

UDK 911

ISSN 2232-8610 (PRINTED)  
ISSN 2232-8629 (ONLINE)

ГЕОГРАФСКО ДРУШТВО  
РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ

GEOGRAPHIC SOCIETY OF  
THE REPUBLIC OF SRPSKA



# ГЛАСНИК HERALD

БАЊА ЛУКА 2018.  
BANJA LUKA 2018

СВЕСКА 22  
VOLUME XXII

ГЕОГРАФСКО ДРУШТВО  
РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ  
GEOGRAPHIC SOCIETY OF  
THE REPUBLIC OF SRPSKA



# ГЛАСНИК HERALD

СВЕСКА 22  
VOLUME XXII

БАЊА ЛУКА 2018.  
BANJA LUKA 2018

Издавач  
ГЕОГРАФСКО ДРУШТВО  
РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ  
Бања Лука, Др Младена Стојановића 2

Суиздавач  
Природно-математички факултет Универзитета у  
Бањој Луци  
Бања Лука, Др Младена Стојановића 2

Уредник  
Др Млађен Трифуновић

Уређивачки одбор  
Др Рајко Гњато, Универзитет у Бањој Луци,  
Природно-математички факултет, Република  
Српска, БиХ; Др Миленко Живковић,  
Универзитет у Бањој Луци, Природно-  
математички факултет, Република Српска, БиХ;  
Др Горан Трбић, Универзитет у Бањој Луци,  
Природно-математички факултет, Република  
Српска, БиХ; Др Драшко Маринковић,  
Универзитет у Бањој Луци, Природно-  
математички факултет, Република Српска, БиХ;  
Др Марко Кревс, Универзитет у Љубљани,  
Филозофски факултет, Словенија; Др Нина  
Николова, Софијски универзитет Свети  
Климент Охридски, Факултет за геологију  
и географију, Бугарска; Др Никола Панов,  
Универзитет Св. Кирил и Методиј, Природно-  
математички факултет, БЈР Македонија; Др  
Александар Георгиевич Дружинин, Јужни савезни  
универзитет, Руска федерација; Др Николај  
Александрович Слука, Московски државни  
универзитет М. В. Ломоносов, Руска федерација;  
Др Мирко Грчић, Универзитет у Београду,  
Географски факултет, Србија

Технички уредник  
Др Татјана Попов

Уредништво часописа  
Др Младена Стојановића 2, Бања Лука  
Web: [www.gdrsbl.org](http://www.gdrsbl.org)  
E-mail: [info@gdrsbl.org](mailto:info@gdrsbl.org)  
Tel: 051/311-178  
Fax: 051/319-142

Штампа  
Вилукс д.о.о.  
Бања Лука

Тираж  
100 примјерака

Овај број часописа објављен је уз финансијску  
помоћ Министарства науке и технологије у  
Влади Републике Српске

Publisher  
GEOGRAPHIC SOCIETY  
OF THE REPUBLIC OF SRPSKA  
Banja Luka, Dr Mladena Stojanovića 2

Co-publisher  
Faculty of Natural Sciences and Mathematics at  
University of Banja Luka  
Banja Luka, Dr Mladena Stojanovića 2

Editor  
Mladen Trifunović, PhD

Editorial Board  
Rajko Gnjato, PhD, University of Banja Luka,  
Faculty of Natural Sciences and Mathematics,  
Republic of Srpska, B&H; Goran Trbić, PhD,  
University of Banja Luka, Faculty of Natural  
Sciences and Mathematics, Republic of Srpska,  
B&H; Milenko Živković, PhD, University of Banja  
Luka, Faculty of Natural Sciences and Mathematics,  
Republic of Srpska, B&H; Draško Marinković,  
PhD, University of Banja Luka, Faculty of Natural  
Sciences and Mathematics, Republic of Srpska,  
B&H; Marko Krevs, PhD, University of Ljubljana,  
Faculty of Arts, Slovenia; Nina Nikolova, PhD,  
Sofia University St. Kliment Ohridski, Faculty of  
Geology and Geography, Bulgaria; Nikola Panov,  
PhD, University Ss. Cyril and Methodius, Faculty of  
Science, FYR Macedonia; Alexander Georgievich  
Druzhinin, PhD, Southern Federal University,  
Russian Federation; Nikolai Alexandrovich Sluka,  
PhD, Lomonosov Moscow State University, Russian  
Federation; Mirko Grcic, PhD, University of  
Belgrade, Faculty of Geography, Belgrade, Serbia

Technical Editor  
Tatjana Popov, PhD

Editors' Office  
Dr Mladena Stojanovića 2, Banja Luka  
Web: [www.gdrsbl.org](http://www.gdrsbl.org)  
E-mail: [info@gdrsbl.org](mailto:info@gdrsbl.org)  
Tel: 051/311-178  
Fax: 051/319-142

Printed by  
Vilux d.o.o.  
Banja Luka

Circulation  
100 copies

This issue of the magazine was published with  
financial aid from the Ministry of Science and  
Technology of the Republic of Srpska

Садржај  
Table of contents

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Мира Мандић и Миленко Живковић<br>ГЕОГРАФСКА НАУКА И САВРЕМЕНА ДРУШТВЕНА СТВАРНОСТ<br><i>Mira Mandić and Milenko Živković</i><br>GEOGRAPHICAL SCIENCE AND MODERN SOCIAL REALITY .....                                                                                                                                                                                        | 1   |
| Млађен Трифуновић<br>МЈЕСТО ГЕОГРАФСКОГ ОБРАЗОВАЊА У ДОБА STEM ДИСЦИПЛИНА?<br><i>Mladen Trifunović</i><br>A PLACE OF GEOGRAPHICAL EDUCATION IN THE AGE OF STEM DISCIPLINES?.....                                                                                                                                                                                             | 21  |
| Матеј Жилински, Слободан Гњато и Бернард Шишка<br>УТИЦАЈ КЛИМАТСКИХ ПРОМЈЕНА НА ПРОИЗВОДЊУ КУКУРУЗА У<br>СЛОВАЧКОЈ И ЊЕНА ПРОЈЕКЦИЈА ДО 2100. ГОДИНЕ<br><i>Matej Žilinský, Slobodan Gnjato and Bernard Šiška</i><br>THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON MAIZE PRODUCTION AND ITS<br>PROJECTION BY 2100 IN SLOVAKIA .....                                                         | 35  |
| Мариана Лукић Тановић и Драшко Маринковић<br>УРБАНА И РУРАЛНА НАСЕЉА НА ПРОСТОРУ ГРАДА ИСТОЧНО САРАЈЕВО<br><i>Mariana Lukić Tanović and Draško Marinković</i><br>URBAN AND RURAL SETTLEMENTS IN THE AREA OF THE CITY OF<br>EAST SARAJEVO .....                                                                                                                               | 49  |
| Рајко Гњато, Радослав Декић, Горан Трбић, Светлана Лолић, Обрен Гњато и Татјана Попов<br>ГОРЊЕ И ДОЊЕ БАРЕ – НЕКИ ЕЛЕМЕНТИ ОДРЖИВОСТИ И КВАЛИТЕТА ЈЕЗЕРСКЕ<br>ВОДЕ<br><i>Rajko Gnjato, Radoslav Dekić, Goran Trbić, Svetlana Lolić, Obren Gnjato and Tatjana Popov</i><br>GORNJE BARE AND DONJE BARE LAKES – SOME ELEMENTS OF<br>SUSTAINABILITY AND LAKE WATER QUALITY ..... | 61  |
| Татјана Попов, Слободан Гњато и Горан Трбић<br>АНАЛИЗА ПРОМЈЕНА ЕКСТРЕМНИХ КЛИМАТСКИХ ИНДЕКСА У МОСТАРУ<br><i>Tatjana Popov, Slobodan Gnjato and Goran Trbić</i><br>ANALYSIS OF CHANGES IN EXTREME CLIMATE INDICES IN MOSTAR .....                                                                                                                                           | 79  |
| Слободан Гњато<br>АНАЛИЗА ПРОТИЦАЈА НА РИЈЕЦИ САНИ<br><i>Slobodan Gnjato</i><br>ANALYSIS OF THE WATER DISCHARGE AT THE SANA RIVER .....                                                                                                                                                                                                                                      | 103 |
| Милка Грмуша<br>КОГНИТИВНО ПОДРУЧЈЕ БЛУМОВЕ ТАКСОНОМИЈЕ И НАСТАВА ГЕОГРАФИЈЕ<br><i>Milka Grmuša</i><br>COGNITIVE FIELD OF BLOOM'S TAXONOMY AND GEOGRAPHY TEACHING .....                                                                                                                                                                                                      | 117 |
| Нина Лојовић Милинић<br>АРХИТЕКТУРА И ЖИВОПИС ЦРКВЕ СВЕТОГ КЛИМЕНТА У МОСТАЋИМА<br>КОД ТРЕБИЊА<br><i>Nina Lojović Milinić</i><br>ARCHITECTURE AND WALL PAINTING OF THE CHURCH OF ST. KLIMENT<br>IN MOSTAĆI IN THE VICINITY OF TREBINJE .....                                                                                                                                 | 141 |



## ГЕОГРАФСКА НАУКА И САВРЕМЕНА ДРУШТВЕНА СТВАРНОСТ

Мира Мандић<sup>1\*</sup> и Миленко Живковић<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Универзитет у Бањој Луци, Природно-математички факултет, Бања Лука, Република Српска

**Сажетак:** Радом се дефинише савремени, изразито комплексни, задатак географије у рјешавању актуелних проблема који проистичу из друштвене стварности. Наглашена је њена фундаментална улога у проучавању географске структуре, те сложених и међузависних процеса у географском омотачу и његовим појединачним географским системима. Апострофира се улога географије у изучавању савремених развојних процеса, просторно-функционалне организације и модела одрживог развоја, као и апликативни значај у рјешавању кључних развојних проблема савремене друштвене праксе (од локалног до глобалног нивоа), те њен образовни и васпитни карактер.

**Кључне ријечи:** географија, развојни процеси, геосистеми, друштвена пракса.

Scientific review paper

## GEOGRAPHICAL SCIENCE AND MODERN SOCIAL REALITY

Mira Mandić<sup>1\*</sup> and Milenko Živković<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University of Banja Luka, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Banja Luka, Republic of Srpska

**Abstract:** The paper defines the modern and extremely complex geography's task to resolve current problems generated by social reality. A fundamental role of geography in studying complex and interdependent geographical structures and processes within geographical layer and its individual systems is being pronounced. The focus is on the role of geography in studying modern development processes, spatial-functional organization and models of sustainable development along with its applicative relevance in solving modern development problems encountered by social practice (from local to global levels) and, finally, the educational aspect of the geographical science.

**Key words:** geography, development processes, geosystems, social practice.

### УВОДНА РАЗМАТРАЊА

Савремени друштвеногеографски процеси, покренути научно-технолошким развојем, попримили су карактер глобалних процеса који интензивно трансформишу геопростор стварајући нове просторне структуре. Иspoљеност, односно карактер и динамика процеса диференцира простор по више основа. Савремена стварност генерише бројне развојне проблеме и тражи адекватне одговоре. Како

### INTRODUCTION

Modern social-geographical processes set off by the scientific-technological progress have become global as they intensively keep transforming the geospace by creating new spatial structures. The occurrence, nature and dynamics of these processes differentiate the space on several grounds. Modern reality generates numerous development problems which demand adequate responses. Since

\* Аутор за кореспонденцију: Мира Мандић, Универзитет у Бањој Луци, Природно-математички факултет, Младена Стојановића 2, 78000 Бања Лука, Република Српска, Босна и Херцеговина, E-mail: mira.mandic@pmf.unibl.org

Corresponding author: Mira Mandić, University of Banja Luka, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Mladena Stojanovića 2, 78000 Banja Luka, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina, E-mail: mira.mandic@pmf.unibl.org

се наведени проблеми одвијају у простору и манифестују кроз геопросторне структуре, те имају наглашен географски карактер, нужно је преиспитивање положаја и улоге географске науке у савременом друштву. Наведене констатације нужно потенцирају сљедећа питања:

- На које развојне проблеме савременог друштва географија може понудити адекватан одговор и рјешења?
- Гдје је мјесто географској науци у систему наука и какав је њен друштвени статус почетком 21. вијека?
- Које кораке треба предузети у циљу унапређења географског образовања и интегрисања у друштвену праксу?

Позиција географске науке у систему наука „не зависи само од њеног формалног предмета, него од њеног доприноса развоју других наука“ (Грчић, 2004, стр. 74). Стојећи на раскршћу наука, између природних и друштвених, развијањем нових научних праваца, географија поприма карактер хуманистичке дисциплине. Савремена наука све више приступа изучавањима с аспекта практичности, а мање спознајности (Грчић, 2004, стр. 74), што слаби позицију географије, као првенствено спознајне и едукативне науке. Њен положај на контакту наука представља истовремено предност, због цјеловитости погледа на укупност простора и процеса, али и опасност да буде дезинтегрисана и тако парцијална „присвојена“ од стране других наука. Географија је гранична наука са „широким и сложеним објектом истраживања“, односно чини је више наука и научних дисциплина које су „функционално и структурално распоређене у неколико подсистема“ (Илић, 1974, стр. 12). Њена комплексност усложњава научну методологију и технике географских истраживања. Географија нема властити инструментаријум. Методе и технике које користи дио су универзалног научног инструментарија. Мапирање (картирање) је најизразитија карактеристика географичности. Развој ГИС-а, „глобалног мониторинга“, јача особеност и практични значај географске науке.

the aforementioned problems occur in space, manifest through geospatial structures and are typically geography-based, it is crucial to reinvestigate the position and role of the geographical science within the modern society. Hence, the following issues are being triggered:

- To which development problems of modern society can geography provide adequate response and solutions?
- Which is the position of geography within the system of sciences and what is its social status in early 21 century?
- Which steps should be taken in order to improve geographical education and integration of this science into social practice?

The position of geography within the system of sciences “does not only depend on its formal subject matter but also on its contribution to the development of other sciences” (Грчић, 2004, p. 74). As it stands on the crossroad between natural and social sciences and affects development of new scientific branches, geography becomes a humanistic discipline. Modern science has been turning to practical aspects neglecting the empirical feature (Грчић, 2004, p. 74), which weakens the position of geography as an empirical and educational science. Its position on the borderline of sciences represents both an advantage (due to a composite view on the space and processes) and a threat to become disintegrated and „adopted“ by other sciences. Geography is a bordering science with „a wide and complex subject matter“, i.e. it comprises several sciences and scientific disciplines which are „functionally and structurally distributed into several subsystems“ (Илић, 1974, p. 12). Its complexity results in a multipart scientific methodology and techniques of geographical research. Geography does not have its own instruments. Its methods and techniques are part of the universal scientific instrument. Mapping is the most common feature of geography. Development of GIS („a global

Диференцирање модерне географске науке на научне дисциплине продубљује научна истраживања појединих географских објеката, појава и процеса, али истовремено представља ризик губљења идентитета и интегритета географске науке, односно њеног разграђивања. Савремена географија, као и друге науке, све више експонира практичну функцију, односно апликативност научних спознаја за потребе друштвене праксе. Примијењена географија подразумијева „прелазак од дескриптивне на методе пројектовања, оптимизације и управљања геосистемима“ (Грчић, 2004, стр. 73), што не подразумијева негирање њене спознајне и васпитне компоненте.

Дакле, овим радом анализира се значај и комплексни задатак географске науке у рјешавању константно нарастајућих проблема савременог друштва. Географска наука приступа изучавању геопростора, односно геоструктура с различитих аспеката, појединачно и синтезно, узимајући у обзир цјеловитост функционисања простора, односно јединство међусобно условљених, функционалних и одрживих геосистема. Према томе, географију можемо дефинисати као „логику простора“. У географској науци, као и у филозофији, још од античког периода, тражени су одговори на суштинска питања развоја човјечанства. Будућност човјечанства одређена је геопросторним потенцијалима и перцепцијом о њиховом јединству.

Приступ валоризацији простора, вредновању и дјеловању одражава стање друштвене свијести, система вриједности, одговорности, правне изграђености, организације и функционисања друштвених структура. Дјеловање у простору посљедица је развијаних образаца понашања, који имају дугу генезу и детерминишу начин размишљања, понашања и дјеловања, изражавајући укупност културно-цивилизацијског развоја и наслеђа. Дакле, „различите људске праксе стварају и користе различите концептуализације простора“ (Harvey, 1994). Из наведених констатација, произлази условна диференцијација културно-цивилизацијских

monitoring“) has reinforced the specificity and practical pertinence of the geographical science. As the modern geographical science is being differentiated into scientific disciplines, studies on some geographical objects, phenomena and processes are being expanded. Still, it simultaneously represents a risk of losing its identity and integrity. Modern geography, as well as other sciences, has been focused on practical functions, i.e. application of its scientific results in addressing needs of social practice. Applicative geography entails „the transfer from description to projection methods and optimization and management of geosystems“ (Грчић, 2004, p. 73), which in turn does not mean the annulment of its empirical and educational components.

Therefore, the paper analyzes the pertinence and a complex task of geography in solving the growing problems of modern society. Geographical science studies geospace, i.e. geostructures, from different aspects, individually and through synthesis, and it explores the overall functions of space, i.e. the agreement of mutually conditioned functional and sustainable geosystems. Thus, we may define geography as „the logics of space“. Ever since ancient times, both geography and philosophy have sought answers to essential questions of human progress. Future of humanity is determined by geospatial potentials and perception of their unity.

The approach to space valorization, evaluation and achievement reflects the state of social awareness, system of values, responsibility, legal system, and organization and functioning of social structures. Actions within space result from behavior patterns which have a long genesis and determine the way of thinking and acting, and they fully express the whole cultural and civilization progress and heritage. Therefore, „different human practices create and use different concepts of space“ (Harvey, 1994). Based on the aforementioned, we may conditionally differentiate between cultural-civilization

кругова специфичне материјалне и духовне културе, али и успостављених просторних структура и просторне организације, творећи различите и специфичне географске средине. Успостављени коегзистентни друштвени и правни системи, дугих традиција, утицали су на формирање образаца одговорног дјеловања и међусобног повјерења на релацији држава–појединац те позитивну укупност развоја друштва и простора. У таквом друштвеном амбијенту и наука има јасно дефинисану позицију и могућност апликативности научних истраживања, те дјеловања, као дио укупног система, чији је задатак оптимални развој друштва. У том контексту географска наука и образовање сnose велику одговорност за будући развој, како у националним оквирима унутар којих се развијају, тако и у глобалним.

#### ГЕОГРАФСКА НАУКА И ГЛОБАЛНИ РАЗВОЈНИ ПРОЦЕСИ

Савремени развојни процеси убрзано трансформишу геопросторне системе по више основа, између осталог, у правцу повећавања развојних противрјечности, основних развојних проблема савременог друштва. Дакле, глобални процеси су истовремено и узрок и посљедица просторног реструктурирања и реорганизовања, посљедично манифестованих различитим формама геополитичког, економског, културног и других облика просторно-функционалног организовања. Посљедично, успостављају се нове парадигме и нови регионализми. Према томе, „глобализација детерминише развојну стварност и перспективу првенствено географском категоријом, потврђујући фундаменталност географске науке у рјешавању суштинских развојних проблема данашњице“ (Живковић et al., 2015, стр. 318).

Географија је једина наука која цјеловито, холистички, проучава просторни комплекс геосфере, односно просторне структуре и њихове интеракције. Истовремено је и мултидисциплинарна и интердисциплинарна

circles of specific material and spiritual cultures as well as the adopted spatial structures and organizations which form specific geographical environments. The adopted co-existential social and legal systems with long traditions have caused the formation of patterns of responsible actions and mutual trust between states and individuals including the positive development of both society and space. In one such social environment, science holds a clearly defined position which enables it to apply scientific research results and to become a part of the overall system the task of which is the optimal growth of society. In this context, geographical science and education are highly responsible for future development on both national and global levels.

#### GEOGRAPHICAL SCIENCE AND GLOBAL DEVELOPMENT PROCESSES

Modern development processes rapidly transform geospatial systems on several grounds including the growing development contradictions and fundamental development problems encountered by modern society. Hence, global processes are both the cause and consequence of the spatial reconstruction and reorganization manifested through different forms of geopolitical, economic, cultural and other types of spatial-functional organization. Consequently, new paradigms and new regionalisms emerge. Therefore, „globalization determines the development reality and perspective as geographical categories by supporting the fundamental relevance of geography as a science crucial for answering essential development needs of the modern age“ (Živković et al., 2015, p. 318).

Geography is the only science which may provide a comprehensive holistic approach to the spatial complex of geosphere, i.e. the spatial structures and their interactions. At the same time, it is a multidisciplinary and

наука која у оквиру свог аутономног научног система обједињава дисциплине природних, друштвених и техничких наука.

Због комплексног објекта проучавања, аналитичко-синтетичке методологије, географија обједињује просторно-аналитичке и просторно-синтетичке науке, односно анализира поједине елементе геопростора и интегрише резултате истраживања властитих и корелативних дисциплина. Користи савремене научно-истраживачке методе и информацијско-комуникацијске технике за организовање, проучавање и интерпретације добијених података.

Не маргинализујући компетенције других наука и научних дисциплина, те њихов научни и практични допринос у рјешавању развојних проблема савременог човјечанства, у фокусу овог рада су промјене детерминисане глобалним процесима које имају географску димензију. Посљедице глобалних процеса вишеструко се манифестују кроз трансформацију геопросторних структура с бројним посљедицама геополитичког, геокултуролошког, геоекономског, социјалног, демографског, насеобинског, инфраструктурног, просторно-функционалног и геоколошког карактера. Њихова узрочно-посљедична условљеност мултиплицира развојне проблеме који диференцирају простор, доприносећи развојним разликама и конфликтима. Укупност негативних развојних тенденција у географском омотачу, нарушеност равнотеже унутар и између природних и антропогених структура, нарушава планетарну одрживост. Успостављен крајем 20. вијека, концепт одрживог развоја (економског, демографског, социјалног, еколошког, ...), подржан је од стране Уједињених нација као стратешки циљ и уздигнут до парадигме. Иако правно дефинисан бројним прописима на међународном и државним нивоима, као концепт који треба омогућити одрживост животне средине и економског развоја за будуће генерације (Cotner, 2009), није суштински заживио у пракси, већ је остао у домену теорије и прокламованог циља. Његова реализација није

interdisciplinary science which encompasses natural, social and technical disciplines within its autonomous scientific system.

Due to its multipart subject of study and its analytical-synthetic methodology, geography combines spatial-analytical and spatial-synthetic sciences – it analyzes specific elements of geospace and integrates results of research from both its own and other correlative disciplines. It capitalizes on modern scientific-research methods and information-communication techniques for the purpose of organization, studying and interpretation of the obtained results.

