti u gradu. Stan, kao osnovna jedinica stambene zone, predstavlja složenu strukturu različitih karakteristika, od veličine, preko lokacije, starosti, unutrašnjeg uređenja do načina upotrebe [2]. Stanovi predstavljaju nepokretnu imovinu koja se ne može premještati. S obzirom na građevinsku konstituciju, stan je dobro dugoročne vrijednosti. Izgradnja stana počiva na određenim standardima i opremi, što zahtijeva određena sredstva [3]. Cijena stanova, odnosno nekretnina, u najvećoj mjeri zavisi od lokacije, odnosno blizine objekata i sadržaja koji se odnose na obrazovanje, zdravstvo, upravu, bankarske usluge, trgovinu, odmor i rekreaciju, zabavu i slično. U suštini, empirijske studije koje su rađene za tržišta nekretnina su pokazale da su za cijene stanova najbitnija tri glavna faktora: makroekonomski prilike, institucionalni i geografski faktori kao i dostupnost sredstava [4].

U današnje vrijeme, teško je zamisliti detaljniju analizu tržišta nekretnina bez upotrebe informacionih tehnologija. Osim analize tržišta nekretnina, informacione tehnologije omogućavaju brzu pretragu nekretnina koje se stavlju u promet i na taj način omogućavaju potencijalnim investitorima, odnosno kupcima u štetu vremena prilikom pretrage, a prodavcima olakšavaju prodaju. Geografski informacioni sistemi (GIS), kao podsistem širih informacionih sistema, imaju važnu ulogu u sektoru koji se odnosi na nekretnine. Za GIS se može reći da predstavlja koncepcionalizovani okvir koji omogućava da se prikupe i analiziraju geoprostorni podaci [5]. GIS programi, odnosno GIS aplikacije jesu kompjuterski bazirani alati koji omogućavaju korisniku da izvršava interaktivne upite, da skladišti i uređuje geoprostorne i neprostorne podatke, vrši prostorne analize te da vizuelno prikazuje rezultate pomenutih operacija, najčešće pomoću karata [6].

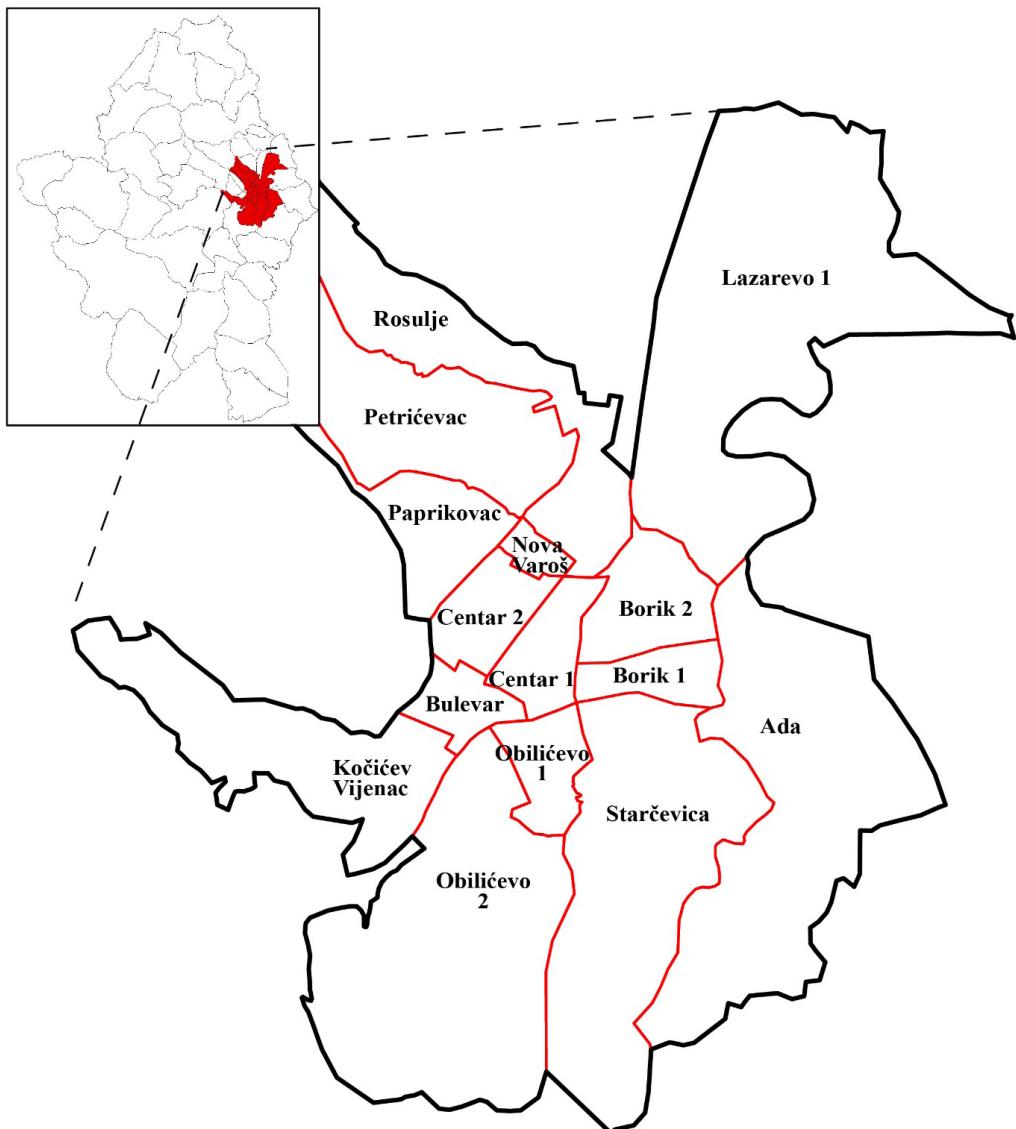
Geografski informacioni sistemi sve više imaju primjenu u različitim djelatnostima. Oni, u mnogo čemu, omogućavaju i olakšavaju pristup podacima različitim stručnjacima koji imaju potrebu za tim podacima. Takođe, GIS omogućava ne samo organizaciju i upravljanje geoprostornim podacima, već sadrži mnoge prostorne podatke koji pomažu u izradi statistika i ekonomskih obrazaca. Kada je u pitanju procjena vrijednosti neke nekretnine, može se zaključiti da to predstavlja veoma kompleksan proces. Geografski informacioni sistemi omogućavaju vlasnicima nekretnina jednostavno objašnjenje na koji je način njihova nekretnina bila vrednovana, tj. koji su sve faktori uzeti u obzir. GIS je danas u mogućnosti izvršiti sve te kompleksne operacije. Procjene vrijednosti nekretnina pomoću GIS-a vrše se kombinacijom matematičke analize i subjektivne procjene [7]. Kao što je već navedeno, upotreba GIS-a omogućava skladištenje geoprostornih podataka u njihovom izvornom obliku, te korištenje prostornih analiza i ostalih funkcionalnosti koje GIS tehnologija pruža. Iako se u literaturi GIS metoda često spominje kao posebna metoda masovnog vrednovanja cijena nekretnina, većinom se radi o primjeni GIS tehnologije, odnosno analizi prostornih podataka, kao podlozi za ekspertne sisteme masovnog vrednovanja cijena nekretnina. U tim sistemima, ključan faktor je stručnjak koji modeluje uticaj prostornih komponenti na cijene nekretnina [8]. Osim što GIS koriste stručnjaci, njegova primjena je široka i kod opšte populacije, naročito putem veb GIS aplikacija. Veb GIS aplikacije, odnosno aplikacije koje su postavljene na internetu kao geoportali ili manje kompleksne veb-karte, na jednostavan način omogućavaju korisnicima uvid u geoprostorne podatke odnosno prostorne lokacije određenih nekretnina uz prikaz različitih tematskih slojeva (npr. katastarske parcele, vodovodna mreža, saobraćajnice i slično). Na taj način, građani ali i investitori mogu da dobiju bolji uvid u prednosti i mane određene lokacije na kojoj se neka nekretnina nalazi. To svakako utiče na bolju informisanost građana i investitora, što može uticati na donošenje odluka prilikom kupovine odnosno investiranja u određene lokacije i nekretnine.

Cilj rada je da se utvrdi odnos cijena i lokacija u urbanom području grada Banja Luka, kao i faktora koji određuju tržišnu cijenu nekretnine.

MATERIJAL I METODE

Banja Luka je jedinica lokalne samouprave koja se nalazi u sjeverozapadnom dijelu Bosne i Hercegovine odnosno Republike Srpske. Pored toga što je Banja Luka demografski i prostorno najveća jedinica lokalne samouprave u Republici Srpskoj, u njoj je skoncentrisan veći dio administrativnih, privrednih, finansijskih i obrazovnih funkcija. Na osnovu podataka iz publikacije Republičkog zavoda za statistiku [9], može se zaključiti da je Banja Luka jedna od rijetkih jedinica lokalne samouprave koja bilježi blagi porast stanovnika. Treba naglasiti da je porast broja stanovnika u Banjoj Luci rezultat migracija a ne pozitivnog prirodnog priraštaja. Kada je u pitanju stambeni fond na teritoriji cijele jedinice lokalne samouprave, prilikom popisa stanovništva 2013. godine [10], utvrđeno je da dominira jednoporodično stanovanje u individualnim stambenim objektima, dok je višeporodično stanovanje manje zastupljeno. Međutim, gledajući prostornu distribuciju objekata višeporodičnog stanovanja, može se zaključiti da su oni najprisutniji u užem urbanom području i da su dominantniji od objekata jednoporodičnog. Posmatrajući vrijednosti izvršenih radova prema vrsti građevinskih objekata, može se uočiti trend porasta izgradnje stambenih zgrada, što je u saglasnosti sa povećanjem broja stanovnika i samim tim povećanjem potražnje za stambenim jedinicama. Prostorni obuhvat istraživanja u ovom radu je urbano područje Grada Banja Luka, koje je definisano Prostornim planom Grada Banja Luka [11], odnosno teritorija mjesnih zajednica koje ulaze u sastav ili tangiraju uže urbano područje grada. Mjesne zajednice za koje su prikupljeni podaci o nekretninama su: Ada, Borik 1 i 2, Centar 1 i 2, Kočićev vijenac, Bulevar, Lauš 1 i 2, Lazarevo 1 i 2, Nova varoš, Obilićevo 1 i 2, Paprikovac, Petrićevac, Pobrđe, Rosulje i Starčevica. Za potrebe analize, prikupljeni su podaci o stanovima iz otvorenih izvora, prvenstveno zvaničnih sajtova agencija koje se bave prodajom nekretnina. Pored zvaničnih sajtova pomenutih agencija, dio podataka prikupljen je sa internet platforme koja služi za oglašavanje. Podaci su prikupljeni u periodu od septembra 2020. godine do septembra 2021. godine. Prikupljeni su podaci za 248 stanova, nakon čega su obrađeni i učitani u namjenski napravljenu prostornu bazu podataka. Za svaki stan prikupljeni su podaci o lokaciji, površini, cijeni, periodu izgradnje, spratnosti, opremljenosti i vlasničkoj strukturi. Međutim, za 98 stanova nisu prikupljeni svi atributi, tako da je za prostornu analizu korišteno ukupno 150 stanova, koji imaju približno ravnomjernu prostornu distribuciju u svim analiziranim mjesnim zajednicama. Pored podataka o stanovima, prikupljeni su digitalizovani i podaci o objektima u kojima su smještene obrazovne, administrativne, uslužne, trgovinske i banbarske usluge. Navedeni podaci su prikupljeni zbog analize udaljenosti između odabranih stanova i navedenih funkcija.

Za georeferenciranje i analizu prikupljenih podataka korišten je softverski paket otvorenog koda QGIS. Svi prikupljeni podaci su transformisani u nacionalni koordinatni sistem, te su im dodijeljeni dodatni atributi koji su važni za prostornu analizu. Takođe, jedan od slojeva koji je pripremljen za potrebe ovog rada je sloj koji se odnosi na granice mjesnih zajednica. U navedenom sloju su kasnije agregirani podaci prosječnim vrijednostima cijena kvadrata za različite kategorije stanova. Pored toga, prostorna distribucija prosječnih vrijednosti cijena kvadrata stanova određena je na osnovu interpolacije IDW (*Inverse Distance Weighted*) metode. Treba naglasiti da je za potrebe ovog rada obavljeno 6 nestrukturiranih intervjuja sa agentima koji se bave prodajom nekretnina na teritoriji grada Banja Luka u periodu jul–avgust 2021. godine. Prikupljene informacije sa intervjuja iskorištene su za definisanje važnosti cjenovnih faktora koji utiču na cijene stanova.



Slika 1 – Prostorni obuhvat istraživanja

REZULTATI I DISKUSIJA

Na konačnu cijenu stanova utiče mnoštvo faktora, čiji se značaj i intenzitet vremenom mijenja [12]. Navedeni faktori se u praksi često zovi cjenovni faktori. Za utvrđivanje važnosti pojedinih cjenovnih faktora, urađen je nestrukturirani intervju sa agentima koji se bave prodajom nekretnina u Banjoj Luci. Intervjui su pokazali da svi agenti misle da je lokacija prvi faktor koji se uzima u obzir prilikom formiranja cijene stana. Sljedeći faktor, prema mišljenju većine, jeste spratnost stana. Iskustva iz prakse pokazuju da su stanovi u suterenu, prizemlju i potkovrlju nešto povoljniji od stanova koji se nalaze na spratovima između. Na osnovu analiziranih podataka za cijene po kvadratnom metru nenamještenog stana u zgradama nove gradnje u Banjoj Luci, utvrđeno je da prosječne cijene kvadrata stana u prizemlju iznose 2.134 KM, dok je prosječna cijena kvadrata na spratovima koji

se nalaze između prizemlja i potkrovla oko 2.494 KM, što je razlika od 15%. Zanimljivo je spomenuti činjenicu da stanovi koji se nalaze na spratu iznad petog ili četvrtog imaju malo nižu cijenu, iako u zgradama postoji lift. Sljedeći faktor koji može uticati na cijenu jeste grijanje, odnosno na koji način se stan grije tokom zime. Može se uočiti trend da u posljednje vrijeme kupci stanova blagonaklono gledaju na sisteme grijanja gdje se cijena grijanja formira na osnovu utrošene energije a ne na osnovu površine koja se grije. Očuvanost stana svakako igra ulogu kada je u pitanju konačna cijena stana, naročito kada su u pitanju stariji stanovi. Interesantno je da kupci obično pokušavaju da koriguju cijenu u iznosu koji je potreban za renoviranje kompletног stana. Jedan od korektivnih faktora na cijenu je sama veličina stana odnosno njegova organizacija. Kada se posmatraju prosječne cijene kvadrata, najskuplji su mali stanovi (do 40 m²). Interesantno je da se navedeni stanovi najbrže prodaju. Balkoni i terase, naročito sa atraktivnim pogledom, jesu elementi koji su i više nego poželjni kod stanova i zbog toga se često spominju kao jedan od cjenovnih faktora. Orientacija stana kao cjenovni faktor je kod nas manje zastupljena, za razliku od postojanja raspoloživog parking mesta ispred ili ispod zgrade. Takođe, blizina stanica javnog prevoza ili vrtića, škole, prodavnice, ambulante porodične medicine, parka i slično, svakako je cjenovni faktor koji se ne može zaobići. Ovo su samo od nekih bitnijih cjenovnih faktora koji su uzeti u razmatranje prilikom analize prikupljenih podataka. Radi bolje preglednosti, urađena je analiza za prosječne cijene kvadrata stanova po mjesnim zajednicama prema vremenu izgradnje objekta (nova i stara gradnja) i tipu opremljenosti stana (namješteni i nemješteni).

Tabela 1 – Prosječne cijene kvadrata stana u novoj gradnji (namješteni i nemješteni stanovi) po mjesnim zajednicama

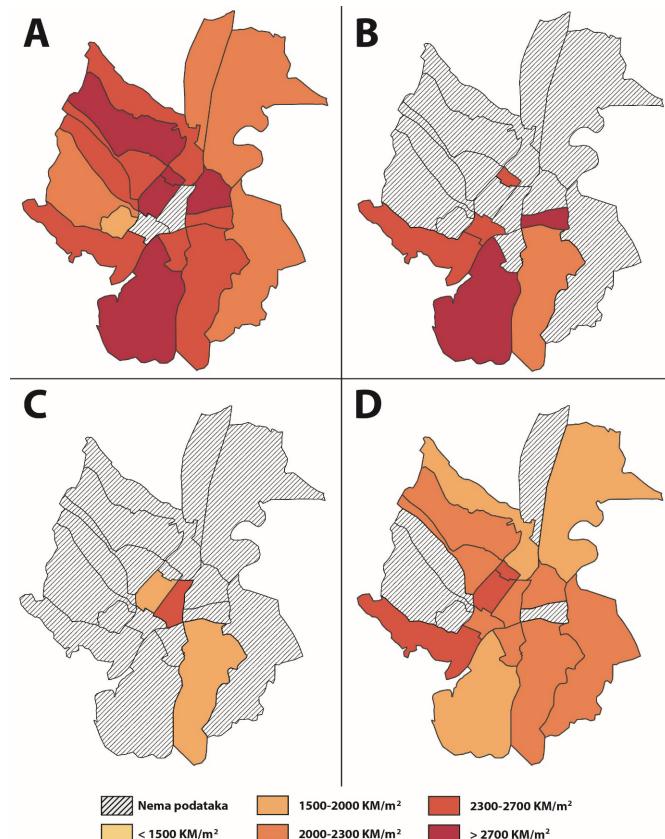
Nova gradnja – nemješteni stanovi	
Naziv mjesne zajednice	Prosječna cijena stana po kvadratu
Ada	2145.52 KM
Borik 1	2467.04 KM
Borik 2	2763.96 KM
Centar 2	2833.33 KM
Kočićev vijenac	2313.51 KM
Lauš 1	2200.00 KM
Lauš 2	2394.43 KM
Lazarevo 1	2296.18 KM
Lazarevo 2	2180.37 KM
Nova varoš	3300.00 KM
Obilićevo 1	2556.59 KM
Obilićevo 2	2812.50 KM
Paprikovac	2443.75 KM
Petrićevac	2991.73 KM
Pobrđe	1769.23 KM
Rosulje	2558.87 KM
Starčevica	2335.72 KM
Nova gradnja – namješteni stanovi	
Naziv mjesne zajednice	Prosječna cijena stana po kvadratu
Borik 1	2818.18 KM
Bulevar	2430.40 KM
Kočićev vijenac	2443.52 KM
Nova varoš	2439.00 KM
Obilićevo 2	3750.00 KM
Starčevica	2300.00 KM

Prosječna cijena kvadrata u stanovima na posmatranoj teritoriji, a koji su nove gradnje i nemanješteni iznosi oko 2.335 KM. Posmatrajući cijene po mjesnim zajednicama, može se zaključiti da su prosječne cijene stanova najniže u mjesnoj zajednici Pobrđe, što je i razumljivo ako se uzme u obzir udaljenost od centra grada, konfiguracija terena, infrastrukturna opremljenost mjesne zajednice, (ne)postojanje objekata različitih namjena koji su bitni za svakodnevno funkcionisanje stanovništva. Niže prosječne vrijednosti kvadrata stanova u novogradnji (od 2.100 do 2.500 KM) evidentirane su u mjesnim zajednicama Ada, Kočićev vijenac, Lauš 1 i 2, Lazarevo 1 i 2, Paprikovac i Starčevica. Jedan od glavnih razloga za niže cijene u pomenutim mjesnim zajednicama jeste udaljenost od centra grada i nedovoljno atraktivne lokacije na kojima se zgrade grade ili su izgrađene (primjer mjesne zajednice Ada, stambena zgrada u ulici Novaka Pivaševića). Srednji cjenovni rang imaju stanovi koji se nalaze u mjesnim zajednicama Borik 2, Centar 2, Obilićevo 1 i 2, Rosulje. Navedene mjesne zajednice su bliže centru grada i imaju razvijenu urbanu matricu i raznovrsne objekte različitih funkcija koji mogu podmiriti potrebe ne samo stanovnika tih mjesnih zajednica nego i potrebe stanovnika susjednih mjesnih zajednica. Takođe, ovdje treba spomenuti i postojanje održavanih i uređenih zelenih površina, te obala rijeke Vrbas, što svakako doprinosi atraktivnosti lokacije. Najviše prosječne cijene evidentirane su u mjesnoj zajednici Nova varoš. Navedena mjesna zajednica ima odličan položaj i saobraćajnu dostupnost, kvalitetnu infrastrukturu i veliki broj različitih funkcija. Takođe, stambeni objekti koji se grade u navedenoj mjesnoj zajednici su često veoma dobrog kvaliteta izgradnje sa naglaskom na vizure i estetski dojam.

Tabela 2 – Prosječne cijene kvadrata stana u starijoj gradnji (namješteni i nemanješteni stanovi) po mjesnim zajednicama

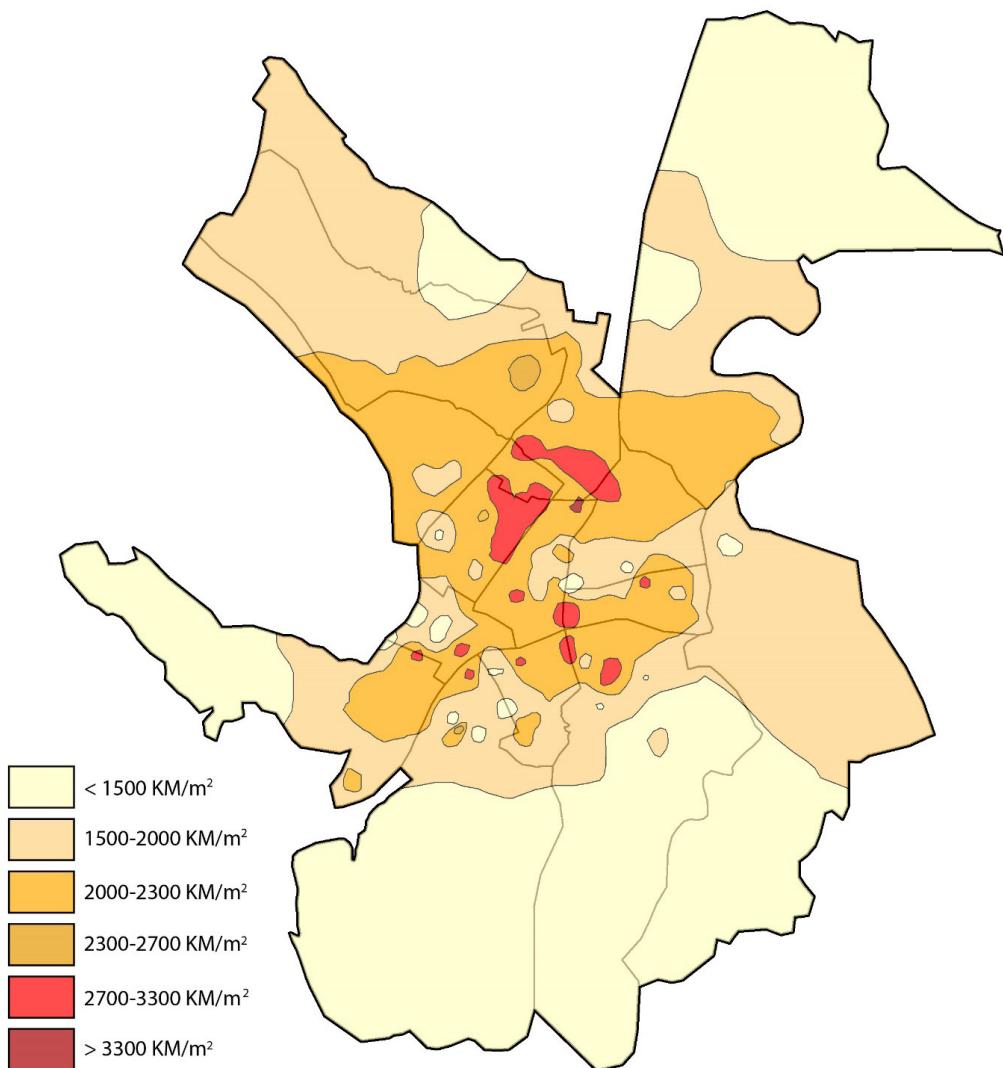
Starija gradnja – nemanješteni stanovi	
Naziv mjesne zajednice	Prosječna cijena stana po kvadratu
Centar 1	2526.56 KM
Centar 2	1941.18 KM
Starčevica	1973.40 KM
Starija gradnja – namješteni stanovi	
Naziv mjesne zajednice	Prosječna cijena stana po kvadratu
Ada	2050 KM
Borik 2	2041 KM
Bulevar	2025.31 KM
Centar 1	2297.32 KM
Centar 2	2495.28 KM
Kočićev vijenac	2534.48 KM
Lazarevo 1	1741.15 KM
Nova varoš	2374.24 KM
Obilićevo 1	2250 KM
Obilićevo 2	1819.32 KM
Paprikovac	2012.23 KM
Petrićevac	2150.00 KM
Rosulje	1799.40 KM
Starčevica	2077 KM

Na teritoriji grada, stanovi starije izgradnje (nenamješteni) imaju prosječnu cijenu kvadrata od 2.077 KM, što je za 250 KM niža cijena od stanova u novoj gradnji. Međutim, ove podatke treba uzeti sa rezervom pošto za računanje prosječne cijene stanova starije gradnje nije bio dovoljan broj ravnomjerno raspoređenih uzoraka, već je većina uzorka bila skoncentrisana u mjesnim zajednicama Centar 1 i 2, što je svakako uticalo na nešto višu cijenu. Može se primijetiti da se veći broj stanova starije gradnje prodaje polunamješten ili potpuno namješten, što djelimično utiče na ukupnu cijenu a samim tim onemogućava komparaciju sa cijenama nemanještenih stanova u novoj izgradnji. Najniže prosječne cijene kvadrata namještenih stanova starije izgradnje su u mjesnim zajednicama Lazarevo 1, Obilićevo 2 i Rosulje. U mjesnoj zajednici Lazarevo 1 su cijene stanova najniže, a na taj faktor možda je najviše uticala udaljenost od centra, neatraktivnost lokacije i slabo održavanje zgrada u kojima se nalaze stanovi. Stanovi starije gradnje (namješteni) srednjeg cjenovnog ranga nalaze se u mjesnim zajednicama Centar 1 i 2, Obilićevo 1 i Nova varoš. U navedenim mjesnim zajednicama dominiraju stambene jedinice koje su građene u periodu socijalizma, nakon katastrofalnog zemljotresa koji je Banju Luku pogodio 1969. godine. Dobar dio zgrada u navedenim mjesnim zajednicama još uvijek je u solidnom stanju i redovno se održava, a u poslednjoj dekadi, vidljivi su tragovi renoviranja i rekonstrukcije pomenutih zgrada, naročito kada su u pitanju fasade. Najviše prosječne cijene stanova u starijoj izgradnji su u mjesnoj zajednici Kočićev vijenac. Razlog za takvo stanje leži u činjenici da su analizirane nekretnine na povoljnim lokacijama i da su zgrade u kojima se nalaze stanovi u dobrom stanju.



Slika 2 – Prosječne cijene kvadrata stanova po mjesnim zajednicama (A – nova gradnja, nemanješteni; B – nova gradnja, namješteni; C – stara gradnja, nemanješteni; D – stara gradnja, namješteni)

Prostorna raspodjela zona sa prosječnim cijenama kvadrata stanova određena je na osnovu interpolacije vrijednosti za prosječne vrijednosti kvadrata za nemamještene stanove novije gradnje i nemamještene stanove starije gradnje. Zone su podijeljene u 6 kategorija prema cjenovnim rangovima. Na osnovu analize, može se zaključiti da u širem urbanom području prosječne cijene kvadrata stana ne prelaze 2.300 KM. U užem urbanom području, tačnije u mjesnim zajednicama Centar 1 i 2, Borik 1 i 2, Nova varoš, Rosulje, Obilićevo 1, Kočićev vijenac i dio mjesne zajednice Starčevica postoje zone u kojima su relativno visoke prosječne cijene kvadrata stana. Ukoliko se detaljnije analiziraju navedene zone, može se uočiti da imaju dobru lokaciju, saobraćajnu povezanost, infrastrukturnu opremljenost, kvalitetan sadržaj različitih funkcija i blizinu uređenih zelenih površina, što je još jedna potvrda da su to cjenovni faktori koji bitno utiču na cijenu nekretnina.



Slika 3 – Prostorni raspored zona sa različitim prosječnim cijenama kvadrata stanova

ZAKLJUČAK

Na porast ulaganja u stambenu izgradnju uticalo je dosta faktora a neki od njih se odnose na sve veći stepen urbanizacije u administrativnom centru Republike Srpske, dostupnost stambenih kredita, kao i pogodnosti za određene kategorije stanovništva u smislu povoljnih kamatnih stopa, te sigurnosti građana da investiraju u nekretnine, s obzirom na to da je u posljednjih nekoliko godina porasla potražnja za stanove koji se iznajmljuju. Takođe, određeni broj građana koji se nalazi na privremenom radu u inostranstvu sve više ulaže u kupovinu stanova u urbanom dijelu Banje Luke. Izgradnja i prodaja stanova, kao i njihova cijena su u konstantnom porastu, pa čak i za vrijeme pandemije, kada se očekivao pad. Investitorji povećanje cijene po metru kvadratnom pravdaju poboljšanjem kvaliteta gradnje, ali i znatnim porastom cijena građevinskog materijala. Pored toga, cijene stanova zavise od velikog broja cjenovnih faktora kao što su lokacija, veličina stana, spratnost, period izgradnje, opremljenost stana, blizina različitim sadržajima i slično. Na osnovu prostornih analiza koje su urađene pomoću GIS-a, može se zaključiti da su zone sa najvišim prosječnim cijenama stanova locirane u užem urbanom području, tačnije u mjesnim zajednicama Centar 1 i 2, Borik 1 i 2, Nova varoš, Rosulje, Kočićev vjenac i Obilićevo 1. Navedene zone imaju niz prednosti, kao što je blizina centra grada, dostupnost različitih funkcija i usluga koje su potrebne stanovnicima za obavljanje svakodnevnih obaveza, dobra infrastrukturna opremljenosti i dostupnost površina koje se koriste za rekreatiju i odmor. Treba naglasiti da prostorne analize cijena ili nekih drugih karakteristika koje se odnose na nekretnine mogu biti od velike koristi za investitore, agente koji se bave prodajom nekretnina, lokalnu samoupravu, određene republičke institucije, osiguravajuće kuće, procjenitelje i uopšteno govoreći, sve stanovnike određenog područja.

LITERATURA

- [1] Mandić, M. (2019): Postsocijalistička urbana transformacija Banja Luke. Geografsko društvo Republike Srpske. Banja Luka.
- [2] Todorović, M. (2016): Novi tip konfiguracije stambene zgrade. Facta universitatis – series: Architecture and Civil Engineering, Vol. 14, br. 1, str. 47–58.
- [3] Milojević, B. (2020): Grad i urbana ekonomija. Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci. Banja Luka.
- [4] Nikolić, I. (2015): Price determinants of newly built dwellings in Serbia. Industrija, Vol. 43, br. 2, str. 105-116.
- [5] Maliene, V., Grigonis, V., Palevičius, V., Griffiths, S. (2011): Geographic information system – old principles with new capabilities. Urban Design International, Vol. 16, No. 1, pg. 1-6.
- [6] Kent, A., Vučaković, P. (2020): The Routledge Handbook of Mapping and Cartography. Routledge, Abingdon.
- [7] Horvat, T. (2007): Procjena vrijednosti stambenog objekta troškovnom metodom (Doktorska disertacija). Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- [8] Šimunović, I. (2007): Urbana ekonomika. Školska knjiga. Zagreb.
- [9] Gradovi i opštine Republike Srpske (2020): Republički zavod za statistiku, Banja Luka.
- [10] Rezultati Popisa 2013 – Gradovi, opštine i naseljena mjesta (2017): Republički zavod za statistiku, Banja Luka.
- [11] Prostorni plan Grada Banja Luke (2014): „Projekt“ a.d. Banja Luka i Institut za građevinarstvo „IG“ Banja Luka.
- [12] Kalac, M. (2020): Analiza determinanti cijena nekretnina (Master teza). Ekonomski fakultet Sveučilišta u Splitu, Split.

SPATIAL ANALYSIS OF REAL ESTATE VALUES USING GIS – CASE STUDY OF BANJA LUKA

Authors: NIKOLINA ĐUKIĆ, Slađana Vranjković

Email: nikolina.djukic@student.pmf.unibl.org

Mentor: Assist. Prof. Neda Živak

Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Banja Luka

Introduction: The trend of increase in housing construction on the territory of the administrative center of the Republic of Srpska in the last few years is showing an increasing demand for apartments in narrower and wider urban areas. The biggest increase of demand in the real estate market is certainly a demand for newly built apartments, and the extent of it can be seen through the fact that the real estate of an entire residential complex is sold during the building process or shortly after. Prerequisites to the increasing demand for real estate are also an increasing availability of housing loans with a low interest rate, a possibility of renting it, as well as an increasing certainty of people to invest in the real estate.

Aim: To determine the price-location ratio in an urban area of the city of Banja Luka, as well as the factors that determine the price of a real estate.

Material and Methods: For the purposes of this paper, relevant data about some of the real estate in 2020 and 2021 has been collected from open sources such as websites of housing market agencies or platforms that serve for advertising, purchasing and sale. This data has been subsequently processed and georeferenced and then uploaded in a purpose-built GIS database. Real estate values have been interpolated by the IDW (Inverse Distance Weighted) method and a calculation of average indicators within defined settlements/areas was made by zonal statistics.

Results: Based on the overall research, it is concluded that the location is the first factor that is taken into account while defining the price of the apartment, that is, proximity to public transport stations or kindergarten, schools, stores, family medicine clinics, and parks. The highest average prices were recorded in the local community Nova Varoš. One of the essential factors is the floor of the apartment. Other factors influencing price formation are the type of heating, condition of apartments, existence of a balcony or terrace, elevator, and parking spaces.

Conclusion: Real estate values in Banja Luka have been constantly increasing recently. Apartment sales were increasing even during the pandemic, when a certain decrease was expected. Prices of apartments are determined mostly by the so-called “attractiveness of location”, as well as proximity of all cultural, social and educational institutions.

Keywords: real estate; demand; spatial analysis; Geographic Information System; Banja Luka

GEOEKOLOŠKA EVALUACIJA MOJKOVCA U SVRHU RAZVOJA REKREATIVNOG TURIZMA

Autor: FILIP VUJOVIĆ, Mladen Delić

e-mail: vujovicfilip@hotmail.com

Mentor: Dr Gojko Nikolić, vanredni profesor

Studijski program za geografiju, Nikšić, Crna Gora

Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore

Uvod: Jedan od najzastupljenijih aspekata geoekologije u prostornom planiranju, posebno u slučaju izrade stručnih studija i analiza, jeste geoekološka evaluacija. Geoekološka evaluacija zbog multidisciplinarnog pristupa može igrati bitnu ulogu u budućem planiranju i razvoju rekreativnog turizma.

Cilj: Ovaj rad ima za cilj istražiti u kojoj su mjeri prirodni potencijali opštine Mojkovac pogodni za razvoj rekreativnog turizma.

Materijal i metode: Primjenom kartografskog modelovanja u GIS (Geografski informacioni sistemi) okruženju izvršena je geoekološka evaluacija korišćenjem kvantitativnog metoda raznolikosti (V-Wert metoda). Kao softver za GIS analizu korišćen je QGIS 3.14. Glavni kriterijumi koje koristi ovaj metod su prirodni elementi (šume, vodene površine, reljef, klima) i način korišćenja zemljišta. Za potrebe dobijanja kriterijuma korišćeni su otvoreni geoprostorni podaci.

Rezultati: Rezultati evaluacije pokazuju da nepovoljne površine zauzimaju 67 km² (16%), uslovno povoljne 89 km² (21%), povoljne 176 km² (42%) i veoma povoljne 87 km² (21%).

Zaključak: Metod korišćen u radu potvrđuje pogodnost prirodnih potencijala Mojkovca za razvoj rekreativnog turizma. Međutim, prepoznati potencijal koji posjeduje Mojkovac potrebno je valorizovati i usmjeriti ka potražnji, uz poštovanje principa održivog razvoja.

Ključne riječi: Rekreativni turizam; metoda kvantitativne raznolikosti; GIS; geoekološka evaluacija; Mojkovac

UVOD

Geoekologija, odnosno pejzažna ekologija, primijenjena je nauka o pejzažu (kao okruženju života i rada čovjeka i drugih organizama) čiji je cilj definisanje ekološki optimalne prostorne organizacije korišćenja i zaštite pejzaža [1].

Geoekologija pruža niz teorija, modela i iskustva u proučavanju pejzaža [2].

Multidisciplinarni pristup savremenom prostornom planiranju opravdano je pokrenuo povećan interes za njegov geoekološki aspekt, posebno u slučaju stručnih studija i analiza, čineći ovo tematsko područje zasebnim istraživačkim poljem. Geoekološki sadržaj se odavno sistematski prikazuje i modelira u ovoj oblasti kroz različite oblike geoekološkog mapiranja [3].

Jedna od praktičnih geoekoloških metoda pogodnih za planiranje optimalnog upravljanja prostorom jeste geoekološka evaluacija. Geoekološka evaluacija je postupak donošenja procjene da li i u kom stepenu prostor ili neka njegova geokomponenta odgovaraju određenom načinu korišćenja [4]. Putem geoekološke evaluacije, osim određivanja pogodnosti prostora za određeni način korištenja, stvara se i mogućnost otkrivanja nelogičnosti u korišćenju prostora preko upoređivanja dobijenih rezultata sa aktuelnim načinom korištenja [5].

Evaluacija pejzaža, kao prilično nezavisnog elementa prirodnog okruženja, predstavlja prilično težak zadatak. Pejzaž se može posmatrati kao preuslov za vrstu uticaja svih ostalih prirodnih komponenti u prostoru, i kao takav utiče na kvalitativne karakteristike površinskog i površinskog dijela litosfere, klimatske uslove, tlo, vegetaciju itd. Iz gore navedenih razloga često je nemoguće definisati vrijednost pejzaža, jer teorija vrednovanja nije u potpunosti definisala principe i kriterijume vrednovanja [6].

Geoekološka evaluacija važna je za buduće turističko planiranje, uređenje, zaštitu i upravljanje, što podrazumijeva dalji razvoj i promociju turističko-rekreativnih aktivnosti [2]. Postoji više metoda koji vrše geoekološku evaluaciju planinskog prostora za potrebe rekreativnog turizma, od kojih se najviše koristi kvantitativni metod raznolikosti (V-Wert metod) koji je formulisao njemački geoekolog Hans Kiemstedt. Evaluacija korišćenjem ovog metoda bila je predmet intenzivnih istraživanja poslednjih godina u urbanim područjima Beograd, Novi Sad, Loznica, Trebinje, Niš [7–11], kao i planinskim Ravna planina i Romanija, i Nacionalni park Kozara [12–13]. Metod se pokazao kao pogodan za evaluaciju planinskih područja sa određenim prednostima i nedostacima.

Ovaj rad ima za cilj korišćenjem kvantitativnog metoda raznolikosti (V-Wert metoda) u GIS (Geografski informacioni sistemi) okruženju saznati u kojoj su mjeri prirodne komponente opštine Mojkovac koja ima planinski karakter povoljne za razvoj rekreativnog turizma.

MATERIJALI I METODE

Istraživano područje

Područje opštine Mojkovac pripada sjevernoj crnogorskoj regiji. Zahvata srednji dio riječnog toka Tare između planina Bjelasice, Sinjajevine i Prošćenskih planina, sa dijelovima Nacionalnog parka „Durmitor“ i Nacionalnog parka „Biogradska Gora“. Mojkovac je određen geografskim koordinatama $42^{\circ}55'$ i $43^{\circ}5'$ N geografske širine i $19^{\circ}20'$ i $19^{\circ}42'$ E geografske dužine (Slika 1). Ukupna površina opštine je oko 367 km^2 , što čini 2,6% ukupne teritorije Crne Gore, i po površini je jedna od manjih opština u Crnoj Gori. Prema popisu iz 2011. godine, ima 8.622 stanovnika.

V-Wert metod i korišćeni ulazni podaci za kriterijume

Geoekološka evaluacija izvršena je korišćenjem kvantitativnog metoda raznolikosti (V-Wert metoda), primjenom alata za kartografsku algebru u QGIS 3.14. softveru, prema sljedećoj formuli [14]:

$$V = \frac{W + G * 3 + R + N}{1000} * K$$

Gdje je: W – ivice šuma (m/m^2), G – ivice voda (m/m^2), R – energija reljefa (-), N – način korišćenja (-), K – klimatski faktor (-).