Without an intent to marginalize competencies of other sciences and scientific disciplines and their theoretical and practical contribution to solving modern development problems, this paper focuses on changes determined by global processes through the geographical prism. Consequences of global processes largely manifest through transformation of geospatial structures resulting in many geopolitical, geocultural, geoeconomic, social, demographic, settlement, infrastructural, spatial-functional and geoecological repercussions. Their causal connection generates development problems which differentiate the space and contribute to different development disparities and conflicts. The sustainability of the planet is being threatened due to total negative development tendencies within the geographical belt and the impaired balance between natural and anthropogenic structures. Dating back from late 20th century, the sustainable development concept (economic, demographic, social, ecological, etc.) was supported by the United Nations as a strategic goal and consequently became a paradigm. Although it was legally defined by different international and national regulations, it is a concept which should provide sustainability of environment and economic growth for future generations (Cotner, 2009) and still it fails to be practically applied but rather remains a theory and a proclaimed goal. Its realization

у складу с парцијалним интересима појединих политичких и економских центара моћи, те претпоставља узрок потенцијалним кризама. Угроженост различитих аспеката одрживости (социоекономске, демографске, еколошке, ...) изнова потенцира значај појединих географских дисциплина у рјешавању актуелних проблема развоја.

Савремени развојни проблеми актуелизују географску науку у цјелини, а појединачне кризе, успостављени интереси и начини дјеловања актуелизују поједине географске дисциплине и географске категорије. Савремено друштво треба одговоре и практична рјешења на бројна развојна питања из области демографије (популациона политика, миграционе кризе, ...), социјалне географије (промјене у друштвеним и просторним структурама инициране развојним процесима, социјални простор), културне географије (културни идентитет, формирање културног пејсажа, вјештачке етногенезе), привредне и корпоративне географије (економски раст, ресурси, економске интеграције, гранско и територијално преструктурирање привреде), климатологије (климатска колебања, временске непогоде), географије насеља (рурални развој, урбани развој, градови постсоцијализма), регионалне географије (регионални развој, проблемска подручја, нови регионализми), политичке географије (интересне сфере, кризне тачке, сукоб цивилизација), заштите животне средине (деградација животне средине), геоекологије (промјене у екосистемима) итд. стављајући научну проблематику наведених географских дисциплина свакодневно у фокус интересовања јавности, односно друштвене праксе. Поједине географске теорије, доктрине и концепти (процесни функционализам, регионализам, нодално-функционални концепт, однос центар–периферија, концепт одрживог развоја, ...) посљедњих деценија развили су се до опште прихваћених доктрина, начина размишљања и практичног дјеловања. Развојни проблеми „поставили“ су у фокус интересовања поједине географске категорије као што су простор, геокултура, геоидентитет, околина, просторно-

does not comply with partial interests of specific political and economic centers of power so it represents the cause of potential crises. Different aspects of sustainability (social-economic, demographic, ecological, etc.) remain threatened which is why they demand inclusion of some geographical disciplines in addressing current development problems.

Modern development problems bring geography into the limelight whereas specific crises, interests and actions demand the intervention of specific geographical disciplines and categories. Modern society needs answers and practical solutions to many development issues regarding demography (population policy, migration crises, etc.), social geography (changes in social and spatial structures initiated by development processes, social space), cultural geography (cultural identity, formation of cultural landscape, artificial ethno geneses), commercial and corporative geography (economic growth, resources, economic integrations, territorial restructuring and branching of commerce), climatology (climate fluctuation, natural disasters), geography of settlements (rural development, urban development, post-Socialist cities), regional geography (regional development, problem areas, new regionalisms), political geography (spheres of interest, focal points, clash of civilizations), environment protection (degradation of environment), and geocology (changes in ecosystems), which brings these geographical disciplines into the everyday focus of both public and social practice. Over the last few decades, some geographical theories, doctrines and concepts (process functionalism, regionalism, nodal-functional concept, center-periphery ratio, concept of sustainable development) have evolved and become generally accepted doctrines and way of thinking which have been practically capitalized on. Development issues „have brought attention“ to specific geographical categories such as space, geoculture,

функционална организација, економски развој, ... које су прерасле оквири географске науке и предмет су интересовања више наука и научних дисциплина (Atkinson et al., 2008). Њихов значај и комплексност имају мултидисциплинарни карактер, подразумевајући при том и интердисциплинарни приступ.

Савремена географска наука је проблемски оријентисана наука, усмјерена на разумијевање и рјешавање проблема просторног планирања и развоја. „Географи концентришу главну пажњу на три концепта: простор (*space*), мјесто (*place*) и околина или средина (*environment*) конструишући научне дисциплине око њих“ (Грчић, 2010, стр. 2). Не маргинализујући значај других географских категорија, издвајамо простор (који је не само географска већ општа категорија) и има својство свесadržајности, односно све што постоји, постоји у простору, чиме је простор логично полазиште свих научних истраживања. Простор се може условно дефинисати, изузимајући филозофска тумачења, као „основно својство сваке предметности. Простор је апсолут који нема своју супротност, непростор не постоји“ (Pavić, 2012, стр. 59). Појам (идеја) простора заокупља науку (филозофију, математику, физику, ...) од античког периода (жива и нежива природа код Аристотела) до детериторијализације простора, тзв. сајбер простор (*Sajber space*), односно временско-просторне компресије (Harvey, 1994) постмодерног доба, као последице развоја савремених комуникација. Међу бројним теоријама које су утицале на развој науке уопште, за географију значајне су идеје о природи простора: Њутнова теорија апсолутног простора, Ајнштајнова теорија релативности и релативистичка концепција Лајбница. Анализирајући различите концепције простора (географски простор, физички, геометријски, простор догађаја, субјективни, искуствени, друштвени, културни, функционални, животни простор) Грчић закључује да се „тима продубљују термилошке тешкоће и да се све постојеће концепције могу свести на два аспекта простора онтолошки – објективни и идеални – субјективни“ (Грчић, 2010, стр.

geoidentity, environment, spatial-functional organization, and economic growth so these have overgrown the framework of geography and have become a subject matter of many different sciences and scientific disciplines (Atkinson et al., 2008). Their pertinence and complexity are of a multidisciplinary nature which means they demand an interdisciplinary approach.

Modern geography is problem-oriented and focused on understanding and solving problems of spatial planning and development. „Geographers are focused on the following concepts: space, place and environment and they base their scientific disciplines on these three“ (Грчић, 2010, p. 2). Without minimizing the pertinence of other geographical categories, it is the space (not only as a geographical but as a general category) which has the property of substantiality by encompassing everything which exists and making the space a logical starting point of all scientific research. Independently from philosophical interpretations, we may conditionally define space as „a fundamental property of all externality. Space is an absolute which has no contrariety, non-space does not exist“ (Pavić, 2012, p. 59). The idea of space has been intriguing science (philosophy, mathematics, physics, etc.) ever since ancient time (Aristotle's animate and inanimate nature of things) up until deterritorialization of space (so-called Cyber space), i.e. the time-space compression (Harvey, 1994) of post-modern times as a consequence of the modern communication development. Among many theories which have affected science in general, those pertinent for geography refer to the idea of nature of space: Newton's theory of absolute space, Einstein's theory of relativity and Leibniz's relativistic concept. Having analyzed different concepts of space (geographical, physical, geometric space, space of events, subjective space, empirical, social, cultural, functional and life space), Grčić inferred that „it may only have caused

18). „У оквиру хуманистичке науке развиле су се нове концепције географског простора: геопростор као културни пејсаж, геопростор као друштвени производ, и геопростор као систем–територија као мрежа“ (Грчић, 2010, стр. 18). У складу с наведеним концепцијама (парадигмама) произашли из објективне друштвене стварности, пред географску науку поставља се задатак најоптималније „креације“ географског простора за потребе савременог друштва, односно његове валоризације и организације испољене у различитим геоструктурама.

Простор има физичку, друштвену – социјалну и временску конструкцију. Природни елементи и социјалногеографски садржаји дефинишу геопросторне структуре, односно геосистеме и њихову функцију, те су предмет изучавања географске науке. Самим тим, географска наука је комплексна наука о цјеловитости простора, истовремено је и скуп више географских дисциплина које се баве изучавањем појединачних просторних структура и њихових елемената. У том контексту говоримо о геопростору и геопросторним структурама. Свеукупност квалитативности просторних елемената предиспонира развојне могућности датог простора. У ранијим фазама развоја географске науке простору су давале трајне вриједности (географски детерминизам). Научно-технолошки развој, друштвена организација, достигнути степен укупног развоја диференцирали су, по више основа, до тада традиционални аграрни простор и људско друштво. Тиме су формиран нове геосистеме различитог степена научно-технолошког, културног, политичког, економског и социјалног развоја. Динамичан привредни развој инициран је научно-технолошком револуцијом и глобалног је карактера, те утиче на промјене перцепције простора, његових вриједности, валоризације, вредновања и просторно-функционалног организовања, чиме се потврђују тезе Харвеја и Лефевра о „друштвено створеном“ простору. Паралелно с наведеним процесима одвија се и развој појединих географских дисциплина,

terminological difficulties and all the existing concepts might have been summed down to two aspects of space – ontological-objective and ideal-subjective ones“ (Грчић, 2010, p. 18). „New concepts of geographical space have emerged within humanistic sciences: geospace as a cultural landscape, geospace as a social product, and geospace as a system-territory network“ (Грчић, 2010, p. 18). In line with all the aforementioned concepts (paradigms) resulting from the objective social reality, geographical science encounters a task to generate a most optimum „creation“ of geographical space to meet the needs of modern society. In other words, the space should be valorized and organized through different geostructures.

Space has physical, social and time constructions. It is the natural elements and social-geographical content that define geospatial structures, i.e. they define geosystems and their functions which are in turn the subject matter of geographical science. Hence, geography is a complex science on the wholeness of space but it is also a set of different geographical disciplines which study individual spatial structures and their elements. In this regard, we talk about geospace and geospatial structures. Development possibilities of a given space are determined by the quality of its spatial elements. During the early phases of development of geography, the space was given permanent properties (geographical determinism). Later on, scientific and technological progress, social organization, and the level of progress in general differentiated the traditional agrarian space and human society on several grounds. Thus, new geosystems of different levels of scientific, technological, cultural, political, economic and social development were formed. A dynamic commercial growth was initiated by the scientific-technological revolution and it obtained a global character affecting the perception of space, its values, properties, evaluation and spatial-functional

које сходно карактеру развојних процеса, мијењају задатке и приступ изучавању простора развијајући богату теоријско-методолошку основу, која представља основ сваке науке.

Дакле, крај 20. и почетак 21. вијека обиљежили су сложени и динамични глобални процеси с бројним геопросторним посљедицама. Укупност њиховог дјеловања и међусобна условљеност мијењају геопросторне структуре, углавном у негативном правцу, доводећи у питање њихову одрживост. С обзиром на то да простор нема алтернативу, „управљање“ простором и успостављање рационалне просторно-функционалне организације (одрживи развој), поставља се као универзално питање и приоритетни задатак развоја, како планетарног, тако националног, регионалног и локалног карактера. Управо то је задатак и одговорност географске науке и праксе. Савремена друштвена стварност продукује бројне кризе: природних ресурса, енергената, воде, хране, становништва, инфраструктуре, политичке кризе, тржишта, капитала и инвестиција, еколошке одрживости, ... Наведени облици испољавања криза имају изражену географску компоненту. Планирање и управљање процесима у основи је управљање ризицима у циљу успостављања функционалне просторне организације и постизања укупног оптималног развоја, што актуелизује Лајбницово опажање: да сваки процес производи свој простор и вријеме (Belkind, 2013). Наведеним констатацијама актуелизује се управљање развојним процесима, али и значај географског образовања и васпитања, што нас поново враћа на компетенције географске науке у домену кључних проблема развоја савременог свијета.

organization, which corroborated hypotheses posed by Harvey and Lefebvre on „socially created“ space. Along with these processes, certain geographical disciplines emerged only to change tasks and approaches to studying space and develop an intricate theoretical-methodological basis which is the fundament of each science.

Late 20th and early 21st centuries witnessed complex and dynamic global processes which had multiple geospatial consequences. The actions and interactions of these consequences altered geospatial structures, mostly negatively, and questioned the sustainability. Since space has no alternative, space „management“ and setting a rational spatial-functional organization (sustainable development) become a universal matter and priority of development whether it is global, national, regional or local. This is precisely the task set before geography in both theory and practice. Modern social reality generates many crises: natural resources, energetic, water, food supplies, population, infrastructure, political crises, market, capital and investments, ecological sustainability, etc. All these types of crises contain a geographical component. Process planning and management is actually risk management targeting a functional spatial organization and total optimum development, which brings forth Leibniz's idea that each process generates its own space and time (Belkind, 2012). This brings us to development process management and the relevance of geographical education, which in turn reminds us of geographical competencies in the domain of modern world development issues.

ФУНДАМЕНТАЛНОСТ ГЕОГРАФСKE  
НАУКЕ У РЈЕШАВАЊУ КЉУЧНИХ  
ПРОБЛЕМА САВРЕМЕНОГ СВИЈЕТА У  
КОНТЕКСТУ ОДРЖИВОГ РАЗВОЈА

Нарастајући проблеми савременог друштва отворили су низ практичних питања за чије се рјешавање тражи активна и потпуна подршка људи свих нараштаја. Развојни процеси мијењају животне потребе и потенцирају нове аспекте едукације становништва те утичу на дефинисање положаја географије у систему образовања. На Двдесет седмом међународном географском конгресу 1992. године усвојена је Повеља о географском образовању, заснована на међународним документима и препорукама. Комисија за географско образовање Међународне географске уније, у Повељи о географском образовању, дефинисала је проблеме савременог развоја и њихову наглашену географску компоненту, значај, циљеве и задатке географског образовања за одрживи развој у 21. вијеку (Међународна географска унија, 1997) потврђене Луцернском декларацијом (International Geographical Union Commission on Geographical Education [IGU CGE], 2007) и подржане од стране Организације Уједињених Нација.

Луцернском декларацијом успостављају се стандарди географског образовања и прокламују циљеви одрживог развоја који подразумевају контролу процеса у животној средини: располагање природним ресурсима, природне катастрофе, климатске промјене, хидропотенцијал, динамику демографског развоја и миграције становништва, развој руралних и урбаних подручја, регионалне политике, издавање проблемских подручја, просторно планирање, економски и социјални развој, функционисање мултикултуралних друштава, управљање локалним заједницама, успостављање географско-информационих система (IGU CGE, 2007). Дакле, кључни проблеми развоја човјечанства, односно друштвене праксе, имају наглашену географску компоненту, тј. односе се на Земљине системе и

FUNDAMENTS OF GEOGRAPHICAL  
SCIENCE IN ADDRESSING KEY  
PROBLEMS OF MODERN WORLD IN  
THE CONTEXT OF SUSTAINABLE  
DEVELOPMENT

The growing problems of modern society have set forth a whole range of practical questions and the solutions are offered by people of all generations. Development processes change life needs and demand new aspects of population education, which further affects the geography's position within the system of education. The International Charter on Geographical Education was adopted at 27th International Geographical Congress in 1992 and it was based on international documents and recommendations. On that occasion, the International Geographical Union's Committee on geographical education defined problems of modern development and pointed out the pertinence, goals and tasks of geographical education and to which extent it was relevant for 21st century sustainable development (Међународна географска унија, 1997) as was earlier confirmed by Luzern Declaration (International Geographical Union Commission on Geographical Education [IGU CGE], 2007) and supported by the United Nation.

The Luzern Declaration set the standards of geographical education and proclaimed the goals of sustainable development, which referred to the control over environmental processes as follows: disposal of natural resources, natural disasters, climate change, hydro potentials, dynamics of demographic development and population migrations, development of rural and urban areas, regional policies, defining problem areas, spatial planning, economic and social development, functioning of multicultural societies, local community management, and design of geographical information systems (IGU CGE, 2007). Thus, key problems of human development and social practice are all geography-related and refer to the Earth's

њихово функционисање и стављају се у фокус савременог географског образовања.

Савремени развојни процеси трансформишу природне и антропогене системе на глобалном нивоу. Геосистеми (појединачни природни и антропогени хомогени комплекси) детерминисани структуром, функцијском, физиономском и квалитативном посебности у свој сложености међуодноса и међуутицаја њихових основних изражајних форми (геоструктуре, геокомпоненте), чине веома комплексну појмовну категорију. Квалитета њиховог функционисања претпоставља ниво одрживости, како њихових појединачних форми, тако и укупности система, рефлектујући се на Земљине сфере и геосистем Земље у цјелини. Дакле, структура, квалитет и функционисање геосистема у директној су вези с одрживим развојем. Одрживи развој подразумева усклађеност између економског развоја, социјалне правде и квалитета животне средине. Да би се између наведених компонената развоја успоставило интеракцијско јединство, односно равнотежа, неопходна је свијест о њиховој међузависности, што подразумева едуковане, свјесне, одговорне и организоване грађане.

Дајући географској науци значајну улогу у систему образовања на свим нивоима, Међународна географска унија, дефинисаним задацима у донесеним повељама, поставила је пред географију одговоран задатак и посредно утицала на реформисање образовног система широм свијета за одговорно друштво у 21. вијеку. Апострофирани проблеми развоја савременог друштва покренули су научне расправе и отворили бројна питања и критичка истраживања мултидисциплинарног карактера у којима партиципира и географија. Друштвене промјене настале процесом транзиције социјалистичких друштава, политичке кризе, нове кризе економије и тржишта потакле су развој критичке хумане географије. Многи сматрају ове појаве географским и позивају географе да се фокусирају на структуре наведених проблема (Johnston et al., 2002). Покренуте иницијативе и усвојене агенде посљедњих деценија апострофирају

systems and their functioning, which modern geographical education focuses on.

Modern development processes globally transform natural and anthropogenic systems. Geosystems (specific natural and anthropogenic homogenous complexes) which are determined by the structural, functional, physiognomic and qualitative specificities with all their interrelations and mutual impact of their basic forms (geostructures, geocomponents) are all parts of a highly elaborate notion category. The quality of their functioning demands a new level of sustainability of both individual forms and the whole system, which in turn reflects on the Earth's spheres and the Earth's geosystem in general. Therefore, the structures, quality and functioning of the geosystem are directly related to sustainable development. It is sustainable development that means harmonization of economic growth, social justice and environment quality. In order to achieve an interactive unity among these components, it is crucial to raise awareness, i.e. to have educated, conscious, responsible and organized citizens.

Having given geography a significant role in the educational system at all levels after it had set tasks in its charters, the International Geographical Association set before geography a responsible undertaking and indirectly affected the educational reforms for a responsible 21st century society worldwide. The focal development problems of a modern society triggered scientific debates and tackled many questions and multidisciplinary critical studies in which geography fully participated. Social changes which started upon the transition process in socialist societies, political crises, and new economic and market crises initiated the development of the critical human geography. Many believe that these changes are geography-related and they invite geographers to focus on the structures of the aforementioned problems (Johnston et al., 2002). The adopted initiatives and agendas over the last few decades have pointed out the

нарастајуће проблеме развоја човјечанства у потрази за инструментима позитивног развоја (Атинска повеља, Уговор из Лисабона, Програм култура, Споразум из Кјота, Љубљанска декларација, Територијална агенда Европске уније, Стратегија Европа 2020, ...).

Доношење декларација, правних аката и прописа има за циљ да усмјери правце развоја ка концепту економске, социјалне и еколошке одрживости и успостави територијалну кохезију и хармонично друштво у смислу мултикултуралности, политичке једнакости и социјалне правде, које се сматрају универзалним вриједностима. На простору Европе најчешће се говори о систему европских вриједности. Апострофиране вриједности имају мултидисциплинарни карактер, али се снажно прожимају кроз више географских дисциплина, што нас наводи на задатке и карактер географског образовања за формирање одговорних и активних грађана. Географија учи да се свијет посматра истовремено очима хуманисте и природњака, односно омогућује разумјевање свијета (Грчић, 2004), образује, васпитава (у духу патриотизма, толеранције и одговорног дјеловања) и припрема за практичну примјену стечених знања у сврху општег напретка. „Дакле, суштина географије је у и предмету истраживања и у њеним сазнајним могућностима, што *a priori* подразумева одговарајуће методологије у проучавању географских форми – њихове структуралности, територијалности, размјештаја, функционалности, процеса и проблема у развоју“ (Гњато et al., 2011, стр. 32). Тиме се географија поима као општеобразовна, национална и практична наука.

Дуго развијана перцепција појма географије као „описа Земље“ мора бити замијењена „уписивањем Земље“ у срце и свијест сваког становника планете, односно перцепцијом „Земље као човјековог дома“, како су је поимали антички филозофи, чиме се апострофира њена комплексна улога у концепту одрживог развоја.

growing development problems of humanity in search of instruments of positive development (Athens Charter, Lisbon Contract, EU Culture program, Kyoto Protocol, Ljubljana Declaration, EU Territorial Agenda, Europe 2020 Strategy, etc.).

The purpose of adoption of declarations, legal acts and regulations is to put the focus of development on the concept of economic, social, and ecological sustainability and set the territorial cohesion and harmonized society in terms of multiculturalism, political equality and social justice which are believed to be universal values. In Europe, the European value system is frequently discussed. These values are multidisciplinary and they address several geographical disciplines, which brings us to tasks and purpose of geographical education in order to gain responsible and active citizens. Geography teaches us that the world should be observed through the eyes of both social and natural scientists, i.e. it helps us understand the world (Грчић, 2004), and it educates us (in terms of patriotism, tolerance and responsible actions) and prepares us for the practical application of the gained knowledge for general good. „Hence, the essence of geography lies in both its subject matter and its gnostic abilities, which *a priori* requests adequate methodology for studying geographical forms, their structures, territoriality, distribution, functionality, processes and problems of development“ (Гњато et al., 2011, стр. 32). This brings us to geography as a generally educational, national and practical science.

A long-term perception of geography as an „Earth description“ must be replaced by „Earth inscription“ into the heart and consciousness of each man on the planet. In other words, it should be replaced with the „Earth as a home“ perception as it was regarded by ancient philosophers, which finally points out its complex role in the concept of sustainable development.

## ГЕОГРАФСКА НАУКА И САВРЕМЕНА ДРУШТВЕНА СТВАРНОСТ У РЕПУБЛИЦИ СРПСКОЈ

Проблеми институционалног, политичког, демографског, насеобинског, привредног, инфраструктурног и социјалног развоја Републике Српске актуелизују поједине географске дисциплине и њихову апликативност. Друштвено маргинализована географска наука у Републици Српској готово да није добила у јавности већу улогу од основношколског предмета и новинарске вијести за потребе политичког актуелизовања неког проблема. Успостављени дуализам компетенција у друштвеној пракси рефлектује се на географску науку њеним потискивањем из поља географских истраживања с далекосежним развојним посљедицама које се огледају у дефинисаним развојним стратегијама и њиховој имплементацији. Под појмом стратегија подразумева се „дугорочно планско усмјеравање развојних процеса на бази вредновања основних расположивих потенцијала: природних, људских инфраструктурних и других, у смислу остваривања утврђених циљева“ (Гњато, Р. & Гњато, О., 2008, стр. 415). Према томе, дефинисање стратегија подразумева вредновање геодиверзитета датог простора, односно његових форми: геосистема, геоструктура и геокомпоненти из чега произлази компетентност географске науке, односно њен задатак у дефинисању праваца и инструмената развоја сходно потребама рјешавања развојних проблема друштва. Практична примјена географских сазнања сразмјерна је степену друштвене препознатљивости развојног проблема и изналажења адекватног одговора.

Издајање простора на основу укупности карактеристика економских, демографских, социјалних, инфраструктурних, насеобинских, еколошких и других процеса предуслов је приступању развојним стратегијама и планским рјешењима у циљу унапређења простора и смањивања развојних диспаритета. Иако је територијална кохезија примарни циљ свих

## GEOGRAPHICAL SCIENCE AND MODERN SOCIAL REALITY IN THE REPUBLIC OF SRPSKA

Problems of institutional, political, demographic, settlement, commercial, infrastructural and social development of the Republic of Srpska bring into the limelight specific geographical disciplines and their application. Geography has been socially marginalized in the Republic of Srpska and it has not been more than a school subject or the paper news for the purpose of focusing on a political problem in public. The existing dualism of competencies in social practice affects geography in a way that it has been suppressed from geographical studies which will have long-term consequences reflected in defined development strategies and their implementation. The term strategy refers to „a long-term planned management of development processes based on the evaluation of basic available potentials (natural, human infrastructure etc.) in order to achieve the defined goals“ (Гњато, Р. & Гњато, О., 2008, p. 415). Therefore, defining a strategy means to evaluate geodiversity of a target space, i.e. its forms (geosystems, geostructures and geocomponents), which is within the competency of geography and its task to define directions and instruments of development in line with solving development problems of the society. Practical application of geographical knowledge is proportional to the level of social acknowledgement of the development problem and the adequate response.

Differentiation of space based on the total characteristics of economic, demographic, social, infrastructural, settlement, ecological and other processes is a prerequisite for development strategies and planned solutions targeting the improvement of space and minimization of development disparities. Even though territorial cohesion is a primary goal of all development strategies in both the European Union (Evropska unija, 2011) and

развојних стратегија, како у Европској унији (Evropska uniја, 2011), тако и у Републици Српској, актуелни развојни процеси одвијају се у правцу продубљивања развојних разлика и стварања проблемских подручја. Слабо развијена подручја, не карактеришу само земље у развоју, већ она егзистирају и у већини развијених држава, као „регије које касне у развоју у односу на национални просјек“, те недовољно интегрисана у привредни систем земље, третирају се као проблемска подручја националних територија. Укупност развојних процеса диференцира простор Републике Српске на подручја различитог степена развоја, од чега проблемска подручја представљају преко 60 % укупне територије (Мандић & Живковић, 2014). По разним елементима и показатељима (демографским, насеобинским, економским, инфраструктурним, еколошким) издвојена проблемска подручја (првенствено исток и југ Републике Српске) захтјевају нове приступе и постављају нове захтјеве друштвеној пракси, а тиме и задатак географској науци. „Планирање развоја мора бити дио дугорочне националне интегративне политике у домену просторног планирања, економско-социјалног развоја и заштите квалитета животне средине“ (Мандић & Живковић, 2009, стр. 165), чиме се подржава укупна одрживост развоја, те представља примарни задатак друштва, а тиме и научних институција.

Транзиција друштвеног система, новоуспостављени друштвени односи и структуре, нова легислатива и приступи планирању развоја и управљању простором, створили су услове за парцијално сагледавање проблема у циљу успостављања индивидуалног над јавним интересом. Логика простора и укупност развоја доведена је у питање. Мотиви валоризације, вредновања и дјеловања у простору представљају основу успостављања просторних структура и развојних ефеката на укупну одрживост простора. Њихово усмјеравање представља кључ националног развоја. Изградња институционалног и правног оквира дјеловања предуслов је успостављања повољног амбијента за дефинисање развојних

Republic of Srpska, the current development processes still deepen the development discrepancies and create problem areas. Poorly developed area are not only typical of developing countries, but they also exist in most developed countries as „regions that grow slower than the national average“ and are insufficiently integrated into a country's commercial system, which is why these are treated as problem areas within national territories. Development processes in the Republic of Srpska differentiate the country into areas of different levels of development and problem area make up more than 60 % of the whole territory (Мандић & Живковић, 2014). The differentiated problem areas defined by different elements and indicators (demography, settlements, economy, infrastructure, ecology) (south and east of the Republic of Srpska) demand new approaches and set new goals before both social practice and geography. „Development planning must be a part of a long-term national integration policy within the domains of spatial planning, economic-social growth and environment quality protection“ (Мандић & Живковић, 2009, p. 165), which will support the whole sustainability of development and scientific institutions.

The social system transition, the newly established social relations and structures, new legislations and approaches to space development and management all created conditions for partial solutions of problems in order to place individual interests before the public ones. Logics of space and total development have been questioned. Motives for valorization, evaluation and actions within space are the bases for formation of new spatial structures and development effects which might affect spatial sustainability. The key to a national development is to conduct these processes properly. The institutional and legal frameworks of actions are a prerequisite for an environment suitable for defining development strategies and practically applying results of scientific studies, i.e.

стратегија и практично дјеловање произашло из резултата научних истраживања, односно инкорпорирања научних сазнања у праксу. Из тог разлога географска наука континуирано развија научни апарат и усаглашава поље научног истраживања појединих географских дисциплина и њених форми с развојним проблемима произашлих из актуелних друштвених процеса испољених у геопростору.

Укупни географско-историјски развој Балканског простора, дакле и Републике Српске, није доприносио континуираном културно-цивилизацијском, а тиме ни геопросторном развоју. У тим условима нису се довољно развили свијест о одговорности државних структура према геопростору и појединцу као и појединца према држави и геопростору, што резултира бројним посљедицама. Осјећај националне и завичајне припадности више је ствар фолклористике него одговорног дјеловања и развијања националне и локалне средине. Геополитичком подјељености простора бивше СФРЈ, а тиме и српског националног простора, створени су нови регионализми и отворени бројни проблеми економског и националног развоја, као и поимања српског националног и културног простора. Ова проблематика третирана је у више радова Р. Гњата (Гњато, 2007; Гњато et al., 2011; и др.) и нужно потенцира реформисање националног географског образовања. Стога „потребно је конструисати географију српског културног простора као дисциплину културне географије“ (Грчић, 2011, стр. 20). Концепт трансграничног развоја, актуелан у развојним стратегијама земаља Европске уније, има пуну оправданост (економску, политичку, националну, културну, инфраструктурну) у повезивању српског националног простора, односно Републике Српске и окружења у којем живи српски народ. Успостављање сарадње балканских народа је полазиште у развоју односа и промјени перцепције о Запаном Балкану као проблематичном и нестабилном региону. О значају економског и културног повезивања унутар Балканског простора, стратешким циљевима развоја и његовог значаја

incorporating scientific findings into practice. For that reason, geographical science keeps developing a scientific apparatus and harmonizing scopes of its disciplines with the developing issues resulting from current social processes existing in geospace.

The geographical-historic development of the Balkans, including the Republic of Srpska, has made no contribution to a continuous cultural, civilization and geospatial development. Under the given conditions, there has been no awareness of responsibility of state structures towards geospace and individuals nor has there been any responsibility of individuals for the state and geospace which has all resulted in multiple consequences. The feeling of national and country affiliation has been nothing but folklore-oriented rather than a responsible action and development of national and local environment. Geopolitical division of former SFRY, including the Serbian national space, resulted in new regionalisms and triggered many problems for both economic and national development and it also affected the perception of Serbian national and cultural space. The problem was addressed by R. Gnjato in several papers (Гњато, 2007; Гњато et al., 2011; etc.) and the main observation was the necessity to reform national geographical education. Therefore, „it is crucial to construct geography of the Serbian cultural space as a cultural geography discipline“ (Грчић, 2011, p. 20). The concept of cross-boundary development currently popular in development strategies of European Union countries is fully applicable (and justified from economic, political, national, cultural and infrastructural aspects) in order to unite the Serbian national space, i.e. the Republic of Srpska and the neighboring areas populated by the Serbs. Cooperation among the peoples of Balkans is a starting point for the development and the change of perception of the Western Balkans as a troublesome and unstable region. Many geographical scientific papers have been written on the pertinence of

на политичкој и културној мапи Европе написан је од краја 19. вијека велики број географских научних радова, од Цвијића до савремених географа, али њихове опсервације нису нашле већу примјену у друштвеној пракси.

Друштвена стварност Републике Српске носи снажан печат развојних проблема географског карактера, међу којима се издвајају проблеми наглашене депопулације, привредног развоја, управљања природним ресурсима, стања животне средине и различитих аспеката одрживости. Недовољна развијеност државних и научних институција, слаба хоризонтална и вертикална координација унутар друштвеног система, несистематичан приступ рјешавању проблема просторног развоја додатно успоравају рјешавање наведених проблема. Из наведеног произлази неопходност реформисања државних институција, а међу њима и образовног система, као и географског образовања на свим нивоима, те дефинисања задатака и исхода образовања и васпитања за одговорно дјеловање у циљу просперитетног развоја Републике Српске.

Различита друштва стварају специфичне концепције простора (Lefebvre, 1991). Државни системи дугих традиција континуирано су изграђивали институције и друштвене структуре у циљу националног развоја, резултирајући уређеним просторним структурама и рационалним располагањем територијалним капиталом. У таквим друштвима наука је имала национални значај. Географска наука одиграла је значајну улогу у развоју многих држава. Географска наука српског етничког простора повремено је добијала задатке националног значаја. Почетком 20. вијека развила се српска географска школа и дала допринос дефинисању националних граница и стратешких циљева развоја, комплексном изучавању националног простора и културног идентитета националног идентитета. Сличан задатак имала је географска наука крајем 20. вијека у Републици Српској у вријеме њеног формирања. У условима транзиционог друштва, ниског степена институционалне изграђености и потенцирања индивидуалних интереса, супротстављених

economic and cultural connections within the Balkans, the strategic goals of development, and the relevance of the Balkans on the political and cultural maps of Europe. Still, ever since late 19th century up to now, from Cvijić to some modern geographers, none of their observations have been widely applied in social practice.

Social reality of the Republic of Srpska carries a burden of geographical development problems among which most unpopular ones are issues of depopulation, commercial growth, natural resources management, environment and different aspects of sustainability. Low level of development of state and scientific institutions, poor horizontal and vertical coordination within the social system, and an unsystematic approach to solving problems of spatial development decelerate solutions of all these problems. Hence, it is necessary to reform the state institutions, including the educational system and geographical education at all levels, and to define tasks and outcomes of the education on responsible actions in order to support a prosperous development of the Republic of Srpska.

Different societies create specific concepts of space (Lefebvre, 1991). State systems which have long traditions have continuously built their institutional and social structures for the purpose of national development. It has resulted in the organized spatial structures and rational disposal of the territorial capital. In such societies science has played an important part. It was the geographical science that had a large role in development of many countries. Geographical science of the Serbian national space has been occasionally given tasks of national relevance. In early 20th century, the Serbian geographical school was founded and it greatly contributed to defining national boundaries and strategic development goals and thoroughly studied national space and cultural and national identity. A similar task was set before geography in late 20th century

географској научној логици, укључивани су други актери у „планирање“ националног развоја, а географија потискивана из праксе и образовног система.

По својој дефиницији и суштини наука је у сталном трагању за истином и напретком, друштвено и морално одговорна, те лишена сваке политизације и злоупотребе. Њен задатак је да друштвено афирмише позитивне и научно прихватљиве обрасце човјековог дјеловања, те сноси моралну одговорност за научну и друштвену пасивност. Своје задатке, осим јавног дјеловања у друштвеној пракси, наука првенствено афирмише кроз циљеве и исходе образовања образујући и васпитавајући генерације у духу одговорног и професионалног географског дјеловања на разним пољима друштвене стварности.

Образовни систем простора бивше СФР Југославије „дијели“ судбину географско-историјског развоја простора Балкана, односно нема континуитет успостављеног концепта. „Тако је посљедњих деценија мијењан приступ географском образовању, од концепта примијењене географије до 60-их година прошлог вијека, до концепта школске географије, који је био усмјерен на регионално-географску проблематику енциклопедијског карактера“ (Мандић, 2009, стр. 31), чиме су се разишле научна и школска географија. Неопходан је константан рад на унапређењу теоријско-методолошке основе и система школовања наставника, увођење општеобразовних и примијењених географских садржаја у средњошколско образовање, те развој „географске културе“, значајног сегмента општег васпитања и етике (Грчић, М. & Грчић, Љ., 2015). Географија је просторна наука, те је разумјевању њене суштине и задатка неопходна промјена перцепције просторности и њених карактеристика (Трифуновић, 2016). Постојећи наставни планови, као и приступ наставника географским садржајима, још увијек су фокусирани на дескрипцију и квантификацију. Национални географски простор изучава се као класична регионална географија, односно преглед географских садржаја

as the Republic of Srpska was founded. Under the conditions of transition, a low level of institutional organization, and individual interests opposed to geographical scientific logics, other participants were included in „planning“ national development and geography itself was suppressed from practice and educational system.

By its definition and essence, geography is a science of constant search for truth and progress; it is socially and morally responsible and free from politics and malpractice. Its task is to socially affirm positive and scientifically acceptable patterns of human behavior and to carry moral responsibility for scientific and social passivity. Apart from public actions in social practice, a science affirms its tasks through goals and outcomes of education as it educates generations in terms of responsible and professional geographical actions in all fields of social reality.

The educational system of former SFRY „shares“ the same fate of the geographical-historic development in the Balkans, i.e. there was no continuous concept. „Over the last few decades, an approach to geographical education has been altered. It ranged from the applicative geography concept, which was popular up until 1960s, to the concept of school geography, which focused on regional geographical issues in line with encyclopedic knowledge“ (Мандић, 2009, p. 31), after which scientific and educative geography departed from one another. It is pertinent to keep improving the theoretical-methodological basis and teacher education, introduce general and applicative geographical content in secondary schools, and develop „geographical culture“ which is a relevant part of general knowledge and ethics (Грчић, М. & Грчић, Љ., 2015). Geography is a science on space, so to understand its essence and tasks it is important to change perception of spatiality and its characteristics (Трифуновић, 2016). The existing curricula and the teachers are still focused on description and quantification. The national geographical space is being

простора, без дубље анализе и комплексног познавања развојних проблема и могућности Републике Српске те припреме младих генерација за живот и одговорно дјеловање. Дакле, по више аспеката научни приступ географској теорији и перцепцији научног задатка географије, како апликативне, тако и националне образовно-васпитне науке, није добио потребни простор у пракси образовног система Републике Српске. Помак у научном развоју географије у оквиру Републике Српске огледа се у институционализовању географске науке кроз отварање Студијског програма за географију и Студијског програма за просторно планирање, оснивање Географског друштва Републике Српске, више научно-стручних географских удружења (Центар за демографска истраживања, Центар за животну средину и уређење простора, Центар за климатска истраживања, Друштво просторних планера Републике Српске) и издавање научних часописа и других публикација.

Развој географске науке није значајно утицао на њено друштвено позиционирање унаточ учешћу у креирању развојних политика, изради просторних планова и развојних стратегија Републике Српске. Изостало је веће ангажовање географске науке и струке у друштвеној пракси, односно рјешавању актуелних проблема просторног развоја Републике Српске. Закључујемо да је географска теорија надрасла практичну примјену. Проведене реформе основног и средњошколског образовања минимизирале су географско образовање, свдећи га на општеобразовни карактер. Занемарена је апликативна улога и значај географске науке, те маргинализовани прокламовани циљеви географског образовања од стране Међународне географске уније и Организације Уједињених Нација. „Друштвена пракса и растуће тржишне потребе за географским знањима потврђују фундаменталност географске науке у рјешавању суштинских развојних проблема савременог свијета“ (Живковић, 2013, стр. 11), што није у корелацији са статусом географске науке у Републици Српској. Савремена друштвена

studied as classical regional geography, i.e. as an overview of geographical contents of the space without further analysis or recognition of development problems and opportunities of the Republic of Srpska in which way the young generations may not be prepared for life and responsible actions. Thus, a scientific approach to geographical theories and perception of scientific goals of geography as both national-educational and applicative science is not being paid enough attention in the educational system in the Republic of Srpska. A step forward in the scientific development of geography in the Republic of Srpska reflects in the institutional recognition of geography through founding Departments of Geography and Spatial Planning, Geographic Society of the Republic of Srpska, several scientific-professional associations (Center for Demographic Studies, Center for Environment and Spatial Planning, Center for Climate Studies, Republic of Srpska Association of Spatial Planners), and starting scientific journals.

The development of geography did not largely affect its social position despite the fact that it participated in creating development policies, spatial plans and development strategies of Republic of Srpska. There is no significant engagement of geographers in social practice, i.e. in solving existing problems of spatial development in the Republic of Srpska. We may infer that geographical theory has overgrown practical application. Recent reforms of the educational system in primary and secondary schools have minimized the geographical education and only made it a part of general education. The applicative role of geography has been neglected and the goals declared by the International Geographical Association and the United Nations have been marginalized. „Social practice and the growing market demands for geographical knowledge corroborate the fundamental nature of geography in solving essential development problems of the modern world“ (Живковић,

стварност указује на „изразито комплексни задатак географије у рјешавању актуелних проблема који проистичу из друштвене стварности“ (Живковић, 2013, стр. 11).

## ЗАКЉУЧАК

Савремена друштвена стварност оптерећена је бројним развојним проблемима, како глобалним, тако локалним, који у основи имају географски карактер. Манифестују се кроз трансформацију просторних и социјалних структура и успостављање нове просторно-функционалне организације. Одсуство њиховог усмјеравања и координације има за посљедицу бројне показатеље нарушавања геосистема која угрожава укупни територијални капитал и покреће бројне проблеме националног, регионалног и локалног развоја. Непланирање развојних процеса и некоординација међу актерима у геопростору нарушава геопросторне структуре и слабе развојне могућности. Дакле, динамика и карактер развојних процеса угрожавају концепт одрживости, те нужно претпостављају адекватне развојне стратегије, мјере и инструменте усмјеравања развојних политика.

У наведеном контексту апострофира се улога географске науке, квалитет и заступљеност у систему образовања на свим нивоима, те дефинише садржај и структура географских знања неопходних друштву и појединцу у 21. вијеку и апострофира њихова имплементација у образовни систем. С обзиром на подударност карактера развојних процеса, предмета и задатака истраживања географске науке, неопходно је говорити, не само о географском образовању, већ и географском васпитању, из којег произлази и начин размишљања и дјеловања у геопростору. Будућност географске науке дефинисаће њена цјеловитост и апликативност, односно укљученост у рјешавање актуелних развојних проблема друштвене праксе.

2013, p. 11), which does not correlate with the status of geography in the Republic of Srpska. Modern social reality indicates an „extremely complex tasks of geography to solve current problems emerging from social reality“ (Живковић, 2013, p. 11).

## CONCLUSION

Modern social reality is burdened by many global and local development issues, which are basically geography-related. These issues are manifested through the transformation of spatial and social structures and formation of a new spatial-functional organization. The absence of fresh coordination results in many impaired geosystems threatened by the territorial capital, which in turn sets off different problems for the national, regional and local development. It is the lack of process planning and the poor coordination among geospatial participants that impair geospatial structures and weaken development potentials. Therefore, the dynamics and nature of development processes jeopardize the sustainability concept and consequently demand adequate development strategies and measures as well as instruments of development policy management.

Hence, the role of geography is being emphasized as well as the quality and ratio of this science within the educational system at all levels. In addition, the content and structure of geographical knowledge crucial for both society and individuals in 21st century is being defined and the implementation of the knowledge within the educational system is being pointed out. As the nature of development processes is compatible with the subject and tasks of the geographical science, it is crucial not only to discuss geographical education but also the geographical schooling from which thinking and acting within the space emerges. The future of geographical science will be defined by its wholeness and application, i.e. its inclusion in offering solutions to the current development and social practice problems.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Atkinson, D., Jackson, D. & Washbourne, N. (2008). *Kulturna geografija/kritički rječnik ključnih pojmova*. Zagreb: Disput.
- Belkind, O. (2013). Leibniz and Newton on Space. *Foundations of Science*, 18(3), 467–497.
- Cotner, D. M. (2009). Livable Human Communities: A Sustainability Narrative. *Spatium*, 19, 1–7.
- Evropska unija (2011). *Teritorijalna agenda Evropske unije do 2020. godine, Stanje i perspektive Evropske unije* (Živanović, T., Prevod). Prevodi, knj. 8. Beograd: Inženjerska komora Srbije.
- Гњато, Р. (2007). Српске земље у савременим регионалним и глобалним процесима. У *Зборник радова научног скупа „Србија и Република Српска у регионалним и глобалним процесима“* (7–11). Београд–Бања Лука: Географски факултет Универзитета у Београду и Природно-математички факултет Универзитета у Бањој Луци.
- Гњато Р. & Гњато, О. (2008). Геодиверзитет Републике Српске у теорији одрживог развоја. У *Научни скупови, књ. XIII, Ресурси Републике Српске* (411–421). Бања Лука: Академија наука и умјетности Републике Српске.
- Гњато, Р., Гајић, М., Вујадиновић, С. & Станојевић, М. (2011). Српска национална географија – теоријска утемељеност и могућа улога у рјешавању савремених геополитичких проблема у српским земљама. *Гласник/Herald*, 15, 23–52.
- Грчић, М. & Грчић, Љ. (2015). Проблеми и перспективе географског образовања у Србији. *Глобус*, 35, 165–174.
- Грчић, М. (2004). Теоријски, методолошки и дидактички проблеми развоја географије. *Гласник/Herald*, 9, 67–81.
- Грчић, М. (2010). Простор као филозофска и географска категорија. *Гласник/Herald*, 14, 1–19.
- Грчић, М. (2011). Културна географија – Аспект и дисциплина друштвене географије. *Гласник/Herald*, 15, 1–22.
- Harvey, D. (1994). Простор и моћ. *Економика*, 4–6, 72–80.
- Илић, Ј. (1975). Основне карактеристике економске географије као научно-наставне дисциплине. *Глобус*, 7, 3–55.
- International Geographical Union Commission on Geographical Education (IGU CGE) (2007). *Lucerne Declaration on Geographical Education for Sustainable Development*. Lucerne: International Geographical Union Commission on Geographical Education.
- Johnston, R. J., Taylor, P. J. & Watts, M. J. (2002). *Geographies of Global Changes: Remapping the World* (Second Edition). Oxford: Blackwell.
- Lefebvre, W. (1991). *The Production of Space*. Oxford: Blackwell.
- Мандић, М. & Живковић, М. (2009). Значај и улога географије у планирању развоја руралних и урбаних подручја с освртом на Републику Српску. У *Зборник радова Међународног научног скупа „Друштвена улога и статус географије у Републици Српској и окружењу“* (155–166). Бања Лука: Географско друштво Републике Српске.
- Мандић, М. & Живковић, М. (2014). Problematic Areas of the Republic of Srpska of within the context of Demographic Changes. *Зборник матице Српске за друштвене науке*, 148(3/2014), 767–776.
- Мандић, М. (2009). Статус географије у систему средњошколског образовања Републике Српске и потреба њене афирмације као образовног и стручног предмета. У *Зборник радова Међународног научног скупа „Друштвена улога и статус географије у Републици Српској и окружењу“* (25–33). Бања Лука: Географско друштво Републике Српске.
- Међународна географска унија (1997). Међународна повеља за географско образовање – географија за један бољи свет (Грчић, М., Превод). *Глобус*, 22, 53–66.
- Равић, Р. (2012). На темeljима географије – I: простор (и политички). *Географски хоризонт*, 1/2012, 59–78.
- Трифунувић, М. (2016). Онтолошке и епистемолошке недоречености постструктуралистичке парадигме у географији. *Гласник/Herald*, 20, 25–39.
- Живковић, М. (2013). Двадесет година постојања и рада Географског друштва Републике Српске. У *Зборник обilежјавања 20. годишњице Географског друштва Републике Српске* (10–11). Бања Лука: Географско друштво Републике Српске.
- Живковић, М., Мандић, М. & Зекановић, И. (2015). Регионалногеографски аспект у контексту савремене просторно-функционалне организације и развоја. У *4. српски конгрес географа „Достигнућа, актуелности и изазови географске науке“* (317–320). Београд: Географски факултет Универзитета у Београду и Српско географско друштво.