Nakon implementacije geoekološke evaluacije primjenom kartografske algebre po definisanoj formuli dobijene su vrijednosti povoljnosti. Kako bismo dobili konačnu kartu prema stepenima povoljnosti, vrijednosti su klasifikovane u četiri kategorije prema Tabeli 1 [14].

Na početku je formirana GRID poligonska vektorska mreža dimenzija $1000 \times 1000 \text{ m}$, kojom je obuhvaćeno šire proučavano područje opštine Mojkovac sa 590 celija, odnosno površinom od 590 km^2 .

Prvi kriterijum koji koristi ovaj metod je dužina ivice šume (W). Ivice šuma su nosioci

kontrasta i promjena u prostoru koje djeluju na čula posmatrača i predstavljaju tipične elemente kulturnog pejzaža [2]. Presudnu ulogu u ocjeni turističke vrijednosti jednog pejzaža imaju zelene površine, koje u velikoj mjeri doprinose kretanju turista i osnova su razvoja održivog turizma [15–16]. Kako bi se odredile ivice šume, korišćeni su podaci iz digitalne prostorne baze podataka *Copernicus Forest type product* za 2018. godinu (Slika 2) [18]. Geoprostorna analiza izvršena je mjeranjem dužine ivice za šumske klase za svaku celiju posebno.

Ivice voda (G) je drugi kriterijum koji koristi ova metoda. Ivice voda značajno povećavaju turističku vrijednost pejzaža, čine ga atraktivnijim i sa rekreacijskog aspekta primamljivijim jer pogoduju razvoju većeg broja rekreativnih i turističkih aktivnosti [7–11]. Izvor podataka za ovaj kriterijum su podaci iz *Open Street Map* baze, poboljšani na osnovu javno dostupnog ortofoto snimka iz 2018. godine nekadašnjeg Ministarstva održivog razvoja i turizma (Slika 3) [18–19]. Kao za prvi kriterijum, i za ovaj kriterijum izmjerena je dužina ivice za svaku celiju.

Kao treći kriterijum ovaj metod koristi energiju reljefa odnosno vertikalnu raščlanjenost. Vertikalna raščlanjenost reljefa predstavlja potencijalnu energiju određenog dijela topografske površine definisanu visinskom razlikom najviše i najniže visinske tačke [20]. Uticaj reljefa na razvoj i razmještaj turizma ogleda se u tri osnovna vida, i to: rekreativnom, estetskom i lokacionom [21]. Ovaj kriterijum dobijen je primjenom zonalne statistike korišćenjem podataka EU-DEM 25 m modela (Slika 4) [22], a nakon toga dobijene vrijednosti klasifikovane su prema skali za dobijene vrijednosti prema Tabeli 2.

Kriterijum koji se odnosi na korišćenje zemljišta dobija se na osnovu procentualnog učešća u celiji i množenjem sa odgovarajućim težinskim koeficijentom iz Tabele 3. Kao izvor podataka za ovaj kriterijum korišćeni su podaci iz *COPERNICUS CORINE Land Cover* baze (Slika 5) [23].

Klimatski kriterijum je poslednji element koji koristi ovaj metod. Kiemstedt je vrijednosti za ovaj kriterijum predložio za studijsko područje Njemačke [14]. Kako su vrijednosti predložene za prostor Njemačke, teško je definisati vrijednosti za druga područja. Pregledom predloženih klimatskih vrijednosti iz Tabele 4 u ovom radu uzeta je vrijednost 1,4 za cijelo istraživano područje na osnovu Kepenove klasifikacije za prostor Crne Gore [24].

REZULTATI I DISKUSIJA

Podaci sa konačne karte povoljnosti (Slika 6) obračunati su i dobijeni su rezultati evaluacije na osnovu kojih su predstavljeni stepeni povoljnosti različitih dijelova razmatranog područja za potrebe rekreativnog turizma. Evaluacija je sprovedena na nešto širem području u odnosu na administrativne granice opštine Mojkovac i obuhvata granične oblasti sa drugim opštinama, pa je umjesto površine od 367 km² evaluacija izvršena na području od 419 km². Razlog tome je veličina GRID jedinice 1000 x 1000 m, pa da bi se pravilno izvršila evaluacija nisu odsjećeni dijelovi teritorije koji se nalaze u drugim opštinama. Stepeni povoljnosti pokazuju da nepovoljne površine zauzimaju 67 km² (16%), uslovno povoljne 89 km² (21%), povoljne 176 km² (42%) i veoma povoljne 87 km² (21%). Određeni dijelovi planinskih prostora Sinjajevine prepoznati su pod nepovoljnom kategorijom. Planinski prostori gdje imamo nešto manje prisustvo šumske vegetacije u GRID jedinici uslovno su povoljni. Pod povoljnom i veoma povoljnom kategorijom za razvoj turističko-rekreativnih sadržaja prepoznat je veći dio opštine, posebno gradska oblast Mojkovca i seoska naselja u podnožju Sinjajevine, Bjelasice, Prošćenskih planina, Zabojsko jezero, prostor Tare i njenih pritoka na cijelom potezu kroz mojkovačku opštinu.

Rezultati se mogu smatrati dobrim, jer je pod povoljnom i veoma povoljnom kategorijom prepoznata većina prostora kao u Strateškom planu razvoja opštine Mojkovac 2012–2019 i Prostorno-urbanističkom planu opštine Mojkovac do 2020. godine [26–

27]. Izuzetak su dijelovi Sinjajevine, koji se prema ovih dokumentima smatraju uslovno povoljni ili povoljni, a ovim metodom svrstani su u nepovoljnu kategoriju.

Prema Strateškom planu razvoja opštine Mojkovac 2012–2019 istaknuto je da su smještajni kapaciteti lošeg kvaliteta sa niskim kvalitetom smještaja i nedovoljnom infrastrukturnom opremljenosću [26]. Saobraćajna povezanost sa ostalim opštinama sjevernog regiona relativno je zadovoljavajućeg karaktera i oslanja se na postojeću mrežu regionalnih i magistralnih puteva. Takođe, istaknuto je da su turisti koji posjete Mojkovac mahom turisti u tranzitu, čija su krajnja destinacija nacionalni parkovi „Durmitor“ i „Biogradska gora“.

Trenutni razvoj nije u skladu sa realnim mogućnostima i potencijalima koji postoje. Uprkos značajnom prirodnom pejzažnom potencijalu, koji prepoznaće i ovaj metod, svi oblici turizma u opštini su nerazvijeni, što potvrđuje i Analiza objektivnih pokazatelja razvijenosti turizma u Crnoj Gori [28]. Potencijali planinskih pejzaža u zimskoj i ljetnjoj sezoni su do sada nedovoljno ekonomski valorizovani u funkciji razvoja turističke privrede, iako su Prostornim planom Crne Gore do 2020. godine i u okviru Strategije razvoja turizma u Crnoj Gori do 2020. godine, Prostorno-urbanističkim planom opštine Mojkovac, Strateškim planom razvoja opštine Mojkovac 2012–2019 visoko rangirani i svrstani u prioritetna težišta razvoja [26–30].

Međutim, u fazi izrade je Ski-centar „Žarski“ koji može biti pokretač rekreativnog turističkog razvoja. Upravo zbog toga, buduće planske dokumente i strategije koje su u procesu izrade treba usmjeriti u funkciji razvoja održivog rekreativnog turizma. Osim toga, potrebno je uložiti dodatne napore za razvoj još turističko-rekreativnih sadržaja. Današnji turistički trendovi upravo pokazuju da ovakve nevalorizovane destinacije sa očuvanim i raznolikim prirodnim pejzažima dolaze u interes turista različitih kategorija [31]. Za razvoj rekreativnog turizma Mojkovcu nedostaje sinergija sa pratećim ekonomskim djelatnostima, radna snaga sa iskustvom, kvalitetan smještaj visokog kvaliteta, dobra ponuda tokom cijele godine, jedinstven identitet koji bi promovisao prirodne potencijale, valorizacija i usmjerenošć ka potražnji, uz poštovanje principa održivog razvoja.

ZAKLJUČAK

Rad potvrđuje složenost i značaj geoekološke evaluacije u svrhu razvoja rekreativnog turizma. Metod primijenjen u radu pokazao se kao pogodan na istraživanom području. Ipak metod ima nedostatke sa rezolucijom, tačnošću i kvalitetom ulaznih podataka i definisanjem vrijednosti za klimatski kriterijum. Validacija dobijenih rezultata predstavlja složen zadatak za nepoznato područje i za veliko istraživano područje jer su potrebne relevantne kartografske podloge ili podaci direktno sa terena.

Rezultati geoekološke evaluacije dobijeni u ovom istraživanju pokazuju da nepovoljne površine zauzimaju 67 km^2 (16%), uslovno povoljne 89 km^2 (21%), povoljne 176 km^2 (42%) i veoma povoljne 87 km^2 (21%). Metod je uglavnom prepoznao planinski prostor Sinjajevine, Bjelasice, Prošćenskih planina, Zabojsko jezero, prostor Tare i njenih pritoka Mojkovca pod povoljnim kategorijama, sa izuzetkom nekih dijelova Sinjajevine. Međutim, rekreativni turizam u Mojkovcu je nerazvijen uprkos značajnom prirodnom potencijalu koji prepoznaće i ovaj metod. Ovaj potencijal u budućnosti potrebno je valorizovati i usmjeriti ka potražnji, uz poštovanje principa održivog razvoja.

LITERATURA

1. Bognar, A., Ložić S., Saletto M. (2008): Geoekologija: skripta. PMF – Zavod za geografiju i prostorno planiranje. Zagreb.
2. Peceļ, M. R., Peceļ-Purković, J., Peceļ, M. (2015): Geoekologija. Geografski fakultet. Beograd.
3. Nikolić G. Systematization of geoecological maps and their role in spatial planning. XV Symposium in engineering Geology and Geotechnics, Beograd. 2016.
4. Crnogorac Č., Spahić M. (2012): Osnovni geoekologije. ARTPRINT. Banja Luka.
5. Čirjak B.R., Mamut M., Geoekološko vrednovanje reljefa otoka Hvara s aspekta poljodjelske valorizacije. Socijalna ekologija, Zagreb, 2017, 25(3), 211–234, doi: 10.17234/SocEkol.25.3.1.
6. Lješević M. Ocena prirodnih abiotičkih uslova za potrebe istraživanja optimuma poljoprivredne proizvodnje. Zbornik radova - Geografski fakultet Univerziteta u Beogradu, 1992, 39, 125–141.
7. Peceļ R. M., Vagić N., Peceļ M., & Djurić D. Geoecological evaluation of Belgrade and environment for the purposes of rest and recreation. Archives for Technical Sciences, 2015, 14(1), 63–72, doi: 10.7251/afsts.2016.08142.063P.
8. Peceļ R. M., Lukić M., Peceļ M., Srnić D., Đurić D. Geoecological evaluation of Novi Sad and environment for the purposes of health tourism and recreation. Archives for Technical Sciences, 2017, 17(1), 89–97, doi: 10.7251/afsts.2017.0917.089P
9. Peceļ M., Lukić M., Vučićević A., De Una-Alvarez E., Esteves da Silva CGJ., Freinkin I., Ciganović S., Bogdanović U. Geoecological evaluation of local surroundings for the purposes of recreational tourism. Journal of the Geographical Institute "Jovan Cvijić", 2018, 68(2), 215-231, doi: 10.2298/IJGI1802215P.
10. Lukić M., Filipović D., Peceļ M. Vrednovanje predela u funkciji razvoja sportsko-rekreativnog turizma – primer grada Trebinja, Ecologica, 2018, 25(92), 821–827.
11. Manić M., Milovanović M., Đordjević M. Geoecological evaluation of Niš landscape for the purpose of sport and recreational tourism. Serbian Journal of Geoscience, 2019, 5, 7-12.
12. Peceļ R., M., Šušnjar S., Lukić M., Evaluacija predela za potrebe turizma – studija slučaja jugozapadnih padina planine Romanija. 6. Međunarodni naucni skup „Nauka i praksa poslovnih studija“: Banja Luka, 2018, 705–717. doi: 10.7251/ZUPS1806705P.
13. Popović D., Doljak D., Kuzmanović D., Peceļ R.M. Geoecological evaluation of protected area for recreation and tourism planning - The evidence from Bosnia and Herzegovina National Park. Journal of the Geographical Institute "Jovan Cvijić" SASA, 2018, 68(1), 119-131, doi: 10.2298/IJGI1801119P.
14. Kiemstedt, H. (1967): Zur Bewertung der Landschaft für die Erholung [To assess the landscape for recovery]. Hannover: Contributions to Land Conservation.
15. Mihajlović D., Maksimović M., Urošević S. Ekološka dimenzija održivosti ruralnog turizma Stare planine. Ecologica, 2016, 23(82), 336–340.
16. Đukin A., Mihailović M., Petrović J., Stavretović N. Značaj rekreacionog potencijala Stare Planine za unapređenje održivog turizma. Ecologica, 2018, 25(89), 169–174.
17. Forest type — Copernicus Land Monitoring Service [Internet]. Copernicus.eu. 2018 [cited 2021 Sep 30]. Available from: <https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers/forests/forest-type-1>
18. OBLIQUO Multiview demo of Montenegro [Internet]. Gov.me:3800. [cited 2021 Sep 30]. Available from: http://www.geo.mrt.gov.me:3800/www/?fbclid=IwAR26S3-BL0w2g-Pvglw6pSDt_uUh2Db6r_iQGDoF90WY89SZCcU-0dKK0jI
19. OpenStreetMap [Internet]. OpenStreetMap. 2021 [cited 9 October 2021]. Available from: <https://www.openstreetmap.org/>
20. Dragicevic, S. Filipovic, D. (2016): Prirodni uslovi i nepogode u planiranju i zaštiti prostora – drugo dopunjeno izdanje. Geografski fakultet. Beograd.
21. Kadušić, A., Smajić, S., Mešanović Dž. (2018): Turistička geografija: fizičkogeografske i društvenogeografske osnove turizma. OFF-SET Tuzla.
22. EU-DEM v1.1 [Internet]. Copernicus. 2019 [cited 2021 Sep 30]. Available from: <https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-dem/eu-dem-v1.1>
23. Corine Land Cover 2018 — Copernicus Land Monitoring Service [Internet]. Copernicus.eu. 2018 [cited 2021 Sep 30]. Available from: <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018>
24. Burić D., Ducić V., Mihajlović J. The climate of Montenegro: Modificators and types-part two. Bulletin of the Serbian geographical society, 2014, 94(1), 73-90. doi: 10.2298/GSGD1401073B.
25. Hoffmann, G. (1999): Tourismus in Luftkurorten Nordrhein-Westfalens, Bewertung und Perspektiven

- [Tourism in Luftkurort North Rhine-Westphalia, Evaluation and Perspectives]. PhD Thesis. der Universität-Gesamthochschule, Paderborn.
- 26. Strateški plan razvoja opštine Mojkovac 2012–2019. Opština Mojkovac. Mojkovac 2011.
 - 27. Prostorno-urbanistički plan opštine Mojkovac do 2020. godine. Jugoslovenski institut za urbanizam i stanovanje – JUGINUS. Beograd – Bijelo Polje – Mojkovac 2015.
 - 28. Milošević S. Analiza objektivnih pokazatelja razvijenosti turizma u Crnoj Gori. Tims. Acta, 2017, 11(1), 31–43.
 - 29. Strategija razvoja turizma u Crnoj Gori do 2020. godine. Ministarstvo turizma, DEG, GTZ. Podgorica 2008.
 - 30. Prostorni plan Crne Gore do 2020. godine. Montenegroinženjering, IAUS, Urbanistički institut Republike Slovenije. Podgorica 2008.
 - 31. Panfilov A. V., Vernikova, V. D. Global development trends in organization of tourist and recreational areas. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 775(1).

PRILOZI

Tabela 1. Kategorije raznovrsnosti Hans Kiemstedt [15]

Kategorije	Klase	Raspon
I	Nepovoljno	$V < 3,72$
II	Uslovno povoljno	$3,72 < V < 7,44$
III	Povoljno	$7,44 < V < 11,16$
IV	Veoma povoljno	$V > 11,16$

Tabela 2. Skala vrijednosti reljefa [26]

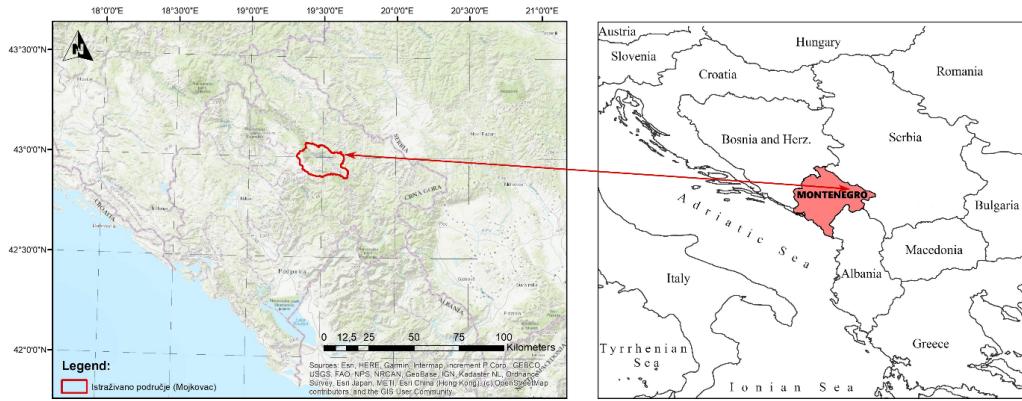
Visinska razlika	Vrijednost
10–20	220
20–30	300
30–60	400
60–100	590
100–250	860
250–500	1200

Tabela 3. Težinski koeficijenti za različite načine korišćenja zemljišta [7]

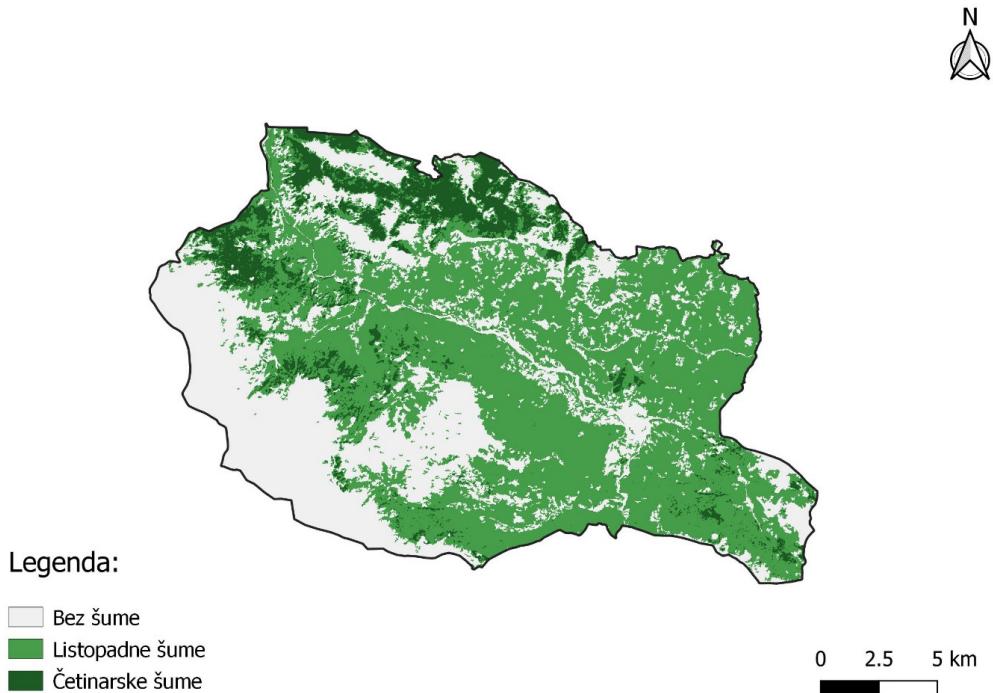
Način korišćenja zemljišta	Težinski koeficijent
Oranične površine i bašte	6
Voćnjaci i vinogradi	8
Livade i pašnjaci	15
Šume i šumsko zemljište	19
Pustare, goleti i zone rijetke vegetacije	21
Antropogeni tereni i neplodno zemljište	21
Vodene površine	50

Tabela 4. Težinski koeficijenti za klimatske tipove [15]

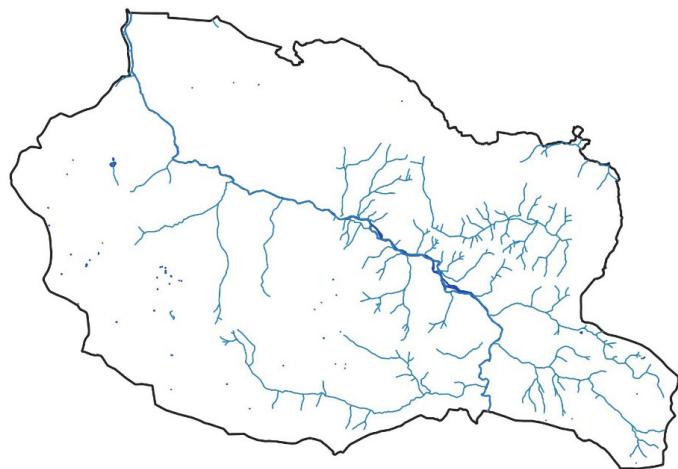
Klimatski tip	Težinski koeficijent
Urbana klima	0,62 – 0,80
Klima basena	0,70 – 0,90
Klima sjeverno Njemačke nizije	0,90 – 1,10
Obalna klima (Baltičko i Sjeverno more)	1,10 – 1,20
Klima subplaninske zone	1,20 – 1,40
Klima visokih planina	1,30 – 1,50
Klima središnjih Alpa	1,30 – 1,80



Slika 1. Karta položaja opštine Mojkovac



Slika 2. Karta šuma

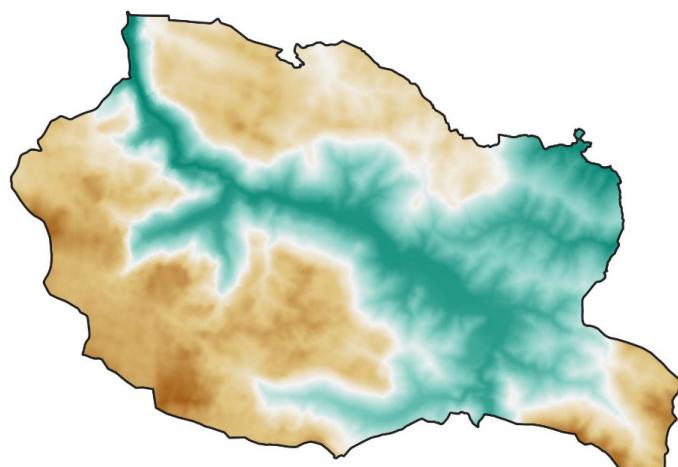


Legenda:

- Rijeka
- Jezero

0 2.5 5 km

Slika 3. Karta rijeka i jezera



Legenda:

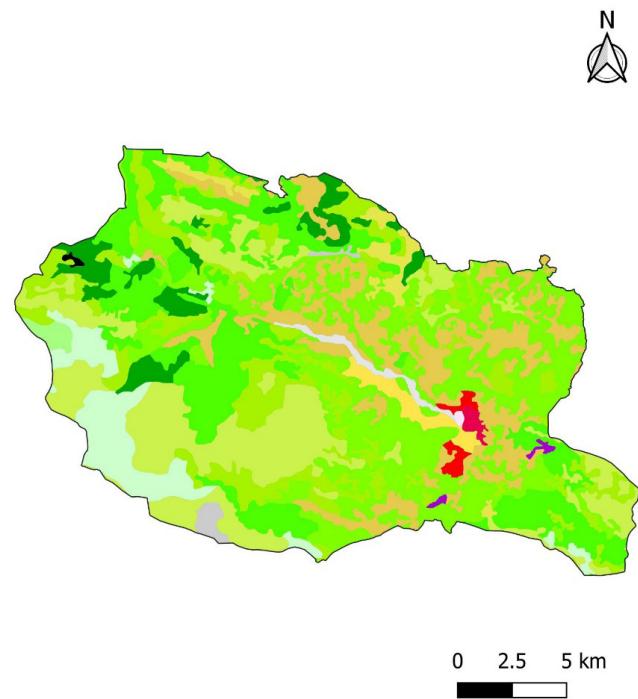
- 695.2
- 1030
- 1365
- 1699
- 2034

0 2.5 5 km

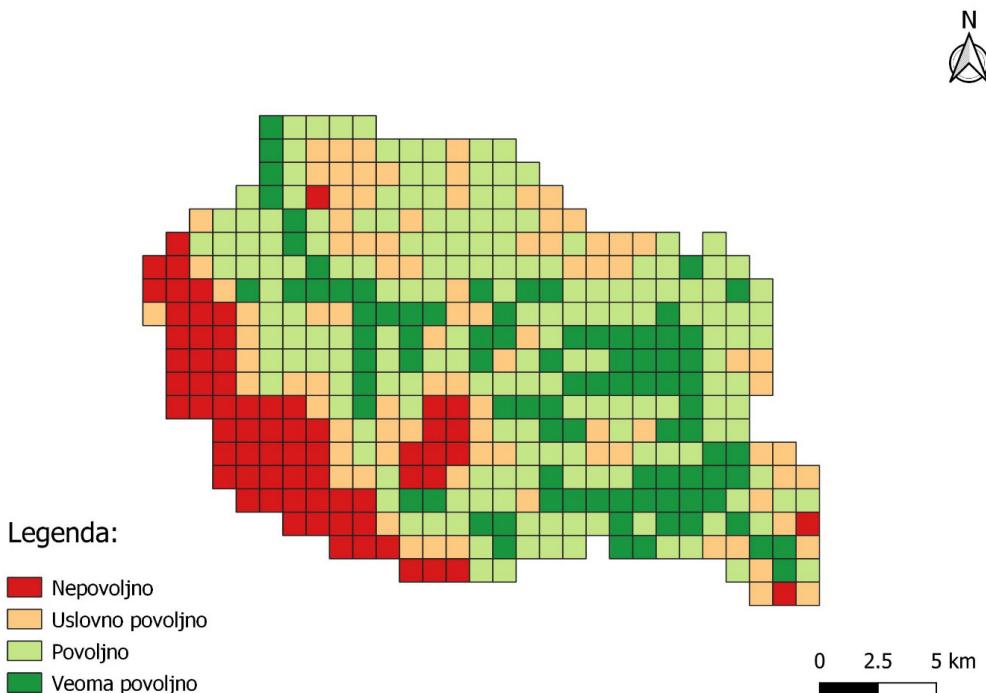
Slika 4. EU-DEM karta elevacije

Legenda:

- Naselja (>80% izgrađeno)
- Naselja (<80% izgrađeno)
- Rudokopi
- Sportski i rekreativski objekti
- Livade košenice i intenzivni pašnjaci
- Mozaik poljoprivrednoga korištenja
- Poljoprivreda sa prirodnom vég.
- Poljo-šumska područja
- Listopadna šuma
- Četinarska šuma
- Mješovita šuma
- Prirodni travnjaci
- Grmolika vegetacija
- Sukcesija šume
- Plaže, dine, pijesci
- Ogoljene površine
- Područja s oskudnom vegetacijom
- Izgorjele površine



Slika 5. Karta korišćenja zemljišta



Slika 6. Konačna karta povoljnih područja za razvoj rekreativnog turizma u Mojkovcu

GEOECOLOGICAL EVALUATION OF MOJKOVAC FOR PURPOSES OF DEVELOPMENT OF RECREATIONAL TOURISM

Authors: FILIP VUJOVIĆ, Mladen Delić

Email: vujoovicfilip@hotmail.com

Mentor: Assoc. Prof. Gojko Nikolić

Department of Geography

Faculty of Philosophy, University of Montenegro, Niksic

Introduction: One of the most common aspects of geoecology in spatial planning, especially in the case of professional studies and analysis, is geoecological evaluation. Due to its multidisciplinary approach, geoecological evaluation can play an important role in the future planning and development of recreational tourism.

Aim: This paper aims to investigate the extent to which natural potentials of the municipality of Mojkovac are favorable for the development of recreational tourism.

Material and Methods: Using cartographic modeling in a GIS (Geographic Information Systems) environment, a geoecological evaluation was performed using the quantitative diversity method (V-Wert method). QGIS 3.14 was used as the software for the GIS analysis. The main criteria used by this method are natural elements (forests, water surfaces, relief, climate) and the way the land is used. For the purpose of obtaining the criteria, open geospatial data were used.

Results: The results of the evaluation show that unfavorable areas occupy 67 km² (16%), conditionally favorable 89 km² (21%), favorable 176 km² (42%) and very favorable 87 km² (21%).

Conclusion: The method used in the paper confirms the suitability of natural potentials of Mojkovac for the development of recreational tourism. However, the recognized potential of Mojkovac needs to be valorized and directed towards the demand, while respecting the principles of sustainable development.

Keywords: recreational tourism; quantitative diversity method; GIS; geoecological evaluation; Mojkovac

МОГУЋНОСТ UNAPРЕДЕНJA TURISTИЧKE PONUДЕ NOVOG SADA IZ UGLA LOKALNIХ TURISTИČKIХ VODIČА

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: Novi Sad kao turistička destinacija godinama unazad beleži rast broja dolazaka domaćih i stranih turista, a zahvaljujući događajima koji se održavaju i koji će se održati, prepoznata je kao destinacija koju morate posjetiti. Ipak, da bi se destinacija na najbolji mogući način pripremila za posete, neophodno je istražiti šta bi trebalo promeniti da bi se na najbolji način predstavila. Lokalni turistički vodiči su osobe koje imaju konstantan odnos sa posetiocima i mogu na najbolji način da ukažu na to šta je potrebno promeniti u gradu, jer kroz komunikaciju sa gostima mogu da saznaju koja su njihova mišljenja i utisci o gradu.

Cilj: Cilj rada je utvrđivanje prednosti i nedostataka turističke infrastrukture i ponude Novog Sada sa kojima se susreću lokalni turistički vodiči.

Materijal i metode: Pregled dostupne literature o Novom Sadu i turističkim vodičima uticali su na sastavljanje pitanja za intervju sa lokalnim turističkim vodičima. Intervju je sproveden tokom avgusta 2021. godine sa turističkim vodičima koji imaju višegodišnje iskustvo u radu sa turistima u Novom Sadu.

Rezultati: Intervjuisanjem lokalnih turističkih vodiča, autor je uvideo koji su nedostaci u turističkoj ponudi Novog Sada, pri čemu se ističe da je neophodan kontinuirani rad na uređenju i održavanju znamenitosti, prilagođavanju infrastrukture turističkim posetama, boljem marketingu i uključivanju turističke inspekциje u rad turističkih vodiča.

Zaključak: Novi Sad ima veliki potencijal za razvoj turističke ponude, ali je neophodan konstantan rad na unapređenju marketinga, kao i na uređenju grada i okoline. Lokalni turistički vodiči kao predstavnici grada imaju važnu ulogu pri upoznavanju turista sa destinacijom, ali samo zajedničkim radom svih predstavnika destinacije može se ostaviti dobar utisak na goste i produžiti boravak na destinaciji.

Ključne reči: Novi Sad; turistički vodiči; turizam; turistička ponuda

UVOD

Novi Sad je glavni i najveći grad Autonomne pokrajine Vojvodine, severne pokrajine Republike Srbije. Osnovan je na padinama planine Fruške gore i na reci Dunav, koja protiče kroz grad, i oni oduvek omogućavaju stanovnicima najbolje uslove za život. Predstavlja administrativni i kulturni centar pokrajine, sa veoma bogatom istorijom u gradu koji je stariji nešto više od 300 godina. Ovo je mesto gde se susreću istok i zapad, gde su se pravoslavlje, katoličanstvo i islamizam sukobljavali, ali i mesto gde su ljudi različitih nacionalnih i verskih pripadnosti pronašli svoje mesto i ostali [1]. Zahvaljujući bogatoj istoriji, Novi Sad je jedan od najzanimljivijih gradova u ovom delu Evrope i sa razlogom nosi naziv Srpska Atina. Osim što je multikulturalan grad, izdvaja se i kao grad u kojem postoji veći broj turistički atraktivnih faktora – kultura sa bogatim prirodnim okruženjem, specifična gastronomija, ljubazni ljudi i sigurne ulice. To je grad koji se pozicionira na

međunarodnom tržištu kao jedan od multidimenzionalnih gradova koji privlači posetioce [2]. Prethodnih godina, mnoga dešavanja su doprinela tome da se Novi Sad nađe na listi gradova koje morate posetiti, organizacijom *EXIT* festivala, titulom Omladinske prestonice Evrope za 2019. godinu, kao i pripremom grada i događaja za 2022. godinu, kada Novi Sad nosi titulu Evropske prestonice kulture. Ova titula, osim što transformiše grad u ekonomskom, socijalnom i kulturnom smislu, doprinosi stvaranju brenda i prepoznatljivosti grada, jer je titula sama po sebi brend [3]. Titula olakšava saradnju sa gradovima koji su nosili ili će tek da nose tu titulu, čime se ojačavaju međunarodne veze sa gradovima u drugim državama [4]. Ono što još doprinosi pozicioniranju Novog Sada na evropskom i svetskom nivou jeste i *EXIT* festival, letnji muzički festival koji je ove godine organizovan dvadeseti put na Petrovaradinskoj tvrđavi. Ovaj festival je godinama unazad prepoznat kao jedan od najboljih muzičkih festivala u Evropi. Mnogi globalni mediji, kao što su CNN, BBC, MTV, Euro News promovišu *EXIT* festival kao jedan od vodećih svetskih festivala ove vrste [5]. Mediji ističu turistički potencijal Novog Sada među ostalim gradovima u Srbiji i u ovom delu Evrope, čime se doprinosi promociji grada i povećanom broju posetilaca, koji grad beleži poslednjih godina.

Dolaskom turista u grad, domaćih i stranih, veliku ulogu imaju lokalni turistički vodiči koji su predstavnici grada, predstavljajući turistima lokalne običaje, kulturu i istoriju naroda koji žive na ovom prostoru [6]. Prema definiciji Svetskog udruženja asocijacija turističkih vodiča (WTFGA) iz 2013. godine, turistički vodič je osoba koja vodi posetioce na njihovom željenom jeziku, interpretira kulturno i prirodno nasleđe destinacije, uglavnom posedujući neku kvalifikaciju za tu destinaciju, izdatu ili prepoznatu od strane odgovarajućih organa vlasti [7]. U obilasku grada i predstavljanju destinacije, odgovarajuća turistička infrastruktura olakšava ovaj posao i povećava turistički potencijal destinacije [8]. To je uticalo da cilj ovog rada bude da se kroz razgovor sa lokalnim turističkim vodičima dođe do informacija o prednostima i nedostacima sa kojima se susreću tokom svog posla, ali i onih za koje su kroz komunikaciju sa gostima u gradu saznali. Kako su lokalni turistički vodiči ponekad i jedine osobe sa kojima turisti imaju direktni i duži kontakt, oni mogu na pravi način da odgovore na pitanja koje su to stvari koje treba istaći u gradu i šta bi to trebalo unaprediti kako bi grad bio po meri turista [9], što dovodi do zaključka da su oni jedan od najznačajnijih aktera turističke prezentacije određene destinacije [10].

Lokalni turistički vodiči kao predstavnici destinacija

Istorijske profesije turističkih vodiča, kako naučnici smatraju, proizilazi iz ranijih vođenja ljudi, prvo bitno kao vođa u selidbama i potrazi za boljim životnim uslovima, zatim za vreme antičke Grčke i Rima, predvodeći ih zbog mitologije i religije, te Olimpijskih igara u antičkoj Grčkoj. Smatra se da današnji posao ima preteče iz vremena Velike ture u 17. veku, kada su vodiči bili osobe tutori koji su pratili englesku aristokratiju i bili zaduženi za njihovo obrazovanje. Nakon Drugog Svetskog rata, prepoznaće se socijalna uloga turizma, te on dobija na značaju, a posao turističkih vodiča evoluira i dobija današnji oblik [11]. Danas je značajna veza između turističkih vodiča i turista, jer su vodiči osobe koje su vođe grupa, čiji je glavni cilj da upoznaju turiste sa lokalitetima i sa državom u kojoj se nalaze, ali i sigurnost turista, upoznajući ih sa običajima i kulturom naroda koji posećuju, kako ne bi iz neznanja došlo do nekih neprijatnih, pa čak i nesigurnih situacija [12–14]. Turistički sektor smatra da veštine turističkih vodiča doprinose nivou zadovoljstva među turistima, koji kroz pozitivne utiske koje dele nakon svog putovanja mogu direktno da doprinesu povećanju broja dolazaka turista, što se odražava pozitivno na ceo turistički sektor [15]. Komunikacijom sa posetiocima i interaktivnim predstavljanjem lokaliteta direktno utiču na ishod putovanja kognitivno, konativno i afektivno [16]. Činjenica da turistički vodiči

imaju veliki uticaj na oblikovanje imidža destinacije nakon odlaska turista, a što dugo-ročno utiče na performanse destinacije, ukazuje na to da je neophodna njihova konstantna obuka, edukacija i rad na unapređenju vodičkih veština [17]. Kako se sam proces formalne edukacije i licenciranja turističkih vodiča razlikuje od države do države, a kako se ne može standardizovati osoba koja obavlja ovaj posao, može se ipak standardizovati njihova edukacija, jezičke sposobnosti i tehnike vodenja [18]. Da bi na pravi način prezentovali lokalitete, osim dobijanja licence koju izdaje ili priznaje nadležno državno telo, smatra se da najbolji turistički vodiči poseduju dovoljno profesionalnog znanja, odlične profesionalne veštine i dobar stav, zahvaljujući kojima na pravi način mogu turistima da predstave destinaciju kako bi se oni povezali sa lokalitetom koji posećuju [19]. Kroz interpretaciju i prezentaciju lokaliteta, turistički vodič može da ukaže posetiocu na koji način da iskaže poštovanje prema posećenom lokalitetu, da se divi lepoti i značaju koji ima za istoriju države u kojoj se nalazi [20]. Ono što je glavno u turizmu jeste pozitivan subjektivni utisak koji imaju turisti nakon posete, a istraživanja ukazuju na to da turisti smatraju da je lokalitet mnogo lepsi i da im duže ostaje u pamćenju kada ga turistički vodič predstavlja uz interakciju sa posetiocima [21]. Ako se uzme u obzir da je uloga lokalnog turističkog vodiča i da posreduje između turista i lokalnog stanovništva, njegove komunikacijske veštine i znanje stranih jezika predstavljaju glavno sredstvo poslovanja, jer se na osnovu njih prevazilaze razlike među ljudima. Problem nastaje kada lokalni turistički vodič ima nedovoljno znanje stranog jezika i fraza, te ne ume da objasni na pravi način neke običaje i kulturu, što može da dovede do neprijatnosti između turista i lokalnog stanovništva [22]. Svi izazovi i problemi sa kojima se susreću lokalni turistički vodiči mogu da budu umanjeni kroz konstantnu edukaciju i rad na sebi, uz komunikaciju sa ponuđačima turističkih usluga, ali i osećaj sigurnosti i ponosa na lokalitete na kojima rade.

MATERIJALI I METODE

Kao metoda istraživanja u ovom radu korišćen je strukturirani intervju. Pripremljena su pitanja sa ciljem dobijanja informacija o sociodemografskim karakteristikama ispitanika, godinama radnog staža turističkih vodiča, kako bi se uporedilo da li postoji razlika u odnosu na dužinu bavljenja posлом. Na osnovu stanja na lokalitetu i dostupne literature, formirana su pitanja o prednostima i nedostacima na teritoriji Opštine Novi Sad. Intervju je sproveden tokom avgusta 2021. godine sa 10 lokalnih turističkih vodiča koji rade na teritoriji Opštine Novi Sad. Analizom stručnog mišljenja lokalnih turističkih vodiča o prednostima, ali i o nedostacima sa kojima se susreću prilikom obavljanja svog posla, daće se smernice u cilju poboljšanja turističke infrastrukture. Kako su lokalni turistički vodiči u direktnom kontaktu sa gostima, njihovo mišljenje i saznanja mogu da daju informacije o turističkim potrebama iz prve ruke.

REZULTATI

Lokalni turistički vodiči koji su učestvovali u procesu intervjeta bili su ispitanici oba pola, starosti 21–40 godina, a poslom turističkog vodiča se bave između 3 i 12 godina. Ispitanici smatraju da postoje stvari koje treba da se promene na teritoriji Opštine Novi Sad kako bi posete turista bile olakšane i podignute na najviši mogući nivo. S obzirom na to da su ispitanici aktivni u ovom poslu, smatra se da su njihovi odgovori merodavni i da pružaju tačne informacije o prednostima i nedostacima sa kojima se susreću u radu sa individualnim i grupnim posetama. Ne postoji razlika između mišljenja turističkih vodiča o prednostima i nedostacima u gradu u odnosu na dužinu bavljenja ovim poslom.

Na pitanje šta je to dobro prilagođeno turističkim potrebama na teritoriji Opštine

Novi Sad, odgovori ispitanika su uglavnom slični. Ispitanici ističu da je grad Novi Sad dobro saobraćajno povezan sa bližom okolinom i daljim gradovima, da je lako dostupan kopnenim, vodenim, a zahvaljujući blizini aerodroma i vazdušnim putem, što može da se iskoristi za dolazak većeg broja turista. Ističu takođe da je pozitivna stvar međusobna blizina lokaliteta i da se najznačajniji lokaliteti mogu obići peške, te da je veći deo lokaliteta u pešačkoj zoni grada, što delimično olakšava kontakt sa grupom i smanjuje probleme u vezi sigurnosti grupe saobraćaja. Centar grada i pešačka zona su godinama unazad predmet obnavljanja s ciljem očuvanja i prezentovanja autentičnog arhitektonsko-pejzažnog ambijenta, te vodići mogu da predstave kako su izgledali kroz istoriju. Iako je većina zgrada u gradu iz druge polovine 19. veka, konstantno održavanje doprinosi tome da budu očuvane i prepoznatljive.

U delu grada Petrovaradin nalazi se jedan od najznačajnijih lokaliteta na teritoriji Opštine Novi Sad, Petrovaradinska tvrđava. Ispitanici smatraju da ovaj deo grada nakon renoviranja izgleda prelepo, da turisti imaju šta da vide, kao i da je dobra pristupačnost. U Podgrađu tvrđave se nalazi mesto na kojem autobusi mogu da se zaustave radi izlaska putnika, ali se neki vozači ovde parkiraju, iako postoji parking mesto za autobuse nakon izlaska iz Beogradske kapije. Petrovaradinska tvrđava je lako pristupačna, bilo da se dolazi peške ili automobilom. Za automobile postoji nekoliko parkinga na samoj tvrđavi, tako da mnogi posetioci odu direktno ispred Muzeja grada Novog Sada i odатle započnu svoj obilazak. U Gornjem gradu ima mnogo atrakcija koje turisti mogu da vide, jer su ovde ateljei nekih od najpoznatijih umetnika u gradu i državi, koji su vrata svojih ateljea otvorili za posetioce. Svakako, atrakcija koja ističe Petrovaradinsku tvrđavu jeste sistem podzemnih hodnika, vojnih galerija, koji su skoro u potpunosti očuvani. Iako je potrebno uređenje i prilagođavanje da bi bili u potpunosti sigurni za turističke posete, Muzej grada Novog Sada je uredio 1 km podzemnih tunela za obilazak turista, organizujući obilazak u pratinji vodiča-kustosa zaposlenog u muzeju, koji turiste pričom vratи u vreme kada su vojnici stanovali i do šest meseci u ovim tunelima. U muzeju se nalazi Veliki ratni bunar, koji je zahvaljujući uređenju siguran za posetu i povezan sa glavnom zgradom muzeja, a ostavlja veliki utisak na posetioce jer je nekada bio jedan od glavnih izvora vode u utvrđenju.

Kao ograničenja na teritoriji Opštine Novi Sad tokom turističkih poseta, svaki od vodiča je istakao nedostatak javnih toaleta koji bi bili posetiocima na raspolaganju, što bi mnogo olakšalo sam posao i obilazak grada, kao i mesta na kojima bi se pravila kratka pauza. Osim toaleta, u nedostatu su i mesta za zaustavljanje i parkiranje autobusa na levoj obali Dunava, na novosadskoj strani. Parkirališta koja postoje su veoma često zauzeta i na njima se parkiraju automobili, što je problem saobraćajne policije i parking-servisa u Novom Sadu. Veliki problem u pešačkoj zoni jesu i biciklisti koji se voze velikim brzinama, čime se ugrožavaju i lokalno stanovništvo i turisti, a nedostatak inspekcije koja će ovo da reši dovodi do rasprava sa biciklistima tokom šetnje sa turistima. Nekad, i ukoliko pokušaju da kazne bicikliste zbog vožnje u pešačkoj zoni, javnost ima izuzetno negativne reakcije jer smatraju da je vožnja bicikla u isključivo pešačkoj zoni dozvoljena, iako postoje saobraćajni znakovi u kojim to delovima je ovo dozvoljeno, i to brzinom kretanja pešaka. Takođe, jedan od problema sa kojima se susreću lokalni turistički vodiči jeste nedostatak turističke inspekcije, zbog čega postoji veliki broj turističkih vodiča iz zemlje i inostranstva koji vode bez važeće licence turističkog vodiča, jer ih trenutno niko ne kontroliše i ne kažnjava. Ispitanici ističu da su problem i bašte kafića koje u letnjem periodu zauzimaju veći deo pešačke zone, čime se otežava prohodnost kroz ove ulice, ukoliko je vodič u obilasku grada sa većom grupom turista. U manjoj meri je uređena turistička signalizacija pri obeležavanju znamenitih mesta, kao što su kuće nekadašnjih znamenitih Novosađana. Ističe se potreba za osmišljavanjem tematskih tura i drugačijih načina obilaska Novog Sada, kako bi se i onim turistima koji su već bili prilikom sledećeg dolaska prezentovalo nešto novo, ili nešto staro na novi način, kako bi imali razloga za ponovne posete.

Nedostaci sa kojima se vodiči susreću na desnoj obali Dunava, kada rade obilazak Petrovaradinske tvrđave, a koji svi ispitanici ističu, jeste potreba da se Podgrađe Petrovaradinske tvrđave transformiše u pešačku zonu i da se iz ovog dela grada isključi saobraćaj. Glavni razlog je činjenica da se većina znamenitosti u Podgrađu najbolje vidi sa mesta kuda se danas odvija saobraćaj, ali i vibracije koje dolaze od saobraćaja negativno utiču na zgrade koje su tek renovirane. Svakako, nedostatak koji se ovde ističe ponovo jeste nepostojanje javnih toaleta koji bi turisti mogli da koriste, bilo da dolaze peške, automobilom ili autobusom. Kao lokalni turistički vodiči koji grupe u velikom broju slučajeva dočekuju na parkingu za autobuse, ispitanici naglašavaju da su to uglavnom grupe koje putuju ponekad više sati da bi došli u posetu, i da je javni toalet jedan od glavnih stavki na kojima bi trebalo raditi u narednom periodu kako bi se ostavio bolji prvi utisak na turiste. Kada se dolazi iz pravca grada i kada posetioci koriste stepenice da bi stigli do Gornjeg grada, veliki problem sa kojim se susreću jeste loše stanje stepenica, koje zahteva sanaciju, kako bi prvenstveno bile bezbedne, pa onda i lepe.

Ispitanici imaju podeljeno mišljenje o tome da li je Opština Novi Sad spremna za prijem turista, ali svakako niko od njih ne smatra da je ova Opština u potpunosti spremna, te da postoje nedostaci koje se moraju ispraviti.

Poslednje pitanje na koje su vodiči odgovarali jeste da kažu koji su to utisci koje steknu turisti, a koje iskažu kroz neformalan razgovor sa njima tokom samog obilaska. Ovaj odgovor daje direktni uvid u stavove i mišljenja posetilaca Opštine Novi Sad, koji predstavlja sve ono što vodiči čuju direktno od njih. Turisti smatraju da je Novi Sad lep i miran grad, sviđa im se što mogu da ga obidu peške, a ljudi, njihova srdačnost i prijatnost ostavljaju poseban utisak na sve goste. Gastronomsku ponudu posetioci ističu kao veoma dobру i raznovrsnu, i konstatuju da u gradu ima mesta koja su prilagođena svačijim željama i mogućnostima. Kao nedostatak, posetioci ističu nepostojanje javnih toaleta, kao i potrebu za boljim predstavljanjem i interpretacijom kulturnog sadržaja, jer smatraju da tokom slobodnog vremena, ili ukoliko bi samostalno obilazili grad, nedostaje način na koji bi sami dobili željene informacije. Kako je u Republici Srbiji i dalje dozvoljeno pušenje u većini zatvorenih prostora, turisti to ističu kao jednu negativnu stvar, te da bi voleli da postoji više mesta gde je zabranjeno pušenje. Još jedna od želja koju su imali turisti tokom posete Novom Sadu jeste postojanje turističkog broda na Dunavu, koji bi im omogućio da vide grad i sa reke, što bi svakako bio jedinstven način obilaska grada.

DISKUSIJA

Lokalni turistički vodiči su među glavnim predstavnicima destinacija, a poslednjih godina turistička industrija sve više prepoznaje njihov značaj [19]. Kroz intervju sa vodičima koji se nekoliko godina aktivno bave vođenjem na teritoriji Opštine Novi Sad, došlo se do rezultata koji pokazuju koje su to prednosti, a koji nedostaci ove opštine kao destinacije. Kako Novi Sad poslednjih godina beleži rast broja posetilaca i noćenja, neophodno je uzeti u obzir odgovore ljudi iz struke, njihova zapažanja o tome šta je dobro, a šta loše, a posebno koje su poteškoće sa kojima se susreću i koje im otežavaju da neometano pokazuju grad posetiocima. Prema analizi prikupljenih podataka, ističe se da se ispitanici slažu oko većine istraženih činjenica, ali i da se po onome što su saznali kroz razgovor sa turistima iste stvari javljaju kao prednosti i nedostaci. Kao što se može videti, sa obe strane Dunava se turistički vodiči sreću sa istim problemima, a to su manjak parkinga za autobuse i nedostatak javnih toaleta. Neophodno je raditi na unapređenju turističke ponude u vidu tematskih tura, organizacije obilaska grada sa Dunavu, unapređenje turističke signalizacije, kao i konstantan rad na adaptaciji i očuvanju kulturnog nasleđa, koje trenutno nije na zavidnom nivou. Iako u gradu postoje određeni nedostaci sa kojima se vodiči i posetioci

susreću, neophodno je napomenuti da uređenje delova grada koje turisti najviše i obilaze, ostavlja pozitivan utisak na posetioce, a da hrana i gostoprимstvo domaćina predstavljaju glavne stavke po kojima je Novi Sad poznat, a zahvaljujući kojem posetioci šire dobre priče o gradu, ali i zbog kojih odlučuju da se vrate ponovo.

ZAKLJUČAK

Novi Sad kao Omladinska prestonica Evrope za 2019. godinu, te kao grad koji se priprema za titulu Evropske prestonice kulture za 2022. godinu, prepoznat je kao miran grad, u kojem su ljudi gostoprimaljivi, hrana dobra, sa mnoštvom lokaliteta koji se nalaze u neposrednoj blizini. Često su lokalni turistički vodiči i jedine osobe sa kojima turisti imaju direktni kontakt, što posebno može da bude značajno kod turista koji putuju kruzerima i u Novom Sadu provode samo jedan dan. Iz tog razloga, konstantna edukacija i unapređivanje znanja vodiča predstavljaju obavezu kako udruženja vodiča, tako i pojedincaca. Osim njihove edukacije, oni mogu na osnovu svog iskustva i pojedinosti sa kojima se sreću i koje čuju od turista, da budu i među glavnim osobama koje oblikuju turističku ponudu grada i utiću na poboljšanje ponude koja je na raspolaganju posetiocima. Intervjuom sa ovom ciljnom grupom može se zaključiti da postoje i dobre i loše stvari trenutno u gradu, ali jedno je sigurno, a to je da je neophodan dalji rad na unapređenju turističke infrastrukture i prilagođavanju javnih površina posetiocima. Primetan je pomak poslednjih godina, uređenjem fasada, trgovina i drugih javnih površina, ali glavni nedostatak jesu javni toaleti, nepostojanje turističke inspekциje koja kontroliše vodiče koji rade na lokalitetu, kao i loše stanje stepenica koje vode na Gornji grad Petrovaradinske tvrdave. Svi zaposleni u gradskim upravama, preduzećima koji rade na uređenju javnih površina, ljudi koji imaju direktni i indirektni kontakt sa gostima, moraju zajedničkim snagama da ustanove koje su to slabosti, a koje snage Opštine Novi Sad kao destinacije, i da rade na tome da sve slabosti pretvore u svoje snage kako bi se još bolje pozicionirali na domaćem i međunarodnom turističkom tržištu.

ZAHVALNOST

Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije podržalo je ovo istraživanje.

LITERATURA

- [1] Pantović M., Stamenković I. Tourism potential valorization of the river Danube in Novi Sad and its environment based on the Hilary du Cros model, European Researcher, 2013, (9-2), 2295–2305.
- [2] Vujičić MD., Stamenković I., Stankov U., Kovačić S., Vasiljević DA., Popov-Locke J. What will prevail within citybreak travel, motivation or demotivation?: Case study of Novi Sad, Vojvodina, Serbia, Geographica Pannonica, 2020, 24(1), 42–55.
- [3] Kovačić S., Vujičić MD., Čikić J., Šagovnović I., Stankov U., Zelenović-Vasiljević T. Impact of the European Capital of Culture project on the image of the city of Novi Sad: The perception of the local community, Turizam, 2021, 25(2), 96–109.
- [4] Rădoi I. European Capital of Culture, Urban Tourism and Cross-Border Cooperation Between Romania and Serbia, Journal of Balkan and Near Eastern Studies, 2020, Jul 3, 22(4), 547–559.
- [5] Cimbaljević M., Stankov U., Demirović D., Pavluković V. Nice and smart: creating a smarter festival—the study of EXIT (Novi Sad, Serbia), Asia Pacific Journal of Tourism Research, 2021, Apr 3, 26(4), 415–427.
- [6] Suslenco A. Tourist Guide-An Interface To Discover The Tourist Destinations, REVISTA ECONOMIA CONTEMPORANĂ, 2018, 3(4), 73–82.
- [7] WFTGA (World Federation of Tour Guide Associations) *What is a Tourist Guide?* [Available online at: www.wftga.com]

<http://www.wftga.org/tourist-guiding/what-tourist-guide>], 2013.

- [8] Mandić A., Mrnjavac Ž., Kordić L. Tourism infrastructure, recreational facilities and tourism development, *Tourism and hospitality management*, 2018, May 28, 24(1), 41–62.
- [9] Francis K., Wandaka J., Wamathai A., Jilo N. The Role of Tour Guides in Promotion of Sustainable Tourism Practices in Kenya, *Journal of tourism and hospitality management*, 2019, Dec, 7.
- [10] GÜZEL Ö., NACAK E., BİLGİ E., KALIN V. Sustainable Tourism and The Roles of Tour Guides in Destinations: A Qualitative Case Study in Turkey, *Journal of Economy Culture and Society*, 2020.
- [11] Brito LM., Farrugia G. On Tourist Guiding: Reflecting on a Centuries-old Profession and Proposing Future Challenges, *International Journal of Tour Guiding Research*, 2020, 1(1), 4–12.
- [12] Rabotić B. Turistički vodiči kao medijatori u kulturnom turizmu. *Tour Guides as Mediators in Cultural*, 2010.
- [13] Kassawnh MS., Al Makhadmeh IM., Shatnawi HS., Al Najdawi BM. The impact of behaviors and skills of tour guides in guiding tourist groups, *African Journal of Hospitality, Tourism and Leisure*, 2019, 8(1), 1–13.
- [14] Alazaizeh MM., Jamaliah MM., Mgonja JT., Ababneh A. Tour guide performance and sustainable visitor behavior at cultural heritage sites, *Journal of Sustainable Tourism*, 2019, Nov 2, 27(11), 1708–1724.
- [15] Baldigara T., Mamula M. Tourism statistics in Croatia: Present status and future challenges, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2012, Jan 1, 44, 53–61.
- [16] Tan CC. A field trip approach to studying the role of tour guides in shaping the tourist experience, *Journal of Mekong Societies*, 2017, Aug 25, 13(2), 23–44.
- [17] Alshamaileh MO., Abuhjeeleh M., Harazneh I., Elrehail H. Tour guides as a supportive tool for the experiential image of Jordan's destination: a French tourists' perspective, *J. Global Business Advancement*, 2019, 1–7.
- [18] Ćuruvija I., Ćuruvija M. Tour guide education models, *Trendovi u poslovanju*, 2017, 5(1), 17–24.
- [19] Lin YC., Lin ML., Chen YC. How tour guides' professional competencies influence on service quality of tour guiding and tourist satisfaction: An exploratory research, *International Journal of Human Resource Studies*, 2017, 7(1), 1–9.
- [20] Barbara V. The Role of Tourist Guides in the Multi-vocal Presentation of Heritage, *International Journal of Tour Guiding Research*, 2020, 1(1), 23–33.
- [21] Topler JP., Zubanov V., Gorenak M., Knežević M. Communication skills in the tourism sector—the role of tour guides in presenting attractions, *TOURISMOS: An International Multidisciplinary Journal of Tourism*, 2017, Mar 1, 12(1), 57–76.
- [22] Ekayati R., Saniaty D. Communication strategies used by tourist guides: A case study at Bukit Lawang, *KnE Social Sciences*, 2018, Apr 19, 756–768.

NOVI SAD TOURIST OFFER ADVANCEMENT POSSIBILITIES FROM THE LOCAL TOURIST GUIDES' PERSPECTIVE

Author: JOVANA MILJKOVIĆ

Email: miljkovic.jovana.95@gmail.com

Mentor: Full Prof. Tatjana Pivac

Department of Geography, Tourism and Hospitality

Faculty of Natural Sciences, University of Novi Sad

Introduction: Novi Sad, as a tourist destination, notes an increase in the number of tourist arrivals for years. Thanks to past and future events, the city is recognized as a destination that a person must visit. However, to prepare the destination for the visits, it is necessary to research what should be changed to present it in the best way possible. Local tourist guides are people who have constant communication with visitors and can indicate in the best way what needs to change in the city, because through communication with guests they can find out what their opinions and impressions about the city are.

Aim: The aim of this paper is to determine the advantages and disadvantages of the tourist offer and infrastructure of Novi Sad that local tourist guides encounter.

Material and Methods: A review of the available literature on Novi Sad and tourist guides has influenced the interview questions for the local tourist guides. The interview was conducted during August 2021 with tourist guides with several years of experience with tourists in Novi Sad.

Results: By interviewing local tourist guides, the author observed the deficiencies in the tourist offer of Novi Sad, emphasizing the need for continuous work on adapting and maintaining landmarks, adjusting the infrastructure for tourist visits, better marketing, and involvement of the tourist inspection in the work of tourist guides.

Conclusion: Novi Sad has a great potential for tourist offer development, but it is necessary to improve marketing and take care of the city and its surroundings. Local tourist guides have a significant role in the city presentation. One of the most important things is the joint work of destination representatives to secure the best impression of the destination and extend tourist stay.

Keywords: Novi Sad; tourist guides; tourism; tourist offer

FAKTORI RAZVOJA BICIKLISTIČKOG TURIZMA SRBIJE I ANALIZA PROFILA CIKLO-TURISTA

Autor: MARIJA ZELJKOVIĆ

e-mail: maki.zeljkovic96@gmail.com

Mentor: Prof. Ivan Ratkaj

Geografski fakultet Univerziteta u Beogradu

Uvod: Biciklistički turizam je oblik turističkog prometa koji se intenzivno razvija, posebno na prostoru evropskog kontinenta i koji je prepoznat kao jedan od važnih potencijala za unapređenje turističke ponude u strateškim dokumentima Srbije. Srbija kao turistička destinacija u povoju predstavlja interesantno područje za istraživanje biciklističkog turizma, uzimajući u obzir značaj dunavskog regiona, koji presecaju neke od važnijih biciklističkih ruta Evrope. Mnogi autori su se bavili istraživanjem profila ciklo-turista i njihovom motivacijom za uključivanje u biciklističke ture. Međutim, kako biciklistički turisti ne predstavljaju homogenu grupu, tako se razlikuju i njihove osobnosti i potrebe na različitim destinacijama biciklističkog turizma.

Cilj: Svrha ovog istraživanja je predstavljanje postojeće turističke ponude Srbije u domenu biciklističkog turizma i analiza profila biciklističkih turista Srbije radi razumevanja njihovih turističkih potreba i budućeg unapređenja pozicioniranosti ove države kao destinacije biciklističkog turizma.

Materijal i metode: U cilju odgovaranja na postavljena istraživačka pitanja, korišćena je analiza podataka iz sekundarnih izvora (Republički zavod za statistiku i receptivna turistička agencija IbikeBelgrade), deskriptivna statistika, metod studije slučaja, metod dedukcije i komparativni metod.

Rezultati: Utvrđeno je da biciklistički turizam prati trend rasta ukupnog turističkog prometa i da su ciklo-turisti koji posećuju Srbiju visokoobrazovani i visokoplatežni pojedinci koji su skloni individualnim biciklističkim aranžmanima prilagođenim sopstvenim potrebama u cilju upoznavanja srpske kulture, istorije i mentaliteta ljudi.

Zaključak: Uvažavanjem potreba savremene turističke tražnje i praćenjem modela razvoja koji su se pokazali uspešnim u biciklističkom turizmu drugih zemalja, može se ostvariti kontinuiran i održiv razvoj ciklo-turizma Srbije.

Ključne reči: Biciklistički turizam; Srbija; ciklo-turisti; motivacija

UVOD

Biciklistički turizam podrazumeva vožnju bicikla tokom boravka u određenoj destinaciji ili na turističkom pravcu između više destinacija, pri čemu je vožnja integralni deo turističkog doživljaja [1]. Međutim, biciklističkim turizmom se ne smatra vožnja bicikla koja nije glavni cilj putovanja. Shodno tome, turisti koji kroz vožnju bicikla doživljavaju destinaciju smatraju se biciklističkim turistima. Oni ostvaruju doživljaje i tokom vožnje bicikla kao i na turističkoj destinaciji, a poput ostalih turista, odsedaju u smeštajnim objektima, ostvaruju turističku potrošnju, i obilaze brojne atrakcije. Rekreativni biciklizam omogućava posetiocu da sporije uživa u blizini prirode, obližnjih znamenitosti i naselja. Vožnja biciklom je element koji povećava vrednost putovanja, predstavljajući njegov sastavni deo. U tome se ogleda komparativna prednost ovog oblika transporta, u odnosu na druge, brže oblike prevoza. Kada je reč o turizmu, neophodno je razlikovati transport za potrebe turizma – u vidu povezivanja određenih lokacija, i transport kao

turistički doživljaj. U ovom drugom obliku, prevoz se sam po sebi javlja kao važan element turističkog iskustva, što se objašnjava pojmom biciklističkog turizma [2].

Jedan od specifičnih oblika turizma koji se ubrzano razvija, posebno na području Evrope, jeste biciklistički turizam. Srbija je ovaj vid turističkog prometa u strateškim dokumentima izdvojila kao važan za unapređenje i inoviranje postojeće turističke ponude. Dunavski region na teritoriji Srbije predstavlja značajno područje za razvoj biciklističkog turizma, jer ga presecaju važne evropske biciklističke rute, čineći Srbiju, turističku destinaciju u povoju, interesantnom za istraživanje ovog alternativnog oblika turizma [3].

Ovo istraživanje ima za cilj predstavljanje postojeće turističke ponude Srbije u domenu biciklističkog turizma i analizu profila biciklističkih turista Srbije radi razumevanja njihovih turističkih potreba i budućeg unapređenja pozicioniranosti ove države kao destinacije biciklističkog turizma.

Istorijski razvoj biciklističkog turizma

Prvi bicikl je konstruisan 1839. godine u Škotskoj od strane Kirkpatrika Mek Milijana, zahvaljujući čemu su se kroz 19. vek realizovala prva biciklistička putovanja. Od tada su konstrukcija i pogon bicikala u mnogome usavršeni, te su oni postali dostupni širom sveta, kao jeftino prevozno sredstvo. Prve veze bicikala sa turizmom započinju u Velikoj Britaniji, gde se 1878. godine osnivaju biciklistički klubovi, koji su realizovali vožnje izvan gradova, sa ciljem rekreacije tokom odmora. Najveći ugled uživao je Biciklističko-turistički klub iz Londona koji je na kraju 19. veka brojao oko 60.000 biciklista. U Beogradu se ovakva udruženja formiraju 1884. godine, šireći naknadno svoju mrežu i u drugim gradovima Srbije, organizujući trke, formirajući biciklističku infrastrukturu i okupljajući bicikliste [4].

Usled intenzivnog razvoja automobilskog i avionskog saobraćaja, koji su zauzeli dominantnu ulogu u organizaciji turističkih putovanja, u periodu od 60-ih do 90-ih godina 20. veka, značaj bicikala za prevoz i rekreaciju opada. Međutim, usled brojnih negativnih efekata koje su motorizovani oblici transporta izazvali, krajem 20. veka bicikl ponovo postaje sve dominantnije prevozno sredstvo i sve učestalije se sreće kao uobičajeni element turističkih putovanja [5]. Danas evropski kontinent dominira kada je u pitanju upotreba bicikla u turističke svrhe. Najvećom proizvodnjom ovih prevoznih sredstava u 2016. godini se mogu pohvaliti Italija, Nemačka i Portugalija [6], dok su Holandija, Danska i Nemačka države sa najvećom upotrebom bicikla kao prevoznog sredstva za svakodnevne potrebe. Van Evrope, Kina najbolje svedoči o važnosti ovog vida transporta, s obzirom na to da se u njoj preko 65% putovanja obavi biciklom [2].

Faktori razvoja biciklističkog turizma

Biciklistički turizam uslovjen je prirodnim i društvenim resursima. Kao faktori njenog razvoja izdvajaju se:

- broj ruta
- dužina staza
- bezbednost biciklista
- tehnologije u proizvodnji bicikala
- odgovorni vodiči
- smeštajni objekti
- turističke atrakcije
- svest ostalih učesnika u saobraćaju [7–8].

Pored navedenih faktora, od velikog značaja za razvoj biciklističkog turizma jeste kvalitetna infrastruktura, koja treba da bude sigurna za bicikliste, da ih vodi najkraćim putem do odredišta i da povezuje atrakcije i smeštajne objekte. Takođe, važno je da postoji više

staza koje su umrežene i funkcionišu kao biciklistički sistem, s tim da imaju uređenu podlogu, ograde oko staze i da nemaju prepreke. Biciklističke rute bi trebalo da prate lokalne puteve kroz već izgrađene prostore, stare delove gradova, trgove i ulice. Takav pristup štedi novac, jer se jednostavnijim pokazalo usporavanje saobraćaja na lokalnim putevima u odnosu na izgradnju potpuno odvojene biciklističke staze. U skladu sa različitim potrebama biciklističkih turista, grade se i različiti tipovi staza. Porodice sa decom će preferirati ravne, bezbedne rute, fizički odvojene od ostalih vidova saobraćaja, dok će iškusni biciklisti biti usmereni ka strmim terenima i planinskoj vožnji.

Privlačni faktori za bicikliste pri poseti određenoj destinaciji ogledaju se u:

- kvalitetu biciklističke infrastrukture: putevi i staze pogodne za bicikliste, adekvatni znakovi, pristup prirodnim predelima i atraktivnim pejzažima, kulturnim i istorijskim znamenitostima;
- kvalitetu usluge ishrane, smeštaja i dodatnih raspoloživih usluga
- raspoloživosti sadržaja poput tematskih staza, sportskih programa, festivala, istorijskih i kulturnih vrednosti
- visoko kvalitetnim promotivnim materijalima: informacije dostupne na internetu, odgovarajuće biciklističke mape.

Svaka biciklistička destinacija trebalo bi da poseduje sledeće sadržaje zarad kvalitetnog zadovoljavanja potreba biciklističkih turista:

- info centar – u cilju jednostavnijeg obaveštavanja turista o svim neophodnim informacijama na destinaciji
- smeštaj prilagođen biciklistima (ciklo-hotel, ciklo-kamp, ciklo-farmu...) – omogućava parking, čuvanje bicikala, njihovo pranje, iznajmljivanje, posebnu ishranu za bicikliste...
- minimum tri obeležene biciklističke rute
- panoramsku kartu biciklističkih ruta
- ciklo-vodiče
- servis za popravku bicikala
- servis za iznajmljivanje bicikala [9]

Pored staza i usluga direktno vezanih za vožnju bicikla, atraktivnost destinacije, odnosno njeni prirodni i antropogeni resursi imaju veliki značaj u odabiru destinacije od strane biciklističkih turista, jer oni kroz vožnju upoznaju destinaciju i doživljavaju njen okruženje. Biciklistički turisti su zainteresovani da preduzimaju dodatne aktivnosti tokom biciklističkih putovanja, upoznaju lokalnu kulturu i stanovništvo, prirodne atrakcije i kulturno-istorijsko nasleđe, zbog čega ih privlače destinacije koje imaju razvijenu ponudu dodatnih sadržaja u neposrednoj blizini biciklističkih staza. Takođe, istaknuto je još nekoliko faktora koji su od značaja za intenziviranje razvoja ovog oblika turističkih kretanja:

- alternativne biciklističke rute
- uredene staze
- odsustvo saobraćaja koji može ugroziti bezbednost biciklističkih turista
- prisustvo prodavnica i restorana uz glavne biciklističke rute
- jasno razumljiva biciklistička signalizacija
- oznaka bicikala
- atraktivni prirodni pejzaži
- skriveni turistički resursi van glavnih staza
- raznovrsnost smeštajnih objekata i kampova duž biciklističkih ruta [10]

Sama organizacija ciklo-tura je složen i odgovoran posao koji se realizuje uz pomoć ciklo-vodiča koji moraju fizički spremni, veoma informisani i poznavati strane jezike, tehničke pojedinosti vezane za popravku bicikala, ali i atrakcije koje se posećuju tokom ture [9].

Iako turističke destinacije ispunjavaju prethodno navedene uslove neophodne za razvoj

biciklističkog turizma, neophodno je i da stalno prate savremene trendove na turističkom tržištu i uvažavaju potrebe turista, kako bi ostali konkurentni. Stoga, kao faktore razvoja biciklističkog turizma u budućem periodu, neophodno je izdvojiti i implementaciju modernih tehnologija u domenu biciklizma upotrebom električnih bicikala i uvažavanjem principa zaštite životne sredine u poslovanju. Uz to je neophodno pomenuti i sve veći broj pametnih gradova u svetu koji predstavljaju idealan okvir za afirmaciju biciklizma i biciklističkog turizma. Takođe, povećanje svesti o benefitima biciklizma i promocija zdravog načina života i putovanja može podstići intenziviranje razvoja biciklističkog turizma. U cilju postizanja navedenog, neophodno je sveobuhvatno sagledati potencijale i nedostatke destinacije za razvoj biciklističkog turizma i uključiti sve zainteresovane aktere na destinaciji, kako bi se razvoj odvijao planski i kontinuirano [11].

Motivacija i profil biciklističkih turista

Biciklistički turisti vožnju bicikla smatraju ključnim elementom putovanja, bilo da je reč o izletu ili višednevnom putovanju. Prethodna istraživanja o biciklističkom turizmu identifikovala su nekoliko motivacionih faktora koji su ključni za biciklističke turiste. Tu spadaju fizički izazov, opuštanje, socijalni eskapizam, potreba za mirom i tišinom, rekreacijom i osećajem blagostanja. Takođe, potreba za rekreacijom i očuvanjem dobrog zdravlja dovode se u vezu sa potražnjom biciklističkog turizma. Međutim, kako biciklistički turisti ne predstavljaju homogenu grupu, tako se razlikuju i motivi koji preovlađuju u odabiru biciklističkih aranžmana. Na primer, postoji razlika u potrebama ljudi koji povremeno voze bicikl i onih koji su strastveni biciklisti. Prvi će verovatnije birati sigurnije trase za vožnju, bez gužve, kako bi se zabavili na kraće vreme, dok će seiskusni biciklisti češće opredeliti za vožnju na duže distance, obično neistražene, udaljene od uobičajenih trasa [2].

Biciklistički turisti biraju destinaciju na osnovu 3 faktora:

- osobnosti vezane za samu vožnju, podrazumevajući dužinu, tip i težinu ruta
- raspoložive usluge duž rute (smeštajni i ugostiteljski objekti)
- atrakcije duž same rute i u njenom okruženju [9].

Biciklistički turisti najčešće predstavljaju visoko obrazovane i imućne pojedince koji putuju u grupama prijatelja ili članova porodice i zainteresovani su za lokalne znamenitosti i atrakcije (istorijske lokacije, muzeji, vinski podrumi, farme, umetničke galerije, restorani, prirodne znamenitosti). Mnogi od njih prisustvuju vođenim biciklističkim obilascima koji su organizovani od strane turističkih agencija. Odlikuje ih visoka turistička potrošnja tokom putovanja koja zavisi od smeštaja, načina ishrane i dodatnih aktivnosti koje upravljaju. Obično su troškovi biciklističkih turista u zemljama centralne i istočne Evrope niži, jer su i cene usluga u turizmu niže. Procenjuje se da je prosečna dnevna potrošnja biciklističkih turista u Evropi 71 € po danu [12]. Biciklistički turisti su obično ekološki osvešćeni i brinu za očuvanje životne sredine i zaštitu autentičnih obeležja lokalne zajednice. Prema zastupljenosti bicikla kao sredstva rekreacije i prevoza na odmoru, biciklistički turisti mogu biti turisti kojima je bicikl jedini oblik prevoza tokom odmora i turisti koji koriste i druga prevozna sredstva osim bicikla na odmoru [8]. Prema odlikama terena po kome voze i profilu biciklističkog turiste izdvajaju se:

- planinski biciklisti
- drumski biciklisti
- avanturistički biciklisti – turing i trekking [9].

Biciklistički turizam Srbije

Evropski kontinent ima razvijenu mrežu biciklističkih ruta i kvalitetnu infrastrukturu i signalizaciju koja olakšava i podstiče razvoj biciklističkog turizma. Prirodne i antropo-

gene vrednosti, bogata kulturno-istorijska baština, omogućili su Evropi da dominira na turističkom tržištu sa izuzetno diverzifikovanom turističkom ponudom, uključujući i biciklistički turizam, kao jedan od najbrže rastućih oblika turističkog prometa. Evropska federacija biciklista (ECF) 1995. godine je razvila EuroVelo, evropsku mrežu sačinjenu od 16 biciklističkih ruta koje povezuju čitav kontinent u cilju promocije biciklizma kao zdravog i održivog vida putovanja za lokalno stanovništvo i turiste [13].

Na teritoriji Srbije nalaze se rute EuroVelo 6, 11 i 13, što ovu državu uključuje u evropsku biciklističku mrežu, omogućavajući joj prekograničnu saradnju u domenu razvoja biciklističkog turizma i integrisanost u turističku ponudu Evrope (Slika 1). Ruta 6 je trasirana zemljanim i asfaltnim putevima u Podunavlju, kojima su povezani Specijalni rezervat prirode (SRP) Gornje Podunavlje, SRP Karađorđevo, Park prirode (PP) Tikvara, Novi Sad, Petrovaradin, Zemun, Beograd, SRP Deliblatska peščara, i Nacionalni park (NP) Đerdap, kao neke od najposećenijih turističkih destinacija Srbije. Ruta 11, pod nazivom Istočna Evropa, kroz Srbiju se proteže u pravcu sever-jug, prolazeći kroz Banat, a zatim dolinom Velike i Južne Morave ka Makedoniji. EuroVelo 13 se u Srbiji pruža duž mađarske i rumunske granice u pretežno nizijskim predelima, sve do Gvozdenih vrata, tj. klisure koju je usekla reka Dunav. Ruta zatim sledi granicu između Srbije i južne Rumunije i Bugarske kroz nekoliko planinskih masiva, uključujući deo koji je blizu 2016 m visokog vrha Midžor, na bugarsko-srpskoj granici. Ova ruta je najrazvijenija na području Đerdapske klisure, gde postoje postavljene EuroVelo oznake [13].

Ruta EuroVelo 6 ima najveći potencijal za budući razvoj biciklističkog turizma u Srbiji jer je trasirana duž Dunava, najznačajnijeg međunarodnog plovног puta kroz Srbiju i okružena je velikim brojem prirodnih i kulturnih atrakcija. Prisustvo zaštićenih prirodnih predela, retkih i ugroženih biljnih i životinjskih vrsta otvara mogućnost za integraciju biciklističkog i eko-turizma u cilju zaštite životne sredine i zadovoljavanje potreba turista koji su ekološki osvešćeni. Potencijali za ribolov i sportove na vodi mogu se iskoristiti u cilju kreiranja ponude avanturističkog turizma koja će upotpuniti boravak biciklističkih turista u Srbiji. Pored toga, antropogene vrednosti omogućavaju usklađen razvoj biciklističkog, kulturnog, manifestacionog, gastronomskog i etno-turizma. Neke od najposećenijih kulturno-istorijskih atrakcija duž rute EuroVelo 6 jesu arheološko nalazište Lepenski Vir, Trajanov most, Smederevska tvrđava, tvrđave u Golupcu, Ramu i tvrđava Fetislam. Prisustvo vinograda na Fruškoj gori u Grockoj i Smederevu upotpunjava ponudu gastronomskog turizma i omogućava upoznavanje biciklističkih turista sa lokalnim vinarijama i kulturom proizvodnje vina u Srbiji.

Na pomenutoj biciklističkoj ruti kroz Srbiju postoje 3 kategorije puteva:

- glavna ruta – obuhvata i makadamske delove
- alternativne rute – asfaltirane, za one koji žele da izbegnu makadamske deonice
- obilaznice – za avanturiste koji žele da istražuju i van putokaza uz Dunavski koridor [13]

Uprkos netaknutim prirodnim predelima, bogatstvu kulturno-istorijskog nasleđa i sve brojnijim inicijativama za unapređenje signalizacije, biciklističkih ruta i receptivnih kapaciteta, potencijali biciklističkog turizma Srbije nisu dovoljno iskorišćeni, pogotovo kada je reč o regijama van Dunavskog koridora. Najveće prepreke u razvoju predstavljaju nedovoljno razvijeni infrastrukturni sadržaji, veliki broj starih smeštajno-ugostiteljskih kapaciteta koji ne odgovaraju u potpunosti na zahteve savremenih turista i odsustvo dodatnih sadržaja namenjenih biciklistima duž biciklističkih ruta kojima se kreću.



Slika 1. EuroVelo rute 6, 11 i 13 kroz Srbiju

Izvor: <https://en.eurovelo.com-serbia>

Pored prisustva Srbije u evropskoj biciklističkoj mreži, od značaja je i nacionalna inicijativa Zelene staze Srbije koja je dobar primer za to kako biciklistički turizam utiče na prenamenu prostora i korišćenje napuštene infrastrukture. Stari nasipi i železničke pruge preuređeni su u pešačke i biciklističke staze (Tabela 1), radi promocije zdravog života, revitalizacije napuštenih krajeva, razvoja turizma, ekonomskog prosperiteta, zapošljavanja lokalnog stanovništva i aktiviranja tehničkog nasleđa. Ovom inicijativnom ostvaruje se niz benefita na teritoriji Srbije: povezuju se gradovi i regije nemotorizovanim, alternativnim transportom, ekonomski se razvijaju pasivni krajevi smešteni uz nekadašnju prugu, privlače se turisti koji ostvaruju potrošnju i unapređuju lokalnu ekonomiju, poboljšava se imidž sela, regionala i države, jača se ekološka osvešćenost stanovništva, unapređuje se turistička ponuda, dok napušteni železnički objekti pružaju mogućnosti za otvaranje novih kulturnih, turističkih i ugostiteljskih objekata [14].

Tabela 1. Biciklističke rute na trasama železničkih pruga u Srbiji

Izvor: www.greenways.rs

Trasa/destinacija	Dužina (km)	Turistički motivi
Dolina Jerme	27,1	manastir Poganovo, kanjon Jerme
Ruma–Vrdnik	5,5	Fruška Gora, banja Vrdnik
Rakovica	5,5	Manastir Rakovica, Topčider
Priboj	4	Dolina Lima
Lajkovac	9	Manastir Bogovađa
Ćuprija – Ravna Reka	30,3	Manastiri Ravanica i Sisojevac, industrijsko nasleđe senjskog rudnika
Aranđelovac	24	Bukulja, jezero Garaši, Bukovička banja
Čačak – Ovčar Banja	16,5	Ovčar banja, Ovčarsko-kablarska klisura, jezero Međuvršje, 10 manastira
Užice–Vrutci	13	Jezero Vrutci, klisura Đetinje, hidrocentrala

U Strategiji razvoja turizma Srbije za period od 2016. do 2025. godine biciklistički turizam se navodi kao jedan od prioritetnih ciljeva razvoja, uz neophodnost obnove turističke suprastrukture i infrastrukture. Kao ključne destinacije za ovaj oblik turističkog prometa navode se Gornje i Donje Podunavlje, koji su smešteni uz trasu evropske biciklističke rute EuroVelo 6 i obiluju prirodnim i kulturnim turističkim resursima, kao privlačnim motivima za ciklo-turiste [15].