## МЈЕСТО ГЕОГРАФСКОГ ОБРАЗОВАЊА У ДОБА STEM ДИСЦИПЛИНА?

Млађен Трифуновић<sup>1\*</sup><sup>1</sup>Универзитет у Бањој Луци, Природно-математички факултет, Бања Лука, Република Српска

**Сажетак:** У раду се анализирају могућности географског образовања у односу на фаворизоване STEM дисциплине. Сматрамо да и једна и друга област има јединствен когнитивни извор – просторно мишљење. Географско образовање недовољно користи своје могућности у развијању виших когнитивних способности просторног мишљења услед неадекватних едукативних материјала, при чему би се требало угледати на пројекте као што су *Thinking through Geography*. Своје мјесто географско образовање треба да тражи и у незаобилазној етичкој димензији просторности која суштински мањка техничко-математичко-инструменталном приступу у оквиру STEM-а. У раду су дати и темељни етичко-нормативни принципи проучавања и конструкције мјеста који би требали бити интегрисани у географске курикулуме и свакодневну праксу просторне трансформације друштва.

**Кључне ријечи:** географско образовање, STEM, просторно мишљење, етика, мјесто, нормативни принципи.

Original scientific paper

## A PLACE OF GEOGRAPHICAL EDUCATION IN THE AGE OF STEM DISCIPLINES?

Mladen Trifunović<sup>1\*</sup><sup>1</sup>University of Banja Luka, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Banja Luka, Republic of Srpska

**Abstract:** The paper analyzes the possibilities of geographic education in relation to favorable STEM disciplines. We believe that both one and the other domain have a unique cognitive source – spatial thinking. Geographical education underutilized their opportunities to develop higher cognitive skills of spatial thinking due to inadequate educational materials. Geographic education should also seek its place in the inevitable ethical dimension of human spatiality, which essentially lacks within the STEM technical and mathematical-instrumental approach. The paper also provides basic ethical and normative principles for the study and construction of places that should be integrated into geographic curricula and the everyday practice of spatial transformation of society.

**Key words:** geographical education, STEM, spatial thinking, ethics, place, normative principles.

## ДОБА STEM-а

Већ из наслова овог рада очигледна је наша наmjера да повучемо извјесне аналогije са Маркесовим романом *Љубав у доба колере* (Маркес, 2010). С једне стране имамо већ утврђен брак двије групе и с друге субјекта који чека на остварење властитих жеља. Наведени брак свакако се односи на никад актуелнију

## THE AGE OF STEM

Already from the title of this paper, it is obvious that we intend to draw some analogies with Markes novel *Love at the time of cholera* (Маркес, 2010). On the one hand, we have already established marriage of two groups and from the other, there is a subject who is waiting for the realization of their own desires.

\*Аутор за кореспонденцију: Млађен Трифуновић, Универзитет у Бањој Луци, Природно-математички факултет, Младена Стојановића 2, 78000 Бања Лука, Република Српска, Босна и Херцеговина, Е-mail: mladjen.trifunovic@pmf.unibl.org  
Corresponding author: Mladen Trifunović, University of Banja Luka, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Mladena Stojanovića 2, 78000 Banja Luka, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina, E-mail: mladjen.trifunovic@pmf.unibl.org

везу привредног и финансијског сектора са онима који креирају образовне политике. Ова веза кулминира у тзв. STEM групи дисциплина – наука, технологија, инжињерство и математика (Science, Technology, Engineering, and Mathematics – STEM). С друге стране, у стању вишедеценијског чекања на задобијање адекватног статуса одржаваног романтичарским пројекцијама, налази се географско образовање. Јувенал и Флорентино, STEM и географија. Још рјечитији од литерарних метафора постојећих релација међу друштвеним статусима географског и техничко-математичког поља савременог образовања, јесу новчани индикатори улагања у те двије области. Према подацима изнесеним на сајту *Образовне технологије* (Rogers, 2009) Велика Британија је у буџету за 2018. годину за истраживања у оквиру STEM едукације издвојила 300 милиона фунти, док је фонд часова за ту врсту образовања повећан за 50 процената у односу на протекли период. Подаци показују да је издвојено и додатних 320 милиона фунти за отварање нових бесплатних школа које би требале радити према програмима посебно осмишљеним за STEM групу предмета. Иако су ови подаци заиста вриједни пажње, шта рећи на чак 350 милијарди долара које америчке корпорације попут AT&T, IBM, JP Morgan, SAP, Chevron, Ford, Intel, Google, Boeing, Verizon, Goldman Sachs, Microsoft, Target, Facebook и других уложе сваке године у образовни сектор и то већином опет у наведену област STEM-а! Обзиром да пројекције показују да ће глобалној економији до 2020. године недостајати око 85 милиона радника, претежно у домену технике базиране на математичко-инжињерским компетенцијама, циљеви ових компанија су јасни. Ради се, заправо, о улагању без којег наведене мултинационалне компаније нису у стању нити одржати постојећи ниво пословања, а камоли мислити на будући развој. Утицај економије на креирање образовне политике више је него очигледан кад се погледа и бројност студената који се одлучују за неки од студија из области STEM-а. Њихов број у САД порастао је готово за дупло у декади од 2003.

The above marriage certainly refers to the ever-closer connection between the economy and the financial sector to those who create educational policies. This connection culminates in the so-called STEM group of disciplines – science, technology, engineering and mathematics (STEM). On the other hand, in the state of several decades of waiting to gain an adjective status maintained by romantic projections, there is a geographical education. Juvenal and Florentino, STEM and Geography. More eloquent than literary metaphor of the existing relations between social statuses, geographical, technical and mathematical fields of modern education, are financial indicators of investment in these two areas. According to data provided on the Educational Technology website (Rogers, 2009). In the 2018 budget, the UK allocated 300 million pounds for research in the framework of STEM education, while the number of hours for this type of education has increased by 50 percent compared to the previous period. The data show that an extra 320 million pounds has been set aside for the opening of new free schools that should work according to the curriculum specifically designed for the STEM group of subjects. Although these data are really worthy of attention, what to say to as many as 350 billion dollars that US corporations such as AT&T, IBM, JP Morgan, SAP, Chevron, Ford, Intel, Google, Boeing, Verizon, Goldman Sachs, Microsoft, Target, Facebook and other invested every year in the education sector and mostly again in the specified area of STEM-a! Given that projections show that by the year 2020, around 85 million workers will be lacking in the global economy, predominantly in the field of mathematics-engineering competence, the goals of these companies are clear. It is, in fact, investment, without which the said multinational companies are unable even to maintain the current level of operations, let alone to plan the future development. The impact of the economy on creating an education policy is more than obvious when considering the number of students choosing one of the STEM studies. Their numbers in the United States rose almost

до 2013. године – са 273000 на 527000. Што се тиче будућег развоја и усмјеравања образовања трендови су, дакле, прилично јасни. А шта је са географским образовањем? Какве су његове шансе у односу на фаворизовану област STEM-а? Да ли је природа исхода географског образовања заиста таква да нема додирних тачака са компетенцијама које се од ученика захтијевају, али и креирају у оквиру програма STEM?

### ГЕОГРАФИЈА И STEM – ДВА СТАБЛА ИСТОГА КОРИЈЕНА

Да би дошли до назнака које би могле водити до адекватних одговора на претходна питања, потребно је анализирати основне спознајне процесе који карактеришу како STEM дисциплине, тако и географију. Сматрамо да је та заједничка грана оно што се назива просторно мишљење. Ова област мишљења и дјеловања покушавана је бити одређена кроз различите начине и приступе, али је сасвим сигурно да обухвата сљедећих пет међусобно прожетих елемената: концепције просторности, концепте просторности, начине представљања простора, интерпретације процеса конструкције и деструкције просторности и употребе просторних метафора у области непросторног мишљења (Трифуновић, 2015, стр. 10).

За математичко-техничке дисциплине просторно мишљење је итекако позната, присутна и валоризована чињеница. Истичући важност тзв. људског капитала у савременом друштву, Дејвид Лубински (Wetzel, 2013) представио је резултате истраживања његовог тима са Вандербилтовог универзитета са *Одсјека за образовање и хумани развој* ријечима да креативност, посебно у домену просторног мишљења, има вриједност аналогну вриједности валуте. Наведена “валута” од посебног је значаја у оквиру тзв. STEM дисциплина. Рано откривање дјеце посебно надарене у способности просторног мишљења има огромну важност у усмјеравању њихове каријере управо у наведене области

twice in the decade from 2003 to 2013 – from 273000 to 527000. As for the future development and direction of education, trends are therefore quite clear. And what about geographical education? What are its chances in relation to the favored area of STEM? Does the nature of the outcome of geographic education really is such that there is no common ground with the competencies that are required of students but also created within the STEM?

### GEOGRAPHY AND STEM – TWO TREES OF THE SAME ROOT

In order to come up with indications that could lead to adequate answers to previous questions, it is necessary to analyze basic cognitive processes that characterize both STEM discipline and geography. We think that this common root is spatial thinking. This area of human thought and action has been tried to be determined through different modes and approaches, but it is quite certain that it includes the following five interconnected elements: the concept of spatiality, the concept of spatiality, ways of representing space, the interpretation of the construction process and the destruction of space and the use of spatial metaphors in the area of non-spatial thinking (Трифуновић, 2015, p. 10). For mathematical-technical disciplines, spatial thinking is a well-known, present and valued fact. Stressing the importance of the so-called Human Capital in Contemporary Society, David Lubinsky (Wetzel, 2013) presented the results of his team’s research from Vanderbilt University at the Department of Education and Human Development with the words that creativity, especially in the domain of spatial thinking, has the value of an analogue value of the currency. The stated “currency” is of particular importance within the so-called STEM disciplines. Early detection of children especially gifted in the ability of spatial thinking has enormous importance in directing their careers precisely

научног дјеловања. Користећи податке студије из касних седамдесетих година прошлог вијека, Лубински и његов тим пратили су развој 536 испитаника који су тада постигли изврсне резултате на SAT тесту (тест просторних способности). Ова студија показује да изузетно развијене способности просторног мишљења дјеце у узрасту од тринаест година могу прецизно предвидјети успјешну и креативну научну каријеру тридесет година касније. Џек Денџермон, оснивач компаније ЕСРИ, у чланку под називом *Просторно мишљење је фундаментално* (Dangermond, 2017) истиче кључну вриједност просторног мишљења у еволутивним процесима кроз које је прошла људска врста. И не само то, вриједност просторног мишљења, сматра Денџермон, развојем нових технологија, односно “алата” као што је ГИС, постаје све већа, а вјештине попут просторне анализе и графичког представљања просторних података незамјењиве.

#### ПРОСТОРНИ ОКРЕТ – ШАНСА ГЕОГРАФСКОГ ОБРАЗОВАЊА

А шта је с географијом? Да ли случајно или не академска зрелост научника чије су каријере праћене овим истраживањем поклапа се и са једном много широм појавом у свијету науке – реевалацијом феномена просторности. Процес повратка простора, као незаобилазног фактора експликације стварности, догодио се, помало парадоксално, баш у домену гдје је просторна компонента проучаваних феномена дуго била скрајнута из научног фокуса. У области, дакле, друштвених наука крајем прошлог вијека догађа се тзв. *просторни окрет*, при чему, логично, теоријски и научно-истраживачки интерес није могао заобићи нити посебни аспект људске когниције који називамо просторно мишљење. Овај тренд интрузије друштвених наука у домен проучавања простора, поред изузетних могућности за географију, носи са собом и реалну опасност. Како то исправно примјећује Бат (Butt, 2008, стр. 164) уколико се географи

in these areas of scientific activity. Using data from studies in the late seventies of the last century, Lubinsky and his team followed the development of 536 of respondents who then achieve great results on the SAT test (spatial ability test). This study shows that highly developed spatial thinking abilities of children at the age of thirteen years can accurately predict a successful and creative scientific career thirty years later.

Jack Dangermond, founder of ESRI, in an article entitled *Spatial thinking is fundamental* (Dangermond, 2017) highlights the crucial value of spatial thinking in evolutionary processes through which passed the human species. By developing new technologies, that is, “tools” such as GIS, spatial thinking, Dangermond believes, is becoming more and more important, and skills such as spatial analysis and graphical representation of spatial data are today irreplaceable.

#### SPATIAL TURN – OPPORTUNITY FOR GEOGRAPHICAL EDUCATION

And what about geography? Whether the random or not academic maturity of scientists whose career is followed by this research coincides with a much wider phenomenon in the world of science – a reevaluation of the phenomenon of spatiality. The return process space, as an unavoidable factor of explication of reality occurred, somewhat paradoxically, just in the area where the spatial components of observed phenomena has long been sidelined from the scientific focus. In the area of social sciences at the end of the last century, spatial turn has emerged, where the theoretical and scientific-research interests could not bypass neither the special aspect of human cognition that we call spatial thinking. This trend of the intrusion of social sciences into the sphere of research of space phenomenon, besides the exceptional possibilities for geography, carries with it a relative danger. As correctly

не отворе за новоформирана поља истраживања и на вријеме не прикључе просторном окрету многи изворни географски садржаји постепено могу потпуно нестати из географских курикула.

Очигледно је да постоји преплитање између ова два феномена – “просторног окрета” у науци и значаја развијања просторног мишљења у образовним системима. Студија Лубинског и његових сарадника без сумње указује на веома важан задатак раног откривања и правилног усмјеравања и развоја дјетета која су показала изузетан таленат у области просторног мишљења. Систематично праћење и подстицање просторног мишљења код ученика, како се показало у наведеној студији, може у њиховом зрелом добу довести до веома значајних иновација и иновативних рјешења у области науке и технологије. На тај начин се дошло до научне потврде мњења које већ дуго постоје у оквиру психолошких и педагошких дисциплина, а то је да се у способности просторног мишљења треба тражити најважнији “састојак” тако траженог процеса креативности.

Однос STEM и географског образовања парадигма је онога што се популарно назива “иронија судбине”. Иронија се састоји у томе што се оно од чега се настоји побјећи, оно што се жели помести под тепих и што се представља у потпуној супротности од неке идеализоване слике, обично и то у најнеугоднијем моменту појављује и руши изграђене предрасуде. Најновија истраживања из области просторне когниције (Moser & Moser, 2008; Moser et al., 2008; O’Keefe, 1999) управо указују на једну такву иронију “судбинске”, а према томе и неизбежне увезаности географије и STEM-а. Предрасудност математичко-техничких дисциплина према географији, као једној врсти недорасле рођаке, урушава се откривањем њиховог заједничког коријена – просторног мишљења. Голиц (Golledge, 2002) у раду *Природа географског знања* наводи резултате мултидисциплинарних истраживања психолога и географа као што су Бек и Утал који недвосмислено показују да је начин на који географи мисле, и нарочито, представљају

noted by Butt (Butt, 2008, p. 164), if geographers do not open for newly formed fields of research many original geographic contents can gradually disappear completely from geographic curricula. It is obvious that there is interweaving between these two phenomena – “spatial turn” in science and the importance of developing spatial thinking in education systems. The study of Lubinsky and his associates undoubtedly points to the very important task of early detection and proper guidance and development of children who have shown remarkable talent in field of spatial thinking. Systematic monitoring and encouragement of spatial thinking among students, as shown in this study, can lead to very significant innovations and innovative solutions in the field of science and technology in their mature age. In this way, there has been a scientific confirmation of the opinion that has long existed within the framework of psychological and pedagogical disciplines, that is, in the ability of spatial thinking, one should seek the most important “ingredient” of the desired process of creativity.

The relationship between STEM and geographic education is the paradigm of what is popularly called the “irony of fate”. Irony consists in the fact that what we are trying to escape from, what is wanted to sweep under the carpet and which presents itself in complete contradiction to some idealized image, usually in the most embarrassing moment occurs and crashes constructed prejudices. The latest research in spatial cognition (Moser & Moser, 2008; Moser et al., 2008; O’Keefe, 1999) just point to one such irony of “fateful” and therefore the inevitable connection of geography and STEM. The prejudice of mathematical-technical disciplines towards geography, as one kind of juvenile cousin, collapses by revealing their common root – spatial thinking. Golledge (2002) in *The Nature of Geographic Knowledge* lists the results of multidisciplinary research by psychologists and geographers such as Beck and Utal which clearly show that the way

комплексне просторне релације, својствен посебно географији као научној дисциплини. Недвосмислено је да је просторно мишљење, као једна општа когнитивна могућност, у географском као таквом итекако може наћи свој простор реализације. Један од најзначајнијих истраживача феномена просторног мишљења и креатора едукативних материјала за његово развијање у географском образовању Фил Герсмел (Gersmehl, 2008, стр. 56–90 и 101–114) дефинише просторну когницију као *мишљење о локацијама и релацијама у простору*. Он наводи и анализира четири концепта просторности и осам начина на које људски мозак обрађује просторне информације, односно осам модуса просторног мишљења. Герсмелови закључци резултат су обимног истраживања доступне литературе из домена просторне когниције. Како сам аутор наводи, анализирано је готово 1200 рецентних истраживачких студија из различитих области као што су развојна психологија, неурологија, психо-лингвистика, архитектура, роботика, оптика и друге. Ова листа, према његовим ријечима, није и не може бити коначна, али може послужити као темељ за развијање едукативних материјала помоћу којих би се просторна когниција код ученика у различитим областима могла активно развијати. И што је најважније за нас, Герсмел (Gersmehl, 2008, стр. 99) тврди да је основни резултат проведених истраживања откриће трансфера знања који се догађа у области просторног мишљења. Другим ријечима, релевантно осмишљено географско образовање може итекако да допринесе бољим постигнућима ученика из области STEM дисциплина. Просторно мишљење, заједнички коријен географије и STEM-а, функционише тако што омогућава когнитивни трансфер у оба смјера. Обзиром на то да је географско образовање, хтјели ми то или не, присутно у најранијем узрасту дјетета које је природно усмјерено на истраживање свијета око себе, може се рећи да је оно, у ствари, STEM и прије STEM-а. Герсмел изричито наводи да би редукција географског образовања (усмјереног ка развоју просторног мишљења) у школским системима

in which geographers think and represent complex spatial relationships is specific characteristic of geography as a scientific discipline. There is no doubt that the spatial thinking, as a general cognitive ability, within the geographical as such can certainly find its place of realization. One of the most important researchers of spatial thinking and creators of educational materials for its development in the geographical education Phil Gersmehl defines spatial cognition *as thinking about the locations and distances in space* (Gersmehl, 2008, p. 56–90 and 101–114). He lists and analyzes four concepts of spatiality and eight ways in which the human brain processes spatial information, or eight modes of spatial thinking. Gersmehl's conclusions are the result of extensive research on available literature in the domain of spatial cognition. According to the author, nearly 1200 recent research studies from various fields such as developmental psychology, neurology, psycholinguistics, architecture, robotics, optics and others have been analyzed. The list, according to him, is not and can not be final, but it can serve as a basis for developing educational materials with which spatial cognition among students in different areas could actively be developed. And most important for us, Gersmehl (Gersmehl, 2008, p. 99) argues that the basic result of the carried out research is the discovery of knowledge transfer that occurs in the field of spatial thinking. In other words, a relevantly designed geographical education can most certainly contribute to better achievements of students from the field of STEM discipline. Spatial thinking, common root geography and STEM, works by enabling cognitive transfer in both directions. Since geographic education is, whether you wanted it or not, present at the earliest age of a child that is naturally focused on exploring the world around you, it can be said that it is, in fact, STEM before STEM. This characteristic of geographic education, for Gersmel, is an ideal starting point for interdisciplinary learning, problem

могла довести до смањења нивоа постигнућа у области толико потенцираног STEM-а. Ова карактеристика географског образовања, за Герсмела, представља идеалну почетну тачку за интердисциплинарно учење, рјешавање проблема и подстицање аналитичких вјештина у ученика. Да би се то постигло потребно је осмислити и нове наставне планове, методе и поступке.

Добро урађени географски едукативно-инструктивни материјали којима се подстиче просторно мишљење, односно стимулишу оне зоне мозга које су задужене за “обраду” таквог типа података, имају за резултат и већа постигнућа у области математике и језика, али и у оквиру предмета као што су историја и економија. Смањење обима и броја часова предвиђених за географију, а у циљу повећања часова математике или језика, врло лако може смањити постигнућа из дотичних предмета (Gersmehl, 2008, стр. 99).

Герсмелове тврдње у пракси је показао и пројект *Thinking through Geography* Дејвида Лита (Leath, 1998) који се састоји из приручника иновативних метода и приступа рада у настави географије посебно осмишљених у циљу подстицања развоја просторног мишљења код ученика. Учење путем размишљања постаје много смисленије за ученике. Основни принципи, концепције и релације настоје се разумјети и примјенити, а не само запамтити. Истраживања ефекта оваквог приступа настави показују да већина ученика који су радили према овом програму у цјелини постиже боље резултате од оних који то нису (Nichols & Kinninment, 2001, стр. 2–3). Разумијевањем просторног мишљења као свог спознајног извора, његовим даљим истраживањем и инкорпорирањем тих резултата у школске курикулуме, уџбенике и друге дидактичке материјале, географско образовање би имало чему да се нада у наступајућем добу STEM-а.

solving and the promotion of analytical skills of students. In order to achieve this, it is necessary to devise new curricula, methods and procedures.

Well-designed instructional materials that engage the spatial-thinking parts of a student's brain usually result in higher reading and math scores, as well as better performance in subjects like history, earth science and economics. Reducing the amount of time spent on geography in order to make room for more math and language arts, therefore, may actually reduce math and reading scores (Gersmehl, 2008, p. 99).

These Gersmehl's claims are in practice also demonstrated by *Thinking through Geography* project by David Leath (Leath, 1998), which consists of a manual of innovative methods and approaches to geography teaching specially designed to encourage the development of spatial thinking among students. Learning through thinking becomes more meaningful for students. Learning through thinking becomes more meaningful for students. The basic principles, concepts and relationships are to be understood and applied, not just to remember. Research on the effect of this type of teaching approach shows that most of the students who worked for this program as a whole achieve better results than those who are not (Nichols & Kinninment, 2001, p. 2–3). With understanding spatial thinking as its cognitive source, by further researching and incorporating these results into school curricula, textbooks and other didactic materials, geographical education would have something to hope for in the emerging age of STEM.

ЕТИКА И ПРОСТОРНОСТ –  
НЕДОСТАТАК STEM-а И ПРЕДНОСТ  
ГЕОГРАФИЈЕ

ETHICS AND SPATIALITY – SHORTAGE  
OF STEM AND ADVANTAGE OF  
GEOGRAPHY

Иако им је, како смо видјели, когнитивни коријен заједнички, а самим тим и наставни потенцијал подједнак, ове двије гране просторног мишљења немају исти друштвени статус, нити материјалну и методолошку базу. Географско дрво је умногоме кржљавије. Како је дошло до тога? Један од темељних разлога јесте релативно дуготрајна епистемолошка позиција ексцепционализма у географији која је тврдокорно одрицала властити научни потенцијал.