MATERIJALI I METODE

Nakon predstavljanja i analize postojeće ponude biciklističkog turizma u Srbiji, autor je nastojao da prikupi i analizira podatke iz sekundarnih izvora o profilu i potrebama ciklo-turista koji su učestvovali u biciklističkim turama organizovanim od strane receptivnih turističkih agencija. Kontaktirane su receptivne turističke agencije koje posluju na području Srbije i organizuju biciklističke aranžmane za inostrane posetioce (*Wild Serbia, Serbian Adventures, Panacomp, Bike Adventure Belgrade, IbikeBelgrade*) za zahtevom da za potrebe izrade istraživačkog rada autoru dozvole uvid u podatke prikupljene tokom istraživanja tržišta i klijenata koji su učestvovali u njihovim biciklističkim turama.

Među kontaktiranim turističkim agencijama, menadžer agencije *IbikeBelgrade* je odbrio uvid u podatke njihovog trogodišnjeg istraživanja biciklističkog turističkog prometa za potrebe analize profila ciklo-turista, dok podaci od ostalih receptivnih turističkih agencija nisu ustupljeni za analizu u okviru ovog istraživanja. *IbikeBelgrade* je receptivna turistička agencija koja od 2011. godine realizuje biciklističke ture u Beogradu i pruža usluge rentiranja bicikala. U 2014. godini otvorena je njihova poslovница i u Novom Sadu, a 2015. u Budimpešti. Ispitivan uzorak u ovom istraživanju je činilo 5.856 inostranih turista (52% muškarci, 48% žene) koji su u periodu od 2017. do 2019. godine rezervisali ciklo-ture agencije *IbikeBelgrade* u Beogradu. Pored podataka dobijenih od pomenute turističke agencije, radi sticanja uvida u ciklo ponudu Srbije, pretraženi su i zvanični sajtovi ostalih receptivnih agencija i sagledana njihova ponuda u domenu biciklističkog turizma.

Na osnovu svega prethodno navedenog, formulisana su sledeća istraživačka pitanja:

- Da li je promet turista u biciklističkom turizmu pratio porast ukupnog turističkog prometa?
- Kolika je prosečna dužina boravka ciklo turista u Beogradu, najposećenijoj turističkoj destinaciji Srbije?
- Koji vidovi transporta i smeštajnih kapaciteta su dominantni u odabiru ciklo-turista koji posećuju Beograd?
- Koji su glavni motivi ciklo-turista pri odabiru biciklističke ture?

S obzirom na to da je agencija *IbikeBelgrade* organizovala biciklističke ture za strance samo na teritoriji Beograda, u analizi podataka je primenjen metod studije slučaja. Deskriptivnom statistikom su predstavljeni profil i motivacija ciklo-turista, a metod dedukcije je korišćen pri izvođenju zaključaka o osnovnim karakteristikama ciklo-turista koji posećuju Beograd. Pri poređenju ukupnog turističkog prometa u Beogradu i prometa u biciklističkom turizmu ostvarenom u poslovanju agencije *IbikeBelgrade* u periodu od 2017. do 2019. godine, korišćen je komparativni metod.

REZULTATI

Nakon uvida u podatke agencije *IbikeBelgrade*, izvršena je analiza njenih turističkih proizvoda. Ponuda ove agencije bazirana je na 4 turistička proizvoda namenjena ciklo-turistima: *City center tura, Riverside tura, tura za goste sa kruzera i privatne ciklo-ture*. Navedene ture omogućavaju posetiocima uvid u kulturnu baštinu Beograda, obilazak glavnih turističkih atrakcija i upoznavanje sa istorijskim događajima u Srbiji. *Riverside*

tura podrazumeva biciklistički obilazak Starog Sajmišta, Novog Beograda i socijalističke arhitekture, Palate Srbije, hotela Jugoslavija i Zemuna, dok je *City center tura* fokusirana na vožnju po centru grada uz posetu Kalemeđanskog parku, Skadarliji, Skupštini, Hramu Svetog Save i ostalim atrakcijama u centru Beograda. Kruzer ture su namenjene ciklo-turistima koji dolaze u Beograd isključivo putem kruzera, dok privatne ture omogućavaju potpunu personalizaciju usluga i prilagođavanje biciklističkih ruta potrebama turista.

Tabela 2. Broj realizovanih ciklo-tura agencije *IbikeBelgrade* od 2017. do 2019. godine

Izvor: *IbikeBelgrade*

Turistički proizvodi	2017.	2018.	2019.	Ukupno za 3 godine
Riverside tura	83	83	45	211
City center tura	78	56	30	164
Kruzer tura	40	60	88	188
Privatna tura	75	153	159	387
Ukupno po godini	276	352	322	950

Od 2017. godine se povećava broj realizovanih kruzer i privatnih tura (Tabela 2), što se može povezati sa globalnim trendom u turističkoj tražnji koji se ogleda u potrebi za individualnim putovanjima, intimnom atmosferom i personalizacijom usluga tokom putovanja, kao i sa činjenicom da se iz godine u godinu povećava broj turista koji putem Dunavskog koridora posećuju Srbiju [13, 16]. Sličan trend se uviđa i u broju ciklo-turista u Beogradu koji raste iz godine u godinu, sa izraženom dominacijom u segmentu privatnih i kruzer tura (Tabela 3). Ovi podaci objašnjavaju da su turisti oko 5 puta više skloni individualnim ciklo-aranžmanima prilagodljivim ličnim potrebama, nego gotovim biciklističkim programima koji se nude na tržištu. Analizom podataka Republičkog zavoda za statistiku, utvrđeno je da je ukupan promet inostranih turista u Beogradu od 2017. do 2019. godine rastao. Tokom 2017. godine, Beograd je posetilo 863.162, a tokom 2019. godine 1.056.578 inostranih turista. Komparativnom analizom ukupnog broja inostranih turista u Beogradu i broja ciklo-turista, klijenata agencije *IbikeBelgrade*, utvrđeno je da biciklistički turizam prati trend rasta ukupnog turističkog prometa u prestonici Srbije, što daje odgovor na prvo postavljeno istraživačko pitanje. Prema podacima Republičkog zavoda za statistiku Srbije, ukupan broj inostranih turista u Beogradu je u periodu od 2017. do 2019. godine porastao 22%, a broj biciklističkih turista koji su koristili usluge kompanije *IbikeBelgrade* 12% [17–19].

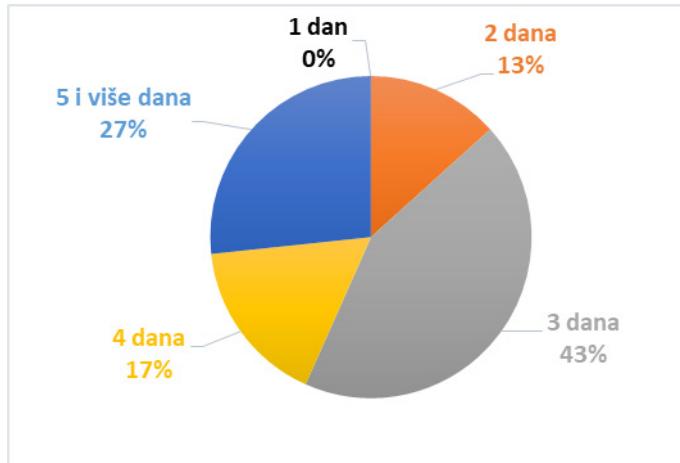
Tabela 3. Promet turista na ciklo-turama agencije *IbikeBelgrade* od 2017. do 2019. godine

Izvor: *IbikeBelgrade*

Turistički proizvodi	2017.	2018.	2019.	Ukupno za 3 godine
Riverside tura	224	235	121	580
City center tura	237	184	78	499
Kruzer tura	546	680	959	2185
Privatna tura	827	872	893	2592
Ukupno po godini	1834	1971	2051	5856

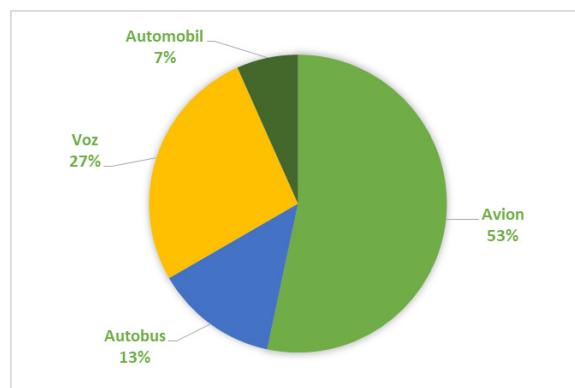
Prema podacima dobijenim od vlasnika turističke agencije *IbikeBelgrade*, utvrđeno je da se na području Beograda najčešće realizuju dnevne biciklističke ture. S druge strane, uvid u ponudu biciklističkih aranžmana na sajtovima drugih receptivnih agencija ukazuje na to da se u Vojvodini, na području Đerdapske klisure i po planinama Zapadne Srbije organizuju i realizuju višednevni biciklistički programi, koji uključuju i veliki broj dodatnih sadržaja i

korišćenje raznovrsnih smeštajno-ugostiteljskih usluga. Utvrđeno je da biciklistički turisti u Beogradu najčešće ostaju 3 dana, a da je veliki procenat onih koji ostaju i duže (Slika 2). Za razliku od velikog broja turista u tranzitu koji se u Beogradu zadržavaju 1 dan, nije zabeleženo da biciklistički turisti ostaju toliko kratko. Takođe, Beograd je prepoznat i kao destinacija vikend turizma, u kojoj se turisti zadržavaju 2–3 dana [20], te svaki duži boravak biciklističkih turista pozitivno utiče na lokalnu ekonomiju povećanjem celokupne turističke potrošnje, od čega benefite ostvaruju i delatnosti komplementarne turizmu.

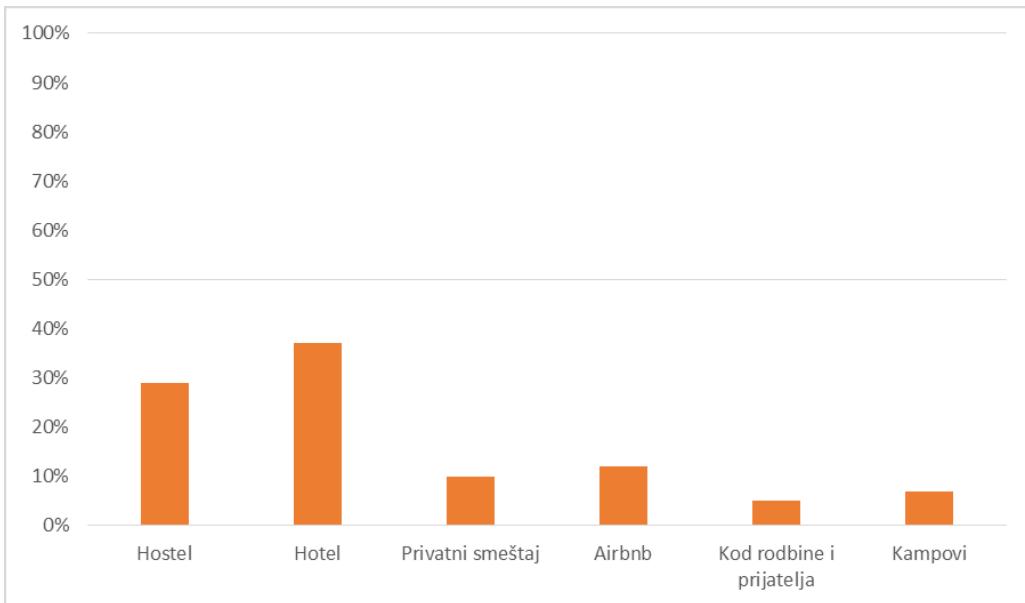


Slika 2. Dužina boravka ciklo-turista u Beogradu

Proučavajući demografske karakteristike turista, utvrđeno je da je najveći broj biciklističkih turista uzrasta od 25 do 45 godina (72%), većinski imaju diplomu fakulteta (69%) i najveći procenat njih (48%) troši oko 1.000 evra tokom boravka u Srbiji. Kada je reč o zemljji porekla, najbrojniji ciklo-turisti došli iz Holandije, Norveške, Nemačke, Velike Britanije, Sjedinjenih Američkih Država i Australije. Dominantno prevozno sredstvo za dolazak u Beograd je avion, a najmanje zastupljeno je automobil (Slika 3). Mobilnost i fleksibilnost automobila koje se ističu kao prednosti ovog vida transporta tokom turističkih obilazaka, nisu od velike važnosti za ciklo-turiste, jer je njihov cilj da turističke atrakcije destinacije upoznaju kroz aktivran odmor i vožnju bicikla, koja predstavlja ključni segment njihovog putovanja. Ciklo-turisti u Beogradu najčešće odsedaju u hotelima (37%) i hostelima (29%), dok je manji broj zainteresovan za privatni smeštaj (10%) i Airbnb apartmane (12%) (Slika 4).

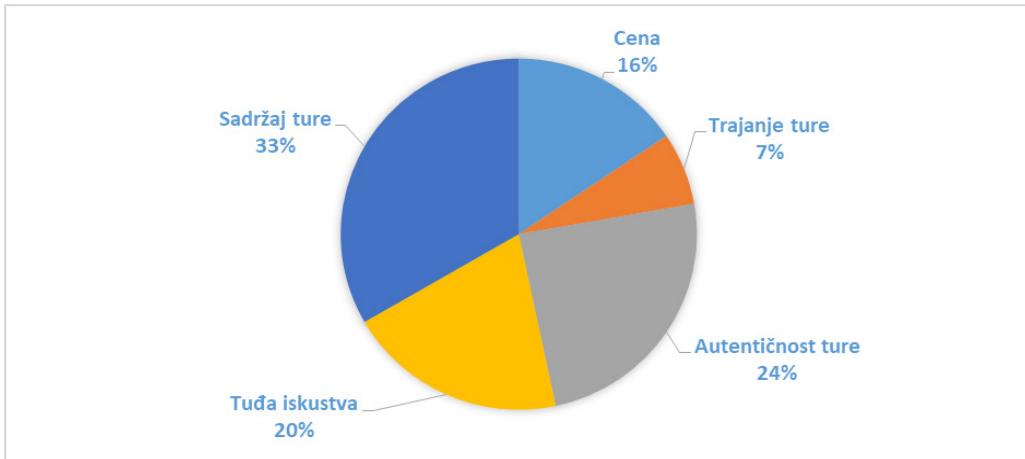


Slika 3. Dominantno prevozno sredstvo ciklo-turista do Beograda



Slika 4. Tip smeštaja ciklo-turista u Beogradu

Tvrđnje iz prethodne literature koja se bavila ciklo turistima, vezane za njihovu zainteresovanost za lokalna kulturna obeležja i autentične doživljaje na destinaciji, potvrđene su i ovim istraživanjem. Utvrđeno je da su ciklo-turisti tokom boravka u Beogradu najviše zainteresovani za srpsku kulturu i mentalitet naroda (33%), istoriju (29%) i noćni život (17%). Zainteresovani su za upoznavanje lokalnog nasleđa, arhitekture, specifičnosti destinacije i ostvarivanje jedinstvenog doživljaja kroz vožnju bicikla i kontakt sa lokalnim stanovništvom.



Slika 5. Kriterijumi pri odabiru ture od strane ciklo-turista

S obzirom na njihovu najčešće visoku kupovnu moć, cena nije presudni faktor u odabiru tura (16%). S druge strane, biciklistički turisti se oslanjaju na iskustva drugih (20%), posebno putem sajta Tripadvisor. Najznačajniju ulogu u odabiru biciklističkih programa od strane ciklo-turista koji posećuju Beograd (Slika 5) ima sam sadržaj (33%) i autentičnost tura (24%).

DISKUSIJA

Povećanje celokupnog turističkog prometa u Beogradu i Srbiji iz godine u godinu uticalo je i na veću diverzifikovanost ponude biciklističkog turizma. Evidentan je sve veći broj receptivnih turističkih agencija koje turistima nude dnevne ili višednevne biciklističke aranžmane, kako po velikim gradovima, tako i u ruralnim planinskim i nizijskim predelima. Podsticanjem razvoja biciklističkog turizma ostvaruje se niz benefita. Ovaj oblik turističkog prometa utiče pozitivno na životnu sredinu, privredu, društvene odnose, iskorišćavanje energije i resursa, na razvoj tehnologije, mobilnost, zdravlje ljudi, uštedu vremena i prostora [21]. Globalni porast životnog standarda i obrazovanja delovaće podsticajno na veću potrošnju u sektoru turizma i proširenje raznovrsnosti turističkih potreba, što otvara mogućnosti za veću popularizaciju biciklističkog turizma kao selektivnog oblika turističkih kretanja. Biciklistički turizam ima veliki razvojni potencijal u Srbiji zbog pristupačnosti Srbije kao destinacije, očuvanih prirodnih predela i autentične kulturne baštine. Biciklistički turisti su istovremeno i avanturisti, željni istraživanja i upoznavanja novih kultura [9], a Srbija nastoji da poboljša infrastrukturu i izgradnju ruta, kako bi poboljšala osnovne uslove za realizaciju ovog turističkog oblika [15]. Pozicioniranost Srbije u okviru evropske mreže biciklističkih ruta EuroVelo takođe predstavlja značajan potencijal za unapređenje razvoja biciklističkog turizma Srbije, imajući u vidu da ciklo-rute prolaze kroz neke od najatraktivnijih turističkih regija ove zemlje [3]. Porast inostranih ciklo turista u poslovanju agencije *IbikeBelgrade*, koja se bavi organizacijom biciklističkih aranžmana, ukazuje na to da se iz godine u godinu povećava potreba turista da destinaciju obilaze na ekološki održiv i aktivan način. U planiranju i usmeravanju budućeg turističkog razvoja, posebno se treba fokusirati na obnovu postojeće i izgradnju nove infrastrukture neophodne za realizaciju putovanja biciklom na teritoriji Srbije, dok je u kreiranju ponude na tržištu akcenat potrebno staviti na individualne i personalizovane biciklističke aranžmane koji će zadovoljiti potrebe visokoobrazovanih i visokoplatežnih turista. Takođe, od značaja bi bilo i unaprediti marketinške aktivnosti u cilju promocije biciklističkog turizma među turistima koji Srbiju posećuju u okviru putovanja kruzerom, jer je ovaj segment turista sve brojniji i pokazuje interesovanje za aktivnim istraživanjem destinacije u kojoj kruzer pristaje [16].

Nakon pregleda postojeće literature na temu biciklističkog turizma Srbije i analize sekundarnih podataka Republičkog zavoda za statistiku i podataka o ciklo-turistima koji su učestvovali u biciklističkim turama u Beogradu, utvrđeno je da je ukupni rast turističkog prometa praćen rastom prometa u biciklističkom turizmu. Pokazalo se da su ciklo-turisti koji posećuju Beograd najčešće uzrasta od 25 do 45 godina, poreklom iz Holandije, Norveške, Nemačke, Velike Britanije, Sjedinjenih Američkih Država i Australije. Rezultati ovog istraživanja potvrđuju najznačajnija saznanja iz prethodne literature u vezi sa profilom ciklo-turista i motivima za preduzimanje ciklo-putovanja. Ciklo-turisti u poseti Srbiji su visokoobrazovani i najčešći motiv za posetu Srbiji im je upoznavanje njene kulturne baštine, mentaliteta ljudi i istorije. Oni ostvaruju visoku potrošnju i žele da budu deo autentičnih, lokalnih doživljaja. U Beograd najčešće stižu avionom, te obilazak destinacije nastavljuju biciklom, a zadržavaju se 3 ili više dana. Većinski odsedaju u hotelima i hostelima, a pri odabiru tura najznačajniji faktor im je sadržaj ture i prethodna iskustva turista. U skladu sa navedenim, budući razvoj ciklo-turizma u Srbiji bi mogao biti podstaknut upražnjavanjem pozitivnih praksi destinacija koje su se brendirale kao vodeće destinacije

biciklističkog turizma u svetu. Ipak, treba uzeti u obzir da su zaključci iz ovog istraživanja izvedeni isključivo na osnovu anketiranih ciklo-turista koji su posetili Beograd i koji su bili deo biciklističkih programa receptivne agencije *IbikeBelgrade*. Radi sveobuhvatnije analize i razumevanja potreba ciklo-turista u Srbiji, značajno bi bilo sprovesti istraživanje i u drugim turističkim regionima zemlje uz saradnju sa većim brojem privrednih subjekata, uključenih u realizaciju biciklističkih tura.

ZAKLJUČAK

Biciklistički turizam se ističe kao jedan od značajnih razvojnih potencijala Srbije, koji postaje sve interesantniji za visokoplatežne i visokoobrazovane turiste iz razvijenih evropskih zemalja. U skladu sa planovima iznetim u Strategiji razvoja turizma Srbije, može se predvideti da će nakon prioritetnih unapređenja u biciklističkoj infrastrukturi i turističkoj promociji uslediti dalji razvoj ovog oblika turističkog kretanja, što će direktno uticati na povećanje turističke potrošnje i osnaživanje celokupne privrede. Veći broj nacionalnih inicijativa poput Zelenih staza Srbije, ali i prekogranična saradnja, stvorili bi mogućnosti za oživljavanje napuštenih, ruralnih predela i pograničnih oblasti, podsticanje mobilnosti stanovništva i turista i intenziviranje promocije bicikлизма u turističke svrhe. Da bi se Srbija kao turistička destinacija biciklističkog turizma bolje pozicionirala na tržištu, neophodno je pratiti savremene trendove u turističkoj tražnji i unapređivati ponudu u skladu sa njima. U Beogradu, kao najposećenijem turističkom mestu, potrebno je izgraditi biciklističke staze u centru grada, po ugledu na druge evropske prestonice, kako bi turisti mogli bezbedno da uživaju u vožnji i doživljaju destinacije. Van velikih gradskih centara gde su trasirane staze, neophodno bi bilo povećati broj smeštajno-ugostiteljskih sadržaja prilagođenih ciklo-turistima, kao i objekata potrebnih za popravke bicikala. Značajno bi bilo i povećati svest lokalnog stanovništva o benefitima koje im uključivanje u razvoj ovog oblika turizma može doneti. Svakako, uvažavanje potreba savremene turističke tražnje i praćenje modela razvoja koji su se pokazali uspešnim u biciklističkom turizmu drugih zemalja, može se ostvariti kontinuiran i održiv razvoj ciklo-turizma Srbije. Ovo istraživanje može poslužiti kao osnov za dalju analizu tržišta ciklo turizma u Srbiji i može doprineti pri planiranju turističkih proizvoda privrednih subjekata u turizmu i usmeravanju njihovog budućeg razvoja.

LITERATURA

- (1) European Parliament. Directorate general for internal policies policy department B: Structural and cohesion policies transport and tourism the European cycle route network Eurovelo, 2012, cited 2021 July 5, available at: <https://ecf.com/files/wp-content/uploads/The-european-cycle-route-network-EuroVelo.pdf>
- (2) Lumsdon L, Tolley R. Tourism and transport: Issues and Agenda for the New Millennium in Tourism and transport: Issues and Agenda for the New Millennium, ed. Lumsdon L, Page J. S, 2004, Oxford: Elsevier, 148-154.
- (3) Pavluković V, Kovačić S, Stankov U. Cycling Tourism on the Danube Cycle Route in Serbia: Residents' Perspective, Eastern European Countryside, 2020, 26(1), 259-285, doi: <http://dx.doi.org/10.12775/EEC.2020.010>.
- (4) Biciklistički savez Srbije. Istorijat, 2004, preuzeto 7. 6. 2021. sa: <https://bss.rs/istorijat/>
- (5) Sidall W. R. Transportation and the Experience of Travel, The Geographical Review, 1987, 3, 309-3017.
- (6) Confederaton of the European bicycle industry. Industry and market profile (2016 statistics), 2017, cited 2021 July 8, available at: <http://www.conebi.eu/wp-content/uploads/2018/09/European-Bicycle-Industry-and-Market-Profile-2017-with-2016-data-update-September-2018.pdf>
- (7) Lumsdon L. M. Cycle tourism: The tourism potential of the National Cycle Network. Paper presented to "Bike to Millenium" Conference, 1995, York.
- (8) Ritchie B. W. Bicycle Tourism in the South Island of New Zealand: Planning and Management Issues.

- Tourism Management, 1998, 19, 567-582.
- (9) Rotar J. How to develop cycle tourism?, 2012, cited 2021 July 17, available at: http://www.bicy.it/docs/35/How_to_develop_cycle_tourism_ang.pdf
- (10) Lee C. An investigation of factors determining cycling experience and frequency, Tourism Geographies, 2014, 16(5), 844–862, doi:10.1080/14616688.2014.927524.
- (11) Han H, Heejung Lho L, Al-Ansi A, Yu J. Cycling tourism: a perspective article, Tourism Review, 2020, 75(1), 162-164, doi: <https://doi.org/10.1108/TR-06-2019-0268>.
- (12) Piket P, Eijgelaar E, Peeters P. European cycle tourism: a tool for sustainable regional rural development, APSTRACT: Applied Studies in Agribusiness and Commerce, 2013, 7(2-3), 115-119, doi: 10.22004/ag.econ.164818
- (13) Lukić T, Pivac T, Košić K, Stamenković I. Tourism in the Valleys of European Rivers, Comparing the Loire Valley and the Danube Valley in Serbia, Sociology Study, 2012, 2(3), 179-188.
- (14) Stanojlović A. Zelene staze Srbije, 2015, preuzeto 9. 8. 2021. sa: <https://korzoportal.com/zelene-staze-srbije-trasama-nekadasnih-pruga/>
- (15) Ministarstvo trgovine, turizma i telekomunikacija. Strategija razvoja turizma Republike Srbije 2016–2025. Beograd, 2016. preuzeto 15. 8. 2021. sa: <https://mtt.gov.rs/download/3/STRATEGIJA%20RAZVOJA%20TURIZMA%20RS%20%202016-2025.pdf>
- (16) Dragin A, Jovičić D, Lukić T. Cruising along the river Danube – Contemporary tourism trend in Serbia, Geographica Pannonica, 2010, 14(3), 98-108.
- (17) Republički zavod za statistiku, Opštine i regioni u Republici Srbiji, 2018. preuzeto 10. 8. 2021. sa: <https://www.stat.gov.rs/sr-cyrl/publikacije/publication/?p=11634>
- (18) Republički zavod za statistiku, Opštine i regioni u Republici Srbiji, 2019. preuzeto 10. 8. 2021. sa: <https://www.stat.gov.rs/sr-cyrl/publikacije/publication/?p=12234>
- (19) Republički zavod za statistiku, Opštine i regioni u Republici Srbiji, 2020. preuzeto 10. 8. 2021. sa: <https://www.stat.gov.rs/sr-cyrl/publikacije/publication/?p=12795>
- (20) Podovac M. Analysis of the tourists' motivation for staying in cities: The case study of the City of Belgrade, The Annals of the Faculty of Economics in Subotica, 2021, 57(45), 51-65, doi: 10.5937/AnEkSub2145051P.
- (21) Monaco S. Tourism and the new generations: emerging trends and social implications in Italy, Journal of Tourism Futures, 2018, 4(1), 7-15, doi: 10.1108/JTF-12-2017-0053.

CYCLING TOURISM DEVELOPMENT IN SERBIA AND CYCLE TOURIST PROFILE ANALYSIS

Author: MARIJA ZELJKOVIĆ

Email: maki.zeljkovic96@gmail.com

Mentor: Full Prof. Ivan Ratkaj

Faculty of Geography, University of Belgrade

Introduction: Cycling tourism is an intensively developed form of tourism, especially on the European continent. In the strategic documents of Serbia, it is recognized as one of the significant potentials for improving the tourist offer. Serbia, a tourist destination in expansion, is an attractive area for cycling tourism research, taking into account the importance of the Danube region, intersected by some of the major European cycling routes. Many scholars have examined the profile of cycle tourists and their motivation to engage in bicycle tours. However, as cycling tourists are not a homogeneous group, their characteristics and demands differ at different destinations of cycling tourism.

Aim: The purpose of this research is to present the tourist offer of Serbia in the field of cycling tourism and analyze the profile of cycling tourists in Serbia for future improvement of this country's market position as a destination for cycling tourism.

Material and Methods: To answer the research questions, the author analyzed data from secondary sources (Statistical Office of the Republic of Serbia and receptive travel agency IbikeBelgrade) and used descriptive statistics, case study method, deduction method and the comparative method.

Results: It was determined that cycling tourism follows the total tourism growth and that cycle tourists visiting Serbia are highly educated individuals with high tourism expenditures who are inclined to individual tailor-made cycling arrangements with the aim to explore Serbian culture, history and mentality.

Conclusion: Continuous and sustainable development of cycling tourism can be achieved in Serbia by respecting the demands of contemporary tourists and following the successful development models of this tourism form in other countries.

Keywords: bicycle tourism; Serbia; cycle tourists; motivation

ANALIZA TREND A PADAVINA U KONTEKSTU KLIMATSKIH PROMJENA U BOSNI I HERCEGOVINI

Autor: VANJA MIRJANA VUJIĆ

e-mail: vanjamirjana11@gmail.com

Mentor: Prof. dr Goran Trbić

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Banjoj Luci

Uvod: Pluviometrijski režim predstavlja raspodjelu padavina po mjesecima tokom godine na određenom prostoru. Analiza pluviometrijskog režima padavina od suštinskog je značaja kako za stanovništvo tako i za privredu i sve njene grane, koje u određenoj mjeri zavise od padavina. U radu se istražuje trend padavina u Bosni i Hercegovini.

Cilj: Na osnovu podataka sa meteoroloških stanica, izvršena je analiza trenda padavina, gdje je prikazano povećanje međugodišnjih varijabilnosti padavina i učestalost godina sa ekstremnim padavinama. Smjene ekstremnih kišnih i sušnih perioda i njihov uticaj na pojavu poplava i suša utiču na kompleksnost kod rješenja za izgradnju sistema za navodnjavanje i odvodnjavanje voda. Glavni cilj istraživanja je da se utvrde promjene mjesečnih, sezonskih i godišnjih vrijednosti padavina na prostoru Banjaluke, Sarajeva, Bjelašnice i Mostara u periodu 1961–2014. godine, u kontekstu klimatskih promjena u Bosni i Hercegovini. Dobijeni rezultati ukazuju na neophodnost uključivanja podataka kod izrade planske i strateške dokumentacije.

Materijal i metode: U radu je izvršena analiza trenda prosječnih godišnjih i sezonskih padavina. Materijal i podaci su preuzeti iz statističkih godišnjaka od Republičkog hidrometeorološkog zavoda Republike Srpske (RHMZ RS) i Federalnog hidrometeorološkog zavoda Bosne i Hercegovine (FHMZ BIH).

Rezultati: Rezultati analize pokazuju generalno povećanje ekstremnih padavina i duži period suša, odnosno varijabilnost vremenskih uslova. Na sezonskom nivou, negativan trend je tokom proljeća i ljeta, dok je zabilježen porast kišnih padavina tokom jeseni i zime. Trend padavina nije jako izražen, ali je značajno izmijenjen pluviometrijski režim. Povećanje intenzivnih padavina postalo je izraženije početkom 21. vijeka, uočena je veća varijabilnost padavina.

Zaključak: Uočen je trend promjene pluviometrijskog režima i učestalih intenzivnih kišnih padavina. Ovo predstavlja promjenu u režimu padavina i to posebno u kombinaciji sa porastom temperature vazduha. Rezultat takvih promjena će biti manja vlažnost zemljišta, odnosno suša, kao i povećana mogućnost poplava, zbog učestalih kišnih padavina.

Ključne riječi: Padavina; trend; klimatske promjene; Bosna i Hercegovina

UVOD

Globalne klimatske promjene predstavljaju jedan od najaktuelnijih naučnih, ekoloških, ekonomskih i političkih problema. Najznačajniji elementi ali i posljedice klimatskih promjena jesu: povećanje temperature, kolebanje pluviometrijskog režima, povećanje intenziteta i frekvencija perioda suše, poplava i pojava većeg broja dana sa tropskim temperaturama u mnogim regionima svijeta, uključujući i prostor Bosne i Hercegovine. Prema petom sinteznom izvještaju IPCC (Međuvladin panel za klimatske promjene), zaključeno je da će se većina glavnih uticaja klimatskih promjena na životnu sredinu i ljudske aktivnosti manifestovati putem promjena u vodnom ciklusu Zemlje [1]. Klimatske promjene vrše i

ogroman pritisak na lokalne zajednice, gdje posebno naglašavamo veliki uticaj na vodne resurse, poljoprivrednu, šumarstvo, ekološke sisteme i ljudsko zdravlje.

Prema IPCC i njihovim klimatskim modelima (npr. SRES), do kraja 2100. godine globalna temperatura prizemnog sloja atmosfere može da poraste za $1,4 - 5,8^{\circ}\text{C}$, što će usloviti brojne promjene u životnoj sredini, njenim ekosistemima i mogućnostima održivog razvoja. Promjene temperaturnih režima, uticaj ekstremnih vrijednosti i sl. ključni su faktori ukupnog prizemnog stanja atmosfere. U izvještajima IPCC apostrofira se međuvisnost adaptivnih mogućnosti i razvojnih procesa, prvenstveno ekonomskih ali i ostalih, te potreba fundamentalnih istraživanja koja definišu te međuzavisnosti.

Zemlje u razvoju, u koje se ubraja i Bosna i Hercegovina, pripadaju krugu osjetljivih na neželjen uticaj globalnih klimatskih promjena. Bosna i Hercegovina je jedna od najviše izloženih država na koju utiču klimatske promjene, a koje se manifestuju povećanjem temperatura, topotnim talasima, promjenom pluviometrijskog režima, udarima olujnih vjetrova i drugim klimatskim ekstremima koji imaju negativne posljedice za stanovništvo i njihova materijalna dobra [2].

Imajući u vidu stvarne i moguće posljedice klimatskih promjena na dugoročne razvojne ciljeve, koje se prije svega odnose na upravljanje vodnim resursima (rješavanje problema suša i poplava), u radu su analizirane količina padavina, jedan od glavnih klimatskih elemenata.

U poslednje vrijeme svjedoci smo intenzivnih kolebanja klime koja već poprimaju obilježja klimatskih promjena, zbog vremenske dužine trajanja anomalije. Jedna od posljedica, ali i elemenata globalnih klimatskih promjena jeste varijacija pluviometrijskog režima. Takve promjene uslovjavaju sve češću pojavu suša i poplava, koje iz godine u godinu vrše sve veći pritisak na životnu sredinu i privredu Bosne i Hercegovine [3]. Prema dosadašnjim istraživanjima, prisutni su različiti vremenski i prostorni trendovi padavina [3–4].

Osnovni cilj ovog rada jeste da se utvrde promjene količine padavina i trendova, kao i njihova prostorna raspodjela, na sezonskom i godišnjem nivou u Bosni i Hercegovini. Istraživanje promjene količine padavina ima veliki značaj za prirodne i socioekonomske sisteme. Studije istraživanja promjene pluviometrijskog režima mogu biti koristan izvor podataka u različitim primijenjenim istraživanjima, u oblastima poljoprivrede, šumarstva, hidroenergije, turizma.

PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Bosna i Hercegovina je zemlja jugoistočne Evrope smještena u zapadnom dijelu Balkanskog poluostrva. Prostire se između $42^{\circ}33'00''$ i $45^{\circ}16'30''$ N i $15^{\circ}44'00''$ i $19^{\circ}37'41''$ E [5].

Reljef je većinom planinsko-kotlinski, sa prosječnom nadmorskog visinom od 500 metara. Peripanonska regija Bosne i Hercegovine predstavlja južni obod Panonskog basena. Nalazi se u sjevernom dijelu Bosne i Hercegovine. Pokriva 37% ukupne površine zemlje, a prostire se na području koje obuhvata nizijski sliv rijeke Save i slivove njenih pritoka Une, Vrbasa, Bosne i Drine (do 200 m) i južni obod Panonskog basena sa brdima, niskim rudnim i flišnim planinama, a horst planine od 200 do 800 m (na pojedinim lokacijama i do 1000 m). Prema jugu postepeno ulazi u lanac Dinarida prema centralnom dijelu Bosne i Hercegovine [6].

Centralni dio Bosne i Hercegovine zahvata prostor centralnih dinarskih kotlina i dolina sa rudnim i flišnim planinama, čini 25,2% teritorije do 1000 m n. v. Granicu regije prema sjeveru čine planinski vijenci Dimitrov, Manjača, Čemernica, Vlašić, Konjuk i Javor, a prema jugozapadu i jugu planinski masivi Lisine, Vitoroga, Raduše, Bitovinje, Bjelašnice, Treskavice i Želengore. Planinski reljef središnje Bosne i Hercegovine je raščlanjen kompozitnim dolinama velikih rijeka Drine, Bosne i Vrbasa i njihovih pritoka.

Regija visokog krša zahvata kraško područje Bosne i Hercegovine odnosno 20,5% teritorije do 1200 m n. v., koje je smješteno na prelazu iz planinsko-kotlinskog u mediteransko područje. Regija visokog krša prostire se od Grmeča, na sjeverozapadu do granice sa Crnom Gorom, na jugoistoku. Od niske Hercegovine je odvojena Vidušom, Veležom, Prenjom i Čvrsnicom. Regija visokog krša podijeljena je na dvije subregije: Bila i polja jugozapadne Bosne i visoka (planinska) Hercegovina.

Nisku Hercegovinu predstavlja donji tok riječnih slivova Neretve i Trebišnjice, zajedno sa: kraškim poljima, uvalama, niskim zaravnima, humovima i dolinama odnosno 11,6% od ukupne teritorije do 800 m n. v. To je jadranski i subjadranski pojas, proširen na nisku, mediteransku i submediteransku Hercegovinu i obuhvata dio teritorije do Posušja, Širokog Brijega, Mostara, Stoca i Trebinja [5].

Bosna i Hercegovina pripada sjevernom umjerenom klimatskom pojasu. Najvažniji modifikator klimatskih prilika jeste reljef koji svojom hipsometrijom, pravcem pružanja planina, raščlanjenošću i ekspozicijom najviše doprinosi promjeni klime na ovom prostoru. Tako sa porastom nadmorske visine u pravilu raste i godišnja količina padavina, a istovremeno opadaju prosječne temperature vazduha. Najveći dio sjevera ima kontinentalni režim padavina sa maksimumom u ljetnjim i minimumom u zimskim mjesecima. U niskoj Hercegovini vlada tipičan maritimno mediteranski režim sa maksimumom u zimskim i minimumom u ljetnjim mesecima. U centralnim dijelovima dominira jesenji maksimum, dok minimum nije izrazito prostorno diferenciran [5–6]. Najmanja količina padavina izluči se na krajnjem sjeveroistoku Bosne i Hercegovine (oko 750 mm), dok područje Istočne Hercegovine prima najviše padavina tokom godine (do 2000 mm). Nad ostalim, većim dijelom zemlje, izluči se 850 do 1500 mm. U Peripanonskom obodu, padavine relativno pravilno opadaju od zapada ka istoku, dok je u niskoj Hercegovini situacija složenija [6].

U protekle dvije decenije suma po godišnjim dobima i raspodjela padavina su jako poremećeni, što, uz porast temperatura, uslovljava problem suša i poplava. S obzirom na klimatske faktore i elemente, na prostoru Bosne i Hercegovine se mogu izdvojiti tri osnovna klimatska tipa. Najrasprostranjeniji je umjereni topli i vlažni klimat (Cf), koji obuhvata sjeverni dio države, prodirući riječnim dolinama dublje u unutrašnjost. Na ovom prostoru se često klima naziva još i umjerenokontinentalnom. U niskom dijelu Hercegovine dominira sredozemni klimat (Cs) koji se odlikuje sušnim ljetima, te kišnim i blagim zimama. Na višim nadmorskim visinama (cca iznad 900 metara) dominira borealni ili planinski tip klime (Df), karakterističan po vrlo hladnim zimama i najčešće svježim ljetima [3]. Dominirajuća ciklonalna stanja porijeklom iz Sredozemlja presudno utiču na pluviometrijski režim na jugu države, dok su sjeverni dijelovi dominantno pod uticajem islandske depresije i vlažnih masa sa Atlantika [2].