Теоријска основа овог приступа према Шеферу (Schaefer, 1953, стр. 234; Трифунович & Гњато, 2018, стр. 81) налази се у Кантовој филозофији, тачније у начину на који Кант третира питање класификације искуствене грађе. Он наине сматра да се та класификација врши или чисто појмовно, дакле апстрактно, или пак на темељу временскопросторних координата у којима се искуство непосредно и конкретно догађа. Ову прву класификацију Кант назива логичком, а другу физичком. Преко логичке класификације долазимо, како то Кант назива, до спознаје о *систему* природе, тј. до оног вида сазнања које је организовано на систематски начин. Физичком класификацијом није могуће постићи такав вид апстракције управо због њене природе. Њен резултат, дакле, није увиђање општости, него само опис географских објеката на одређеној локацији за коју су ти објекти и процеси везани. Кант, на основу горе наведене разлике класификацијског поступка, географију (заједно са историјом) одређује не као науке, него више као дескриптивне процедуре, јасно констатујући да је географија назив за опис свијета.

Оваква кантовска оцјена суштине географских истраживања, преко Хетнера и нарочито Хартшорна постаје доминанта током прве половине 20. вијека. Друштвена географија је за Хартшорна „наивна наука, а њен је научни максимум посматрање и опис просторног размјештаја ствари без увида у

Although, as we have seen, they have a common cognitive root and, therefore, equal teaching potential, these two branches of spatial thinking do not have the same social status, nor the material and methodological base. The geographical tree is much smaller. How did this come about? One of the main reasons is the relatively lengthy epistemological position of exceptionalism in geography that has stubbornly disclaimed own scientific potential. The theoretical basis for this approach to Scheffer (Schaefer, 1953, p. 234; Трифунович & Гњато, 2018, p. 81) is in Kant's philosophy, in particular in the way Kant deals with the question of classification of experiential material. Namely, he considers that this classification is done either purely conceptually, that is, abstractly, or based on time-space coordinates in which experience is directly and concretely happening. Through the logical classification we come, as Kant calls, to the knowledge of the system of nature, that is, to the kind of knowledge that is organized in a systematic way. Physical classification can not achieve this kind of abstraction precisely because of its nature. Its result is not the recognition of the generality, but only the description of geographic objects in a specific location for which these objects and processes are bound. Kant, based on the above-mentioned difference in the classification process, defines geography (together with history) not as a science, but rather as a descriptive procedure, clearly stating that geography is the name for the description of the world. Such a Kantian estimate of the essence of geographical research, through Hetner and, in particular, Hartshorne becomes dominant during the first half of the 20th century. Social geography is for Hartshorne's naive science, and its scientific maximum is observation and a description of the spatial distribution of things without

закономјерности“ (Schaefer, 1953, стр. 238).

Ипак, уколико посматрамо развој географије са дијалектичког становишта ова антитетичка позиција потпуног напуштања ексцепционализма и прихватања позитивистичке парадигме тзв. *просторне науке* имала је и има своју цијену. Математизација, односно објективизација и квантификација географских објеката, фокус на номотетичком виђењу науке скрајнули су у потпуности вриједносну димензију научног дјеловања. Један од највећих поборника раног таласа позитивистичке географије Дејвид Харви сам констатује да је ова квантитативна револуција друштвену географију, заправо, одвојила од самог друштва, називајући тај покрет „стратешким маневром избегавања политичке одговорности друштвених наука у цјелини“ (Livingstone, 1992, стр. 32).

Суштина STEM дисциплина, односно компетенција које се стичу STEM едукацијом, како смо видјели, састоји се у могућностима њихове примјене у различитим областима технике и инжињерства. Њихов је интерес првенствено инструменталне природе и базира се на ономе типу знања који Анри Лефевр (Lefebvre, 1991) назива – *savoir*. Овај тип знања односи се на чисто техничко знање (*know how*) које себе прокламује као идеолошки неутрално. *Connaissance* је као други тип знања, пак, саздано око одређене вриједносне мјере као критичког исходишта и увијек посједује личносну димензију. Процесе разједињења и удаљавање ове двије врсте знања никако не треба посматрати као неки “природан” процес, него као друштвени продукт. Због тога Лефевр инсистира да наука о простору не смије остати на формалном нивоу (*savoir*), него треба имати и критички (*connaissance*) аспект. Лефевр (Lefebvre, 1991, стр. 49) у негативном контексту посебно истиче математизацију простора и формулисање концепције тзв. *апстрактног* простора која доводи до „брисања и поништавања оних разлика које проистичу из природе и специфичности историјског развоја“ (Lefebvre, 1991, стр. 49). Другим ријечима, оваква теоријска и методолошка

insight into legitimacy (Schaefer, 1953, p. 238). However, if we observe the development of geography from a dialectical point of view, this antithetical position of complete abandonment of exceptionalism and accepting the positivistic paradigm of the so-called spatial science has its price. Mathematization, that is, objectification and quantification of geographic objects, the focus on the nomothetic vision of science has completely outdated the value dimension of scientific activity. One of the strongest advocates of the early wave of positivistic geography, David Harvey, states that this quantitative revolution has actually separated social geography from society itself, calling it a „strategic maneuver in avoiding the political responsibility of social sciences as a whole” (Livingstone, 1992, p. 32). The essence of STEM disciplines, that is competencies acquired by STEM education, as we have seen, consists in the possibility of their use in various fields of technology and engineering. Their interest is primarily of an instrumental nature and is based on the type of knowledge that Henry Lefebvre (Lefebvre, 1991) calls *savoir*. This type of knowledge refers to purely technical knowledge (know-how) that proclaims itself as ideologically neutral. *Connaissance*, as the second type of knowledge, is built around a certain value measure as its critical source and always has a personal dimension. The processes of uniting and moving apart of these two types of knowledge should not be regarded as a “natural” process, but as a social product. Therefore, Lefebvre insisted that the science of space must not remain on the formal level (*savoir*), but should also have a critical (*connaissance*) aspect. He also, in a negative context, emphasizes the mathematization of space and the formulation of the concept of the so-called abstract space which leads to the „deletion and annulment of those differences arising from the nature and specificity of historical development“ (Lefebvre, 1991, p. 49). In other words, such a theoretical and methodological practice led

пракса довела је до „празњења“ мјеста од значења, потпуног негирања посебности мјеста и његовог идентитета. Очигледно је да је овакво инструментализовано посматрање простора довело до озбиљних негативних посљедица које се кумулативно манифестују кроз, свима нама познате, проблеме животне средине, али и културолошке хомогенизације под налетом универзализма. Јасно је да у оквиру STEM дисциплина не можемо тражити одговоре на ова питања јер у том крилу просторног мишљења није могуће пронаћи вриједносни критеријум са којег би се могло вршити вредновање дјеловања човјека у простору. Једино оно мишљење које пита за природу мјеста, може указивати и нормирати правце тог дјеловања. Уколико бисмо парафразирали чувену Кантову тврдњу из *Критике чистог ума*, могли бисмо рећи да је: STEM без географског образовања слијеп, док је географија без STEM-а немоћна. Ту неопходност заједничког дјеловања и међусобног допуњавања, рекли бисмо практично-техничког, али и критичко-етичког аспекта географског образовања наглашава и Ји Фу Туан (Tuan, 1999, стр. 117) када оцртава своју визију географског образовања: „Имам визију етичке географије у будућности која комбинује оно најбоље од хуманистичке и научне перспективе. Чак сматрам да, уколико до те сарадње не дође, географија ће бити тек моралистичка али не и морална“.

Могући критеријуми нормативности мјеста, односно просторне етике који би могли ући у географско образовање, али и будућу праксу дјеловања у простору, треба да проистичу из природе мјеста, односно из одговора на онтолошко питање о мјесту. Као почетак тог трагања могу нам послужити Платонове и Аристотелове концепције о мјесту. Простор и тема овог рада не дозвољавају нам дужну опширну елаборацију тих учења, па смо уз евидентни ризик давања непотпуне слике наведених темељних учења западне филозофије о просторности, принуђени дати само обресе истих. Платон у свом дијалогу *Тимај* (Платон, 1981) настојећи да што боље опише природу мјеста користи различите метафоре које се

to the “emptying” place out of meaning and complete negation of the special features of the place and its identity. It is obvious that such an instrumentalized observation of space has led to serious negative consequences that are cumulatively manifested through, to all of us familiar, environmental problems and cultural homogenization under the influence of universalism. It is clear that within the framework of STEM disciplines we can not ask for answers to these questions, because in this part of spatial thinking it is not possible to find the value criterion from which the value of man’s action in the space could be performed. Only the opinion that asks about the nature of the place can set norms that might govern transformation of space. If we paraphrase the famous statement from Kant’s *Critique of Pure Reason*, we could say that: STEM education without geography is blind, while the geography without a STEM is powerless. Yi-Fu Tuan emphasizes the necessity of joint action and complementarity between technical and critical-ethical aspect of geographic education when he draws on his vision of essence of geography: „In a visionary mood, I see a future moral geography that combines the best of both humanist and scientific perspectives. I would go further and say that, unless these two perspectives are combined, what we have is moralistic rather than moral geography“ (Tuan, 1999, p. 117).

Possible criteria of the normativity of the place, that is, of spatial ethics that could be implemented in geographical education should be searched in the nature of the place, that is, from the answer to the ontological question about the place. As the beginning of this search, we can use Plato’s and Aristotle’s conceptions of place. Since we do not have enough room to comprehensively elaborate it, we are forced to give only the outlines of these philosophies with the evident risk of giving an incomplete picture of these fundamental teachings. Plato in dialogue *Timaeus* (Платон, 1981), trying to better describe the nature of the place, uses different metaphors that can

могу подвести под заједнички назив – Хора. Он Хору посматра као приматељицу свега настајања, али не само то. За Платона је Хора и хранитељка, тј. она која одржава биће у његовој суштини. Бит оваквог Платоновог одређења јесте у томе да је мјесто неопходан услов могућности конституције самог субјекта али и одржавања (дакле “храњења”) његових суштинских функција. И то не некакав строго формални услов, мада се, за наше потребе, може и тако схватити. Аристотел, пак, суштину просторности именује преко термина *топос* (Аристотел, 1987, књига 4) којим се на још прецизнији начин изражава Платонова основна намјера. Аристотел сматра да је мјесто првенствено *дјелујући* аспект неког процеса, а не само његова форма или материја. Тај дјелујући или процесуални аспект је за Аристотела суштинско одређење бића и он га назива енергијом која дословно одржава оно што се у том мјесту на било који начин налази. Ми бисмо данас, на трагу Платонових и Аристотелових учења, могли рећи да је мјесто јединство актуелних али и могућих функција одређеног објекта. Принципи проучавања и конструкције мјеста који би, према томе, могли ући у географско образовање и праксу су сљедећи:

1. Принцип онтолошке хијерархије. Мјесто је услов конституисања субјекта.
2. Принцип дјелотворности. Свако мјесто постоји на начин дјелотворности или ефекта, било позитивног или негативног, које има на оно што садржава.
3. Принцип динамичности. Мјесто је промјењиво и оно је подложно како конституцији, тако и деконструкцији.
4. Принцип мултифункционалности. Једно “исто” мјесто може бити мјесто за више субјеката, односно догађаја.
5. Структура мјеста је вишеструка. Оно посједује материјални, позициони и значењски аспект.
6. Мјесто је полисемично. Док су позициони и материјални аспект релативно непромјењиви, значења мјеста су вишеструка у зависности

be categorized under the common name – chora. He sees chora as the receptacle of all creation, but not only that. For Plato, chora is also a foster-one who maintains the essence of being. The essence of this Plato’s definition is that the place is a necessary condition for the possibility of the constitution of the subject as well as maintenance (i.e. the “feeding”) of its essential functions. And this is not a strictly formal condition, although, for our needs, it can be understood as well.

Aristotle, however, names the essence of space through the term *topos* (Аристотел, 1987, књига 4), which expresses Plato’s basic intent in a more precise way. Aristotle considered that the place is predominantly acting aspect of a process, and not just its form or substance. This acting or processual aspect is for Aristotle the essential definition of being and he calls it energy that literally maintains what is place. Today, on the trail of Plato’s and Aristotle’s teachings, we could say that the place is the unity of the actual but also possible functions of a particular object.

The principles of studying and constructing places that would be, therefore, able to enter geographic education and practice are as follows:

1. Principle of ontological hierarchy. The place is the condition of constituting the subject.
2. The principle of effectiveness. Every place exists in the way of effectiveness or effect, whether positive or negative, which has on what it contains.
3. Principle of dynamism. The place is dynamic and it is susceptible to both the constitution and deconstruction.
4. Principle of multi functionality. One “same” place can be a place for more subjects or events.
5. The structure of the place is multiple. It has material, positional and semantic aspect.
6. The place is polysemous. While the position and material aspects are relatively unchangeable, the meanings

од хоризонта из којег се то значење интерпретира.

Наведене принципе, прилично добро, сумира следећа мисао Роберта Сака којом се укратко покушава успоставити етичка релација са просторношћу: „Добрим можемо назвати стварање оних мјеста која нам помажу да постанемо свјеснији реалности али и да увећамо њену разноврсност и комплексност. Таква мјеста нам помажу да схватимо шта је исправно и шта морамо чинити“ (Sack, 2003, стр. 9).

of the place are multiple dependencies on the horizon from which this meaning is interpreted.

The aforementioned principles, quite well, summarize the following thought by Robert Sack, who briefly tries to establish an ethical relationship with spatiality: „We can call good the creation of those places that help us become more aware of reality, but also to increase its diversity and complexity. Such places help us understand what is right and what we must do“ (Sack, 2003, p. 9).

### ЗАКЉУЧАК

Иако је јасно да је правац развоја науке увелико зацртан интересима глобалних компанија и конкуренцијом за профитом, често се догађа да и у таквим околностима (или још прецизније – баш због њих) ненадано отвара мјесто и за дотадашње “аутсајдере”. Такав је случај са просторним окретом у наукама који је, поред осталог, поново на сцену поставио основна питања и смисао географског образовања. Једна од таквих основних карактеристика са којом почиње ревитализација географског образовања јесте феномен просторног мишљења за који се испоставља да географија дијели заједничко когнитивно језгро са друштвено и економски много етаблиранијим образовним областима као што је STEM. Иницијална истраживања Герсмела и Голица, између осталих, несумњиво показују на потенцијале географског образовања у развоју виших когнитивних способности при чему ти потенцијали не заостају за STEM потенцијалима. Напротив, STEM и географско образовање дјелују повратно једно на друго. Проблем географског образовања јесте у креацији едукативног материјала и подстицајних методичких поступака којим би се наведене способности адекватно развијале. У том правцу инструктиван је примјер пројекта *Thinking through Geography*. С друге стране, географско образовање има и једну компаративну предност у односу на STEM јер изворно чува и етичко-критички

### CONCLUSION

Although it is clear that the direction of science development is largely interspersed with the interests of global companies and a profit-driven competition, it often happens that even in such circumstances (or more precisely, precisely because of them), it suddenly opens up space for the previous “outsiders”. Such is the case with spatial turn in the sciences, which, among other things, again set the basic questions about meaning of geographical education on the scene again. One of such basic characteristics with which the revitalization of geographical education begins with is the phenomenon of spatial thinking, which represents a common cognitive core with socially and economically more established educational areas such as STEM. Gersmehl and Golledge’s initial research, among others, undoubtedly shows the potential of geographic education in the development of higher cognitive abilities, where these potentials do not lag behind STEM potentials. On the contrary, STEM and geographic education are acting back to each other. The problem of geographical education is the creation of educational materials and stimulating methodical procedures that would enable these abilities to develop adequately. In this regard, an example of the *Thinking through Geography* project is instructive. On the other hand, geographical education also has a comparative advantage over STEM, since it originally preserves the ethical-

аспект релације човјека и мјеста, било да се ради о “природној” или измијењеној средини. Онтологија мјеста, првенствено проучавања Платона и Аристотела, може понудити основу са које је могуће урадити нормативне принципе при проучавању и конструкцији мјеста и трансформацији простора.

critical aspect of the relation between man and place. The ontology of the place, primarily the study of Plato and Aristotle, can offer a basis from which it is possible to make normative principles in the study and construction of places and the transformation of space.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

Аристотел (1987). *Физика*. Загреб: ЧНЛ.

Butt, G. (2008). Is the Future Secure for Geography Education? *Geography*, 93(3), 158–165.

Dangermond, J. (2017, November 2). Spatial Thinking Is Fundamental. Retrieved January 10, 2018 from <https://www.forbes.com/sites/esri/2017/11/02/spatial-thinking-is-fundamental/#178412d77aab>

Gersmehl, P. (2008). *Teaching Geography* (2nd Edition). New York: Guilford.

Golledge, R. G. (2002). The Nature of Geographic Knowledge. *Annals of the Association of American Geographers*, 92(1), 1–14.

Leat, D. (1998). *Thinking through Geography*. London: Chris Kington Publishing.

Lefebvre, H. (1991). *The Production of Space*. Oxford: Blackwell.

Livingstone, D. N. (1992). *The Geographical Tradition*. Oxford: Blackwell.

Маркес, Г. Г. (2010). *Љубав у доба колере*. Београд: Sezam Book.

Moser, E., Kropff, E. & Moser, M. B. (2008). Place Cells, Grid Cells, and the Brain's Spatial Representation System. *Annual Review of Neuroscience*, 31, 69–89.

Moser, E. I. & Moser, M. B. (2008). A Metric for Space. *Hippocampus*, 18(12), 1142–1156.

Nichols, A. & Kinninment, D. (2001). *More Thinking through Geography*. Cambridge: Chris Kington Publishing.

O'Keefe, J. (1999). Do Hippocampal Pyramidal Cells Signal Non-Spatial as Well as Spatial Information? *Hippocampus*, 9(4), 352–364.

Платон (1981). *Тимаж*. Београд: Младост.

Rogers, C. (2009, March 9). Spring Budget Reveals Increased Investment in STEM Education. Retrieved January 2, 2010 from <https://edtechnology.co.uk>

Sack, R. D. (2003). *A Geographical Guide to the Real and the Good*. London and New York: Routledge.

Schaefer, F. (1953). Exceptionalism in Geography: A Methodological Examination. *Annals of the Association of American Geographers*, 43(3), 226–249.

Трифуновић, М. (2015). *Анализа структурних компонената просторног мишљења у средњошколској географској уџбеничкој литератури у Републици Српској*. Необјављена докторска дисертација. Природно-математички факултет Универзитета у Бањој Луци, Бања Лука.

Трифуновић, М. & Гњато, Р. (2018). Обществена географія между идейными, идеологическими и практическими требованиями. *Социально-экономическая география. Вестник Ассоциации российских географов обществоведов*, 7, 80–90.

Tuan, Y. F. (1999). Geography and Evil: A Sketch. In J. D. Proctor & D. M. Smith (eds.), *Geography and Ethics, Journeys in a Moral Terrain* (106–119). London: Routledge.

Walker, D. (2016, June 6). Why STEM Education Is The New #1 Corporate Investment. Retrieved January 10, 2018 from <http://www.stemvillage.com/why-stem-education-is-the-new-1-corporate-investment/>

Wetzel, J. (2013, July 15). Early Spatial Reasoning Predicts Later Creativity and Innovation, Especially in STEM Fields. Retrieved January 10, 2018 from <https://news.vanderbilt.edu/2013/07/15/early-spatial-reasoning-predicts-later-creativity-and-innovation/>



## УТИЦАЈ КЛИМАТСКИХ ПРОМЈЕНА НА ПРОИЗВОДЊУ КУКУРУЗА У СЛОВАЧКОЈ И ЊЕНА ПРОЈЕКЦИЈА ДО 2100. ГОДИНЕ

Матеј Жилински<sup>1\*</sup>, Слободан Гњато<sup>2</sup> и Бернард Шишка<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Словачки пољопривредни универзитет у Нитри, Факултет европских студија и регионалног развоја,  
Одсјек за екологију, Нитра, Словачка

<sup>2</sup>Универзитет у Бањој Луци, Природно-математички факултет, Бања Лука, Република Српска

**Сажетак:** У раду се тематизује моделовање приноса култура и временских услова под утицајем климатских промјена. Анализира се однос између агроекосистема и климе са фокусом на производњу зрна кукуруза (*Zea mays* L.). Помоћу модела Daisy симулирани су ефекти климатских промјена, према IPCC SRES A1B сценарију, на потенцијал приноса кукуруза у најпродуктивнијим пољопривредним регионима Словачке – Нитри и Милхостову. Пројекције приноса базиране су на GCM ARPEGE подацима добијеним за периоде 2021–20150. и 2071–2100. године. Резултати симулација потом су упоређени са производњом по хектару у периоду 1961–1990. године.

**Кључне ријечи:** моделовање приноса култура и временских услова, Daisy модел, климатске промјене, кукуруз, принос кукуруза, адаптације, A1B сценарио.

Original scientific paper

## THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON MAIZE PRODUCTION AND ITS PROJECTION BY 2100 IN SLOVAKIA

Matej Žilinský<sup>1\*</sup>, Slobodan Gnjato<sup>2</sup> and Bernard Šiška<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of European Studies and Regional Development,  
Department of Ecology, Nitra, Slovak Republic

<sup>2</sup>University of Banja Luka, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Banja Luka, Republic of Srpska

**Abstract:** This paper deals with crop-weather modelling under conditions of climate change. It analyses relations between agroecosystem and climate with focus on grain production of maize (*Zea mays* L.). Daisy model simulated the effects of climate change by using IPCC SRES A1B scenario on yield potential of maize in Nitra and Milhostov, located in the most productive agricultural regions of Slovakia. The yield predictions were based on the GCM ARPEGE outputs for projection the 2021–2050 and 2071–2100 periods. Yields were simulated for the periods and compared with 1961–1990 hectare production.