PODACI I METODE

Analiza trenda padavina tokom perioda 1961–2014. godine izvršena je na bazi klimatoloških podataka o srednjim količinama padavina na četiri meteorološke stanice u Bosni i Hercegovini. Materijal i podaci su preuzeti od Republičkog hidrometeorološkog zavoda Republike Srpske (RHMZ RS) i Federalnog hidrometeorološkog zavoda Bosne i Hercegovine (FHMZ BIH). Na osnovu meteoroloških podataka sa stanica u Banjaluci, Sarajevu, Bjelašnici i Mostaru za period 1961–2014. godine predstavljene su analize prostornog rasporeda padavina po sezonskom i godišnjem nivou. Sem toga, korišćeni su podaci iz Klimatskog atlasa Bosne i Hercegovine, gdje su determinisane promjene ali i određene moguće promjene u budućnosti [7].

REZULTATI

Najveće količine padavina osmotrene su na području Mostara, gdje srednja godišnja količina iznosi 1499 mm. Prosječna količina padavina u Banjaluci iznosi 1042 mm, u Sarajevu 945 mm i na Bjelašnici 1204 mm.

Na području Mostara veća je količina padavina za period od oktobra do marta (972 mm) nego za period od aprila do septembra (534 mm). Primarni maksimum padavina u Banjaluci je u periodu april–septembar 564 mm dok je od oktobra do marta 480 mm. U Sarajevu je zabilježena veća količina padavina u periodu od aprila do septembra (476 mm) nego u periodu od oktobra do marta (473 mm). Na Bjelašnici je kišovitiji period od oktobra do marta (613 mm), za razliku od perioda od aprila do septembra (590 mm) (Tabela 1).

Na području Banjaluke najkišovitiji period je bio 2014. god., sa prosječnom količinom padavina od 1561 mm. U Mostaru, najkišovitija godina bila je 2010, sa prosječnom količinom padavina 2491 mm. U Sarajevu, najkišovitija godina bila je 1999, sa prosječnom količinom padavina 1249 mm. Na Bjelašnici je bila najkišovitija 2014. god., sa prosječnom količinom padavina 1773 mm.

Najsušnija godina zabilježena je 2011. u Banjaluci (589 mm), u Sarajevu 1982. sa 625 mm, Mostaru 1983. sa 641 mm, na Bjelašnici 1971. 692 mm. Prema podacima Republičkog hidrometeorološkog zavoda RS, može se reći da u cijeloj Republici Srpskoj, sa izuzetkom Istočne Hercegovine, od 1920. nije palo više kiše za 7 dana mjeseca maja. Imajući u vidu da je april bio u kategoriji „vlažno“ do „ekstremno vlažno“ i da od 1925. nije izmjereno više padavina u tom mjesecu, tlo je bilo prezasićeno, tako da je došlo je do nezapamćenih poplava s nesagledivim posljedicama. Iz analize ekstremnih količina padavina („velike kiše“), može se reći da ovakve kiše, trajanja 3–8 dana, na lokalitetima sa umjerenom kontinentalnim i kontinentalnim režimom padavina, kome pripada veći dio RS, imaju povratni period 500–1000 godina. Od 1881. godine, u Banjaluci je mjesечna količina padavina iznad 200 mm u mjesecu maju izmjerena samo 1899. (267 mm), 1919. (247 mm), 1897. (214 mm) i 1996. (203 mm). Maja 2014. godine je za 20 dana registrovano 210 mm.

Znači, ovo je četvrti najkišniji maj u posljednje 134 godine. Može se zaključiti da je za četiri dana, 14–17 dana maja, izlučeno 60–80% od ukupne sume i jasno je da se radi o ekstremnim intenzitetima kišne serije u trajanju 2–8 dana, s maksimalnim intenzitetom 14–16. maja, kada je palo iznad 200 l/m² [8].

Izuzetno velike količine padavina koje su izazvale poplave zabilježene su u posljednjoj deceniji. U maju i avgustu 2014. godine za samo nekoliko dana palo je 146,6 mm i 123,6 mm padavina, što iznosi 17% i 14% prosječnih godišnjih padavina u odnosu na standardni klimatološki period. Slična količina padavina je zabilježena u junu 2010. godine, kada je za dva dana palo 178,3 mm padavina odnosno 20% godišnjih padavina [3].

Možemo zaključiti da su katastrofalne poplave, tokom maja 2014., u sjevernom i centralnom dijelu dijelu Bosne i Hercegovine uslovile velike padavine. Takođe, velike količine padavina koje su se dogodile u aprilu 2014. uslovile su zasićenje zemljišta vodom i time uslovile veće površinsko oticanje u martu.

U srednjim geografskim širinama, sjeverne hemisfere padavine su se povećale od 1951. godine [1]. IPCC je izvijestio da je došlo do značajnog povećanja godišnjih ekstremnih padavina nad mnogim regionima srednje geografske širine između 1951. i 2003. godine, čak i u regionima gdje je došlo do smanjenja količine padavina zabilježen je porast ukupnih godišnjih padavina. Tokom posljednjih decenija povećana je učestalost godina sa ekstremnim padavinama i katastrofalnim poplavama i godina sa deficitom količine padavina i produženim sušnim periodom.

Analiza odstupanja godišnjih padavina od referentnog perioda (1961–1990) pokazala je da je povećanje obilnih padavina postalo izraženije od početka 21. vijeka. Primjetno je povećanje i međugodišnje varijabilnosti padavina, godina sa padavinama iznad prosjeka,

kao i godina sa padavinama ispod prosjeka (npr. 2000–2001. i 2010–2011).

Dobijeni rezultati pokazuju da je došlo do povećanja količine padavina na svim meteoroškim stanicama (Banjaluka, Sarajevo, Mostar i Bjelašnica) poredeći periode 1961–1990 i 2001–2014 godine. Najmanje odstupanje je bilo u Mostaru (0.03%), a najveće na Bjelašnici (24.4%), poredeći dva perioda. Što se tiče promjene pluviometrijskog režima po sezonomama, može se uočiti da su najveće promjene u ljeto (Banjaluka, deficit od 9.1%), jesen (Sarajevo, suficit 15.4%) i zimu (Mostar i Bjelašnica, suficit od 4.8, odnosno 34.6%) (Tabela 2).

Na osnovu posmatranja promjene pluviometrijskog režima u Banjaluci, primjetno je da je najveća količina padavina u sezoni ljeto (284 mm), nešto manja količina padavina u toku jeseni (268 mm), zatim u toku proljeća (265 mm) i najmanja u zimskom periodu (227 mm). Na prostoru Sarajeva, maksimalna količina padavina zabilježena je u jesenjem periodu (259 mm), zatim sezona ljeto (234 mm), a najniže količine padavina su u sezoni proljeće (228 mm) i zimi (227 mm). Na prostoru Mostara zabilježen je drugačiji raspored količine padavina po godišnjim dobima – gdje je najveća količina padavina u zimskom periodu (484 mm), jesen (467 mm), proljeće (358 mm) i najmanja količina padavina u ljetnjem periodu (192 mm). Na Bjelašnici, najveća prosječna količina padavina zabilježena je u sezoni jesen (362 mm) i ljeto (302 mm), zatim zima (277 mm) i najniža u proljeće (270 mm). Ako se posmatraju promjene pluviometrijskog režima, može se uočiti povećanje padavina tokom jeseni na stanicama Sarajevo i Bjelašnica (Tabela 1).

Analizirajući trendove padavina u Sarajevu i Mostaru za polugodišnji period (oktobar–mart) primjetan je trend blagog pada prosječne količine padavina (Grafikon 1), dok je u vegetacionom periodu (aprili–septembar) u Mostaru i dalje pad, a u Sarajevu je prisutan trend povećanja (Grafikon 2), što u konačnici na godišnjem nivou daje rezultat rasta za Sarajevo, i pada trenda za Mostar (Grafikon 3). Rezultati po godišnjim dobima pokazuju pad tokom zime (Grafikon 4), rast u Sarajevu, a pad u Mostaru tokom proljeća (Grafikon 5), i pad tokom ljeta za oba grada (Grafikon 6), tokom sezone jesen trend padavina je imao blago rastući trend (Grafikon 7).

Može se zaključiti da na sezonskom nivou trend padavina uglavnom ima tendenciju opadanja, osim za sezonusu jesen.

Značajne promjene se mogu vidjeti za meteorološku stanicu Mostar, gdje su prosječne količine padavina u periodu 1982–2007. godine znatno niže nego u periodu 1956–1981. u svim mjesecima osim u septembru.

U planinskom pojusu prisutan je trend povećanja padavina na godišnjem i sezonskom nivou, dok je ljeti na većini stanica prisutan trend smanjenja padavina [3].

Trendovi padavina u Banjaluci i na Bjelašnici za polugodišnji period (oktobar–mart) pokazuju trend rasta (Grafikon 8), a u vegetacionom periodu (aprili–septembar) u Banjaluci je primjetan pad trenda, a na Bjelašnici rast (Grafikon 9), što u konačnici daje rezultat minimalnog pada trenda za Banjaluku, a rasta na Bjelašnici (Grafikon 10). Rezultati po godišnjim dobima pokazuju rast tokom zime, proljeća i jeseni za Banjaluku i Bjelašnicu (Grafikon 11, 12), te pad u Banjaluci i rast na Bjelašnici za ljetni period (Grafikon 13) (Grafikon 14).

Kada se pogledaju polugodišnji trendovi padavina, može se zaključiti da je na meteorološkoj stanicu Bjelašnica zabilježen značajan trend rasta padavina u vegetacionom periodu (aprili–septembar) i period oktobar–mart.

Promjena klime, zbog vremena dužine trajanja anomalije, poprima obilježje klimatskih promjena. Jedan od posljedica elemenata globalnih klimatskih promjena jeste varijacija pluviometrijskog režima. Takve promjene uslovjavaju sve češću pojavu suša i poplava, koje imaju posljedice na životnu sredinu. Godina 2010. je bila godina sa najviše padavina u posljednjih 50 godina (1961–2010), dok je 2011. godina bila najsušnija godina (od 1883) na sjeveru Srpske, a jedna od najsušnijih u Hercegovini [2] (Grafikon 3).

Suše su takođe bile sve češće od 2000. godine, zabilježeno je šest sušnih godina (2000,

2003, 2007, 2008, 2011. i 2012). Manjak vode posebno će se negativno odražavati ljeti, tokom poljoprivredne sezone i intenzivne potrošnje vode, što će direktno da se odrazi na problem vodenih resursa. Ovo je posebno bitno iz razloga što smanjenje padavina uslojava i intenzivniju pojavu suša [12].

Na osnovu analize meteoroloških podataka može se zaključiti da godišnja suma padavina pokazuje najveću zavisnost od reljefa, ali i od kontinentalnosti prostora i putanje atmosferskih poremećaja koji uslovjavaju kišno vrijeme [12].

Buduće projekcije za Bosnu i Hercegovinu

U Trećem nacionalnom izvještaju analizirane su promjene ekstremnih dnevnih padavina kroz analizu promjena odgovarajućih klimatskih indeksa za tri moguća scenarija buduće klime. Regionalni klimatski modeli (*Regional Climate Model – RCM*) najčešće su korišćeni alati za regionalizaciju rezultata globalnih klimatskih modela (*General Circulation model – GCM*) i procjenu promjene regionalnih klimatskih uslova u budućnosti u zavisnosti od različitih scenarija mogućeg povećanja koncentracija gasova sa efektom staklene bašte [2]. Metodom regionalizacije omogućava se dobijanje podataka o promjeni režima padavina na odgovarajućim prostornim i vremenskim razmjerama koje su neophodne za realizaciju studija uticaja i ranjivosti.

U pojedinim slučajevima i porast ukupnih padavina tokom dana s ekstremnim padavinama može imati pozitivnu anomaliju na značajnom dijelu teritorije, s promjenom i do nekoliko desetina procenata za pojedine sezone u odnosu na referentni period. Takva situacija je u saglasnosti s činjenicom da topliji vazduh može u sebi nositi veću količinu vodene pare, koja u povoljnim sinoptičkim situacijama, prvenstveno kroz konvektivne procese, može da bude izvor za obilnije padavine.

U srednjim geografskim širinama sjeverne hemisfere padavine su se povećale od 1951. godine [1]. IPCC je izvjestio da je došlo do značajnog povećanja godišnjih ekstremnih padavina nad mnogim regionima srednje geografske širine između 1951. i 2003. godine, čak je i u regionima gdje je došlo do smanjenja količine padavina zabilježen porast ukupnih godišnjih padavina. Tokom posljednjih decenija povećana je učestalost godina sa ekstremnim padavinama i katastrofalnim poplavama i godina sa deficitom količine padavina i produženim sušnim periodom [3].

Očekuje se da će godišnja doba jeseni i zime imati najveće smanjenje u količini padavina. Klimatološki prognostički modeli predviđaju da će u periodu 2030–2060. godina doći i do značajnih promjena u količini padavina. Očekuje se da će Zapadni Balkan doživjeti smanjenje količine ljetnih padavina, kada bi količine padavina mogle biti prepolovljene u odnosu na trenutne nivoje. Broj suvih dana u unutrašnjosti će biti povećan [7].

Modeli ukazuju na nejednake promjene količine padavina. Promjena padavina na godišnjem nivou prema scenariju A1 B za period 2001–2030. godine je negativna i iznosi od 0 do -10%. Prema istom scenariju za period 2071–2100. godine očekuje se smanjenje padavina za 10 do 30%. Prema scenariju A2 za period 2071–2100. godine očekuje se deficit padavina, naročito u ljetnom periodu. Prikazani rezultati za tri analizirana klimatska scenarija pokazuju da bi u uslovima toplije klime i uz konstantno povećanje gasova sa efektom staklene bašte kao posljedice došlo do intenziviranja ekstremnih padavina. Čak i u situaciji da godišnje količine padavina budu smanjene, promjene indeksa ekstremnih padavina ukazuju na to da može doći do porasta u dnevnim akumulacijama u danima s većim padavinama od 20 mm [6] (Slika 1).

Godišnje količine padavina variraju od 800 mm na sjeveru duž rijeke Save do 2000 mm u centralnim i jugoistočnim planinskim regijama (period 1961–1990). U kontinentalnom dijelu Bosne i Hercegovine glavni dio godišnjih padavina se javlja u toploj polovini godine, dosežući maksimum u junu. Centralni i južni dio države, s brojnim planinama

i uskim obalnim područjima, karakteriše izmijenjeni sredozemni pluviometrijski režim pod uticajem Jadranskog mora, tako da su mjesecne maksimalne količine padavina kasno u jesen i početkom zime, većinom u novembru i decembru. U razdoblju 1981–2010. na većem dijelu niske Hercegovine evidentirano je smanjenje padavina na godišnjem nivou, dok je na većini planinskih meteostanica zabilježen porast padavina (Slika 2). U odnosu na razdoblje 1961–1990, u ovom razdoblju je prisutna neravnomjerna raspodjela padavina tokom godine, što je jedan od glavnih faktora koji uslovjavaju češcu pojавu suša i poplava (Slika 3). Prema scenariju A2 u periodu 2071–2100. godina očekuje se smanjenje padavinama na čitavoj teritoriji Bosne i Hercegovine. Najveći deficit padavina očekuje se u ljetnom periodu, koji može iznositi i do 50% u odnosu na bazni period 1961–1990 [6].

ZAKLJUČAK

Intezivno kolebanje klime utiče na obilježja klimatskih promjena. Jedan od elemenata i posljedica klimatskih promjena jeste varijacija pluviometrijskog režima, uglavnom prćenog promjenama intenziteta i frekvencije padavina. Takve promjene uslovjavaju sve češcu pojавu suša i poplava, koje utiču na životnu sredinu i privredu.

U radu su analizirane srednje količine padavina na godišnjem i sezonskom nivou za stanice Banjaluka, Sarajevo, Bjelašnica i Mostar u periodu 1961–2014. godine. Na osnovu analiza se može zaključiti da je evidentno povećanje trenda padavina za meteorološke stanice Sarajevo i Bjelašnica, a trend pada za Banjaluku i Mostar na godišnjem nivou. Na sezonskom nivou, negativan trend je tokom proljeća i ljeta, dok je zabilježen porast kišnih padavina tokom jeseni i zime. Trend padavina nije jako izražen, ali je značajno izmijenjen pluviometrijski režim. Upoređujući dva perioda (2001–2014. od standardnog perioda 1961–1990) na godišnjem nivou, zabilježen je porast padavina. Mjeranjem količina padavina između dva perioda, u ljetnjoj sezoni došlo je do smanjenja padavina za sve stanice, osim na Bjelašnici, a u ostalim sezonom zabilježen je porast količine padavina.

Može se zaključiti da su promjene godišnjih količina padavina manje očigledne i nisu problematične kada se posmatraju analize godišnjih količina padavina. Međutim, kada se posmatraju promjene na sezonskom nivou, jasno se vidi da je narušen normalan raspored padavina, što za posljedicu ima učestalu pojавu suša i poplava.

Uočeni trendovi pokazuju primjenu neophodnih mjera adaptacije na klimatske promjene, koje će naročito biti nužne ukoliko se uzmu u obzir projekcije promjena do kraja vijeka [4].

Buduće projekcije promjena trendova padavina i studije procjene uticaja predviđaju do kraja vijeka snažan uticaj na društveno-ekonomske i prirodne sisteme. Rezultati promjena padavina mogu se primijeniti u studijima upravljanja rizicima od poplava, poljoprivrednom planiranju, upravljanju vodnim resursima, očuvanju životne sredine [2].

LITERATURA

- [1] IPCC: Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Eds. Core Writing Team, Pachauri, R.K., & Meyer, L.A.) IPCC, Geneva (2014).
- [2] Radusin, S., Oprašić, S., Cero, M., Abdurahmanović, I., Avdić, S. Treći nacionalni izvještaj i drugi dvogodišnji izvještaj o emisiji gasova sa efektom staklene baštne Bosne i Hercegovine u skladu sa Okvirnom konvencijom Ujedinjenih nacija o klimatskim promjenama. Banjaluka, Bosna i Hercegovina: Ministarstvo vanjske trgovine i ekonomskih odnosa BiH, Ministarstvo za prostorno uređenje, građevinarstvo i ekologiju Republike Srpske, Ministarstvo okoliša i turizma Federacije BiH, UNDP, GEF (2016).

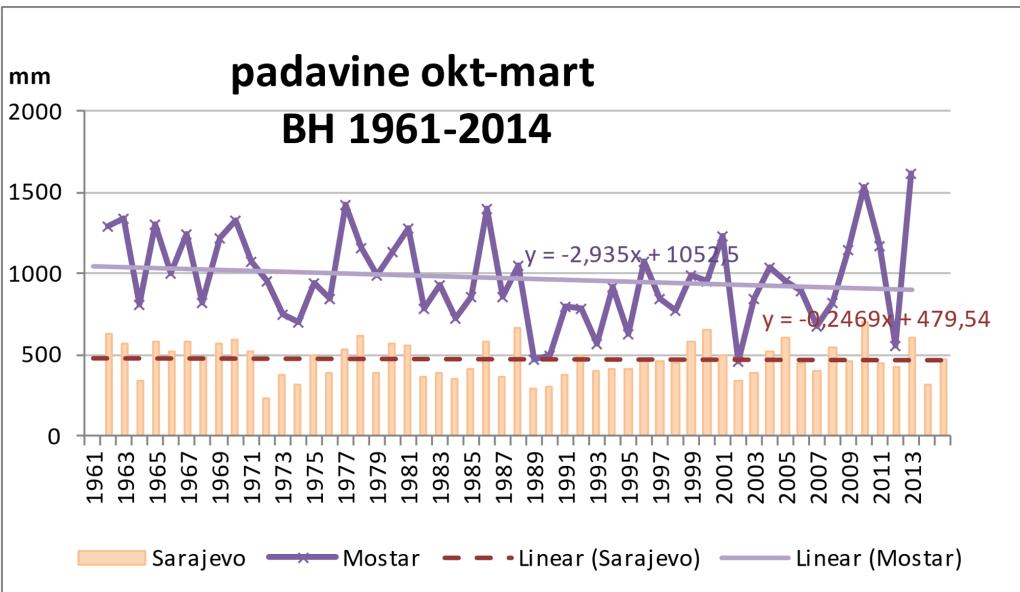
- [2] Trbić, G., Ducić, V., Rudan, N., Andelković, G., & Marković, S. *Ekstremne padavine u Republici Srpskoj (analiza 2010. 2011. godine)*. Glasnik/Herald, 15, 81–94. (2011).
- [3] Popov, T., Gnjato, S., & Trbić, G. Analysis of Extreme Precipitation over the Peripannonian Region of Bosnia Hercegovina. IDŐJÁRÁS – Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service, 122(4), 433–452. doi:10.28974/idojaras.2018.4.5 (2018a).
- [4] Popov, T., Gnjato, S., Trbić, G., & Ivanišević, M. Recent Trends in Extreme Temperature Indices in Bosnia and Herzegovina. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, 13(1), 211–224. doi:10.26471/cjees/2018/013/019 (2018c).
- [5] Ahmetbegović S., *Reljef kao faktor raznještaja stanovništva u Bosni i Hercegovini*, Univerzitet u Tuzli, Prirodno-matematički fakultet, Tuzla, Bosna i Hercegovina (2014).
- [6] Trbić, G., *Ekoklimatološka regionalizacija peripanonskog oboda Republike Srpske*, Geografsko društvo Republike Srpske, Banjaluka (2010).
- [7] Ducić, V., Burić, D., Trbić, G., & Cupać, R., Analysis of Precipitation and Draughts on BiH Territory Based Upon Standardized Precipitation Index (SPI). Herald, 18, 53–70. doi:10.7251/HER1814053D (2014).
- [8] Trbić G., Ducić V., Rudan N., *Regionalne promjene količina padavina u Republici Srpskoj*, Herald br. 13, Geografsko društvo RS, Banjaluka, 71–78. (2009).
- [9] Trbic G et all.: Regional changes of precipitation amount in Bosnia and Herzegovina, 6-th International Scientific Conference Dedicated to the International Earth Day, April 2010, Sofia, Bulgaria (2010).
- [10] Rudan N., *Klimatološki aspekt poplava u Srpskoj maja 2014*, Banjaluka, 26. 05. 2014. godine.
- [11] Ahmetbegović S., *Reljef kao faktor raznještaja stanovništva u Bosni i Hercegovini*, Univerzitet u Tuzli, Prirodno-matematički fakultet, Tuzla, Bosna i Hercegovina (2014).
- [12] Trbić, G., *Ekoklimatološka regionalizacija peripanonskog oboda Republike Srpske*, Geografsko društvo Republike Srpske, Banjaluka, (2010).
- [13] Trbić G., Bajić D., Popov T., & Oprashić S., *Problemi suše u Bosni i Hercegovini*. Herald, 17, 103–120. doi:10.7251/HER1714103T (2014).
- [14] Trbic G et all.: Regional changes of precipitation amount in Bosnia and Herzegovina, 6-th International Scientific Conference Dedicated to the International Earth Day, April 2010, Sofia, Bulgaria (2010).

Tabela 1. Sezonske, polugodišnje i godišnje količine padavina (u mm) za period 1961–2014. godine

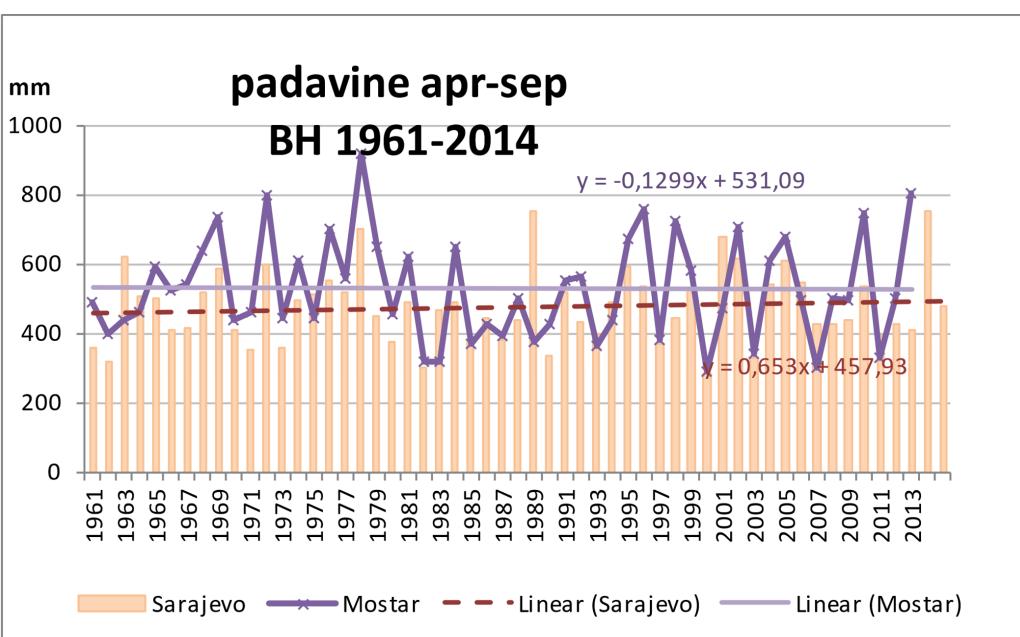
	Banja Luka	Sarajevo	Bjelašnica	Mostar
Proljeće (MAM)	265	228	270	358
Ljeto (JJA)	284	234	302	192
Jesen (SON)	268	259	362	467
Zima (DJF)	227	227	277	484
April–septembar	564	476	590	534
Oktobar–mart	480	473	613	972
Januar–decembar (godišnja)	1042	945	1204	1499

Tabela 2. Količina padavina na meteorološkim stanicama Banjaluka, Sarajevo, Mostar i Bjelašnica za periode 1961–1990 i 2001–2014. god. na sezonskom i godišnjem nivou

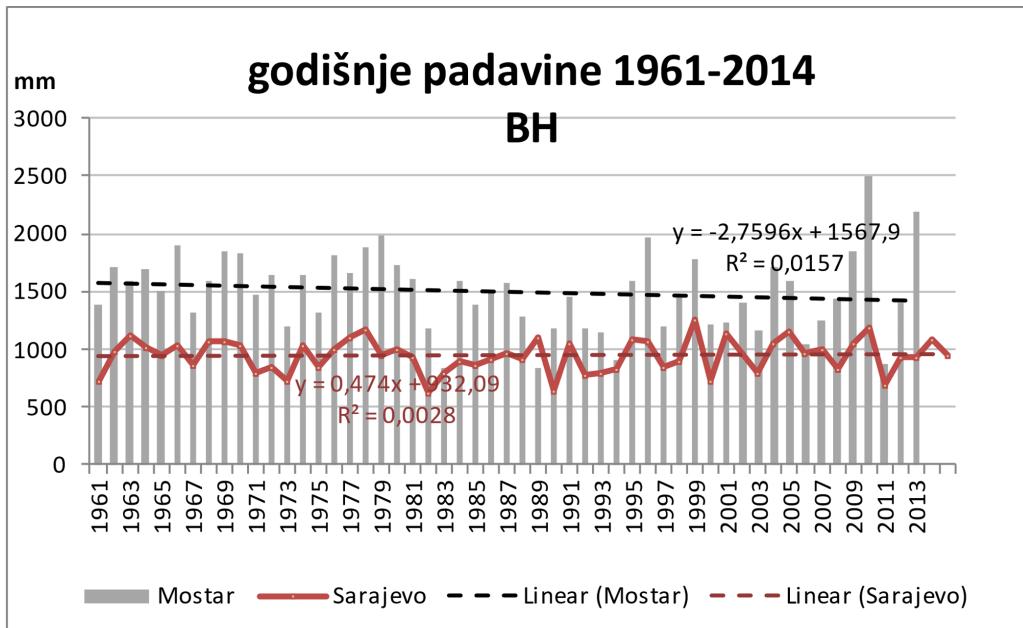
Sezona	Period	Banja Luka	Sarajevo	Mostar	Bjelašnica
Proljeće	1961–1990	262	226	379	252
	2001–2014	279	243	364	309
	odstupanje %	6.5	7.5	-4	22.6
Ljeto	1961–1990	298	242	196	293
	2001–2014	271	230	191	335
	odstupanje %	-9.1	-5	-2.6	14.3
Jesen	1961–1990	248	241	450	325
	2001–2014	268	278	459	417
	odstupanje %	8.1	15.4	2	28.3
Zima	1961–1990	221	226	500	246
	2001–2014	236	233	524	331
	odstupanje %	6.8	3.1	4.8	34.6
Godina	1961–1990	1029	932	1522	1114
	2001–2014	1054	984	1527	1397
	odstupanje %	2.4	5.6	0.03	25.4



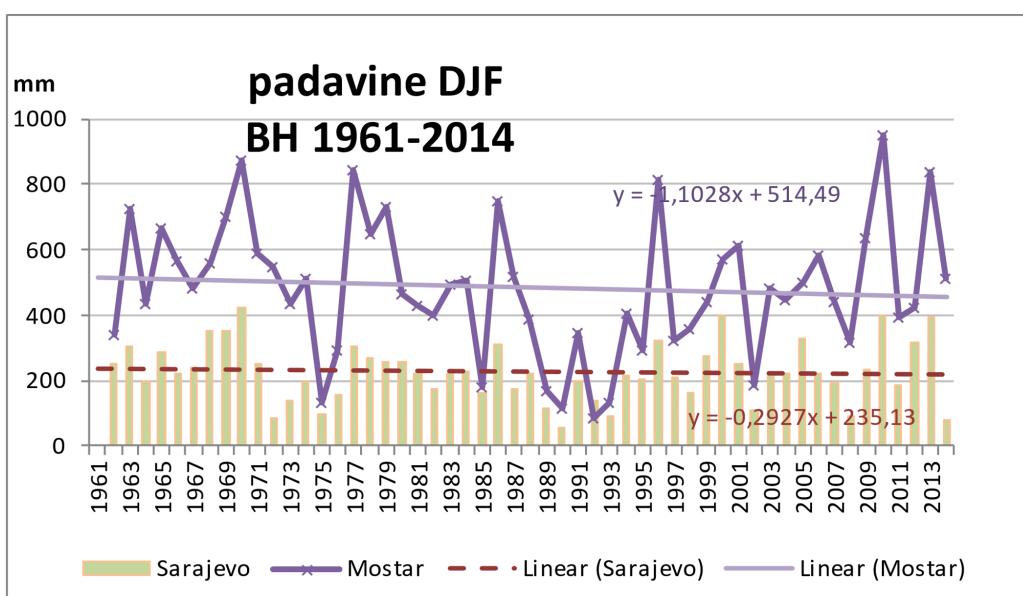
Grafikon 1: Trend padavina u Sarajevu i Mostaru za period oktobar–mart, 1961–2014. godine
(Izvor: RHMZ RS, FHMZ BIH)



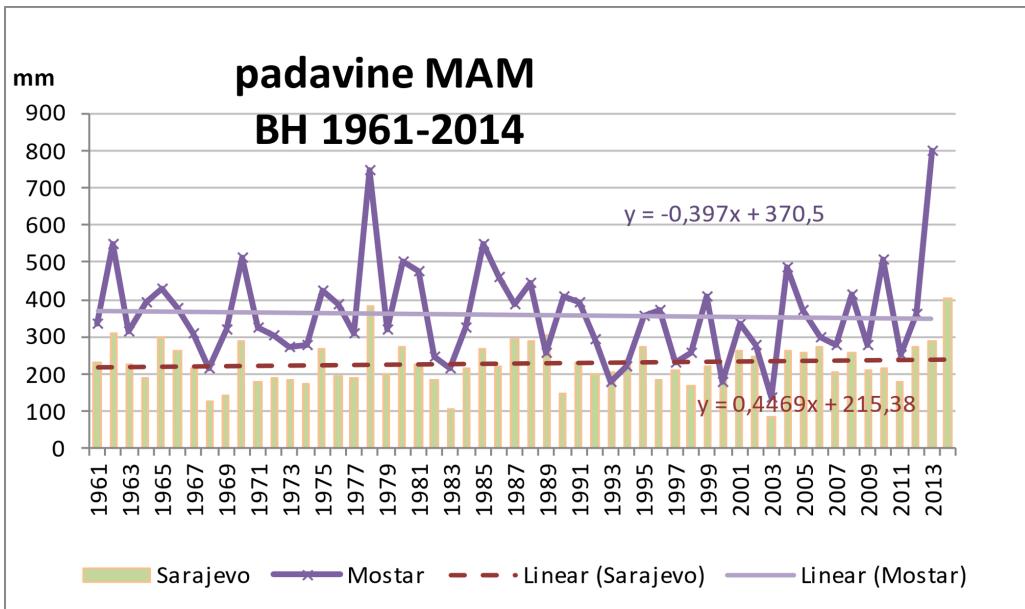
Grafikon 2. Trend padavina u Sarajevu i Mostaru za period april–septembar, 1961–2014. godine
(Izvor: RHMZ RS, FHMZ BIH)



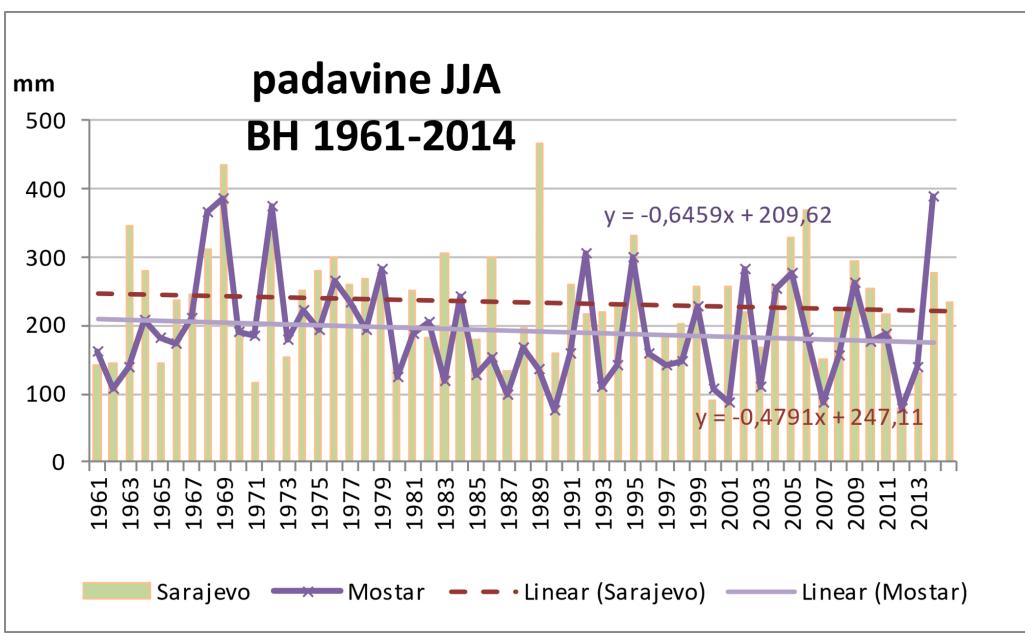
Grafikon 3: Trend padavina u Sarajevu i Mostaru na godišnjem nivou, 1961–2014. godine
(Izvor: RHMZ RS, FHMZ BIH)



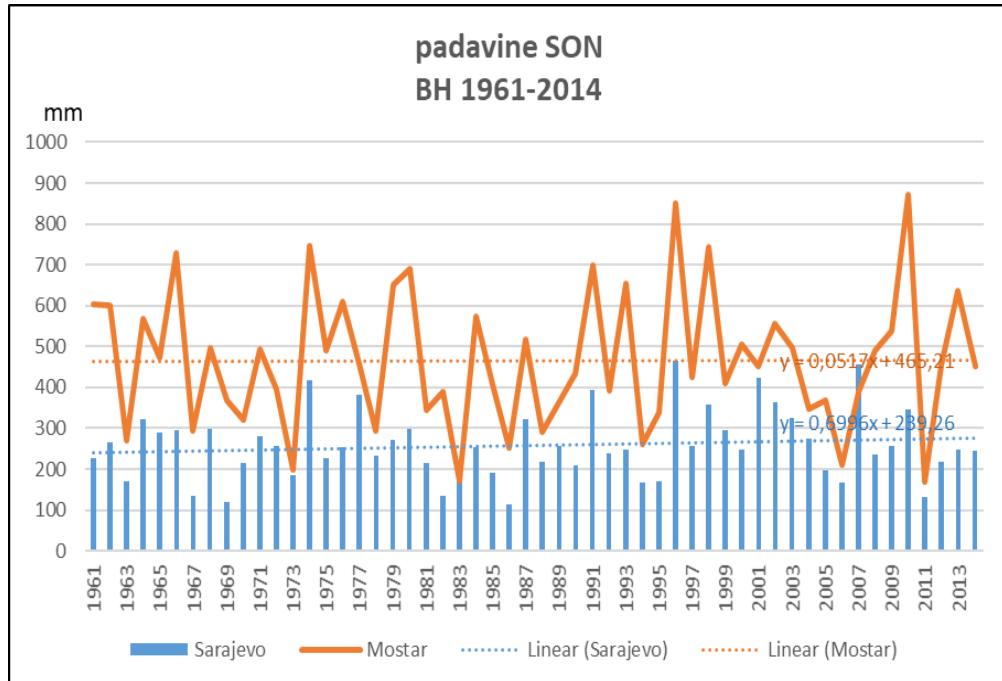
Grafikon 4. Trend padavina u Sarajevu i Mostaru za sezonu zima, 1961–2014. godine
(Izvor: RHMZ RS, FHMZ BIH)



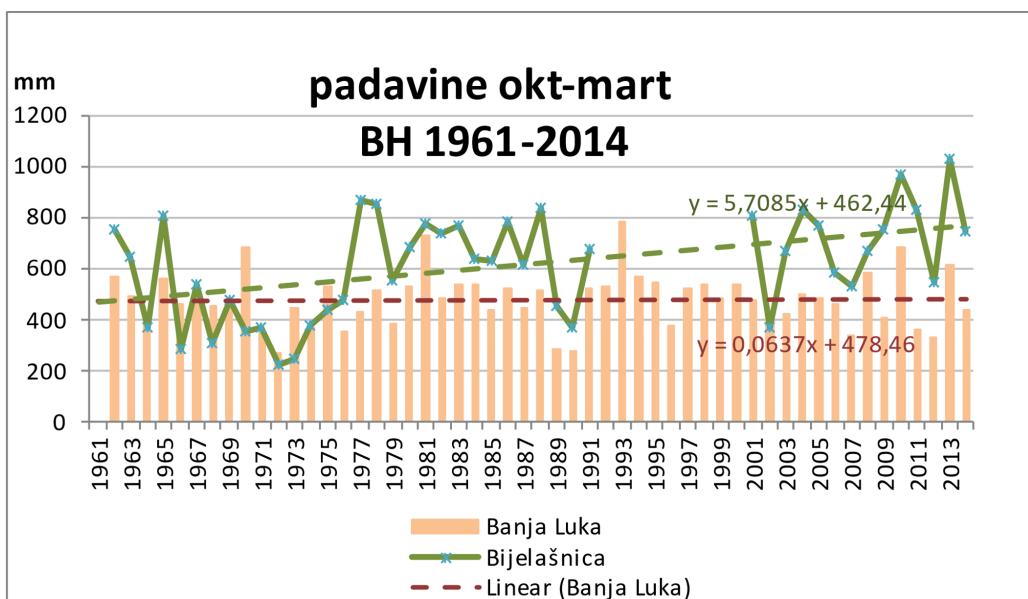
Grafikon 5. Trend padavina u Sarajevu i Mostaru za sezonu proljeće, 1961–2014. godine
(Izvor: RHMZ RS, FHMZ BIH)