**Key words:** crop-weather modelling, model Daisy, climate change, maize, corn yield, adaptation, A1B scenario.

---

\* Аутор за кореспонденцију: Матеј Жилински, Словачки пољопривредни универзитет у Нитри, Факултет европских студија и регионалног развоја, Одсјек за екологију, Марианска 10, 94901, Нитра, Република Словачка, Е-mail: xzilinsky@uniag.sk  
Corresponding author: Matej Žilinský, Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of European Studies and Regional Development, Department of Ecology, Mariánska 10, 94901, Nitra, Slovak Republic, E-mail: xzilinsky@uniag.sk

## УВОД

Промјене климатских услова представљају једну од главних пријетњи како глобалној, тако и домаћој пољопривреди, биодиверзитету и шумарству. У Словачкој је запажен значајан пораст средње годишње температуре у периоду 1881–2016. године. Температура ваздуха је сада за 2°C виша у поређењу са преиндустријским периодом. Укупни пораст падавина износи 0.8 %, али је забиљежен и њихов значајан пад и то за 10 % у јужним областима Словачке, које су уједно и најплодније. На тај начин, повећање температуре ваздуха и смањење количине падавина довели су до смањења релативне влажности ваздуха и повећања евапотранспирације за 5 % (Ministry of Environment of the Slovak Republic, 2017). Неки од индикатора указују на посљедице које су већ присутне и потврђују присутне трендове. Индекс суше Palmer Drought Severity Index (PDSI), на примјер, забиљежио је пад у периоду 1980–2010. године у многим регионима Словачке, указујући на већу учесталост сушних периода, посебно у јужним подручјима земље (Zuzulova et al., 2015). Утицај климатских промјена на пољопривредну производњу манифестује се на различите начине. Као прво, стање животне средине биће потпуно другачије од оног које влада данас. Према А1В SRES сценарију емисија гасова стаклене баште, у периоду 2071–2100. године Међувладин панел за климатске промјене (IPCC) за област Нитре (југозапад Словачке) предвиђа повећање средње годишње температуре за 3.1°C у односу на период 1961–1990. године, а за подручје Милхостова у југоисточној Словачкој предвиђено повећање за исти период износи 3.2°C. Овако промијењени температурни услови довешће до продужења вегетационог периода, који ће почињати све раније и завршавати све касније, те ће се тако, на примјер, повећати и ризици настанка штете од мраза (Halenka, 2006). Повећање концентрације гасова стаклене баште, с друге стране, може имати различит утицај на усјеве, њихов принос и производњу биомасе. Уколико се концентрација CO<sub>2</sub> удвостручи и достигне 660 ppm, производња биомасе биљака из групе C3 (на примјер, пшеница и јечам) била би већа за 41 %. У случају биљака из групе C4, попут кукуруза, продукција би била већа за 22

## INTRODUCTION

Changes in climate conditions are one of the main threats of the global and domestic agriculture, biodiversity and forestry. In Slovakia, there was significant increase of mean annual temperature during the 1881–2016 periods. The air temperature is currently 2°C higher in comparison to the preindustrial period. Overall precipitation has increased by 0.8 %. However, there was a significant 10 % decrease in the south of Slovakia with most fertile soils. Thus, the higher air temperature and lower precipitation led to a decrease in relative air humidity and increase in potential evapotranspiration by 5 % (Ministry of Environment of the Slovak Republic, 2017). Some of the indicators suggest possible impacts, which are already occurring and the trend, which is continuing. For instance, Palmer Drought Severity Index (PDSI) had a decreasing trend during the 1980–2010 periods in many Slovak regions, suggesting that drought periods are becoming more frequent, especially in the south of Slovakia (Zuzulova et al., 2015). Climate change affects agricultural production in various ways. First of all, environmental conditions will be completely different to what they are nowadays. According to the A1B greenhouse gases SRES scenario of Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), the mean air temperature is projected to be 3.1°C higher in 2071–2100 in contrast to 1961–1990 climate normal in Nitra (southwest of Slovakia) and 3.2°C higher for the same reference periods in Milhostov (southeast of Slovakia). These air temperature conditions will prolong the vegetation period with an earlier start and later finish that might cause the crop to be damaged by frost in the beginning of vegetation period, for instance (Halenka, 2006). On the other hand, increasing concentrations of greenhouse gases might have various effects on crops and their yields and biomass production. If the concentrations of CO<sub>2</sub> increase twofold to 660 ppm, the biomass production of C3 plants (for example: wheat and barley) will be 41 % higher, in the case of C4 plants, such as corn, the production will be higher by 22 %. Nevertheless, this is limited by air temperature and sufficient levels of soil moisture, therefore

%. Сва ова предвиђања, ипак, морају узети у обзир и друге ограничавајуће факторе као што су температура ваздуха и влажност тла који својим дјеловањем могу утицати на смањење производње биомасе биљака и поред повећане концентрације  $\text{CO}_2$  у природним условима (Pooster, 1993).

plants might not be capable of benefiting from higher concentration of  $\text{CO}_2$  in natural conditions (Pooster, 1993).

## ПОДАЦИ И МЕТОДЕ

### Подручје проучавања

У сврху истраживања изабрали смо двије локације: Нитра–Долна Маланта у западној Словачкој и Милхостов у источној Словачкој. Наведене локације смјештене су у два најпродуктивнија пољопривредна региона Словачке – у Дунавској низији (Нитра) и Источној словачкој низији (Милхостов), при чему оба наведена простора припадају Великој мађарској равници. Географске координате Нитре су  $48^{\circ}17'$  с. г. ш,  $18^{\circ}08'$  и. г. д. док надморска висина износи 135 m, док је Милхостов позициониран на  $48^{\circ}55'$  с. г. ш. и  $21^{\circ}69'$  и. г. д. и на 102 m надморске висине.

## DATA AND METHODS

### Study area

For this paper, we chose two sample locations with topsoil: Nitra–Dolna Malanta in western Slovakia and Milhostov in eastern Slovakia region (Fig. 1). These subjects are located in two of the most productive agricultural regions in Slovakia – Danubian Lowland (Nitra) and Eastern Slovak Lowland (Milhostov), both belonging to Great Hungarian Plains. GPS coordinates are  $48^{\circ}17'$  latitude,  $18^{\circ}08'$  longitude with altitude of 135 m in Nitra–Dolna Malanta and  $48^{\circ}55'$  latitude,  $21^{\circ}69'$  longitude with altitude of 102 m in Milhostov.



Сл. 1. Географски положај изучаваног простора  
Fig. 1. Geographic location of study area

### Daisy модел

Процјена утицаја климатских промјена на пољопривредну производњу извршена је помоћу моделовања серијом симулација за период до 2100. године. Модел Daisy представља усјев–вријеме тип модела који узима у обзир процесе трансформације и кретања воде, енергије, угљеника, азота и пестицида, како на површини тла, тако и у тлу. Процес моделовања заснива се на развоју и валидацији математичких модела за симулацију развоја усјева, циклуса кретања воде и азота у процесу пољопривредне производње и тла у односу на различите стратегије и управљање земљиштем. Симулације садрже податке о производњи усјева, кретању количине азота и величини евапотранспирације за одређене пољопривредне културе (Hansen et al., 1990). Овај модел захтјева улазну групу података који треба да представљају стварне услове средине (на примјер, временски услови, управљање земљиштем и подаци о земљишту) да би се могла покренути симулација. У неким случајевима, модел је способан да функционише и у случајевима када су подаци непотпуни. Недостатак података настоји се надокнадити путем деривације из информација које су доступне. Захтјев за врстом и количином ових почетних података зависи од очекиваног нивоа анализе Daisy модела (Abrahamsen, 2016).

### Параметризација

За потребе истраживања креирана је посебна скрипта са улазним подацима која је садржавала три основне групе података – податке о времену, тлу, води и управљању земљиштем засађеним кукурузом. У истраживању смо користили два типа података о времену у распону од 30 година за сваку групу:

1. мјерени подаци означени екстензијом .dwf (Daisy Weather File) укључивали су просјечне дневне вриједности климатских елемената (прикупљене од Словачког хидрометеоролошког института) за

### Model Daisy

The impact of climate change on agricultural production was evaluated by the model in a series of simulations to 2100. The Daisy model is a crop–weather model that includes transformation and transportation processes of water, energy, carbon, nitrogen and pesticides, all of this below and above ground. This is based on the development and validation of mathematical models for crop simulation, water and nitrogen cycle in agriculture and soil with respect to different land management and strategies. Simulations contain a production data, nitrogen flow and evapotranspiration rate for agricultural crops (Hansen et al., 1990). The model requires entry dataset that represent real environmental conditions (for example weather, land management and soil data) in order to launch the simulation. In some cases, it is capable of working in the absence of some data. In this case, the model tries to derive the respective data from available content. The input requirements depend on the expected output level of the Daisy model (Abrahamsen, 2011).

### Parameterisation

We created special text log (script) files with entry dataset in three main data groups, which contained information about weather, soil, ground water and land management for maize. In this study, we used two types of weather data in climate normals with 30-year long period for each:

1. measured data represented by .dwf (Daisy Weather File) files included weather information (produced by Slovak Hydrometeorological Institute) in daily steps for Nitra–Veľké Janíkovce and Milhostov weather stations for the 1961–

Нитру, Велике Јаниковце и Милхостов у периоду 1961–1990. године. Фајлови са подацима укључивали су податке и о локацијама станица, надморској висини, опште информације о условима у којима је вршено мјерење (2 m изнад тла), временске интервале мјерења и садржај азота у атмосфери. Ове .dwf датотеке садржавале су просјечне дневне температуре ваздуха, њихове максимуме и минимуме, глобалну радијацију, брзину вјетра, релативну влажност ваздуха и дневну количину падавина.

2. симулирани експериментални подаци из базе података програма ProclimDB дефинисани моделом опште циркулације ARPEGE према условима A1B SRES сценарија. Подаци су обрађени за периоде 1961–1990., 2021–2050. и 2071–2100. године за обје истраживане локације (мрежа 10x10 km). Подаци у овој групи садржавали су такође и вриједности просјечне дневне температуре ваздуха, њихове максимуме и минимуме, глобалну радијацију, брзину вјетра, релативну влажност ваздуха и дневне количине падавина. Укупни подаци су пребачени у .dwf датотеке за сваки од наведених периода. Анализирано је и трајање вегетационих периода на основу података о времену, при чему је за почетак вегетационог периода узиман датум када је просјечна дневна температура пет узастопних дана била бар 10.0°C. Подаци о тлу су добијени на основу теренског рада у сарадњи са Словачким пољопривредним универзитетом у Нитри, у току којег су урађене анализе тла у Долној Маланти и Милхостову. Датотека са овим подацима садржавала је дубину земљишних хоризоната, механички састав земљишта и ниво подземних вода (Сл. 2).

1990 periods climates normal. These files were comprised from GPS locations of the stations, altitude, general information about the measuring conditions (2 m above ground level), time interval of measurement and atmospheric nitrogen deposition. In .dwf we used data on: daily mean air temperature, max and min air temperature, global radiation, wind velocity, relative humidity and daily precipitation.

2. simulated experimental data were the outputs from database software ProclimDB defined by general circulation model ARPEGE in condition of A1B SRES scenario. Data were processed for the 1961–1990, 2021–2050, 2071–2100 periods for both locations (grid 10x10 km). Data contains the information about daily mean air temperature, max and min air temperature, global radiation, wind velocity, relative humidity and daily precipitation. All of the data were transformed to .dwf files for each period. The duration of the vegetation period was analysed and evaluated from weather data, when the beginning of the vegetation period (and growing season) was considered as a period with an average temperature of 10.0°C (and 5.0°C) for 5 consecutive days. The soil data had an experimental basis (field experiments realized by co-operating departments at Slovak University of Agriculture in Nitra) from soil analyses in Dolna Malanta and Milhostov. The soil file contained information about soil horizons depth, fractions of soil and their ratio, ground water depth as shown in Fig. 2.

```

; ; Milhostov
(defhorizon "Treb FLi A" default
  (clay 0.39 []) (silt 0.56 []) (sand 0.05 [])
  (humus 0.029 [])
  (C_per_N 10 [g C/g N])
  (dry_bulk_density 1.34 [g/cm^3]))
(defhorizon "Treb FLi B" default
  (clay 0.41 []) (silt 0.52 []) (sand 0.07 [])
  (humus 0.015 [])
  (C_per_N 11 [g C/g N])
  (dry_bulk_density 1.44 [g/cm^3]))
(defhorizon "Treb FLi C" default
  (clay 0.46 []) (silt 0.46 []) (sand 0.08 [])
  (humus 0.013 [])
  (C_per_N 11 [g C/g N])
  (dry_bulk_density 1.42 [g/cm^3]))
(defhorizon "Treb FLi S" default
  (clay 0.30 []) (silt 0.52 []) (sand 0.18 [])
  (humus 0.002 [])
  (C_per_N 11 [g C/g N])
  (dry_bulk_density 1.45 [g/cm^3]))

; ; podne profily
(defcolumn "NR HMz" default
  (OrganicMatter
    (init (input 1860 [kg C/ha/y])
      (root 900 [kg C/ha/y])
      (background_mineralization 55 [kg N/ha/y])
      (end -30 [cm])))
  (Soil (MaxRootingDepth 120 [cm])
    (horizons (
      -33 [cm] "NR HMz A1")
      (-76 [cm] "NR HMz Bt")
      (-95 [cm] "NR HMz Bt/C")
      (-400 [cm] "NR HMz C"))))
  (Groundwater deep))

```

Сл. 2. Скрипта података о земљишту за подручје Нитра–Долна Маланта и Милхостов

Fig. 2. Soil data script for Nitra-Dolna Malanta and Milhostov

Податке о управљању земљиштем сачињавале су информације о плодореду, орању, сјетви, ђубриву и жетви. Ова датотека садржи и дефинисање периода „почетног загријавања“ чија је функција била минимизација неправилности које се могу појавити услед почетних услова у којима се налазило тло – на примјер, земљиште са различитим плодоредом у годинама које нису обухваћене подацима. Овај период односио се на сљедеће усјева: кукуруз (*Zea mays* L.) сорте Evelina, грашак (*Pisum sativum*), озима пшеница (*Triticum aestivum*), јари јечам (*Hordeum vulgare*) који је засијан на пољу луперке (*Medicago sativa*) (Takac & Siska, 2011). У сљедећем кораку (званом “NAOSTRO”) у датотеку смо унијели плодоред који је установљен на експерименталном пољу у Долној Маланти (у сарадњи са Факултетом за агробиологију и ресурсе хране Словачког пољопривредног универзитета у Нитри). Плодоред се састојао од усјева: кукуруза (*Zea mays* L. сорте Evelina), озиме пшенице (*Triticum*

Land management data was information about crop rotation, plowing, sowing, fertilizing and harvesting. In the file, there was a defined warming-up period that was used for minimization of irregularities due to initial soil condition (land with a different crop rotation in previous years). The warming-up period consisted of the following crops: maize (*Zea mays* L.) Evelina variety, pea (*Pisum sativum*), winter wheat (*Triticum aestivum*), spring barley (*Hordeum vulgare*) with undersowing of lucerne (*Medicago sativa*) (Takac & Siska, 2011). In the next step (called “NAOSTRO”) we set up the same crop rotation as at the experimental field in Dolna Malanta (provided by Faculty of Agrobiology and Food Resources at Slovak University of Agriculture in Nitra) to the file. The crop rotation included the following crops: maize (*Zea mays* L.) Evelina variety, winter wheat (*Triticum aestivum*) and spring barley (*Hordeum vulgare*). The crop rotation

*aestivum*) и јарог јечма (*Hordeum vulgare*). Овај плодоред укључен је у три различите симулације у циљу покривања свих усјева у свакој години у оквиру периода од 30 година. У датотеку је унесен и слједећи календар радних активности на узгоју кукуруза: припрема тла за сјетву која је одређена за крај априла (28.04), предсјетвено ђубрење тла азотним ђубривом (30 kg/ha) (11.03) и ђубрење амонијум нитратом (100 kg/ha) за вријеме вегетационог периода средином јуна (13.06). Берба је одређена за почетак октобра (07.10.).

### Валидација

Резултати мјерења у периоду 1961–1991. године коришћени су за валидацију резултата нашег модела. Резултати моделовања засновани на измјереним подацима о времену Словачког хидрометеоролошког института и експерименталним подацима ARPEGE-а, потом су упоређени са подацима о приносима Словачког завода за статистику у том периоду. Коефицијент варијације скупа података износио је 0.20 (20 %), а скупови података показивали су исти тренд (тренд раста) током година. Ипак, подаци Завода за статистику о просјечним приносима били су и до 40 % нижи од резултата добијених моделовањем. Ова разлика настала је усљед различитих начина располагања земљиштем током наведеног периода – сјетвом различитих сорти кукуруза, али и чињеницом да подаци Завода за статистику представљају регионални просјек док су се резултати моделовања односили на специфичне локације Нитре и Милхостова.

### РЕЗУЛТАТИ

На основу проведених симулација, урађене су процјене за периоде 2021–2050. и 2071–2100. године за простор Нитре–Долна Маланте и Милхостова. Резултати Daisy модела указују на смањење приноса претежно узроковано екстремним временским условима – високом температуром ваздуха комбинованом са

was included in three different simulations to cover all crops in each year within a 30-year dataset. We set a framework of activities with maize to the file in the following sequence: preparation of maize's seedbed that was defined at the end of April (4/28), fertilizing with a nitrogen fertilizer (30 kg/ha) in the pre-sowing phase (3/11) and ammonium nitrate fertilizer in the total volume of 100 kg/ha N during the vegetation period in the middle of June (6/13) and harvesting was set for the beginning of October (10/7).

### Validation

We used 1961–1990 data for validation of our model. The model outputs, based on measured weather data (Slovak Hydrometeorological Institute) and ARPEGE experimental data, were compared with historical yields measured by Statistical Office of the Slovak Republic in this period. The coefficient of variation for dataset was 0.20 (20 %) and datasets showed the same trend (uptrend) during the years. However, the average yields (measured by Statistical Office) were by 40 % lower in comparison with model results. This was caused by different management during years, planting of different maize varieties and the fact that the data from the statistical office is regional average (model outputs are fixed to specific location: Nitra–Dolna Malanta and Milhostov).

### RESULTS

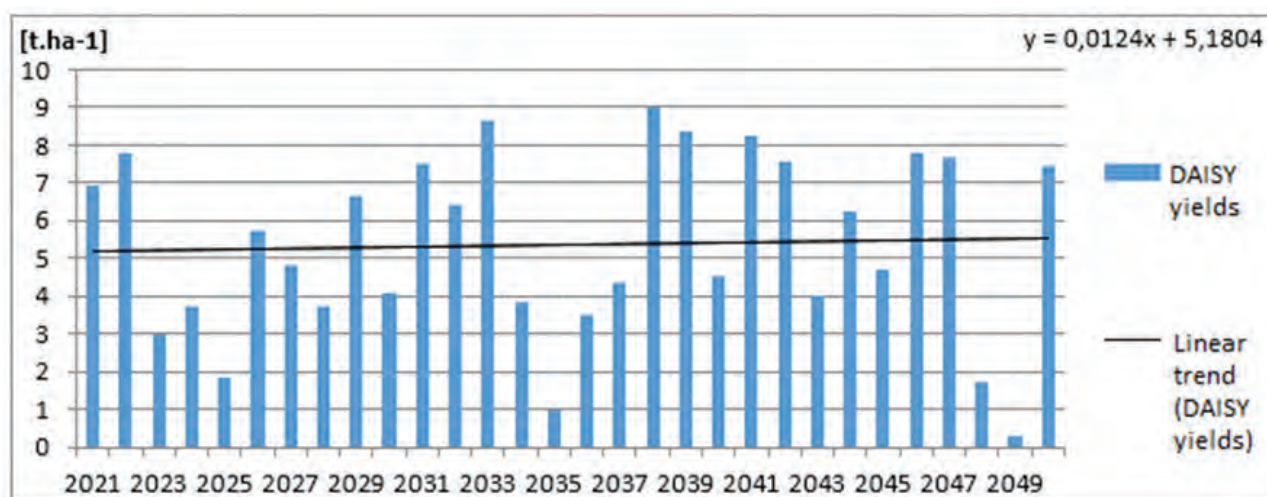
According to our simulations, we figured out an estimate for the 2021–2050 and 2071–2100 periods in Nitra–Dolna Malanta and Milhostov. The results from Daisy model suggest a decrease in grain yields mainly due to weather extremes – high air temperature combined with low precipitations that lead to

смањењем количине падавина што би довело до појаве суша, али и падавинских екстрема услед јаких киша које могу изазвати бујичне поплаве у периоду клијања и развоја биљке.

Приноси су значајно мањи у годинама у којима се појављују екстремне вриједности климатских елемената, а сорте кукуруза нису у стању прилагодити се измијењеним климатским условима. Симулација извршена на основу ARPEGE климатских показатеља, показује да ће просјечни приноси на подручју Нитра–Долна Маланта у периоду 2021–2050. године износити 5.37 t/ha (Сл. 3) што представља повећање од 8 % у односу на приносе остварене у периоду 1960–1990. године.

drought and rainfall extremes from supercell, which could result in a flash flood in period of emergency and development.

The yields are significantly lower in the years affected by weather extremes and the maize variety could not adapt to changed climate conditions. The average grain yield was 5.37 t/ha for the 2021–2050 periods in Nitra–Dolna Malanta (Fig. 3) that represents an 8 % decrease in contrast to estimated yields in 1960–1990 climates normal based on ARPEGE climate data.



Сл. 3. Симулирани приноси кукуруза за подручје Нитра–Долна Маланта у периоду 2021–2050. године

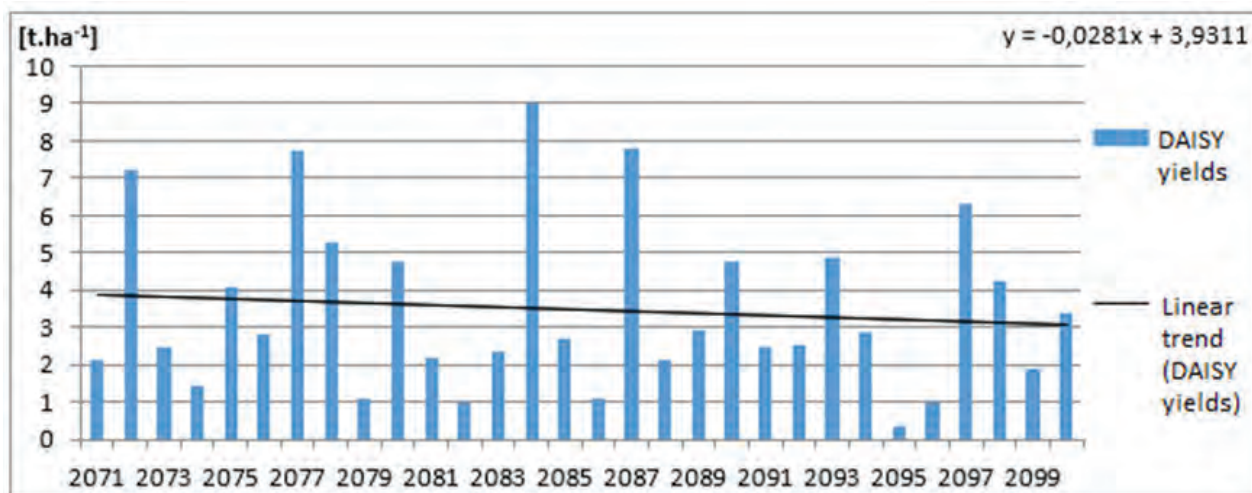
Fig. 3. The maize grain yields simulated for Nitra–Dolna Malanata in the 2021–2050 periods

На исти начин, на основу резултата Daisy модела, за подручје Нитра–Долна Маланта, детектовали смо и пад од 35% (просјечни принос 3.50 t/ha) за период 2071–2099. године (Сл. 4) у односу на период 1961–1990. године. На графикону се јасно могу уочити значајне разлике у кретањима приноса током појединих година наведеног периода. Подједнак узрок овим флукуацијама лежи у све чешћим појавама сушних и влажних година, екстремним временским приликама и посебно неједнакој дистрибуцији атмосферских падавина по мјесецима у периоду 2071–2099. године. Екстремно ниски приноси (само 0.5 t/

In the same way, we detected a decrease by 35% (average grain yield 3.50 t/ha) between 2071–2099 model Daisy results and 1961–1990 grain yields in Nitra–Dolna Malanta (Fig. 4). Production outages are observable in many years, which correspond to a high difference of values within the yields in 2071–2100. This is equally caused by the more frequent occurrences of wet and dry years, extreme weather, and especially an uneven distribution of atmospheric precipitation over the months during the 2071–2099 periods. Extremely low grain production (only 0.5 t/ha) in 2095 is caused

ha) за 2095. годину проузроковани су сушом. Симулација на основу ARPEGE модела показује за наведену годину вриједност падавина од 480 mm и просјечну годишњу температуру вишу од 13°C.

by drought. The ARPEGE model simulated precipitation for 2095 at only 480 mm and an average temperature above 13°C.

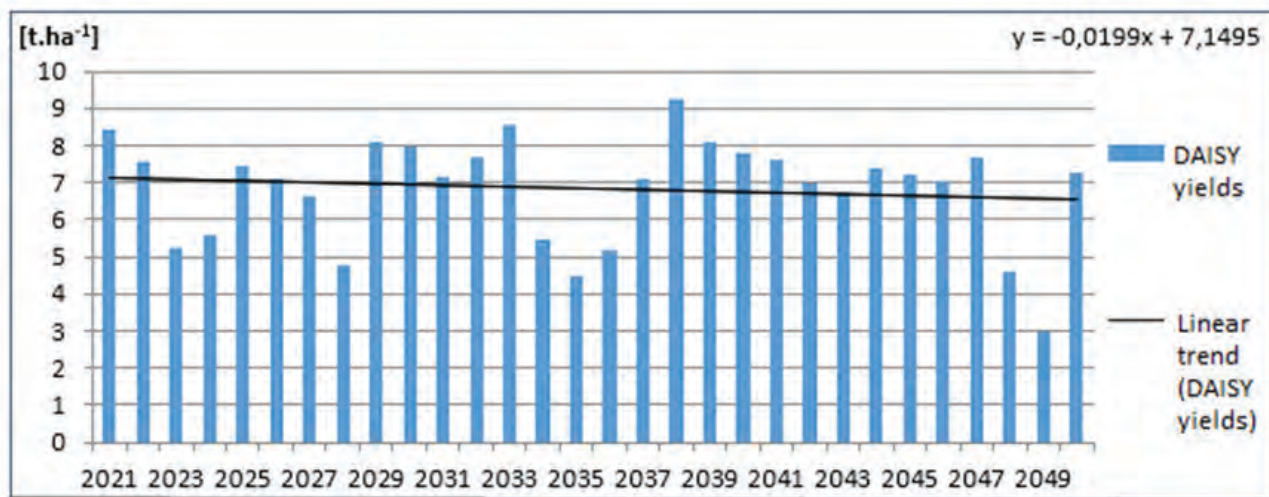


Сл. 4. Симулирани приноси кукуруза за подручје Нитра–Долна Маланта у периоду 2071–2100. године

Fig. 4. The maize grain yields simulated for Nitra–Dolna Malanata in the 2071–2100 periods

За подручје Милхостова, симулација Daisy модела показала је смањење приноса кукуруза за 3.5% ако упоредимо резултате модела за период 1961–1990. године са подацима базираним на ARPEGE за период 2021–2050. године на локацији Милхостов. Укупни просјечни приноси зрна кукуруза у Милхостову (Сл. 5) за период 2021–2050. године износе 6.84 t/ha, што је за готово 1.5 t/ha више него у Нитри. Ипак, укупни тренд за период 2021–2050. године је опадајући. Смањење приноса није толико значајно као на подручју Нитра–Долна Маланте, али су поједине изразито лоше године (попут на примјер 2049. године исто као и у Нитра–Долна Маланти) узроковане сушом (ARPEGE показује само 500 mm падавина и вишу просјечну годишњу температуру – 13°C за Нитру и 12°C за Милхостов).

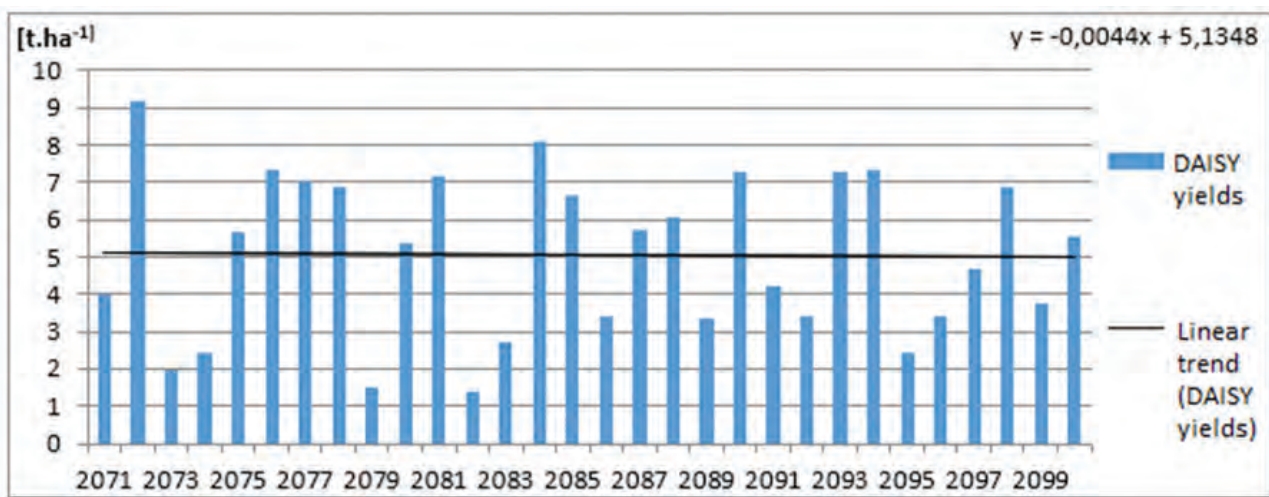
The Daisy model showed a decrease in yields of maize grain by 3.5 % compared to model results in the 1961–1990 periods with data based on ARPEGE in the 2021–2050 periods in Milhostov location. The total average production of grain in the Milhostov location (Fig. 5) in the 2021–2050 periods reached 6.84 t/ha, which is almost about 1.5 t/ha more than in Nitra–Dolna Malanta. However, the overall trend was declining during the 2021–2050 periods as well. Production failures were not so serious as in Nitra–Dolna Malanta location but weak years (for example 2049 – the same as in Nitra–Dolna Malanta) were due to drought in locations (ARPEGE model of atmospheric precipitation simulated only 500 mm per year and higher annual mean air temperature – 13°C in Nitra and 12°C for Milhostov).



Сл. 5. Симулирани приноси кукуруза за подручје Милхостова у периоду 2021–2050. године.  
Fig. 5. The maize grain yields simulated for Milhostov in the 2021–2050 periods

Пројекције показују просјечни принос од 5.07 t/ha у Милхостову у периоду 2071–2100. године што представља смањење за 26 % у поређењу са периодом 2021–2050. године (Сл. 6).

The model expected decreasing of yields by 26 % in the 2071–2100 periods compared to the 2021–2050 periods with total yield 5.07 t/ha in Milhostov (Fig. 6). The outages were more frequent than in the previous period in the light of changing climate conditions.



Сл. 6. Симулирани приноси кукуруза за подручје Милхостова у периоду 2071–2100. године.  
Fig. 6. The maize grain yields simulated for Milhostov in the 2071–2100 periods

## ДИСКУСИЈА

Модел предвиђа значајан опадајући тренд на обе истраживане локације. Прилагођавање ће, тако, бити непходно у циљу одржавања привредног развоја. Смањење приноса може довести до значајног повећања цијена пољопривредних производа. Једна од студија показала је да се до 2050. године очекује пораст цијена за 45 % (Trnka, 2015). Аграрна производња неће бити угрожена само дугорочним постепеним промјенама климе, него и екстремним временским појавама попут кишних олуја, изненадних поплава, орканских вјетрова и суше. Промјене, такође, могу изазвати и убрзано ширење инвазивних врста штеточина или експанзију већ постојећих, што може значајно утицати на приносе различитих сорти кукуруза. Предности повећања концентрације угљен-диоксида, описане у уводу рада, поништавају се озбиљним утицајем екстремних временских услова, што су показали и резултати моделовања. Различите студије бавиле су се евалуацијом утицаја климатских промјена на производни потенцијал. AquaCrop и STICS модели симулирали су (према сценарију RCP4.5 – еквивалент A1B сценарију) за подручје Португала смањење производње за 17 % до 2080. године у односу на период 1986–2005. године (Yang et al., 2017). Слични резултати смањења приноса добијени су и у симулацијама за Швајцарску, гдје је истраживан утицај климатских промјена до 2050. године на три локације (Holkämper et al., 2015). Температура ваздуха на наведеним подручјима слична је оној у Нитри и Милхостову, док је годишња количина падавина већа. Према резултатима добијеним помоћу модела CropSyst, приноси кукуруза износили су само 2–3 t/ha у зависности од временских услова на појединим локацијама. Ово истраживање показало је да ће територија Швајцарске вјероватно бити погодна за узгој кукуруза, али под условом да се до 2050. године изврши адаптација на пројектоване промјене (Holkämper et al., 2015). На резултате наше студије, међутим, утицао је и различит плодоред на експерименталним засадама који

## DISCUSSION

The model predicted a significant decreasing trend in both locations. Thus, the adaptations will be necessary for securing the economic value. Outages in crop production could lead to a higher price of agricultural commodities. One of the studies expected an increase in prices by 45 % by 2050 (Trnka, 2015). The production will not only be affected by changes in long term climate normal but also by severe weather, for instance heavy rains, flash floods, high wind velocity and drought. Changes could lead to a spread of invasive pests or further expansion of existing species, which can significantly affect grain yields of maize varieties. The advantages of increasing concentrations of carbon dioxide for plants, described in the introduction, is replaced by serious impacts of weather conditions (severe weather) which is also shown in the model's results.

Many studies evaluated the effects of climate change on the productive potential. AquaCrop and STICS models simulated (scenario RCP 4.5 – eq. A1B) production decreased by 17 % by 2080 in Portugal in comparison to the 1986–2005 average (Yang et al., 2017). The same assumption of decreasing yields is also simulated in Switzerland (Holkämper et al., 2015). The impact of climate change was evaluated at three locations to 2050. The sites were similar in air temperature but with a higher precipitation sum compared to Nitra and Milhostov. According to CropSyst, the maize yield was only 2–3 t/ha depending on the weather conditions of locations. The study argues that the territory of Switzerland will probably be suitable for maize production but it will be necessary to use adaptations by 2050 (Holkämper et al., 2015).

However, results of our study were influenced by different rotations provided on the experimental fields in comparison to real production and field conditions. The results should not be shown as predictions, but only for trendsetting purposes.

се разликује у односу на стварну производњу у реалним условима. Добијени резултати, према томе, не треба да буду схваћени као чврста предвиђања, него је њихов циљ превасходно уочавање трендова.

## ЗАКЉУЧАК

Проведено истраживање показало је да повећање концентрације  $\text{CO}_2$  у атмосфери није имало позитиван утицај на приносе кукуруза. Усјеви попут кукуруза угрожени су климатским промјенама и екстремним временским приликама. Трендови приноса показују пад у свим анализираним периодима како на подручју Нитра–Долна Маланте, тако и у Милхостову. Симулација Daisy модела за подручје Нитре показала је смањење производње за 8 % у периоду 2021–2050. године у односу на период 1961–1990. године, док је у периоду 2071–2100. године то смањење износило 35 %. Слично је утврђено и за Милхостов – приноси су били мањи за 3.5 % између периода 1961–1990. и 2021–2050. године, односно за 26 % у поређењу са периодом 2071–2100. године. Без спровођења мјера адаптације као што су наводњавање и циљано ђубрење, климатске промјене ће имати погубан утицај на производњу кукуруза.

**Захвалница:** Овај рад је настао уз подршку гранта у оквиру пројекта VEGA 1/0767/17: Регионални утицаји климатских промјена на екосистемске услуге у земљама узгајивачима грожђа – промјена функција у адаптивном потенцијалу.

## CONCLUSION

We showed that the increasing concentration of  $\text{CO}_2$  in the atmosphere did not have a positive effect on the maize yields in simulations. The crops such as maize were threatened by climate change and severe weather. The yield trends were decreasing in each period in Nitra–Dolna Malanta and Milhostov. Model Daisy simulated the production output lower by 8 % between 1961–1990 and 2021–2050 and by 35 % compared to 2071–2100 in Nitra–Dolna Malanta. Similarly, the production output was lower by 3.5 % between 1961–1990 and 2021–2050 and by 26 % compared to 2071–2100 in Milhostov. Without adaptations such as irrigation and targeted fertilizing for the most productive regions with topsoil, the climate changes are expected to have an adverse impact on the maize production.

**Acknowledgement:** This paper was made with a support of grant project VEGA 1/0767/17: Response of ecosystem services of grape growing country to climate change regional impact – change of functions to adaptation potential.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Abrahamsen, P. (2011). *Daisy Tutorial*. Distributed with Daisy.
- Halenka, T. (2006). Project CECILIA. Retrieved July 1, 2018 from [http://www.cecilia-eu.org/Y3\\_SUM.pdf](http://www.cecilia-eu.org/Y3_SUM.pdf)
- Hansen, S., Jensen, H. E., Nielsen, N. E. & Svendsen, E. (1990). *Daisy – Soil Plant Atmosphere System Model*. Kobenhavn: Miljøministeriet Miljøstyrelsen.
- Holkämper, A., Calanca, P., Honti, M. & Fuhrer, J. (2015). Projecting Climate Change Impacts on Grain Maize Based on Three Different Crop Model Approaches. *Agricultural and Forest Meteorology*, 214–215, 219–230.
- Ministry of Environment of the Slovak Republic (2017). *The Seventh National Communication of the Slovak Republic on Climate Change*. Bratislava: Ministry of Environment of the Slovak Republic.
- Pooster, H. (1993). Interspecific Variations in the Growth Response of Plants to an Elevated Ambient CO<sub>2</sub> Concentrations. *Vegetatio*, 104/105, 77–97.
- Takac, J. & Siska, B. (2011). *Kalibrácia a validácia modelu DAISY pre podmienky Slovenska*. Bratislava: Vedecké práce VUPOP.
- Trnka, M. (2015). *Změna klimatu*. Brno: Mendelova univerzita v Brně.
- Yang, C. H., Fraga, H., Van Ieperen, W. & Santos, J. A. (2017). Assessment of Irrigated Maize Yield Response to Climate Change Scenarios in Portugal. *Agricultural Water Management*, 184, 178–190.
- Zuzulova, V., Vavrovic, J. & Siska, B. (2015). Use of PDSI for the Identification of Drought in the Region of Slovakia. In J. Rožnovský & T. Litschmann (eds.), *Závlahy a jejich perspektiva*. Praha: Česká bioklimatologická společnost.



## УРБАНА И РУРАЛНА НАСЕЉА НА ПРОСТОРУ ГРАДА ИСТОЧНО САРАЈЕВО

Мариана Лукић Тановић<sup>1\*</sup> и Драшко Маринковић<sup>2</sup><sup>1</sup>Универзитет у Источном Сарајеву, Филозофски факултет, Пале, Република Српска<sup>2</sup>Универзитет у Бањој Луци, Природно-математички факултет, Бања Лука, Република Српска

**Сажетак:** Насеобински систем Града Источно Сарајево карактеришу одређене специфичности, а међу њима се издваја и то да простор носи епитет града, а већински је руралан. Чини га 216 насељених места у 6 општина града са 59916 становника по попису 2013. године. У раду ће се најпре представити неки од критеријума за дефинисање урбаних и руралних подручја и одредити најбољи критеријум за Град Источно Сарајево, с обзиром на доступне податке. Циљ истраживања је да се изврши класификација насељених места града на урбана и рурална.

**Кључне речи:** Град Источно Сарајево, насеља, урбано, рурално.

Original scientific paper

## URBAN AND RURAL SETTLEMENTS IN THE AREA OF THE CITY OF EAST SARAJEVO

Mariana Lukić Tanović<sup>1\*</sup> and Draško Marinković<sup>2</sup><sup>1</sup>University of East Sarajevo, Faculty of Philosophy, Pale, Republic of Srpska<sup>2</sup>University of Banja Luka, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Banja Luka, Republic of Srpska

**Abstract:** The settlement system of the City of East Sarajevo is characterized by certain specifics, and among them is the fact that the space carries the city's epithet and is mostly rural. It consists of 216 populated places in 6 townships with 59916 inhabitants according to the 2013 census. The paper will first introduce some of the criteria for defining urban and rural areas and determine the best criteria for the City of East Sarajevo, given the available data. The aim of the research is to carry out the classification of urban settlements in urban and rural areas.

**Key words:** East Sarajevo city, settlements, urban, rural.

## УВОД

Град Источно Сарајево налази се у централном и источном делу Босне и Херцеговине. Укупна површина града износи 1449.2 km<sup>2</sup>. Територија града састоји се од два дела: већег северног дела (1405.3 km<sup>2</sup>) и знатно мањег јужног дела (свега 43.9 km<sup>2</sup>). Град карактерише густа уситњена мрежа насеља. Састоји се од шест општина: Источно Ново Сарајево, Источна Илиџа, Пале, Соколац, Трново и Источни Стари Град и 216 насељених

## INTRODUCTION

The city of East Sarajevo is located in the central and eastern part of Bosnia and Herzegovina. The total area of the city is 1449.2 km<sup>2</sup>. The territory of the city consists of two parts: a larger northern part (1405.3 km<sup>2</sup>) and a significantly smaller southern part (only 43.9 km<sup>2</sup>). The city is characterized by a dense fragmented network of settlements. It consists of six municipalities: Istočno Novo Sarajevo, Istočna Ilidža, Pale, Sokolac, Trnovo and Istočni

\* Аутор за кореспонденцију: Мариана Лукић Тановић, Универзитет у Источном Сарајеву, Филозофски факултет, Алексе Шантића 1, 71420 Пале, Република Српска, Босна и Херцеговина, E-mail: mariana.lukic@gmail.com

Corresponding author: Mariana Lukić Tanović, University of East Sarajevo, Faculty of Philosophy, Alekse Šantića 1, 71420 Pale, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina, E-mail: mariana.lukic@gmail.com

места. Према попису становништва 2013. године град има 59916 становника.

Однос урбаних и руралних подручја, територијално-управна организација и функционална изграђеност општинских средишта, показатељ су достигнутог степена развоја, организованости државе и изграђености локалних функционалних капацитета. Према попису 1991. године, Босна и Херцеговина имала је висок степен руралности, јер је око 90 % њене територије чинио рурални простор, односно преко 50 % становништва живело је у сеоским насељима. У Босни и Херцеговини, према Закону о просторном уређењу 1974. године, методологија типологије насеља губи аналитички карактер и свако управно средиште добија статус градског насеља (Мандић, 2012).

С обзиром на промене административно-територијалне организације општина на простору Босне и Херцеговине, односно Републике Српске, а које су захватиле и простор Града Источно Сарајево, циљ овог истраживања је да се одреди најпримењивија типологија насеља на рурална и урбана и изврши њихова подела.

Насеобински систем Града Источно Сарајево је по много чему специфичан, првенствено по томе што истраживани простор носи епитет града, што би био синоним урбаном, а овај простор је већински руралан.

Такође, једна од специфичности овог простора је и та што је након рата 1992–1995. године некада јединствен простор Града Сарајева подељен ентитетском линијом разграничења између Републике Српске и Федерације Босне и Херцеговине, при чему је дошло до дезинтеграције насеља.

Непоштовање насеобинског система и административних граница насеља довело је до дезинтеграције, односно поделе насеља између ентитета, стварања „дуплих“ насеља, „неразумне“ поделе урбаних целина, где граница сече улице и стамбену инфраструктуру. На простору предратног Сарајева ентитетском границом подељено је 43 насељена места. Око 30 % дељених насеља су насеља до 50 становника, рурална насеља где је данас

Stari Grad and 216 settlements. According to the population census in 2013, the city has 59916 inhabitants.

The relation between urban and rural areas, territorial-administrative organization and functional building of municipal centers, is an indicator of the level of development, organization of the state and the building of local functional capacities. According to the census in 1991, Bosnia and Herzegovina had a high degree of rurality, as about 90 % of its territory was rural, or more than 50 % of the population lived in rural settlements. In Bosnia and Herzegovina, according to the Physical Planning Act of 1974, the methodology of typology of settlements loses its analytical character and each administrative center gets the status of a city settlement (Мандић, 2012).

Considering the changes in the administrative and territorial organization of municipalities in the territory of Bosnia and Herzegovina, that is, the Republic of Srpska, which affected the area of the City of East Sarajevo, the aim of this research is to determine the most appropriate typology of settlements in rural and urban areas and divide them.

The urban system of East Sarajevo is in many ways specific, primarily because the explored area has the city's epitaph, which would be synonymous with urban, and this posture is mostly rural.

Also, one of the specifics of this space is that after the 1992–1995 War, once the unique space of the City of Sarajevo was divided by the entity line of demarcation between the Republic of Srpska and the Federation of Bosnia and Herzegovina, where the settlement was disintegrated.

Disregard for the settlement system and the administrative boundaries of the settlement led to the disintegration, ie the division of settlements between the entities, the creation of “double” settlements, “unreasonable” division of urban units, where the border cuts the streets and housing infrastructure. In the area of pre-war Sarajevo, 43 settlements were distributed to the entity border. About 30 % of the settlements

изражена депопулација и нестајање насеља, а сигурно да је један од разлога таквог стања линија разграничења (Lukić Tanović & Marinković, 2017).

#### КРИТЕРИЈУМИ ЗА ДЕФИНИСАЊЕ РУРАЛНИХ И УРБАНИХ ПОДРУЧЈА

Један од традиционалних начина поделе насеља на градска и сеоска је метод М. Мацуре где су, на основу броја становника и удела непољопривредног становништва, насеља подељена на градска, мешовита и сеоска. Доња граница броја становништва за градско насеље је 2000 (Стевановић, 2008).

Многи аутори и државне институције, првенствено статистичке, последњих деценија баве се овом проблематиком. Државни завод за статистику Републике Хрватске предложио је „Модел за дефинисање урбаних, руралних и прелазних насеља у Републици Хрватској”, где се користе четири варијабле: управни статус насеља, величина насеља (број становника), социо-економска структура становништва (запослени мештани у месту становања по секторима) и морфолошко-физиономска обележја насеља (Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, 2011).

Европске земље користе различите критеријуме за дефинисање руралних и урбаних подручја. У зависности од проблема и циљева истраживања, разликују се и дефиниције ових подручја. На локалном нивоу, Организација за економску сарадњу и развој (Organisation for Economic Cooperation and Development – OECD) дефинише рурална подручја према густини насељености. Руралним насељима сматрају се насеља са густином насељености испод 150 ст/км<sup>2</sup> (Гајић, 2015).

Код јасног дефинисања урбаних и руралних насеља Града Источно Сарајево, главни проблем представља недостатак адекватних података. Попис становништва и коначни резултати пописа по насељеним местима

are settlements of up to 50 inhabitants, rural settlements where depopulation and the disappearance of settlements are expressed today, and certainly one of the reasons for such a state of demarcation lines is (Lukić Tanović & Marinković, 2017).