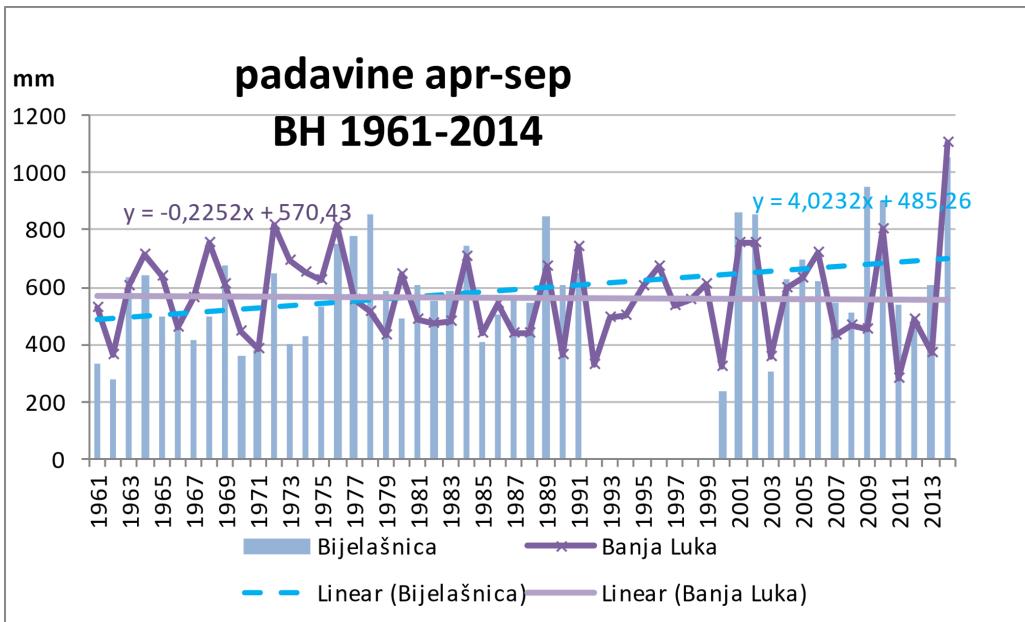
Grafikon 6. Trend padavina u Sarajevu i Mostaru za sezonu ljeta, 1961–2014. godine
(Izvor: RHMZ RS, FHMZ BIH)



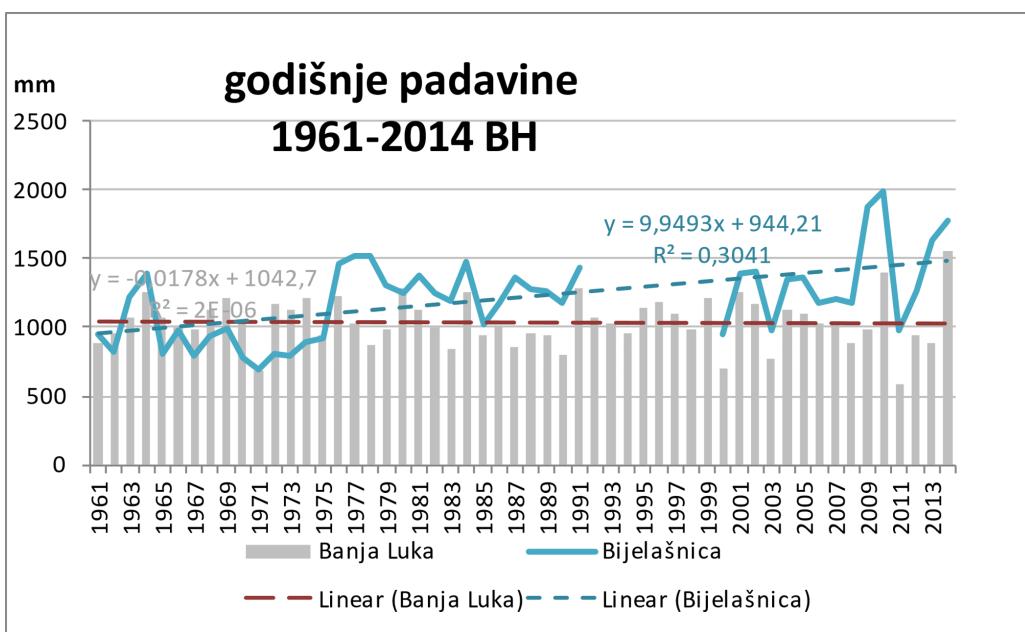
Grafikon 7. Trend padavina u Sarajevu i Mostaru za sezonu jesen, 1961–2014. godine
(Izvor: RHMZ RS, FHMZ BIH)



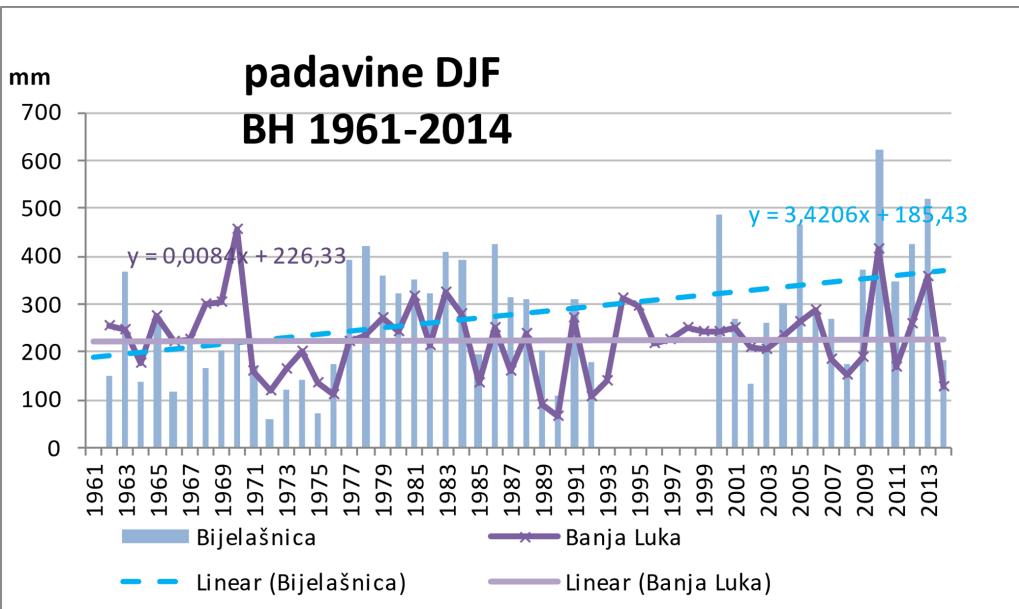
Grafikon 8. Trend padavina Banjaluka–Bjelašnica za period oktobar–mart, 1961–2014. godine
(Izvor: RHMZ RS, FHMZ BIH)



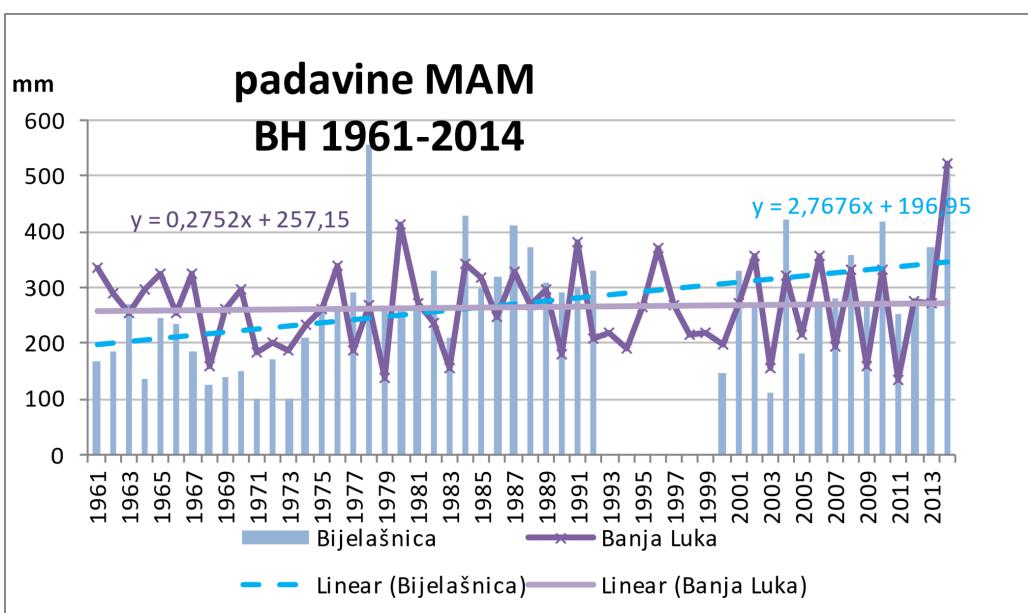
Grafikon 9. Trend padavina Banjaluka–Bjelašnica za period april–septembar, 1961–2014. godine
(Izvor: RHMZ RS, FHMZ BIH)



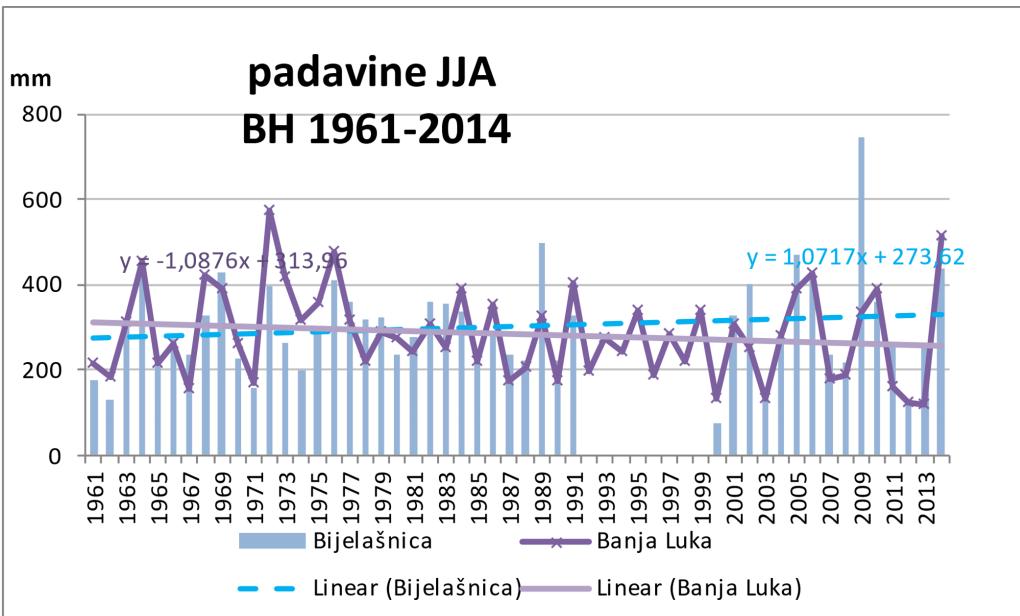
Grafikon 10. Trend padavina Banjaluka–Bjelašnica na godišnjem nivou, 1961–2014. godine
(Izvor: RHMZ RS, FHMZ BIH)



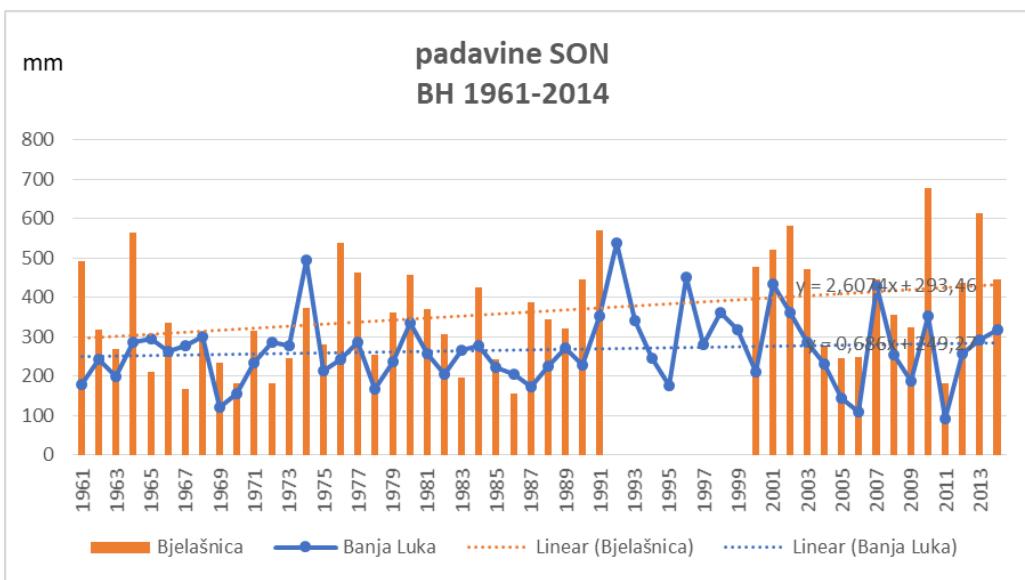
Grafikon 11. Trend padavina Banjaluka–Bjelašnica za sezonu zima, 1961–2014. godine
(Izvor: RHMZ RS, FHMZ BIH)



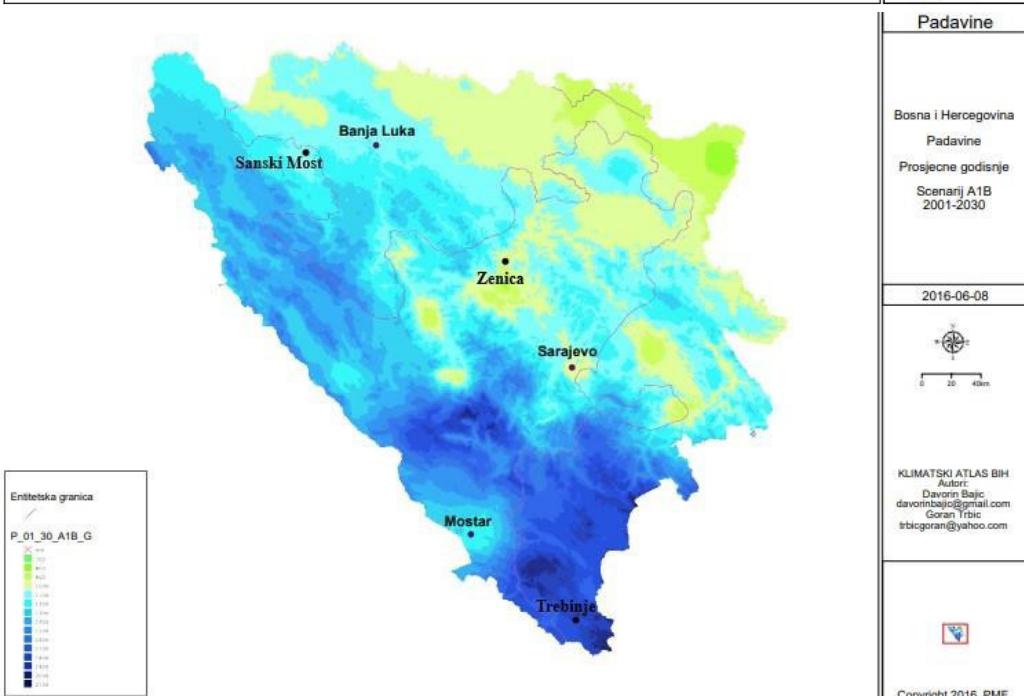
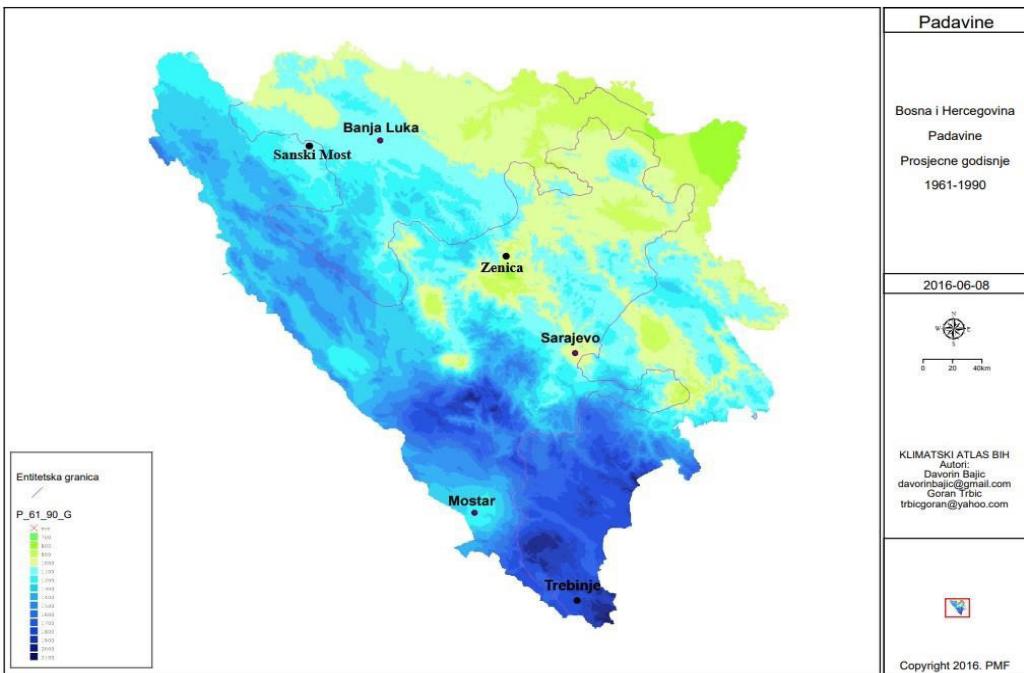
Grafikon 12. Trend padavina Banjaluka–Bjelašnica za sezonu proljeće, 1961–2014. godine
(Izvor: RHMZ RS, FHMZ BIH)

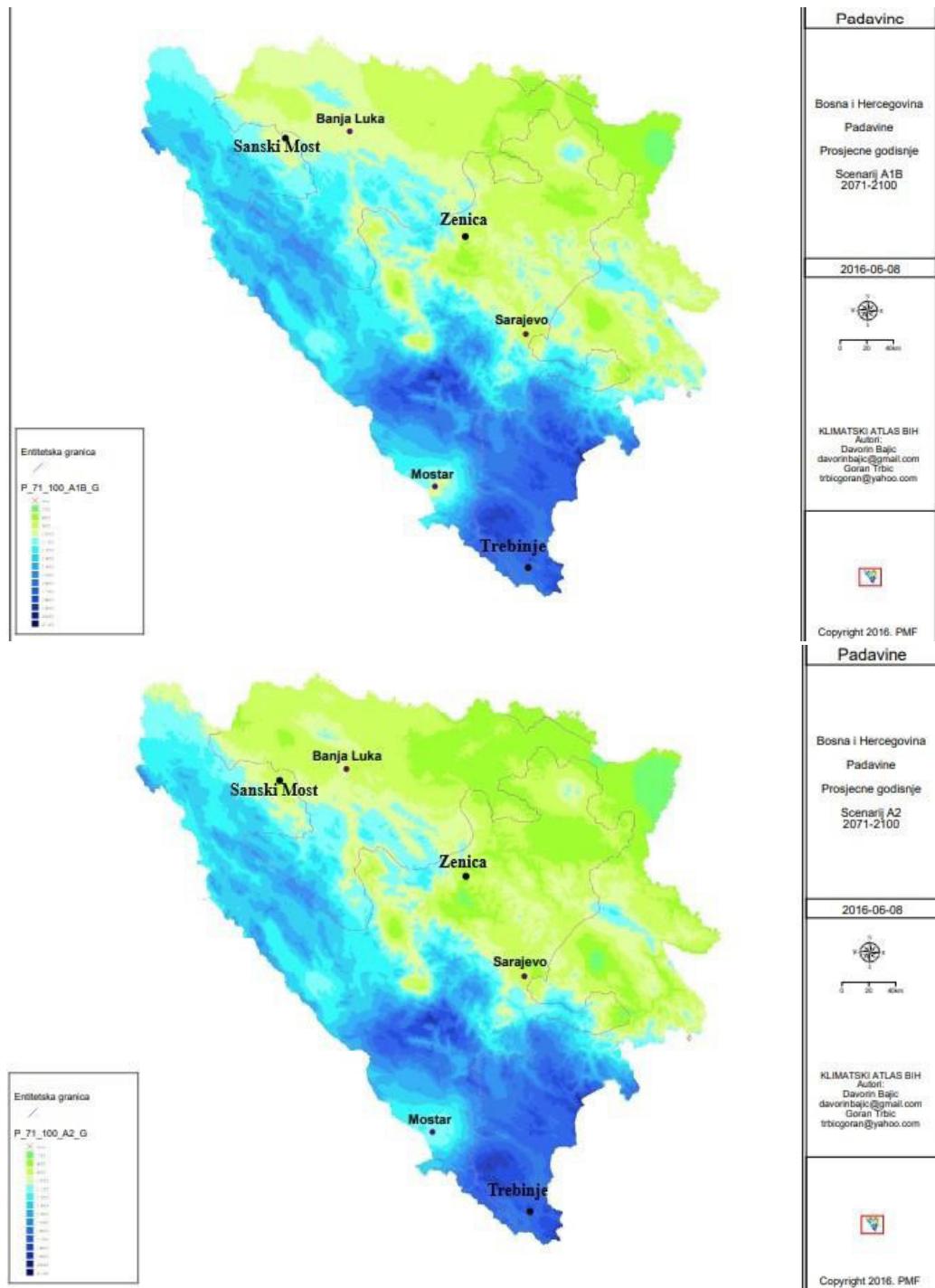


Grafikon 13. Trend padavina Banjaluka–Bjelašnica za sezonu ljeto, 1961–2014. godine
(Izvor: RHMZ RS, FHMZ BIH)

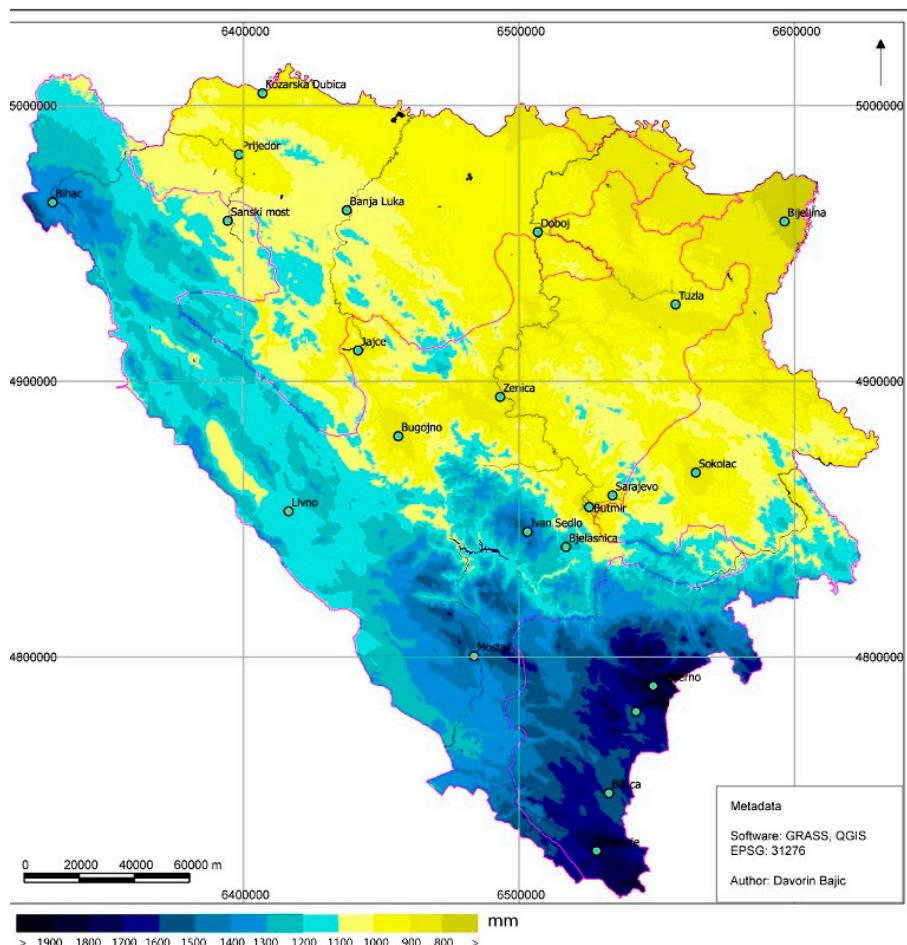


Grafikon 14. Trend padavina Banjaluka–Bjelašnica za sezonu jesen, 1961–2014. godine
(Izvor: RHMZ RS, FHMZ BIH)

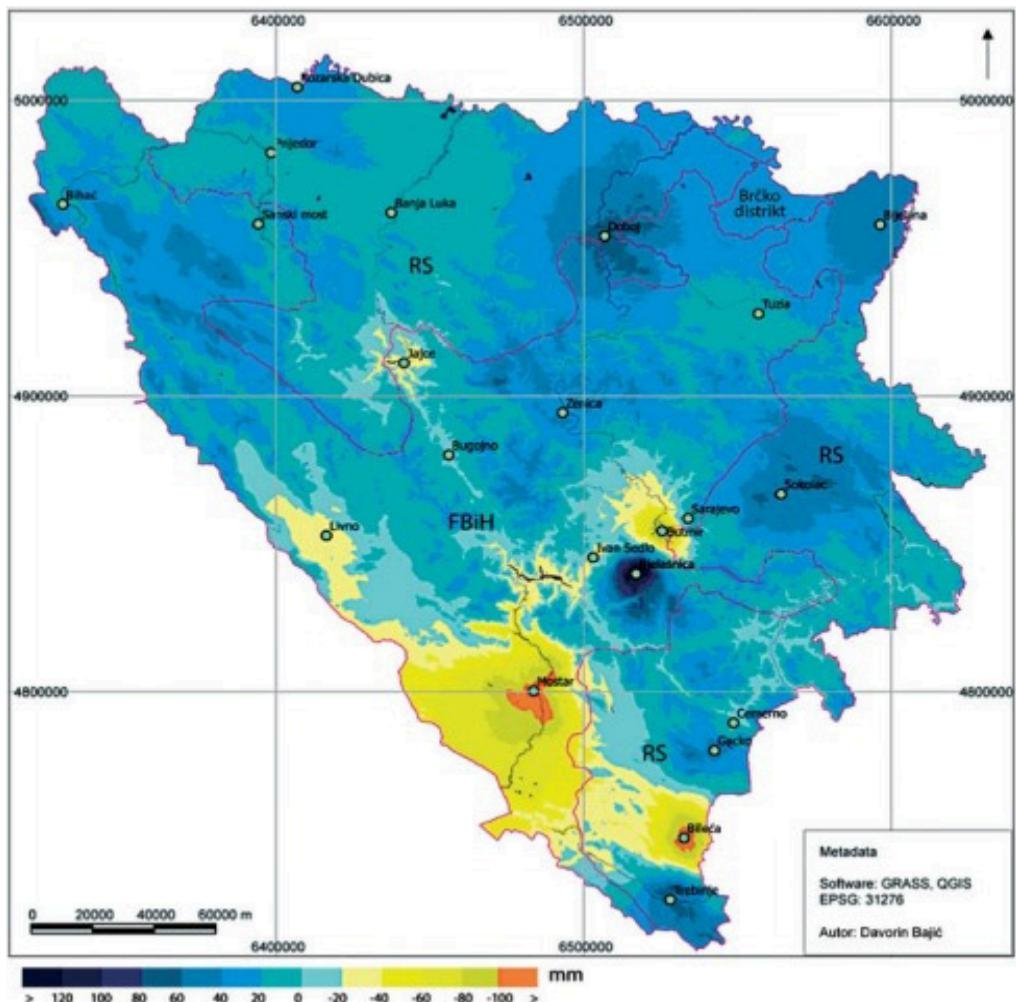




Slika 1. Prosječne godišnje količine padavina u periodu 1961–1990 i za buduće predviđene scenarije
(Izvor: Klimatski atlas BiH)



Slika 2. Prostorna distribucija srednje godišnje količine padavina u BiH, period 1981–2010. godine
(Izvor: SNC BiH prema UNFCCC)



Slika 3. Promjene u godišnjoj količini padavina u Bosni i Hercegovini (za period 1981–2010 u poređenju sa periodom 1961–1990. godine)

(Izvor: Drugi nacionalni izvještaj Bosne i Hercegovine za UNFCCC)

ANALYSIS OF PRECIPITATION TRENDS IN CONTEXT OF CLIMATE CHANGE IN BOSNIA AND HERZEGOVINA

Author: VANJA MIRJANA VUJIĆ

Email: vanjamirjana11@gmail.com

Mentor: Prof. Goran Trbić

Faculty of Science, University of Banja Luka

Introduction: Pluviometric regime represents the distribution of precipitation by months during the year in a certain area. Analysis of the pluviometric precipitation regime is essential for both the population and the economy and all its branches that depend to some extent on precipitation. The paper investigates the precipitation trend in Bosnia and Herzegovina.

Aim: Based on the data from meteorological stations, an analysis of the trend of extreme precipitation was performed, where the increase of interannual precipitation variability and the frequency of years with extreme precipitation were shown. Shifts of extreme rainy and dry periods and their impact on the occurrence of floods and droughts affect the complexity of solutions for the construction of irrigation and drainage systems. The main goal of the research is to determine the changes in monthly, seasonal and annual precipitation values in the area of Banja Luka, Sarajevo, Bjelašnica and Mostar in the period 1961–2014 in the context of climate change in Bosnia and Herzegovina. The obtained results indicate the need to include the data in the preparation of planning and strategic documentation.

Material and Methods: The paper analyzes the trends of average annual and seasonal precipitation. The material and data were taken from statistical yearbooks from the Republic Hydrometeorological Institute of the Republic of Srpska (RHMZ RS) and the Federal Hydrometeorological Institute of Bosnia and Herzegovina (FHMZ BIH).

Results: The results of the analysis show a general increase in extreme precipitation and a longer period of drought, i.e., variability of weather conditions. The increase in intense precipitation became more pronounced at the beginning of the 21st century, and greater variability in precipitation was observed.

Conclusion: A trend of change in the pluviometric regime and frequent intense rainfall was observed. This represents a change in the precipitation regime, especially in combination with the increase in air temperature. The result of such changes will be lower soil moisture, i.e., drought, as well as an increased possibility of floods, due to frequent rainfall.

Keywords: precipitation; trend; climate change; Bosnia and Herzegovina

FTIR SPEKTROSKOPSKA I HEMOMETRIJSKA KARAKTERIZACIJA ORGANSKE MATERIJE ZEMLJIŠTA SA RAZLIČITIM C/N ODNOSOM

Autor: STEFAN VIDOVIĆ, Mihajlo Ćirić

e-mail: stefan13041993@gmail.com

Mentor: Redovni profesor dr Branislav Jović

Departman za hemiju, biohemiju i zaštitu životne sredine, Katedra za fizičku hemiju

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Novom Sadu

Uvod: Sa porastom populacije, potreba za poljoprivrednim dobrima je sve veća. Osim toga, pitanju zaštite životne sredine se pridaje nikad veći značaj. Zadovoljenje visoke potražnje sa dugoročnim efektom na okolinu omogućeno je simultanom primenom informacione tehnologije, kvalitetne analize uzorka, sofisticiranog monitoringa rada (GPS, GIS, RS) i dr. Ovime se razvila nova grana poljoprivrede, precizna poljoprivreda.

Cilj: Cilj je prikupljanje značajnih informacija za razvoj brzih metoda i modela za određivanje azotne potrebe zemljišta primenom FTIR spektroskopije iz srednje oblasti. Prikupljene informacije mogu biti od značaja za kalibriranje i razvijanje novih metoda daljinske detekcije.

Materijal i metode: Uzorci su uzeti sa petnaest različitih lokacija na teritoriji Vojvodine i pripremljeni u laboratorijskim uslovima (osušeni i prosejani). Korišćeni su uzorci čistog zemljišta, kao i uzorci sa dodatim amidima sa različitim sadržajem organskog azota (urea, N-metilbenzamid i guanidin). Takvi uzorci su dalje analizirani primenom difuzione refleksione metode infracrvene spektroskopije DRIFT iz srednje oblasti, u cilju određivanja potencijalne brze klasifikacije zemljišta.

Rezultati: Spektri snimljeni u srednjoj infracrvenoj oblasti su prvo spektralno a zatim statistički obrađeni u cilju ekstrakcije korisnih informacija. Izvršena je kvalitativna klasifikacija zemljišta sa različitim sadržajem organske materije u odnosu na C/N odnos, analizom glavne komponente i klaster analizom. Obe metode su pokazale vrlo dobru klasifikaciju zemljišta, zemljište sa dodatom ureom pokazalo je značajno bolje grupisanje u odnosu na ostale grupe. Takođe, kao vrlo korisne informacije određeni su opsezi talasnih dužina koji su odgovorni za razlikovanje ispitivanog zemljišta.

Zaključak: Rezultati klaster analize i analize glavne komponente u dobroj meri se poklapaju. Korišćenjem tehnika infracrvene spektroskopije uz hemometriku mogu se dobiti brze, nedestruktivne i u dovoljnoj meri tačne informacije za određivanje organske materije zemljišta sa različitim C/N odnosom. Dobijeni rezultati se mogu iskoristiti za poboljšanje metoda daljinske detekcije.

Ključne reči: FTIR; PCA; klaster analiza; DRIFT

UVOD

Sa porastom populacije, potreba za poljoprivrednim dobrima je sve veća. Osim toga, pitanju zaštite životne sredine se pridaje veliki značaj, što znači da se visoka potražnja mora uskladiti sa dugoročnim pozitivnim efektom na životnu sredinu. Ovo je omogućeno simultanom primenom informacione tehnologije, kvalitetne analize uzorka, sofisticiranog monitoringa rada i dr. [1] Uvođenje geografskog informacionog sistema (GIS, eng. *geographic information systems*), globalnog pozicionog sistema (GPS, eng. *global positioning system*) i daljinske detekcije (RS, eng. *remote sensing*) razvila se nova grana poljoprivrede, precizna poljoprivreda [1–3]. Ona podrazumeva ekstenzivno prikupljanje

informacija o zemljištu i drugim faktorima na željenom prostoru, obradu informacija, njihovu interpretaciju i korišćenje prilikom donošenja odluka o daljim poljoprivrednim operacijama [2]. Razvojem metoda daljinske detekcije, prikupljanje informacija je dobilo na efikasnosti, koja se dodatno povećava uvođenjem bespilotnih letelica i poljoprivredne mašinerije na automatsko navođenje, sa ugrađenim senzorima za daljinsku detekciju [3, 4]. Implementacija precizne poljoprivrede dovodi do produktivnije proizvodnje, ne samo zbog povećane količine i kvaliteta proizvoda, nego i zbog adekvatnijeg korištenja resursa [3–5]. Ovo takođe ograničava negativan uticaj proizvodnje na životnu sredinu [2].

Za potrebe precizne poljoprivrede, standardna metoda analize zemljišta je previše složena i dugotrajna u poređenju sa dostupnim indirektnim metodama merenja, kao što su refleksiona spektroskopija i hiperspektralno fotografisanje, koje su pogodnije za implementaciju u sistem za daljinsku detekciju.

Zbog uloge azota u razvoju biljaka, njegov udeo u zemljištu, u organskom, nitratnom i amonijačnom obliku, jedan je od glavnih parametara zemljišta. Ammonijačni i nitratni oblici azota su esencijalni za rast biljaka. Azot se u ovim oblicima može naći zbog svog neprestanog kruženja u ekosistemu, koje podrazumeva pet glavnih koraka [6, 7]:

- biološka fiksacija elementarnog azota
- amonifikacija organskih oblika azota
- nitrifikacija azota do nitritnog oblika, a zatim oksidacija do nitrata
- asimilacija azota u mikrobiyalnu biomasu
- denitrifikacija

Procesi fiksacije, amonifikacije i nitrifikacije su odgovorni za biološku pristupačnost azota biljkama. Da bi zadovoljio potrebe masovne proizvodnje, čovek koristi organska i neorganska đubriva koja povećavaju dostupnost hranljivih materija biljkama. Količina azota dodata ovim putem najčešće prevazilazi potrebe uzgajanih kultura, gde se samo oko 30–50% dodatog azota apsorbuje [7, 8]. Ovo prekomerno korišćenje đubriva dovodi do poremećaja kruženja azota i njegove povećane količine u ekosistemu, što može imati posledice po životnu sredinu. Ovo može podrazumevati različite klimatske promene, kao i poremećaj kruženja drugih elemenata u ekosistemu [6].

Prekomerno dodavanje đubriva se može izbeći poznavanjem udela azota u korišćenom zemljištu. Implementacija precizne poljoprivrede omogućava određivanje tačne količine potrebnog đubriva ne samo za različita obradiva polja, nego i za različite delove unutar jednog polja [1]. Cilj ovog rada je prikupljanje značajnih informacija za razvoj brzih metoda analize i modela za identifikaciju azotne potrebe zemljišta primenom difuziono refleksione infracrvene spektroskopije (DRIFT, eng. *diffuse reflectance infrared Fourier transform spectroscopy*) iz srednje IR oblasti. Konkretno, izvršena je klaster i PCA (eng. *principal component analysis*) hemometrijska kvalitativna karakterizacija uzorka zemljišta koja sadrže organsku materiju sa različitim C/N odnosom (ugljenika i azota), na bazi DRIFT spektroskopije. U laboratorijskim uslovima su definisani uzorci sa različitim sadržajem organskog azota (urea, N-metilbenzamid i guanidin) i prikupljene su informacije koje mogu biti od značaja u razviću metoda daljinske detekcije. Takođe, određeni su spektralni opsezi karakterističnih talasnih dužina pogodnih za kvalitativnu i kvantitativnu analizu organske materije sa azotom, drugim rečima, prikupljene su korisne informacije za razvoj brze metode na bazi daljinske detekcije.

MATERIJAL I METODE

Uzorci i obrada uzorka:

Uzorci koji su uzeti sa petnaest različitih lokacija na teritoriji Vojvodine (najčešći tipovi zemljišta: černozem, solonjec, vertisol, fluvisol, arenosol), osušeni i pripremljeni za dalju obradu. Odmereno je 100 g uzorka čiste zemlje, koji je samleven i homogenizovan u avanu sa tučkom. Za drugi uzorak odmereno je takođe 100 g čiste zemlje kojem je dodato 3 g uree (sadržaj azota 46%) i homogenizovano je. Treći uzorak je pripremljen na isti način, odmerenih 100 g čiste zemlje homogenizovano je u avanu sa tučkom i u toku homogenizacije dodato je 3 g N-metilbenzamid (sadržaj azota 10,3%). U četvrtom uzorku je takođe odmereno 100 g čiste zemlje i dodato je 3 g guanidina (sadržaj azota 71,19%), koji su takođe homogenizovani. Tako homogenizovani uzorci čiste zemlje i čiste zemlje u koju su dodati urea, N-metilbenzamid, guanidin dalje su analizirani metodom DRIFT spektroskopije.

Svaki uzorak je snimljen na FTIR spektrometru *Thermo-Nicolet Nexus 670* u srednjoj infracrvenoj oblasti ($4000-500\text{ cm}^{-1}$). Prilikom snimanja, svaki uzorak je sniman 3 puta na 60 skenova po uzorku u rezoluciji 4 cm^{-1} .

Za obradu podataka, korišten je program *OMNIC Thermo Scientific 6.0*. Spektralni podaci su obrađivani u cilju dobijanja boljih informacija, sa svih spektara je uklonjen CO_2 , nakon toga je izvršeno „peglanje“ spektara pomoću *Smooth 17 cm⁻¹* filtera, zatim je vršeno usrednjavanje po 4 spektra i promenjen je *data spacing* na 4 cm^{-1} . Ovako obrađeni spektri čuvani su u .csv formatu (*comma separated value*). Ovako sačuvani spektri su se ubacivali u *Microsoft Office Excell* kako bi se transponovala matrica. PCA i klaster analize su rađene u softveru *Statistica 14.0*.

Korišćeni amidi:

Urea ili karbamid je kristalna organska supstanca sa hemijskom formulom $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ molekulske mase 60,06g/mol, proizvođač *Merck* i čistoće 99,7%. Urea je u širokoj upotrebi u đubrивu kao podesni izvor azota [9].

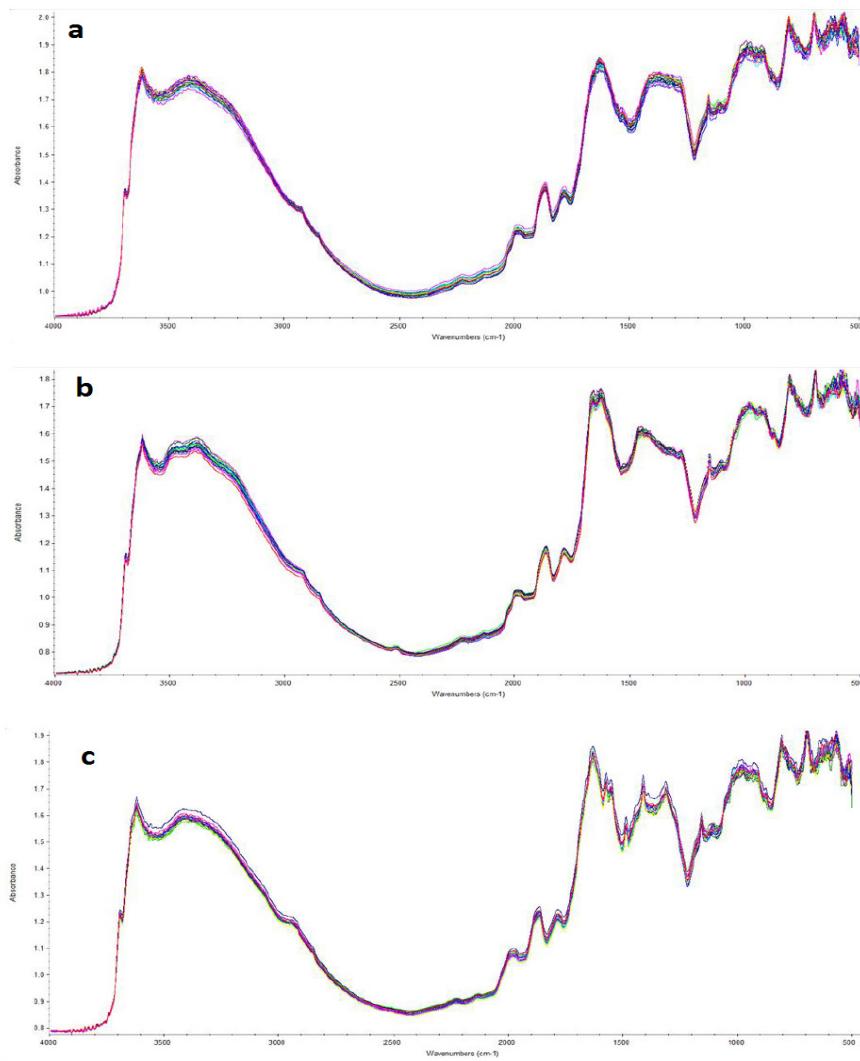
N-metilbenzamid je bela kristalna supstanca sa hemijskom formulom $\text{C}_7\text{H}_9\text{N}$ molarne mase 135,16 g/mol, proizvođač *Merck* i čistoće 99,7%.

Guanidin je bela krsitalna supstanca, sa hemijskom formulom CH_5N_3 molekulske mase 59,05 g/mol, proizvođač *Merck* i čistoće 99,7%.

REZULTATI I DISKUSIJA

Vizuelno ispitivanje i asignacija traka:

Spektri su snimljeni u srednjoj infracrvenoj oblasti i obrađeni u *OMNIC Thermo Scientific 6.0*. U Tabeli 1 prikazane su trake uočene u spektrima i data je njihova asignacija dobijena poređenjem sa literaturnim podacima. Na Slici 1 prikazani su spektri ispitivanih grupa zemljišta:



Slika 1. IR spektri a) čiste zemlje bez dodatih amida, b) zemlja sa ureom, c) zemlja sa N-metilbenzamidom

Tabela 1. Asignacija traka prilikom analize zemljišta u srednjoj IR oblasti

Opseg	Posmatrane trake	Asignacije ^{16-18,2}
3710–3250	3695, 3626, 3398	OH vibracije minerala gline
3000–2850	2925	C-H alifatična istezanja
2550–2480	2517	Karbonati, kalcit
2000–1700	1976, 1872, 1796	Kvarc I kaolinit
1700–1550	1623	Vibracije molekula vode
1550–1300	1510, 1450	Aromatične C-C veze lignina, alifatične deformacije
1190–850	1159, 980	Aluminosilikati
850–760	812	Kaolin

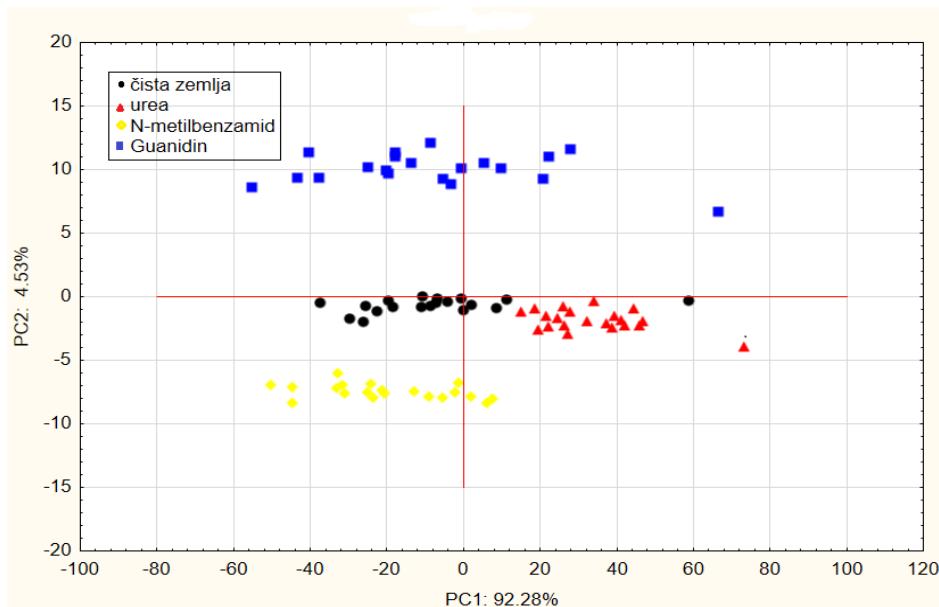
Iz razlike u asignaciji traka IR spektra čiste zemlje i zemlje u koju su dodati amidi može se zaključiti da se sve značajne razlike nalaze u opsegu $1700\text{--}1300\text{ cm}^{-1}$. U ovoj oblasti se javljaju valencione trake amidne grupe na talasnom broju $1650 \pm 49\text{ cm}^{-1}$.

Na spektru zemlje sa ureom, valenciona traka amidne grupe i N-H vibracije, koje se takođe nalaze u tom opsegu, očekivane su razlike u odnosu na spektar čiste zemlje, zbog toga što urea nema alkil niz. Na $3500\text{--}3300\text{ cm}^{-1}$ nalaze se dve trake N-H istezanja vrlo slabog intenziteta.

Na spektru zemlje sa N-metilbenzamidom takođe je prisutna valenciona traka amidne grupe i N-H vibracije. U opsegu $1600\text{--}1400\text{ cm}^{-1}$ nalaze se višestruke trake C=C istezanja aromatičnog prstena srednjeg i slabog intenziteta.

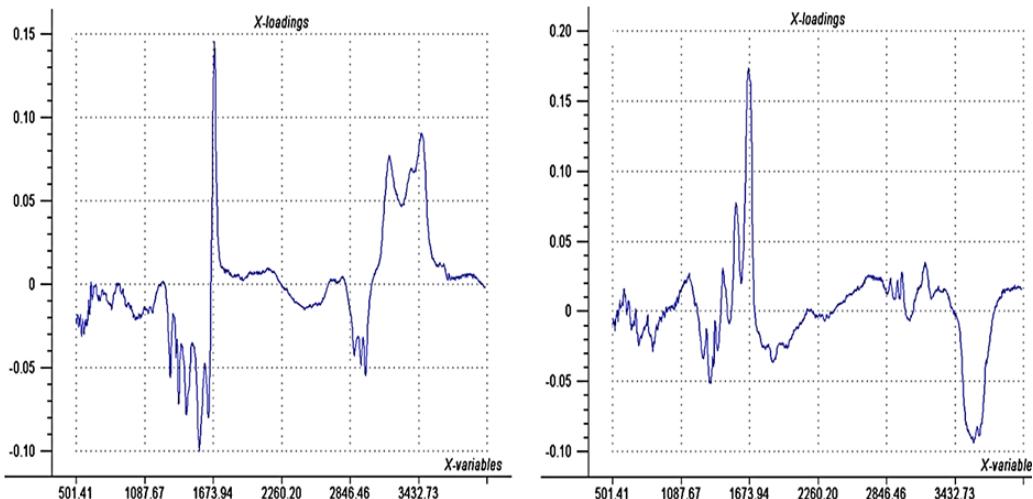
Na spektru zemlje sa guanidinom takođe su uočene značajne razlike u opsegu $1700\text{--}1300\text{ cm}^{-1}$. U ovoj oblasti se javljaju takođe valenciona traka amidne grupe i N-H vibracije.

Analiza glavnih komponenti:



Slika 2. Grafički 2D prikaz PCA analize za ispitivane uzorke zemljišta sa dodatim amidima

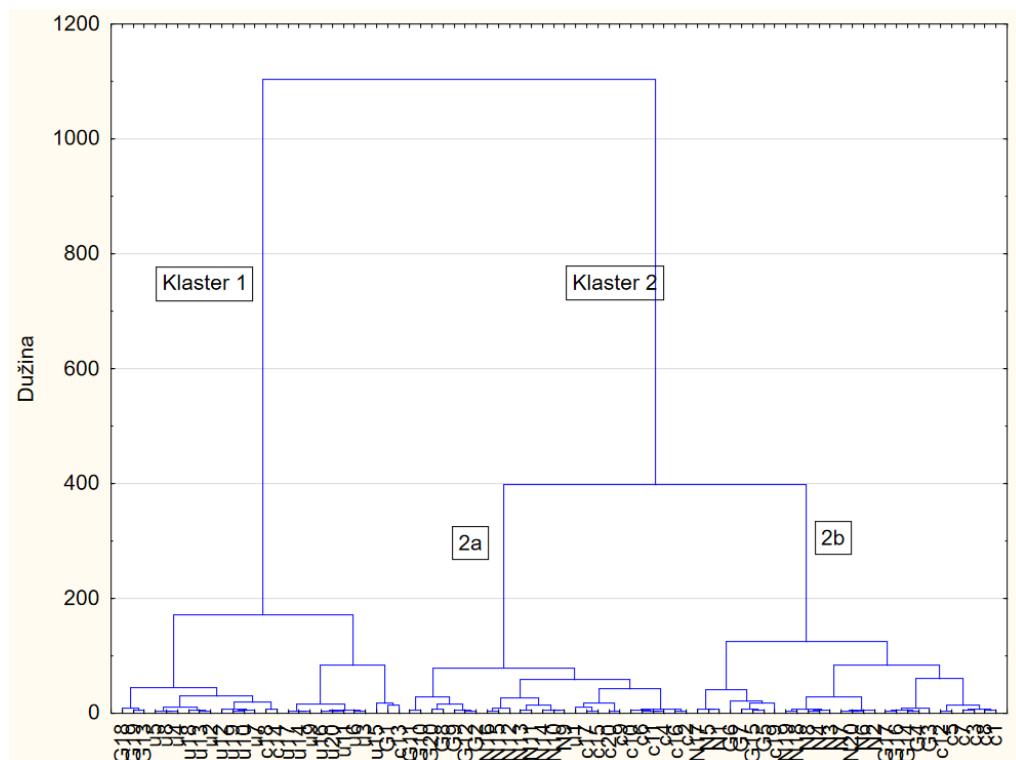
Na Slici 2 se može uočiti da su neki uzorci zemljišta dobro razdvojeni u sistemu koordinata glavnih komponenti. Najbolje razdvajanje svih grupa ispitivanog zemljišta je po drugoj glavnoj komponenti. Prva glavna komponenta opisuje varijanse 92,28%, dok druga glavna komponenta opisuje 4,53%. Uzorci koji su dobro razdvojeni prema prvoj glavnoj komponenti su uzorci sa ureom. Najznačajnije talasne dužine koje su odgovorne za raspodelu prikazane su na *loading* grafiku.



Slika 3. Loading grafik prve i druge glavne komponente

Sa Slike 3 može se zaključiti da je za razdvajanje komponenti najznačajniji opseg talasnih dužina $1700\text{--}1500\text{ cm}^{-1}$, što odgovara trakama amidne grupe i C=O istezanjima.

Klaster analiza



Slika 4. Dendrogram za klaster analizu ispitivanih uzoraka

Na Slici 4 prikazan je dendrogram za klaster analizu ispitivanih uzoraka rađenu Ward-ovom metodom. Na dendrogramu se mogu uočiti dva velika klastera. Svi uzorci sa ureom se nalaze u klasteru 1. Klaster 2 sadrži dva podklastera 2a i 2b. U ovim podklasterima se nalaze uzorci čiste zemlje i zemlje sa N-metilbenzamidom i guanidinom koji se u određenoj meri poklapaju. Rezultati klaster analize i analize glavne komponente se u dobroj meri poklapaju.

ZAKLJUČAK

U ovom radu je ispitivana mogućnost spektroskopskog razlikovanja zemljišta sa različitim sadržajem organskog azota u različitim oblicima. Korišćenjem tehnika infracrvene spektroskopije mogu se dobiti brze nedestruktivne i u dovoljnoj meri tačne informacije za određivanje C/N odnosa u zemljištu. Izvršena je PCA i klaster hemometrijska kvalitativna analiza zemljišta. Kod PCA, najbolje razdvajanje je po prvoj i drugoj glavnoj komponenti. PCA i klaster analiza daju slična grupisanja podataka. Ovaj rad prikazuje samo preliminarna merenja, dobijene informacije se mogu koristiti za dalje poboljšavanje metoda satelitske daljinske detekcije [10].

LITERATURA

- [1] Cisternas I., Velásquez I., Caro A., Rodríguez A. Systematic literature review of implementations of precision agriculture, *Computers and Electronics in Agriculture*, 2020, 176
- [2] Shibusawa S. Precision farming approaches to small-farm agriculttrue, *IFAC Proceedings Volumes*, 2001, 34 (11), 22–27
- [3] Gebbers R., Adanchuk V. I., Precision Agriculture and Food Security, 2010, 327 (5967), 327–331
- [4] Zhang C., Kovacs J. M. The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review, *Precision Agriculture*, 2012, 13, 693–712
- [5] Yost M. A., Kitchen N. R., Sudduth K. A., Sadler E. J., Drummond S. T., Volkmann M. R. Long-term impact of a precision agriculture system on grain crop production, *Precision Agriculture*, 2017, 18, 823–842
- [6] Gruber N., Galloway J. N. An Earth-system perspective of the global nitrogen cycle, *Nature*, 2008, 451, 293–296
- [7] Pathak H., Jain N., Bhatia A., Kumar A., Chatterjee D. Improved Nitrogen Management : A Key to Climate Change Adaptation and Mitigation, *Indian Journal of Fertilisers*, 2016, 12, 151–162
- [8] Houlton B. Z., Almarez M., Aneja V., Austin A. T., Bai E., Cassman K. G., i dr. A world of co-benefits: Solving the global nitrogen challenge, *Earth's Future*, 2019, 7 (8), 865–872
- [9] F.J. Stevenson, "Hummus chemistry", *Genesis, Composition, Reactions*, 2nd ed. Wiley, New York, (1994)
- [10] Gislaine SilvaPereira, L.P. deMagalhães, F. da SilvaTerra, M.A. AnaniasDassan, D.F. Urbina Salazar, J.A.M.Dematte, *Geoderma*, 375 (2020) 114480

FTIR SPECTROSCOPY AND CHEMOMETRIC CHARACTERIZATION OF ORGANIC MATTER WITHIN SOIL WITH DIFFERENT C/N RATIO

Authors: STEFAN VIDOVIĆ, Mihajlo Ćirić

Email: stefan13041993@gmail.com

Mentor: Full Prof. Branislav Jović

Department of Chemistry, Biochemistry and Environmental Protection, Chair of Physical Chemistry

Faculty of Sciences, University of Novi Sad

Introduction: With the growth of population, the need for agricultural goods is ever-growing. Additionally, the importance of environmental protection is growing in significance. Fulfilling high demand while thinking of environmental issues is possible due to simultaneous use of information technology, high-quality sample analysis, and sophisticated monitoring (GPS, GIS, RS). Due to this, a new branch of agriculture is developed – precision agriculture.

Aim: The aim is to collect valuable data for the development of fast methods for determining soil's need for nitrogen, using the diffuse reflectance infrared Fourier transform spectroscopy (DRIFT) in mid wavelength range.

Material and Methods: Samples are taken from fifteen different locations on the territory of Vojvodina and prepared (dried and sifted) in a laboratory. Samples of pure soil and soil with added amides with various amounts of nitrogen (urea, N-methylbenzamide and guanidine) were used. Samples were analyzed by the DRIFT spectroscopy with the aim of determining a potential fast classification of soil.

Results: Specters taken in the mid infrared region were spectrally and statistically processed with the aim of extraction of useful information. Soils with different content of organic matter were qualitatively analyzed and classified according to their C/N ratio, by cluster and principal component analysis. Both methods showed good classification, while the soil with added urea showed the best grouping. Wavelength ranges that are responsible for the differentiation of the analyzed soils were also determined.

Conclusion: Results of cluster analysis and principal component analysis coincide to a great extent. Using infrared spectroscopy with chemometrics, it is possible to get quick, nondestructive and precise enough information for determining organic matter within the soil with a different C/N ratio. The obtained results may be used for the improvement of remote detection methods.

Keywords: FTIR; PCA; cluster analysis

SVOĐENJE KODNE RIJEČI U BINARNOM BROJNOM SISTEMU NA KODNU RIJEČ BROJNOG SISTEMA PROIZVOLJNE BAZE U KOJOJ JE REDOSLIJED KARAKTERA PROIZVOLJAN

Autor: STEFAN MARKOVIĆ, Dušica Kovač

e-mail: stefan.markovic670@gmail.com, kovac.dusica3@gmail.com

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Banjoj Luci

Uvod: U ovom radu (bavićemo se teorijom informacija i) predstavićemo teorijsku osnovu za manipulaciju brojnim sistemima kakvom je moguće nizove podataka predstavljati u najkraćem obliku, a da unutar samog podatka nije obavezno očuvanje niza karaktera i da je, pri tome, prvobitna informacija potpuno očuvana.

Cilj: Razvoj metoda konverzije binarnih kodnih riječi u drugačiji oblik zbog lakše manipulacije podacima.

Materijal i metode: Posmatramo proizvoljan binarni kod A(2) dužine L, takav da važi $A(10) \neq 0$, i iz tog binarnog koda biramo indekse mjesta na kojima se nalazi broj 1. Od izabralih indeksa pravimo novi skup S dužine N(S). Onda postoji broj n, takav da su njegove cifre sve cifre skupa S i predstavlja novu kodnu riječ proizvoljne baze (dekadna, heksadecimalna, pa čak i neke napravljene baze za ovu potrebu). Permutacijom elemenata skupa S dobijamo novi skup S'. Onda postoji broj n' takav da su njegove cifre iste onom rasporedu skupa S'. Po definiciji brojeva n i n' slijedi da su oni jednaki – iako su to, naizgled, sasvim različite kodne riječi.

Rezultati: Dobijamo novu kodnu riječ, proizvoljne baze, proizvoljnog rasporeda karaktera, koja nosi potpuno očuvanu prvobitnu informaciju.

Zaključak: Rezultat ovakve konverzije je kodna riječ u brojnom sistemu sa osobinom da jedan podatak (ili informacija) zauzima jedan, ili više oblika, za lakšu manipulaciju, te predstavlja teorijsku osnovu za nove metode manipulacije informacija u teoriji informacija i šire.

Ključne riječi: Teorija informacija; kodna riječ; niz karaktera; brojni sistemi

UVOD

Teorija informacija je matematički tretman koncepata, parametara i pravila koja regulišu prenos podataka putem komunikacionih sistema [1]. Cilj ovog metoda je razvoj metoda konverzije binarnih kodnih riječi u drugačiji oblik zbog lakše manipulacije podacima.

Definicija 1. *Brojčani sistem je matematički koncept zasnovan na skupu znakova (karaktera, simbola, cifara (konačna abeceda b)) i pravila njihovog kombinovanja za predstavljanje brojeva, odnosno količinskih vrijednosti.*

Prema vrijednosti b, može se dobiti mnogo različitih numeričkih sistema, koji se u današnjem životu najčešće koriste u komunikaciji podacima i računarstvu:

- decimalni (ili dekadni) sistem brojeva (dec): $b = 10$, sa abecedom

$$A = \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$$

- oktalni numerički sistem (oct): $b = 8$ i abeceda

$$A = \{ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 \}$$

- heksadecimalni (ili heksadekadni) brojčani sistem (hex): $b = 16$ i abeceda

$$A = \{ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F \} "[2].$$

U praksi postoji više kompresionih algoritama (koji služe za sažimanje podataka zbog lakšeg čuvanja i prenosa), kao što su: Lempel-Ziv, Lempel-Ziv-Welch, Shanon-Fano i Hoffman-ov algoritam. Svi oni su zasnovani na određenom metodu konverzije. Mi ćemo ovdje prikazati metod konverzije binarnog (pa čak i heksadecimalnog) u novi brojni sistem. Prednost konverzije koju radimo je u tome što novi brojni sistem ima karakteristike entropije (karakteri mogu da zauzmu bilo koji raspored). Zbog ovog svojstva, u daljem tekstu zvaćemo ga „entropijski brojčani sistem”.

METOD KONVERZIJE I PRAVILA BROJNOG SISTEMA

Ovaj metod je zasnovan na konverziji binarnih kodnih riječi koristeći indekse binarne kodne riječi. Indekse smatramo rednim brojevima koji označavaju poziciju svakog elementa binarne kodne riječi. Ti indeksi su članovi nekog skupa I i pripadaju brojčanom sistemu baze b . Definišemo da nam je dužina skupa I , $n(I) = b$. Tako da je svaki indeks jedinstven karakter. Nakon indeksiranja dobija se skup S tako da je on podskup od I , i sadrži sve one elemente skupa I koji predstavljaju indekse na kojima se nalazi 1 u binarnoj kodnoj riječi. U nastavku slijedi detaljan opis metoda konverzije.

Posmatrajmo binarnu kodnu riječ $A(2)$ dužine l takvu da $A(10) \neq 0$. Dekadna kodna riječ $A(10)$ je definisana kao:

$$A(10) = \sum_{i=0}^{l-1} A_{(2)}(i) 2^i \quad (1)$$

Sada posmatrajmo red iz jednačine (1):

$$\sum_{i=0}^{l-1} A_{(2)}(i) 2^i \quad (2)$$

Logaritmujemo red sa \log_2 i dobijamo relaciju:

$$\sum_{i=0}^{l-1} \log_2 2^i = \sum_{i=0}^{l-1} i$$

Znamo da za svaki konačan red sadrži niz a_i , čije vrijednosti možemo svrstati kao elemente nekog skupa S :

$$S = \{ a_i : a_i = i \}$$

Odatle elemente skupa S (čije indekse označavamo brojevima 1, 2, 3, ..., n) možemo uvrstiti u sljedeću relaciju, čime se dobija neki broj N ako i samo ako važi $S \neq \emptyset$

$$(\exists N): N = \sum_{i=1}^{n(S)} S(i) 10^{i-1} \quad (3)$$

Permutacijom elemenata skupa S dobijamo skup S' i za njega važi da:

$$(\exists S') \Rightarrow (\exists N'): N' = \sum_{i=1}^{n(S')} S'(i) 10^{i-1}$$

Znamo da

$$S = S'$$

Po definiciji skupova S i S' i definicijama brojeva N i N' važi sljedeće:

$$N = N' \quad (Q. E. D.)$$

Broj interpretacija kodne riječi

Iz ovako definisanih skupova i kodnih riječi vidimo da konverzijom u ovaj brojčani sistem dobijamo kodnu riječ koja može da ima više oblika i broj oblika definišemo kao $n!$, gdje n predstavlja broj karaktera u kodnoj riječi.

Interpretacija kodnih riječi u entropijskom brojnom sistemu

Ako dva ili više elemenata permutujemo kao jednu cjelinu – u tom slučaju broj *interpretacija* te kodne riječi je $\binom{n}{k}$; gdje je n ukupan broj karaktera unutar kodne riječi, a k je broj karaktera koje permutujemo kao jednu cjelinu.

Primjer 1. Posmatrajmo zadatu binarnu kodnu riječ $A(2)$ (ili $A_{(2)}$) dužine 16:

$$A_{(2)} = 0010110101101011, (l = 16)$$

S obzirom na to da je dužina kodne riječi 16 karaktera, za indeksiranje koristimo heksadecimalni brojčani sistem. Na osnovu indeksa mjesta koje zauzimaju jedinice, u zadatoj kodnoj riječi, formiramo skup S , tako da brojimo indekse sa desne strane na lijevu; a odmah nakon toga definišemo kodnu riječ N koja odgovara ovom skupu S :

$$S = \{0, 1, 3, 5, 6, 8, A, B, D\} \Rightarrow N = 013468ABD.$$

Proizvoljnim permutovanjem elemenata skupa S dobijamo skup S' i njemu odgovarajuću kodnu riječ N' :

$$S' = \{1, 0, 5, 6, 3, A, 8, B, D\} \Rightarrow N' = 10563A8BD.$$

Iz primjera vidimo da su skupovi S i S' identični dok njima odgovarajuće kodne riječi N i N' , naizgled različite, definisanom konverzijom daju potpuno istu, i to početnu, binarnu kodnu riječ.

0 u entropijskom kodnom sistemu

0 pišemo kao bilo koji karakter jer 0 unutar ovog brojnog sistema nosi neku vrijednost (kao što je prikazano u prethodnom primjeru).

Odabir baze za brojni sistem kojim vršimo indeksiranje

Neka je početna binarna kodna riječ dužine $l \gg b$ gdje je b baza nekog standardnog brojnog sistema (dekadni, heksadecimalni, oktalni). Binarnu kodnu riječ segmentišemo na manje kodne riječi, a odabir baze vršimo po definiciji:

$$l \bmod b = 0 \quad (4)$$

Broj segmenata je $\frac{l}{b}$ i definiše nam broj kodnih riječi koje dobijemo nakon konverzije u naš brojni sistem.

Upotreba smjene ovog brojnog sistema, ostale karakteristike i notacije

Bilo koji skup indeksa S ima $n!$ interpretacija iste vrijednosti u binarnom brojnog sistemu. Koristeći definiciju broja interpretacija kodne riječi, možemo da uvedemo smjenu i notaciju tako da $(\exists A): A \subset S$ takav da:

$$(\exists B): B = C_S A \wedge B \neq \emptyset$$

Na osnovu relacije (3) dobijamo kodnu riječ N tako da umjesto skupa S uvodimo zbir suma njegovih podskupova $A \wedge B$:

$$\begin{aligned} N &= \sum_{i=1}^{n(S)} S(i) 10^{i-1} = \sum_{i=1}^{k=n(B)} B(i) 10^{i-1} + \sum_{g=1}^{n(A)} A(g) 10^{k+g-1} = b + a \underbrace{00..0}_k = a + b = ab \\ &= ba \end{aligned}$$

U prethodnoj relaciji smo uveli sljedeće kodnu riječ koja nastaje iz skupa B (nazivamo je b), i kodnu riječ koja nastaje iz skupa A (koju označavamo sa $a00..0$)

$$\sum_{i=1}^{k=n(B)} B(i) 10^{i-1} = b \wedge \sum_{g=1}^{n(A)} A(g) 10^{k+g-1} = a \underbrace{00..0}_k$$

S obzirom na to da a ima k nula uz sebe, a b ima dužinu k uvodimo napisanu notaciju. Kodne riječi a i b , u ovom slučaju, predstavljaju smjene dijelova jedne kodne riječi. Gdje su a i b karakteri neke nestandardne baze (nestandardnog brojnog sistema).

Napomena. U ovom primjeru k nula uz „ a “ ne nose vrijednosti, nisu pozicije jedinica (ne predstavljaju indekse) pa se mogu zanemariti.

Primjer 2. Imamo skup S nastao od neke binarne kodne riječi:

$$S = \{1, 2, 3, 7, 8, A, F, D\}.$$

Jedna od interpretacija kodne riječi ovog skupa je:

$$N = 12378AFD$$

Za skup S definišemo podskupove A i B, proizvoljne brojnosti (u ovom primjeru izabrana je brojnost po 4 karaktera) koji sada čine nestandardne baze, pomoću kojih i primjenom jednačine (3) dobijamo brojeve a i b:

$$A = \{1, 2, 3, 7\}$$

$$B = \{8, A, F, D\}$$

$$a=1237 \wedge b = 8AFD$$

Očigledno kodnu riječ N možemo predstaviti direktno preko novih kodnih riječi:

$$N = a + b = 12378AFD = ab$$

Kodne riječi ovog brojnog sistema inače moramo pisati sa separatorima, osim ako su ispunjeni sljedeći uslovi:

1. Ako su oni iste dužine i nemaju zajedničkih članova, s tim da se permutacije mogu vršiti samo tako da se karakteri jedne kodne riječi ne smiju naći u drugoj kodnoj riječi;
2. Ako su istih dužina i imaju zajedničke članove koji služe kao separatori;
3. Ako su različitih dužina i imaju zajedničke članove tako da ti članovi služe kao separatori.

Dva ista karaktera mogu da se pojave u jednoj kodnoj riječi ako i samo ako postoji opcija da se dva karaktera jedne niže standardne baze prevedu u jedan karakter više standardne baze. Prilikom konverzije možemo da jedan od ta dva ista karaktera vratimo u karaktere te niže baze i vratimo podatak u početnu formu. Ova tvrdnja važi ako se taj karakter već nalazi u kodnoj riječi.

Primjer 3. Uzimamo kodnu riječ: $N = 1305ADF$ i na osnovu definicije ovog brojnog sistema permutojemo karaktere ove kodne riječi: $N' = N = 1035ADF$. Na osnovu prethodne tvrdnje slijedi: $N = A35ADF$.

Nakon permutacije vidimo da postoje dva karaktera niže standardne baze (dekadna – broj „10“) koji možemo da prevedemo u višu standardnu bazu (heksadecimalna – broj „A“). U Primjeru 2. pomenuli smo smjenu u kojoj koristimo neku nestandardnu bazu. Sada ćemo objasniti način pravljenja nestandardne baze.

Posmatramo proizvoljnu kodnu riječ binarnog brojnog sistema. Prevodimo je u naš brojni sistem već poznatom relacijom (3). Koristeći prvi metod smjene definišemo proizvoljne jednoznačne vrijednosti (karaktere) koji nisu u odabranoj standardnoj bazi (bilo to oktalna, dekadna ili heksadecimalna). Dobijeni podatak se takođe ponaša kao svaka kodna riječ u ovom brojnom sistemu, s tim da karakteri unutar te kodne riječi nisu standardni, već proizvoljni. Od karaktera te kodne riječi pravimo novi skup M. Elementi tog skupa postaju indeksi za neki novi način predstavljanja lokacije „1“ unutar neke binarne kodne riječi, a prvi lijevi indeks predstavlja nultu poziciju (indeksiranje počinje od nule), a krajnji desni indeks predstavlja krajnju poziciju ovog indeksiranja. Skup M ima osobinu da $n(M) = b'$, gdje je b' broj nestandardne baze.

Primjer 4. Uzimamo u razmatranje sljedeću binarnu kodnu riječ:

Pravimo skup S sa elementima koji predstavljaju indekse pozicija „1“ u binarnoj kodnoj riječi i formiramo kodnu riječ N na osnovu relacije (3), koju transformišemo u proizvoljne, nama pogodne, oblike, koristeći sva do sada opisana pravila manipulacije ovog brojnog sistema:

$$S = \{0, 1, 2, 5, 7, 9, A, C, D, F\} \Rightarrow N = 120579ACDF = 210579ACDF = \underbrace{2A57}_{a} 9ACDF$$

Iz dobijene kodne riječi izdvajamo jedinstvene jednoznačne vrijednosti i definišemo skup M kao novu nestandardnu bazu:

$$(\exists M): M = \{a, 9, A, C, D, F\}$$

Iz skupa M dobijamo novu kodnu riječ takvu da: $m = N$ i m je neka kodna riječ napisana u nestandardnom brojnom sistemu koji smo mi uveli.

$$m = a9ACDF, a = 2A57$$

PRIMJER PRIMJENE ENTROPIJSKOG BROJNOG SISTEMA U ARITMETIČKOM KODIRANJU

Aritmetičko kodiranje je vrsta entropijskog kodiranja koje svoju primjenu nalazi u kompresiji podataka bez gubitaka kvaliteta (*lossless data compression*). Na sljedećem primjeru izvršićemo manipulaciju nad kodnom riječi heksadecimalnog brojnog sistema (baza $b = 16$), našim metodom.

Neka je kodna riječ heksadecimalnog zapisa:

$$A_{(16)} = A7FD3.$$

Prevodimo je u binarni oblik, koristeći relaciju (1):

$$A_{(16)} \rightarrow A_{(2)} = 1010011111111010011.$$

Dužina binarne kodne riječi je:

$$l(A_{(2)}) = 20.$$

Na osnovu pravila koji govori o izboru baze, određujemo pogodnu bazu za određivanje indeksa:

$$(4) \Rightarrow l \bmod b = 0 \Rightarrow b = 10$$

Skup S^0 predstavlja elemente baze b od najnižeg do najvišeg elementa, slijeva nadesno (elementi dekadne abecede, koju koristimo za indeksiranje):

$$S^0 = \{0,1,2,3,4,5,6,7,8,9\}.$$

Segmentišemo kodnu riječ tako da možemo da vršimo transformaciju iste u naš brojni sistem. Dobijamo dva skupa:

$$S_1 = \{1,0,4,6,7,8,9\}$$

$$S_2 = \{2,1,0,3,4,7,9\}.$$

Skup S je skup čiji su elementi dva dobijena skupa. Od elemenata ta dva skupa dobijamo dvije kodne riječi N_1 i N_2 , koristeći relaciju (3), koje formiramo na način nama najpogodniji. Zatim, na osnovu metoda smjene uvodimo proizvoljne jednoznačne vrijednosti x,y,z , sa osobinama:

$$S = \{S_1, S_2\} \Rightarrow \begin{cases} N_1 = 1046789 \\ N_2 = 2103479 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} N_1 = 1047968 \\ N_2 = 1047932 \end{cases} \Rightarrow \{x = 10479, y = 67, z = 32\}$$

Na osnovu poznatih stavova slijedi da je

$$N = xyxz = yxxz.$$

Definišemo skup M

$$(\exists M): M = \{x,y,z\},$$

koji sada predstavlja nestandardni brojni sistem (neka proizvoljna abeceda sa određenim brojem karaktera) sa određenom nestandardnom bazom (u ovom slučaju baza 3). Bazu određujemo na osnovu brojnosti skupa M:

$$n(M) = b' = 3$$

Prevodimo našu kodnu riječ N u novu binarnu kodnu riječ $A'_{(2)}$ kao

$$N \rightarrow A'_{(2)} \Rightarrow A'_{(2)} = 110101$$

DISKUSIJA O METODU I REZULTATU

Diskusija o metodu

Metod formiranja entropijskog brojnog sistema najprije je zasnovan na formiranju skupa određenim (navedenim) pravilom. Opravdanost ovog metoda prikazujemo i Kantorovim konceptom termina skupa:

„Razmotrimo Kantorov koncept termina skupa, a zatim ukratko analiziramo njegove sastavne dijelove. Prema njegovoj definiciji, skup S je svaka zbirka određenih, prepoznatljivih objekata naše intuicije ili našeg intelekta koji se mogu shvatiti kao cjelina. Objekti se nazivaju elementima ili članovima S. Suštinska tačka Kantorovog koncepta je da zbirku objekata treba posmatrati kao jedinstvenu cjelinu (shvatiti kao cjelinu). Prebacivanje pažnje sa pojedinačnih objekata na zbirke pojedinačnih objekata kao entiteta je uobičajeno.... Što

se tiče objekata koji se mogu dozvoliti u skupu, izraz „objekti naše intuicije ili našeg intelekta“ daje značajnu slobodu. Prvo, daje potpunu slobodu što se tiče prirode objekata koji sačinjavaju skup. Zelene jabuke, zrna pjeska ili prosti brojevi su dozvoljeni sastavni dijelovi skupova. U svakom slučaju, za matematičke aplikacije razumno je izabrati za članove takve matematičke entitete kao što su tačke, linije, brojevi, skupovi brojeva itd. Drugo, dozvoljava razmatranje skupova čiji se članovi iz ovih ili onih razloga ne mogu eksplicitno izložiti. S tim u vezi, vjerovatno će se prvo pomisliti na beskonačne skupove, za koje čak ni teoretski nije moguće sakupiti članove kao sklopljenu cjelinu“. [3]

Formiranje prvog skupa, koji dovodi do entropijskog brojnog sistema, strogo je definisano pravilom indeksiranja, a nastanak kodne riječi je „slabo“ ograničen, odnosno moguće je formirati veliki broj kodnih riječi iz datog skupa koje nose početnu informaciju. Cijeli postupak konverzije je detaljno predstavljen u metodu, a njegova primjena je, takođe, predstavljena u rezultatu primjene.

Diskusija primjera rezultata primjene

U ovom primjeru prikazali smo gotovo sva pravila metoda konverzije i entropijskog brojnog sistema: izvršen je definisani izbor baze, formiran skup elemenata izabrane baze, segmentirana kodna riječ, izvršen metod smjene, definisan novi skup koji predstavlja nestandardnu bazu i konačno, prikazana nova kodna riječ u istoj bazi u kojoj je bila i početna.

Rad smo počeli binarnom kodnom riječi dužine $l = 20$, dobili smo (primjenom našeg metoda konverzije) binarnu kodnu riječ dužine $l' = 6$. Vršenjem inverzne konverzije možemo da dobijemo početnu kodnu riječ bez gubitaka, a sve to uz svjesno narušavanje prvobitnog zapisa informacije tačno definisanim metodom konverzije zasnovanim na našem entropijskom brojnom sistemu. U teoriji, ali i u primjeru: dobijamo novu kodnu riječ, proizvoljne baze, proizvoljnog rasporeda karaktera, koja nosi potpuno očuvanu prvobitnu informaciju.

ZAKLJUČAK

Teorija informacija je, između ostalog, naučna disciplina čiji razvoj je moguć novim matematičkim tretmanima pravila koja regulišu prenos podataka. Ovim radom smo predstavili novi metod, novi matematički tretman, za koji zaključujemo da ispunjava svoj cilj predstavljen u uvodu.

Cijeli razvoj sistema objašnjen je detaljno, strogo definisan matematički, opisan pravilima i određen notacijom. Takođe, ispitana je njegova upotrebljiva vrijednost na primjeru primjene u aritmetičkom kodiranju.

Rezultat definisane konverzije je kodna riječ u brojnom sistemu sa osobinom da jedan podatak (ili informacija) zauzima jedan, ili više oblika, za lakšu manipulaciju, te predstavlja teorijsku osnovu za nove metode manipulacije informacija u teoriji informacija i šire.

Daljim istraživanjem ovog koncepta možemo doći do novih metoda kompresije podataka, enkripcije ili obične manipulacije i čuvanja podataka, tako da je protok istih brži, a bez gubitaka i sa smanjenom greškom pri svim navedenim procesima. Takođe, nije isključena opcija razvoja nove podoblasti u teoriji informacija koja podatke posmatra na sasvim drugačiji način, sa akcentom na jednoznačnost različitih podataka, tako da je manipulacija istih drastično olakšana u svim sistemima.

REFERENCE

- [1] Martignon, L. International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences 2001, 7476 – 7480, doi:10.1016/B0-08-043076-7/00608-2
- [2] Borda, M. Fundamentals in Information Theory and Coding, Springer, Berlin doi: 10.1007/978-3-642-20347-3
- [3] Stoll, R. SET THEORY AND LOGIC, Dover Publications, Inc. NewYork

LITERATURA

- [1] Martignon, L. International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences 2001, 7476 – 7480, doi:10.1016/B0-08-043076-7/00608-2
- [2] Borda, M. Fundamentals in Information Theory and Coding (2011), Springer, Berlin, Njemačka, doi: 10.1007/978-3-642-20347-3
- [3] Stoll, R. SET THEORY AND LOGIC (2011), Dover Publications, Inc. NewYork
- [4] Olajide, A. O. Number System (2017), doi:10.13140/RG.2.2.18838.04167
- [5] Chui C, Jiang Q. Applied Mathematics (2013), Volume 2, Atlantis press, Pariz, Francuska, doi:10.2991/978-94-6239-009-6
- [6] Mitić, Nenad. Uvod u organizaciju računara (2013). 2ed. Matematički fakultet. Beograd. Srbija.

CONVERSION OF A CODE WORD IN THE BINARY NUMBER SYSTEM TO A CODE WORD OF THE NUMBER SYSTEM OF AN ARBITRARY BASE IN WHICH THE ORDER OF CHARACTERS IS ARBITRARY

Authors: STEFAN MARKOVIĆ, Dušica Kovač

Email: stefan.markovic670@gmail.com

Faculty of Science, University of Banja Luka

Introduction: In this paper (we will deal with information theory and) we will present the theoretical basis for manipulation of numeric systems in which it is possible to present data sets in the shortest form, without preserving a series of characters within the data and the original information is completely preserved.

Aim: Development of methods for conversion of binary code words into a different form for easier data manipulation.

Material and Methods: We observe an arbitrary binary code $A(2)$ of the length L , such that $A(10) \neq 0$ holds, and from that binary code we choose the indices of the places where the number 1 is located. From the selected indices we make a new set S of the length $N(S)$. Then there is the number n , such that its digits are all digits of the set S and represents the new code word of an arbitrary base (decimal, hexadecimal, and even some bases created for this purpose). By permuting the elements of the set S we obtain a new set S' . Then there is the number n' such that its digits are the same as that of the set S' . By the definition of the numbers n and n' it follows that they are equal – although they are, seemingly, quite different code words.

Results: We get a new code word, of an arbitrary base, with an arbitrary character layout, which carries completely preserved information.

Conclusion: The result of this conversion is a code word in a number system with the property that one dataset (or information) takes one or more forms, for easier manipulation, and represents a theoretical basis for new methods of information manipulation in information theory and beyond.

Keywords: information theory; code word; a series of characters; numerous systems

MEDICAL PHYSICS SIMULATIONS FOR PROTON THERAPY

Author: MILENA SIMIĆ

Email: milena.simic@pmf.edu.rs

Mentor: Dr. Stefan Müller

Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, Germany

Faculty of Sciences and Mathematics, University of Niš, Serbia

Introduction: Cancer is one of the main causes of death worldwide. Many methods to treat it have been developed so far, while radiotherapy is one of the most well-known. The most common type of radiotherapy is photon therapy, which kills cancer cells, but also damages the surrounding healthy tissue. On the other hand, protons are known to have a Bragg peak, which means that they deposit all the energy in a narrow region, and if used in therapy, they would spare healthy tissue.

Aim: One of the problems which is encountered both in photon and proton therapy is dose verification, which means that it is currently not possible to measure how much energy is deposited in the tissue during irradiation, it can be only known if the treatment was successful or not. Therefore, it would be very useful to introduce a detector which would register secondary particles, and by comparing the simulation with what was detected, it would be possible to tell how much of the dose was deposited. The goal of this paper is to simulate the passage of a proton beam through tissue, and to take a look at the deposition in the detector.

Material and Methods: A program called FLUKA (FLUktuierende KAskade) is used to simulate the passage of a proton beam through the tissue. It is also connected with ROOT, a program commonly used in particle physics. High statistics is obtained by job submission on high performance computers.

Results: Results are given in the form of graphs from which can be noted how much energy is deposited in a certain region. Fluence of photons and neutrons is studied as well.

Conclusion: The simulations show that a detector made of novel plastic material captures a certain number of secondary particles – photons and neutrons. More photons than neutrons are captured.

Keywords: proton therapy; Bragg peak; FLUKA

INTRODUCTION

One of the deadliest diseases is cancer. Up to now, a number of ways to treat it have been found, and they can be classified into four different categories: chemotherapy, surgery, immunotherapy and radiotherapy. Radiotherapy can be further divided into many classes based on the particles which are used. The most commonly used type is photon therapy, while the pretty novel methods are based on protons and other hadrons, electrons, to name but a few.

Photon therapy has been in use for many years and it is proven to kill cancer cells by damaging their DNA, but is also known for having many side effects. When photons pass through a certain material, they deposit their energy all the way (as it can be seen from Figure 1). Therefore, they do kill the cancer cells, but they also largely harm the healthy tissue in the surrounding area. There are ways to reduce harming the surrounding tissue, but it cannot be completely omitted. For instance, instead of having one strong photon beam, there can be multiple ones shooting with smaller intensity from different directions, which is known as multi-directional irradiation. Also, it is very hard to precisely say how

much of the dose is deposited in a certain point, although transmission measurements can help with that [1].

On the other hand, protons and other heavy particles act completely differently than photons. Instead of depositing their energy all the way through material, they have the so-called Bragg peak – they deposit the majority of their energy in a very narrow region. In comparison with photons, they have an extreme advantage that they are not harming the surrounding tissue, but just the area that should be treated. However, this method is very expensive, and requires having an accelerator with multiple treatment facilities. Since the beam is covering a very narrow region, a patient must be perfectly immobile, there should not be any movement. Also, protons are more sensitive to density changes than photons, so simulating their passage from one kind of tissue to another can be challenging. And similar to the situation with photons, it is very hard to quantify the exact dose deposited in the unhealthy tissue. Only after the treatment one can know if it was successful. Despite all the mentioned disadvantages, proton therapy is studied today and is believed to be a great alternative to photon therapy, since it almost does not harm healthy tissue [1–2].

As already mentioned, one of the common problems for proton and photon therapy is dose verification. In the future it might be possible to do dose verification by detecting secondary radiation created inside the patient by an interaction of incoming protons with the body. Work is ongoing to identify suitable materials for scintillator detectors which would be placed above the patient. The current studies are the first step in doing simulations to help ongoing experimental programs.

The goal of this project is to simulate the passage of a proton beam through a tissue, and to study the detector response. The results can be compared with the results that the members of NOVO (NeutrOn detection for real-time VerificatiOn in proton therapy) collaboration got using different simulation programs.

MATERIAL AND METHODS

The FLUKA (FLUktuierende KAskade) program is a package commonly used in radiation physics [3–5]. It is an integrated Monte Carlo simulation package. FLUKA includes a simulation of interaction and transport of 60 different particles. It includes residual radiation, which means that decay products can be studied as well. It also incorporates built-in scoring. By built-in scoring it is meant that it can be chosen which quantities are registered, for instance energy, dose, fluence, to name but a few. FLUKA can be controlled by a text-based input file, but it is more convenient to work with a Python-based interface called FLAIR (FLuka Advanced InterFace) [6–7]. In FLUKA, the whole setup can be easily set – type and position of beam, material and position of detector, even CT (Computed Tomography) scans can be loaded. CT scans are standardly stored in DICOM files which can be easily loaded in FLUKA. Then the scan can be divided into 3D pixels called voxels, and each of those gets a material assigned. Therefore, different kinds of tissue can be very well simulated. FLUKA already includes a database with different predefined materials. For this project, CT scans of lungs were used, which can be downloaded from the free database¹.

Another very important feature of FLUKA is that it can be connected with ROOT, a program commonly used for data analysis in particle physics. Information about primary particles, as well as about the secondaries, is stored in a structure called TTree, which contains information about particles' positions, momenta, energies, types, regions from which they come, but also all this information after an interaction. Moreover, the type of interaction can also be recorded.

¹ <https://wiki.cancerimagingarchive.net/display/Public/Lung+CT+Segmentation+Challenge+2017>

In order to make sure that all the conclusions are statistically significant, a large number of events is needed. High statistics of studying the passage of a proton beam through a human body can be obtained using a high-performance computing system, submitting many jobs to a cluster of computing nodes in parallel. Job submission is controlled via command line scripts written in Python and Bash Shell. Proper number of events, energy and name of the file are given as parameters. Resulting files can be analyzed with FLUKA.

RESULTS

Based on the chosen scoring, different plots can be produced. It is of particular interest to score the dose (energy per mass) which was deposited in certain parts of the patient, since this helps with better understanding of the problem of dose verification. Therefore, in Figure 2 it is presented how much of the dose is deposited in the tissue.

In Figure 2 two different planes are shown, with the CT scan in the background. It can be noted that the most of the dose is deposited in a certain region where the cancer is supposed to be. Also, it can be clearly seen that there is some dose deposited in the detector, too.

The detector is expected to mostly capture neutrons and photons since those particles are created in interaction of protons with matter and they do not interact with matter as much as the other particles do. Therefore, they are expected to be found in the largest abundance. One way to get information about neutrons and photons registered by the detector is to measure their fluence. Fluence is a standard quantity used in radiation physics and it represents the number of particles that pass through a certain area (and is independent of the orientation of the surface) [8].

Therefore, in Figure 3 it may be seen that both types of particles (neutrons and photons) are created in the body and were registered by the detector. However, it may be noted that photons have larger fluence than neutrons.

In the introduction it was explained that protons have a Bragg peak while photons do not. That is due to the fact that protons are charged particles and they also interact with nuclei, while photons are not charged and their interactions are described using quantum electrodynamics. Also, it is known that for harder particles, such as protons, the depth to which they go through the material is inversely proportional to the squared energy [2]. Therefore, in the simulations it was compared how protons and photons pass through the body. It is very important to note that in Figure 1 the 15 MV photon beam is compared with the 120 MeV proton beam, while in Figure 4 the 15 MeV photon beam is compared with the same proton beam. The latter monochromatic photon beam is used just for demonstration purposes since this high energetic monochromatic photon beam does not exist in nature.

From Figure 4 it cannot be clearly seen that protons have a Bragg peak, therefore 1D plots are shown in Figure 5. From these figures it is apparent that protons have a clear Bragg peak, while photons deposit energy all the way through the tissue.

DISCUSSION

The main idea is to use this kind of simulation in studying which scintillation detector material would be the best choice for the detector that can be used in the future to help solve the problem of dose verification, although in this project only one type of material was studied. From the given plots, it can be easily seen how much energy (or dose) is deposited in various parts of the patient. The main idea is to study photons and neutrons since they do not interact as much as other particles. It was also noted that more photons than neutrons are detected. The next step would be comparing these results with simu-

lations in different programs, and doing the same simulations for some other materials. Also, further developments of the code will put more emphasis on ROOT, and getting more information about secondary particles – types of particles, their momenta, energies, types of interactions, to name but a few.

CONCLUSION

In this paper it was presented that FLUKA can be used for simulating the passage of the proton beam through the human body. A lung CT scan was loaded and was assigned certain materials. FLUKA predefined materials with the composition suggested by ICRU (International Commission for Radiation Units) were used to model a human body. Dose deposition was studied, as well as proton and photon fluence in the body and the detector. It was shown that a scintillation detector positioned above the patient captures a certain number of particles. In the simulation the detector is made of plastic scintillator material for fast neutrons and gamma signals. There is ongoing research on what material and what kind of detector is the best to use. It was also confirmed in the simulation that protons have a Bragg peak while photons do not.

REFERENCES

- [1] Linz U. (2012): Ion Beam Therapy. Biological and Medical Physics, Biomedical Engineering. Springer-Verlag Berlin Heidelberg ISBN: 978-3-642-21413-4.
- [2] Paganetti H. (2012): Proton Therapy Physics. CRC Press, ISBN: 978-1-4398-3645-3
- [3] Böhlen T.T., Cerutti F., Chin M.P.W., Fassò A., Ferrari A., Ortega P.G., et al. The FLUKA Code: Developments and Challenges for High Energy and Medical Applications, Nuclear Data Sheets 120, 2014, 211-214
- [4] Ferrari A., Sala P.R., Fassò A., and Ranft J. FLUKA: a multi-particle transport code, CERN-2005-10 (2005), INFN/TC₀5/11, SLAC – R – 773, 2005
- [5] FLUKA Collaboration. FLUKA. 2021. URL: <http://www.fluka.org/fluka.php>.
- [6] FLUKA Collaboration. FLAIR. URL: <http://www.fluka.org/flair/index.html>.
- [7] Vlachoudis V. (2009): FLAIR: A Powerful but User-Friendly Graphical Interface for FLUKA. Proc. Int. Conf. on Mathematics, Computational Methods & Reactor Physics. Saratoga Springs, New York
- [8] FLUKA Collaboration. FLUKA Scoring. 2015. URL: https://indico.cern.ch/event/442634/contributions/1096540/attachments/1184625/1716758/07_Scoring_2015.pdf.

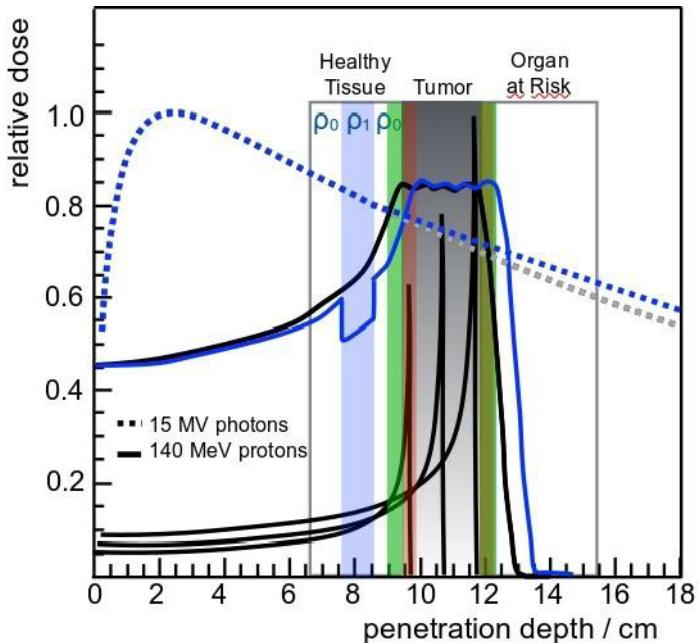


Figure 1: Representation of passage of 120 MeV proton beam and 15 MV photon beam, by Dr. Toni Kögler

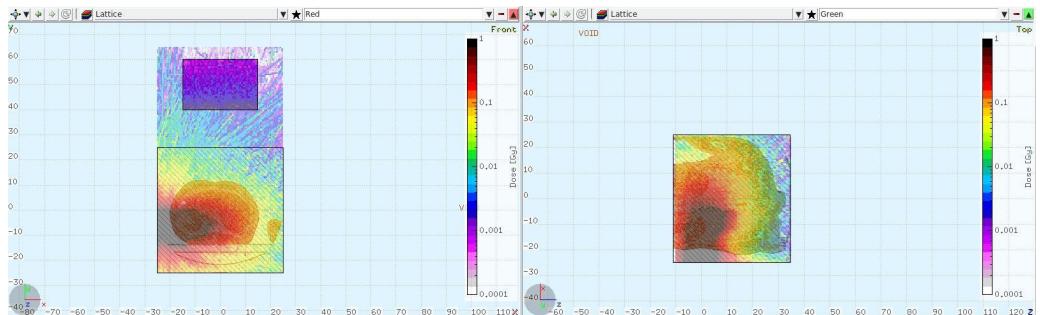
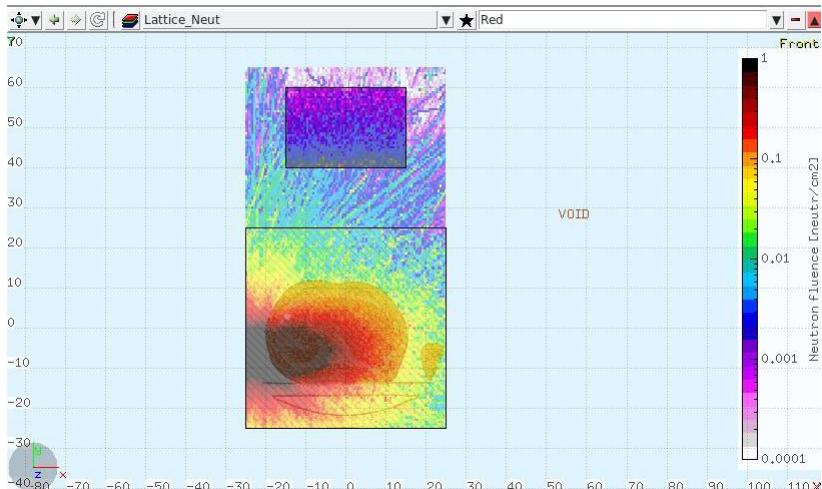
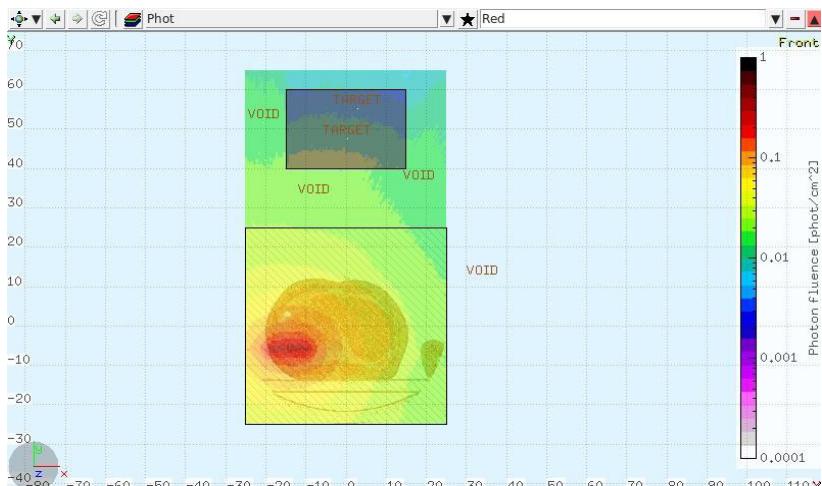


Figure 2: Dose deposition inside the patient and a detector, which is depicted as a rectangle above, when a 120 MeV proton beam along the x-axis with width of x (FWHM) and y (FWHM) equal 0.471 cm and beam divergence of $\Delta\varphi = 2.5$ mrad goes through; planes xy and xz are presented



a) Neutron fluence



b) Photon fluence

Figure 3: Neutron and photon fluence in xy plane inside the patient and the detector, which is depicted as a rectangle above, when a 120 MeV proton beam along the x-axis with certain width (x (FWHM) and y (FWHM) equal 0.471 cm and $\Delta\phi = 2.5$ mrad) goes through

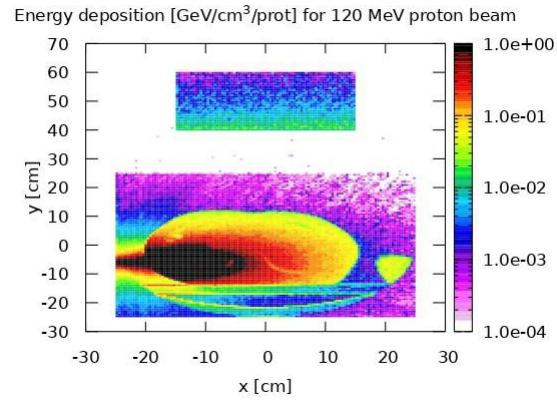
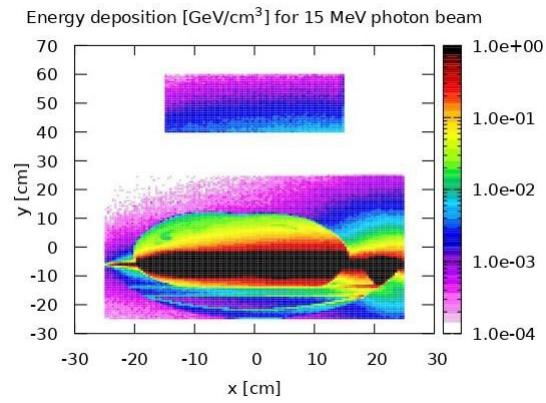


Figure 4: Energy deposition for passage of photons and protons of different energy through a tissue, photon beam is presented on the left plot and proton beam on the right plot

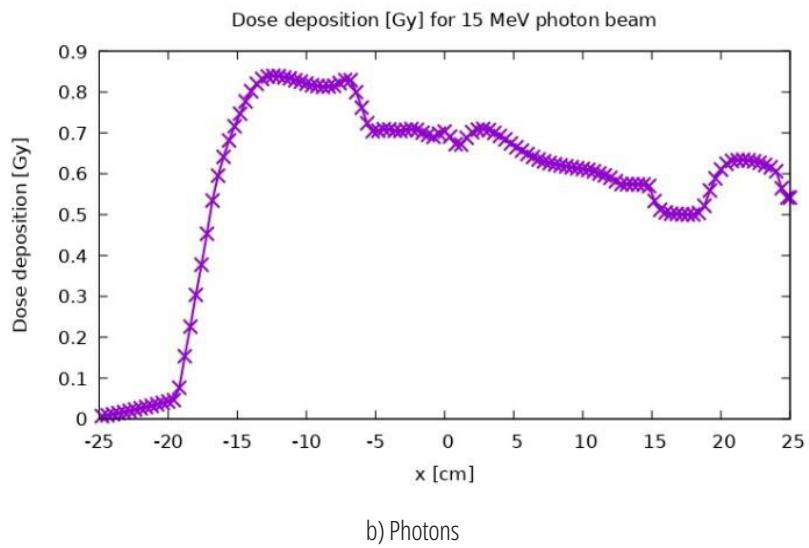
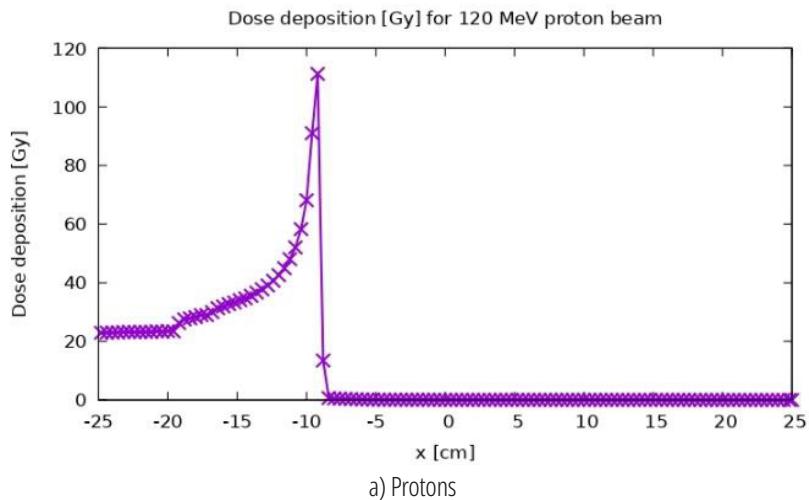


Figure 5: Dose for passage of protons and photons of different energy through a tissue

SIMULACIJE U MEDICINSKOJ FIZICI ZA PROTON TERAPIJU

Autor: MILENA SIMIĆ

email: milena.simic@pmf.edu.rs

Mentor: Dr Stefan Müller

Helmholtz – Zentrum Dresden – Rossendorf, Nemačka

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Nišu

Uvod: Rak je jedan od glavnih uzroka smrti u svetu. Do sada su razvijene mnogobrojne metode za lečenje, dok je radioterapija najpoznatija metoda. Najčešći način je terapija fotonima koji, pored toga što uništavaju maligne ćelije, oštećuju i zdravo tkivo pored. Sa druge strane, protoni imaju Bragov pik, što znači da svoju energiju deponuju u veoma uskoj oblasti, i kada bi se koristili u terapiji, sačuvali bi zdravo tkivo.

Cilj: Jedan od problema koji se javlja i u terapiji fotonima i protonima jeste merenje deponovane doze, što znači da je nemoguće odrediti koliko doze je deponovano u tkivu tokom zračenja, jedino je moguće znati da li je lečenje bilo uspešno ili ne. Dakle, bilo bi veoma korisno kada bi postojao detektor koji bi mogao da registruje sekundarne čestice, potom bi se poređenjem simulacije i merenja u detektoru moglo odrediti koliko doze je deponovano. Dakle, cilj ovog rada je simulacija prolaska snopa protona kroz tkivo i proučavanje šta je registrovano u detektoru.

Materijali i metode: Program po imenu FLUKA (FLuktuierende KAskade) koristi se za simulacije snopa protona kroz tkivo. Program može da se poveže sa ROOT-om, koji se često koristi u fizici čestica. Simulacije se izvršavaju na klasteru kompjutera, stoga su rezultati statistički značajni.

Rezultati: Rezultati su prikazani putem grafika sa kojih se može videti koliko doze je deponovano u određenom delu snimka pacijenta. Broj fotona i neutrona po jedinici površine se takođe ispituje.

Zaključak: Simulacije pokazuju kako detektor od novog plastičnog materijala registruje određeni broj sekundarnih čestica – protona i neutrona. Detektovano je više fotona od neutrona.

Ključne reči: Proton terapija; Bragov pik; FLUKA

SAŽECI

SINTEZE I IN SILICO ANALIZA ADMET OSOBINA STEROIDNIH N(2)-SUPSTITUISANIH 1,2,3-TRIAZOLSKIH DERIVATA

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: Triazol je jedan od najvažnijih heterocikala koji je prisutan u različitim prirodnim proizvodima i lekovima. Derivati triazola imaju širok spektar bioloških aktivnosti, pa se koriste u suzbijanju raka, mikroorganizama, uključujući bakterije, gljivice i virus. Triazoli privlače pažnju istraživača zbog niske toksičnosti i relativno luke sinteze sa visokim prinosima.

Cilj: Cilj ovog rada bila je sinteza novih androstanskih N(2)-supstituisanih 1,2,3-triazolskih derivata, kao i *in silico* analiza.

Materijal i metode: Polazeći od dehidroepiandrosterona, višefaznom sintezom dobijeni su novi androstanski N(2)-supstituisani 1,2,3-triazolski derivati čije su strukture utvrđene detaljnom analizom spektroskopskih podataka. Za *in silico* analizu fizičko-hemijskih i farmakokinetičkih ADMET parametara (apsorpcije, distribucije, metabolizma, eliminacije i toksičnosti) sintetizovanih jedinjenja korišćeni su SwissADME i ProTox-II veb-alati.

Rezultati: Reakcijom androstanskog 1,2,3-triazolskog derivata, dobijenog iz dehidroepiandrosterona u šest sintetskih faza, sa etil-bromidom, odnosno 2-hloretilaminom u baznoj sredini, sintetizovani su odgovarajući N(2)-supstituisani derivati. Radar oralne bioraspoloživosti dobijen na osnovu šest fizičko-hemijskih svojstava: lipofilnosti, veličine, polarnosti, rastvorljivosti, fleksibilnosti i zasićenja pokazuje da su svi parametri kod oba sintetizovana jedinjenja u optimalnom opsegu. Rezultati procene oralne bioraspoloživosti primenom pet različitih kriterijuma (Lipinski, Veber, Egan, Ghose i Muegge) pokazuju da testirana jedinjenja poseduju poželjne osobine leka. Model „kuvanog jajeta” (BOILED-Egg) predviđa visoku gastrointestinalnu apsorpciju N(2)-supstituisanih derivata i prolazak kroz krvno-moždanu barijeru. N(2)-etilderivat ne pokazuje mutageni i kancerogeni potencijal, za razliku od N(2)-2-aminoetilderivata koji pokazuju kancerogeni potencijal.

Zaključak: *In silico* ADMET analiza pokazuje da oba N(2)-supstituisana 1,2,3-triazolska derivata poseduju poželjne osobine leka, ali N(2)-etilderivat ima bolji bezbednosni profil.

Ključne riječi: Steroidi; 1,2,3-triazol; ADMET svojstva

SYNTHESIS AND *IN SILICO* ADMET ANALYSIS OF STEROIDAL N(2)-SUBSTITUTED 1,2,3-TRIAZOLE DERIVATIVES

Authors: TIJANA JAKICA, Dušan Živković

Email: tijanajakica8@gmail.com

Mentor: Assoc. Prof. Andrea Nikolić

Department of Chemistry, Biochemistry and Environmental Protection

Faculty of Sciences, University of Novi Sad

Introduction: The triazole nucleus is one of the most important heterocycles and is a common feature of a variety of natural products and medicinal agents. The triazole derivatives possess a wide range of biological activity and can act against cancer, microorganisms, including bacteria, fungi, and viruses. These molecules attract considerable attention from researchers because of their low toxicity and relatively easy synthesis in high yields.

Aim: The aim of this work was the synthesis of new steroidal *N*(2)-substituted 1,2,3-triazole derivatives, as well as *in silico* analysis of their physicochemical and absorption, distribution, metabolism, excretion, toxicity (ADMET) properties.

Material and Methods: Starting from dehydroepiandrosterone by multiphase synthesis, new androstane *N*(2)-substituted 1,2,3-triazole derivatives were obtained and their structures were determined based on detailed analyses of spectroscopic data. The SwissADME and ProTox-II web tools were used for the *in silico* ADMET analysis of physicochemical properties and pharmacokinetic ADMET parameters (absorption, distribution, metabolism, elimination and toxicity) of the synthesized compounds.

Results: Reaction of the androstane 1,2,3-triazole derivative, which was obtained in six steps from dehydroepiandrosterone, with ethyl bromide and 2-chloroethylamine under alkaline conditions, yielded corresponding *N*(2)-substituted derivatives.

The Bioavailability Radar, which takes into account six physicochemical properties: lipophilicity, size, polarity, solubility, flexibility, and saturation, showed that all parameters of the synthesized compounds are in the optimal range. The drug-likeness evaluation revealed that synthesized compounds fulfill the requirements of the five different rule-based filters (Lipinski, Weber, Egan, Ghose, and Muegge). The BOILED-Egg model showed that both molecules exhibit high gastrointestinal absorption capability and permeability through the blood-brain barrier. The *N*(2)-ethyl derivative was found to bear a low risk of being mutagenic and carcinogenic, while carcinogenicity was predicted for the *N*(2)-2-aminoethyl derivative.

Conclusion: *In silico* ADMET analysis showed that synthesized *N*(2)-substituted 1,2,3-triazole derivatives possess drug-like properties, but the *N*(2)-ethyl derivative has a better safety profile.

Keywords: steroids; *N*-substituted 1,2,3-triazole; ADMET properties

IN SILICO ANALIZA FARMAKOKINETIČKIH SVOJSTAVA NOVIH STEROIDNIH HETEROCIKLIČNIH DERIVATA

Autori: DUŠAN ŽIVKOVIĆ, Tijana Jakica

e-mail: dh.dusan.zivkovic1@student.pmf.uns.ac.rs, tijanajakica8@gmail.com

Mentor: vanr. prof. dr Andrea Nikolić,

Departman za hemiju, biohemiju i zaštitu životne sredine

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Novom Sadu

Uvod: Steroidno jezgro neprekidno privlači pažnju naučnika kao osnovni skelet za dizajn i razvoj novih jedinjenja sa farmakološkim djelovanjem. Uvođenje heterocikla u hidrofobno jezgro steroida može povećati sposobnost interakcije jedinjenja sa ciljnim enzimom i receptorom zbog prisustva donora i/ili akceptora vodoničnih veza u heterociklma. Ovaj pristup pokazao se kao odlična strategija za dobijanje novih jedinjenja sa farmakološkim djelovanjem.

Cilj: Cilj ovog rada je bila sinteza novih steroidnih D-kondenzovanih heterocikličnih derivata, kao i in silico analiza njihovih fizičko-hemijskih svojstava i farmakokinetike.

Materijal i metode: Kao polazna jedinjenja u sintezi steroidnih heterocikličnih derivata korišćeni su dehidroepiandrosteron i estron. Strukture novosintetizovanih jedinjenja utvrđene su analizom NMR i IR spektara. In silico analiza fizičko-hemijskih i ADME (apsorpcija, distribucija, metabolizam, eliminacija) svojstava izvršena je primjenom SwissADME veb-alata.

Rezultati: Steroidni D-kondenzovani heterociklični derivati su sintetizovani reakcijom (16E)-oksimino derivata, dobijenih iz dehidroepiandroterona i estrona, sa 2-hloretanaminom u baznoj sredini. In silico izračunat set fizičko-hemijskih parametara za sintetizovana jedinjenja uporeden je sa pet različitih setova kriterijuma za oralnu bioraspoloživost molekula (Lipinski, Veber, Egan, Ghose i Muegge) i oba jedinjenja zadovoljavaju sve kriterijume, a samim tim posjeduju poželjne osobine lijeka. Rezultati farmakokinetike pokazuju visoku gastrointestinalnu apsorpciju oba jedinjenja, ali i prolazak kroz krvno-moždanu barijeru. Androstanski derivat nije inhibitor njednog od pet glavnih izoenzima odgovornih za metabolizam lijekova (CYP3A4, CYP2D6, CYP2C9, CYP2C19 i CYP1A2), dok estranski derivat inhibira izoenzime CYP2D6 i CYP3A4.

Zaključak: U dvije sintetske faze, polazeći od dehidroepiandroterona, odnosno estrona, uspješno su sintetizovani steroidni D-kondenzovani heterociklični derivati. In silico određeni fizičko-hemijski parametri i ADME analiza sintetizovanih jedinjenja ukazuju na to da sintetizovana jedinjenja posjeduju poželjne osobine lijeka.

Ključne riječi: Steroidi; heterocikli; ADME svojstva

IN SILICO PHARMACOKINETIC ANALYSIS OF NEWLY SYNTHESIZED STEROIDAL HETEROCYCLIC DERIVATIVES

Authors: DUŠAN ŽIVKOVIĆ, Tijana Jakica

Email: dh.dusan.zivkovic1@student.pmf.uns.ac.rs

Mentor: Assoc. Prof. Andrea Nikolić

Department of Chemistry, Biochemistry and Environmental Protection

Faculty of Sciences, University of Novi Sad

Introduction: The steroidal skeleton is a favorable scaffold for the design and development of novel agents with pharmacological activities. The introduction of a heterocycle into a hydrophobic steroid skeleton can increase their ability to interact with target enzymes and receptors via hydrogen bond interactions. This approach proved as an excellent strategy for obtaining pharmacologically active compounds.

Aim: The aim of this work was the synthesis of new steroidal D-ring fused heterocyclic derivatives, as well as in silico assessment of their physicochemical properties and pharmacokinetics.

Material and Methods: New steroidal heterocyclic derivatives were prepared starting from dehydroepiandrosterone and estrone. The structures of synthesized compounds were determined based on their NMR and IR spectra. The ADME-related physicochemical properties were predicted by the Swiss ADME online Web tools.

Results: Steroidal D-ring fused heterocyclic derivatives were synthesized by a reaction of (16E)-ox-imino derivatives, which were obtained from dehydroepiandrosterone and estrone, with 2-chloroethylamine under alkaline conditions. In silico calculated physicochemical properties of synthesized compounds were compared with five different sets of criteria for the oral bioavailability of molecules (Lipinski, Veber, Egan, Ghose, and Muegge) and both compounds follow the accepted rules, meet the criteria of drug-likeness. A prediction of pharmacokinetic behavior showed that both compounds tested could be absorbed by the human intestine and cross the blood-brain barrier. The androstan derivative did not show an inhibition effect on five major isoenzymes (CYP1A2, CYP2C19, CYP2C9, CYP2D6, and CYP3A4) involved in the metabolic drug elimination, while the estrane derivative inhibits the isoenzymes CYP2D6 and CYP3A4.

Conclusion: Starting from dehydroepiandrosterone and estrone, new steroidal D-ring fused heterocyclic derivatives were synthesized. In silico determined physicochemical parameters and ADME analysis indicate that the synthesized compounds possess drug-like properties.

Keywords: steroids; heterocycle; ADME properties

ADSORPCIJA TOKSIČNIH METALA NA MODIFIKOVANOM TUFU

Autor: NASTASIJA URTA

e-mail: nastasijaurta@gmail.com

Mentor: Dr Zora Levi, vanredni profesor

Nuklearna i neorganska hemija

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Banjoj Luci

Uvod: Da bi se metal smatrao teškim, mora imati gustinu u odnosu na vodu veću od 5 g/cm^3 . U vezi sa tim, često se pridružuje epitet „toksični“, koji doprinosi činjenici da se ovakvi elementi često nalaze u većim (štetnim) koncentracijama od dozvoljenih, te se manifestuju izmijenjenim metabolizmom, čak na nivou ćelije. S obzirom na njihovu dostupnost u životnoj sredini i poljima ljudskog djelovanja, teorijski dio se bavi Pb^{2+} , Cd^{2+} , Hg^{2+} katjonima, ali konstruktivnim i perspektivnim rješenjima njihove eliminacije.

Cilj: Dokazati sposobnost adsorbensa da ukloni problematične katjone iz otpadnih voda, ne ugrožavajući životnu sredinu i fokusirajući se na prirodne geološke predispozicije – dominantne na teritoriji Republike Srpske.

Materijal i metode: Adsorpcija je fizičko-hemijski proces nakupljanja adsorbata (tečna faza) na površini adsorbensa (čvrsta faza). Kao adsorbensi korišteni su tufovi sa područja Republike Srpske (ležište „Piplići“ i „Novakovići“) i to: uzorak 1 – amorfni bijeli tuf „Piplići 1“, uzorak 3 – zeolitani bijeli tuf „Novakovići 1“, uzorak 8 – zeolitani bijeli tuf „Novakovići“. Kao adsorbati, uzeti su rastvori olovo (II)-hlorida, kadmijum (II)-hlorida, i živa (II)-hlorida. Adsorbens je karakterizovan: SEM (ske-nirajuća emisiona mikroskopija), FTIR (Furijjeova transformaciona infracrvena spektroskopija), BET (Brunauer-Emmet-Teller metoda), XRD (difrakcija X-zraka), TG/DTA (termogravimetrija/difrakciona termička analiza), i EDS (energetsko-disperzionna spektrometrija).

Rezultati: Identifikacijom uzoraka 1, 3, 8 evidentno je da se radi o aluminosilikatima i to na bazi Ca-klinoptilolita (FTIR, XRD, TG/DTA), veoma poroznim strukturama (SEM), te da uzorak 3 ima najveći prečnik pora ($9,5182 \text{ nm}$) a uzorak 8 najveću specifičnu površinu, $37,6460 \text{ m}^2/\text{g}$ (BET).

Zaključak: Uzorci na bazi Ca-klinoptilolita, 3 i 8, mogu se smatrati efikasnim adsorbensima. Sa porastom mase adsorbensa proporcionalno raste i procenat adsorpcije. Joni Pb najbolje se adsorbiju na uzorak 8, dok joni Hg na uzorak 3, posljedično različitom atomskom radijusu Pb i Hg, i veličina pora tufa.

Ključne riječi: Teški metali; zeolit; adsorpcija; bioakumulacija

ADSORPTION OF TOXIC METALS ON MODIFIED TUFF

Author: NASTASIJA URTA

Email: nastasijaurta@gmail.com

Mentor: Assoc. Prof. Zora Levi

Nuclear and Inorganic Chemistry

Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Banja Luka

Introduction: To be considered a heavy metal, a metal must have density greater than 5 g/cm³ in relation to water. Regarding this, the "toxic" epithet is often joined, which contributes to the fact that such elements are often found in higher (harmful) concentrations than allowed, and are manifested by altered metabolism even at the cellular level. With regard to their availability in the environment and fields of human action, the theoretical part deals with Pb²⁺, Cd²⁺, Hg²⁺ cations, and also with constructive and prospective solutions for their elimination.

Aim: Demonstrate the ability of adsorbents to remove problematic cations from wastewater, not endangering the environment and focusing on natural geological predispositions – dominant on the territory of the Republic of Srpska.

Material and Methods: Adsorption is the physico-chemical process of accumulation of adsorbates (liquid phase) on the surface of adsorbents (solid phase). As adsorbents, we used tuffs from the territory of the Republic of Srpska (deposits Piplici and Novakovici): sample 1 – amorphous white tuff Piplici 1, sample 3 – zeolitized white tuff Novakovici 1, sample 8 – zeolitized white tuff Novakovici. Solutions as adsorbates: lead (II) – chloride, cadmium (II) chloride and mercury (II) chloride. Adsorbents were analysed: SEM (scanning emission microscopy), FTIR (Fourier transform infrared spectroscopy), BET (Brunauer-Emmett-Teller method), XRD (X-ray diffraction), TG/DTA (Thermogravimetry/Differential Thermal analysis), EDS (Energy dispersive spectrometry).

Results: By identifying the samples 1, 3, 8, it is evident that they are aluminosilicates (FTIR, XRD, TG/DTA), based on Ca-clinoptilolite (FTIR, XRD, TG/DTA), porous structures (SEM), and that sample 3 has the largest porous diameter (9,5182 nm) and sample 8 has the largest specific surface area, 37,6460 (BET).

Conclusion: The samples 3 and 8, which are based on Ca-clinoptilolite, can be considered effective adsorbents. With an increase in the mass of adsorbents, the percentage of adsorption also grows proportionally. Ions Pb are best adsorbed on sample 8, while the ions Hg on sample 3, because of a different atomic radius Pb and Hg, and tuff's porous diameter too.

Keywords: heavy metals; zeolite; adsorption; bioaccumulation

СИР - Каталогизација у публикацији
Народна и универзитетска библиотека
Републике Српске, Бања Лука

5(082)

НАУЧНО-стручни скуп Студенти у сусрет науци - StES (14 ; 2021 ;
Бања Лука)

Prirodne nauke : zbornik radova / 14. naučno-stručni skup
Studenti u susret nauci - StES 2021, Banja Luka = Natural Sciences :
proceedings / 14th scientific conference Students encountering science -
StES 2021 ; [urednici Milica Janjetović, Bojan Garić]. - Banja Luka :
Univerzitet : Studentski parlament Univerziteta, 2021 (Banja Luka :
Mikro print). - 222 str. : илустр. и илустр. у бојама ; 25 cm. -
(Prirodne nauke, ISSN 2637-1987, ISSN 2637-1928)

Тираж 50. - Библиографија уз сваки рад. - Abstracts.

ISBN 978-99976-49-18-8

COBISS.RS-ID 134704641