#### CRITERIA FOR DEFINING RURAL AND URBAN

One of the traditional ways of dividing settlements into urban and rural is the method of M. Macura where, based on the number of inhabitants and the share of non-agricultural population, settlements are divided into urban, mixed and rural. The lower limit of the population for the urban settlement is 2000 (Стевановић, 2008).

Many authors and state institutions, primarily statistical, deal with these issues in the last decades. The State Statistical Office of the Republic of Croatia has proposed a “Model for defining urban, rural and transitional settlements in the Republic of Croatia”, using four variables: the administrative status of the settlement, the size of the settlement (population), the socio-economic structure of the population (employed locals in the city housing by sector) and morphological and physiological characteristics of settlements (Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, 2011).

European countries use different criteria for defining rural and urban areas. Depending on the problem and research objectives, and definitions of these areas are different. At the local level, the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) defines rural areas according to the density of population. Rural settlements are considered settlements with a population density below 150 st/km<sup>2</sup> (Гајић, 2015).

With a clear definition of urban and rural settlements of the City of East Sarajevo, the main problem is the lack of adequate data. Population census and final census results in populated areas satisfy one criterion for classification of

задовољавају један критеријум по коме се врши класификација насеља на рурална и урбана. Углавном, на нама блиским просторима као граница између руралних и урбаних насеља узима се 2000 становника.

Уколико се жели применити традиционални метод М. Мацуре, или неки други модел који подразумева удео пољопривредног/непољопривредног становништва, проблем је у немогућности приступа подацима о уделу пољопривредног становништва по насељеним местима. Такође, код примене неког од модела који подразумева познавање структуре становништва према секторима делатности, постоји проблем због заштите података. Уколико је број становника испод 10, податак се сматра поверљивим, а подаци су заштићени у складу са одредбама Закона о статистици Републике Српске (Службени гласник Републике Српске, број 85/03). Томе се додаје и проблем непостојања статистичке евиденције о дневним миграцијама, па се на примјер не би могао одредити удео запослених у месту становања по неком од сектора делатности.

Критеријум ОЕCD (где је граница између руралних и урбаних насеља густина насељености од 150 ст/км<sup>2</sup>) тешко је применљив на простор Босне и Херцеговине због комплексности природногеографске основе и насеобинских прилика, насталих као последица ратне деструкције. Дословна примена овог критеријума у пракси би резултирала формалним и статусним разликама у мрежи насеља. Примена овог критеријума, такође, не би могла бити утемељена на квалитативним показатељима због искривљене слике геопросторне стварности (Мандић, 2012).

Уколико би се применио овај критеријум, 12 насељених места на простору Града Источно Сарајево имало би статус урбаног насеља. Међутим, то није реална слика стања због уситњености насеља, односно мале површине насеља. Тако изразито мала насеља, испод 1 км<sup>2</sup>, а искључиво рурална, имају велику густину насељености. На пример, насеље Доња Љубогошта, општина Пале, са 393 становника има густину насељености 279.9

settlements in rural and urban areas. Basically, we have 2000 inhabitants in close proximity to us as the border between rural and urban settlements.

If one wishes to apply the traditional method of M. Macura, or another model that implies a share of the agricultural/non-agricultural population, is a problem in the inability to access data on the share of the agricultural population in populated areas. Also, when applying one of the models that implies knowledge of the structure of the population by sectors of activity, there is a problem due to data protection. If the population is below 10, the data is considered confidential and the data is protected in accordance with the provisions of the Republic of Srpska Statistics Act (Službeni glasnik Republike Srpske, No. 85/03). This adds to the problem of the lack of statistical records on daily migration, so, for example, he could not determine the share of employees in the place of residence by one of the sectors of activity.

The OECD criterion (where the border between rural and urban settlements is a population density of 150 st/km<sup>2</sup>) is difficult to apply to the territory of Bosnia and Herzegovina due to the complexity of the natural geographic base and the hostile circumstances arising from the war destruction. The literal application of this criterion in practice would result in formal and status differences in the network of settlements. The application of this criterion could also not be based on qualitative indicators due to the distorted image of the geospatial reality (Мандић, 2012).

If this criterion were applied, 12 settlements in the area of the City of East Sarajevo would have the status of an urban settlement. However, this is not a real picture of the situation due to the fragmentation of the settlement, or small area of the settlement. Such extremely small settlements, below 1km<sup>2</sup>, and exclusively rural, have a high density of population. For example, the village of Donja Ljubogošta, municipality of Pale, with 393 inhabitants has a population density of 279.9 st/km<sup>2</sup>. However, apart from the criteria of population density, this settlement does not

ст/km<sup>2</sup>. Међутим, осим критеријума густине насељености, ово насеље нема нити једно обележје урбаности. Закључује се да овај критеријум није самостално применљив за категоризацију насеља на урбана и рурална на простору Града Источно Сарајево.

Павков (2008) за пописе око 2010. године наводи да „се препоручује државама да, у циљу међународне упоредивости, дефинишу урбане области као насеља са 2000 и више становника, а руралне области као насеља са мање од 2000 становника и ретко насељене области. Неке државе могу пожелети да на други начин дефинишу урбане области, на пример у смислу административних граница, изграђених области; територије за које су обезбеђене услуге као што су радње, установе за едукацију, рекреациони објекти, предузећа итд, или у смислу функционалности територија. Који год да је приступ узет, потребно га је јасно описати у прикладном пописном извештају и/или у мета подацима” (Павков, 2008, стр. 175).

Поимање урбаног насеља као компактно изграђеног централног насеља које задовољава своје потребе и потребе ширег окружења различитим услугама, доводи у питање урбаност новопроглашених општинских средишта у Босни и Херцеговини. Насеобинске прилике намећу потребу преиспитивања урбаности и других општинских центара који функционалним капацитетом не задовољавају животне потребе локалног становништва (Мандић, 2012).

У мрежи насеља Републике Српске развио се дисперзан размештај градских насеља са високим степеном руралности и извесним специфичностима. Од 62 насеља која имају административно-управну функцију, само 46 има елементе урбаности. Дакле, 16 административних средишта представљају саставни део руралног простора, што је у савременом разматрању насеобинског система својеврстан парадокс. То су делови предратних општина, где је општинско средиште остало изван административних граница Републике Српске, а Републици Српској су припојени само рубни делови територије (Мајић, 2016).

have a single feature of urbanity. It is concluded that this criterion is not self-applicable for the categorization of settlements in urban and rural areas of the City of East Sarajevo.

For the 2010 census, Павков (2008) states that „it is recommended that, for the sake of international comparability, they define urban areas as settlements with 2000 and more inhabitants, and rural areas as settlements with less than 2000 inhabitants and rarely populated areas. Some countries may wish to define urban areas, for example in terms of administrative boundaries, built areas; territories for which services are provided such as shops, educational institutions, recreational facilities, enterprises, etc., or in terms of the functionality of the territory. Whatever approach is taken, it needs to be clearly described in a suitable census report and/or metadata“ (Павков, 2008, p. 175).

The perception of an urban settlement as a compactly built central settlement that meets its needs and the needs of a wider environment with different services, calls into question the urbanization of newly-established municipal centers in Bosnia and Herzegovina. The non-monetary situation imposes the need to review urbanism and other municipal centers that do not satisfy the living needs of the local population with functional capacity (Мандић, 2012).

In the network of settlements of the Republic of Srpska, a dispersive arrangement of urban settlements with a high degree of rurality and certain specifics developed. Of the 62 settlements that have administrative and administrative function, only 46 have elements of urbanity. So, 16 administrative centers are an integral part of the rural area, which is a kind of paradox in the contemporary consideration of the settlement system. These are parts of pre-war municipalities, where the municipal center has remained outside the administrative boundaries of Republic of Srpska, and only the marginal parts of the territory are attached to the Republic of Srpska (Мајић, 2016).

КЛАСИФИКАЦИЈА НАСЕЉА ГРАДА  
ИСТОЧНО САРАЈЕВО НА РУРАЛНА И  
УРБАНА

Класификација насеља на рурална и урбана на простору Града Источно Сарајево дефинисаће се на основу броја становника, где ће се насеља са више од 2000 становника сматрати урбаним. Овом критеријуму додаће се и густина насељености.

Два од шест општинских средишта, Трново (општина Трново) и Хреша (општина Источни Стари Град), имају мање од 2000 становника, и по том критеријуму не спадају у урбана насеља, а очекује се да општинско средиште има одлике урбаног насеља. За ова два насеља није исправно применити критеријум да општинско средиште по аутоматизму треба да је и урбано насеље.

Општинско насеље Хреша се без дилеме може сврстати у рурално насеље, јер има испод 300 становника и густину насељености мању од 30 ст/км<sup>2</sup>. И општина Источни Стари Град „отцепљени“ је део општине Стари Град, чије је средиште остало у Федерацији Босне и Херцеговине. Мало другачија је ситуација са општинским средиштем Трново. Оно је већим процентом припало Републици Срској (мисли се на предратно насеље Трново), али је депопулационо подручје. По попису из 2013. године има испод 1000 становника, а густину насељености преко 150 ст/км<sup>2</sup>. Међутим, ово насеље је функционално неизграђено са недостатком производне функције, карактерише га недостатак јавних услуга, осим основношколског образовања и примарне здравствене заштите. Из наведених разлога, општинско средиште Трново сврстано је у рурална насеља.

THE CLASSIFICATION OF THE  
SETTLEMENT OF THE CITY OF EAST  
SARAJEVO INTO RURAL AND URBAN

The classification of the settlement into rural and urban, in the area of the City of East Sarajevo, will be defined based on the number of inhabitants, where settlements with more than 2000 inhabitants will be considered urban. This population density will be added to this criterion.

Two of the six municipal centers, Trnovo (Trnovo municipality) and Hreša (Istočni Stari Grad municipality) have less than 2000 inhabitants, and according to this criterion do not belong to urban settlements, and the municipal center is expected to have the characteristics of an urban settlement. For these two settlements it is incorrect to apply the criterion that the municipal center should be an urban settlement in automation.

The Hreša municipal settlement can be classified as a rural village without dilemma since it has under 300 inhabitants and the population density is less than 30 st/km<sup>2</sup>. The Municipality of Istočni Stari Grad “secluded” is part of the Municipality of Stari Grad, whose center remained in the Federation of Bosnia and Herzegovina. The situation with the municipality center of Trnovo is a little different. This is due to the greater percentage of the Republic of Srpska (it is thought of the prewar settlement of Trnovo), but it is a depopulation area. According to the 2013 census, it has less than 1000 inhabitants, and the population density is over 150 st/km<sup>2</sup>. However, this settlement is functionally undeveloped with a lack of production function, characterized by lack of public services, except for primary education and primary health care. For the above reasons, the municipality center of Trnovo is placed in rural settlements.

Таб. 1. Урбана и рурална насеља по општинама Града Источно Сарајево 2013. године  
 Tab. 1. Urban and rural settlements by municipalities of the City of East Sarajevo in 2013

| Територија /<br>Municipality                  | Урбано / Urban             |                    |      |                                 | Рурално / Rural            |                    |      |                                 |
|-----------------------------------------------|----------------------------|--------------------|------|---------------------------------|----------------------------|--------------------|------|---------------------------------|
|                                               | Насеља<br>/<br>Settlements | Површина /<br>Area |      | Становништво<br>/<br>Population | Насеља<br>/<br>Settlements | Површина /<br>Area |      | Становништво<br>/<br>Population |
|                                               |                            | (km <sup>2</sup> ) | (%)  |                                 |                            | (km <sup>2</sup> ) | (%)  |                                 |
| Источна Илиџа / Istočna Ilidža                | 2                          | 13.0               | 44.4 | 93.7                            | 3                          | 16.3               | 55.6 | 6.3                             |
| Источни Стари Град / Istočni Stari Grad       | –                          | –                  | 0    | 0                               | 19                         | 88.0               | 100  | 100                             |
| Источно Ново Сарајево / Istočno Novo Sarajevo | 1                          | 6.8                | 17.9 | 73.0                            | 7                          | 31.1               | 82.1 | 27                              |
| Пале / Pale                                   | 1                          | 12.5               | 2.5  | 61.7                            | 62                         | 479.5              | 97.5 | 38.3                            |
| Соколац / Sokolac                             | 1                          | 3.2                | 0.5  | 47.3                            | 95                         | 689.0              | 99.5 | 52.7                            |
| Трново / Trnovo                               | –                          | –                  | 0    | 0                               | 25                         | 109.8              | 100  | 100                             |
| Град Источно Сарајево / Grad Istočno Sarajevo | 5                          | 35.5               | 2.4  | 65.4                            | 211                        | 1413.7             | 97.6 | 34.6                            |

Извор / Source: Републички завод за статистику Републике Српске (2017)

Град Источно Сарајево има пет урбаних/градских насеља укупне површине око 35 km<sup>2</sup>, што чини 2.4 % од укупне територије града (Таб. 1 и Сл. 3). На том простору у 2013. години живјело је 65.4 % популације. Осталих 211 насеља спадају у рурална/сеоска насеља, која чине 97.6 % територије града са 34.6 % становништва (Таб. 1 и Сл. 2).

Две општине града, Трново и Источни Стари Град, немају урбаних насеља, тако да су то 100 % рурална подручја.

Највећи степен урбанизације има општина Источна Илиџа, 93.7 %. Односно, у два насељена места од укупно пет, на око 44 % површине општине живи 93.7 % становништва (Таб. 1 и Сл. 1). У општини Источно Ново Сарајево, у једном насељеном месту на 17.9 % површине општине живи 73 % становништва. Најнижи проценат урбанизације међу ове четири општине има општина Соколац, 47.4 %, али је специфична по томе што скоро половина становништва општине живи на 0.5 % територије.

Степен урбанизације на данашњој територији Републике Српске 1991. године био је знатно испод просека тадашње Босне и Херцеговине. У градовима Републике Српске

The city of East Sarajevo has five urban/city settlements with a total area of about 35 km<sup>2</sup>, which makes up 2.4 % of the total territory of the city (Tab. 1 and Fig. 3). In this area, in 2013 lived 65.4 % of the population. The remaining 211 settlements belong to rural/village settlements, which make up 97.6 % of the city's territory with 34.6 % of the population (Tab. 1 and Fig. 2).

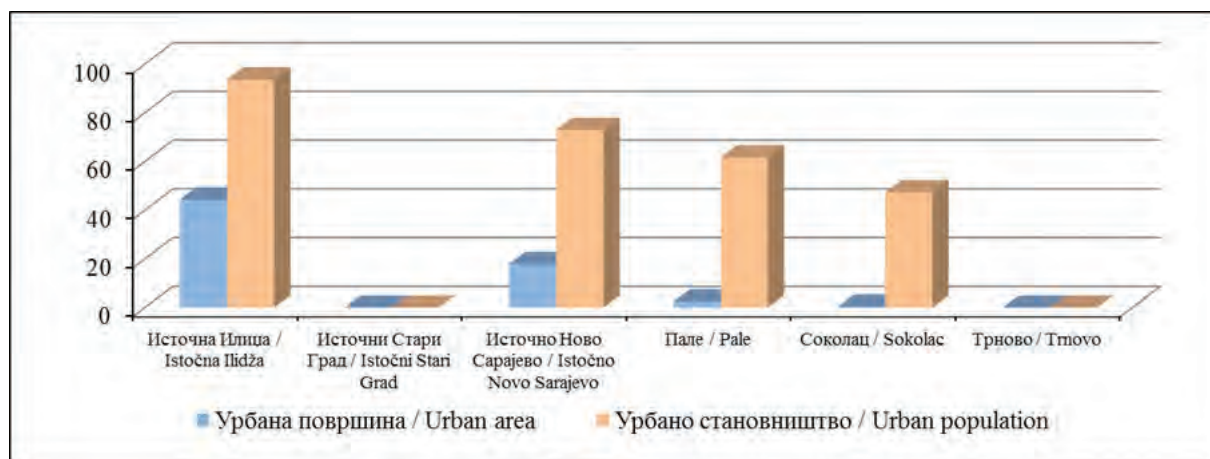
The two municipalities of the city, Trnovo and Istočni Stari Grad, have no urban settlements, so these are 100 % rural areas.

The municipality of Istočna Ilidža has the highest degree of urbanization, 93.7 %. Namely, in two populated places out of a total of five, at about 44 % of the municipality's territory lives 93.7 % of the population (Tab. 1 and Fig. 1). In the municipality of Istočno Novo Sarajevo, in one inhabited place, 17.9 % of the municipality area is inhabited by 73 % of the population. The lowest percentage of urbanization among these four municipalities has the municipality of Sokolac, 47.4 %, but it is specific in that almost half of the population of the municipality lives on 0.5 % of the territory.

The degree of urbanization in the territory of the Republic of Srpska, today, in 1991, was significantly below the average of the then

живела је свега трећина становништва (33.6 %), за разлику од Федералног дела Босне и Херцеговине где је у градским насељима живело нешто мање од 43 % становништва. Оваква неравномерна дистрибуција градског становништва последица је историјског наслеђа и наслеђене мреже насеља (Мајић, 2016).

Bosnia and Herzegovina. Only a third of the population lived in the cities of the Republic of Srpska (33.6 %), unlike the Federal part of Bosnia and Herzegovina, where less than 43 % of the population lived in urban settlements. This uneven distribution of the city population is a consequence of the historical heritage and the inherited network of settlements (Мајић, 2016).

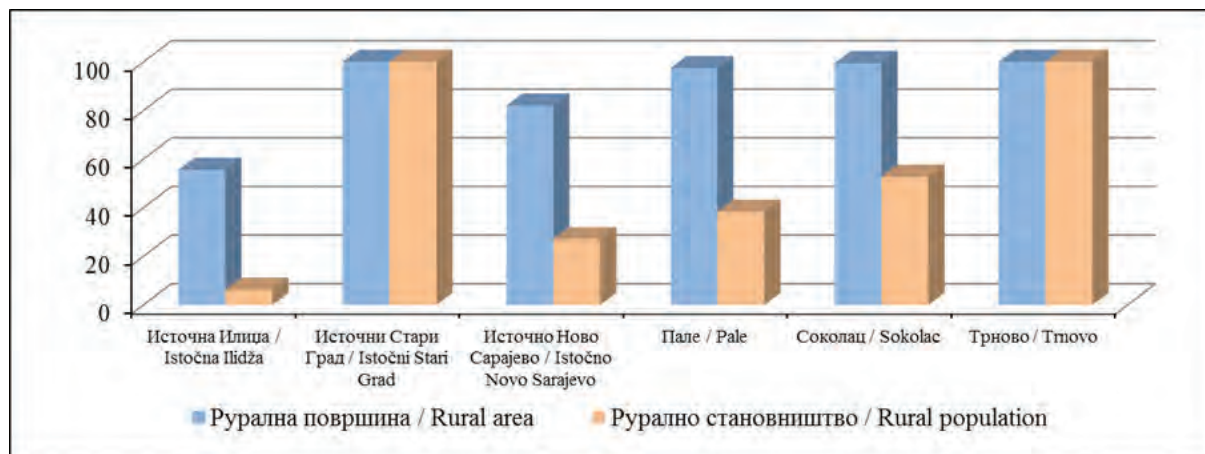


Сл. 1. Дистрибуција урбане површине и урбаног становништва по општинама Града Источно Сарајево 2013. године

Fig. 1. Distribution of urban area and urban population by municipalities of the City of East Sarajevo in 2013

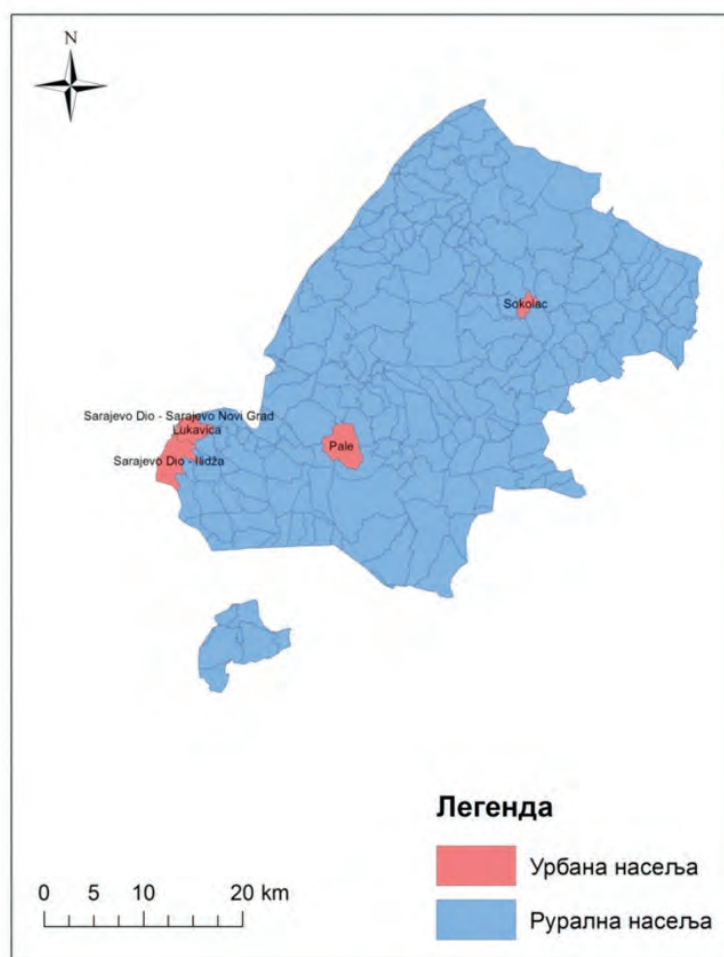
На простору Града Источно Сарајево 1991. године издвајала су се четири насељена места као урбана насеља. У њима је живело 43.1 % популације, што значи да је више од половине популације града спадало у рурално становништво. Степен урбанизације у дугом међупописном периоду повећао се за 22.3 %. Свакако да је на процес урбанизације утицао привредни развој, развој непољопривредних делатности, миграције село—град, али и ратне миграције и процес избеглиштва су, такође, утицали на убрзан пораст урбане популације.

In the area of the City of East Sarajevo in 1991 were allocated four settlements as urban settlements. They accounted for 43.1 % of the population, which means that more than half of the city's population belonged to the rural population. The degree of urbanization in the long interdepartmental period increased by 22.3 %. Certainly the economic development, the development of non-agricultural activities, the migration of the village, but also the war migration and the refugee process, also affected the accelerated growth of the urban population.



Сл. 2. Дистрибуција руралне површине и руралног становништва по општинама Града Источно Сарајево 2013. године

Fig. 2. Distribution of rural area and rural population by municipalities of the City of East Sarajevo in 2013



Сл. 3. Рурална и урбана насеља на простору Града Источно Сарајево

Fig. 3. Rural and urban settlements in the City of East Sarajevo

Општина Источно Ново Сарајево је специфична – 1991. године није имала урбаних насеља и њено становништво било је 100 % рурално.

Позитивну динамику урбанизације имају општине Источна Илиџа, пораст урбанизације за 25.1 %, Соколац за 11.6 % и Пале за 10.6 %. Општина Трново има негативну динамику урбанизације.

Процес урбанизације може се сагледати и на основу промене у погледу коришћења земљишта, у овом контексту урбаних површина. Према Corine Land Cover географској бази података, у периоду од 2000. до 2012. године, на простору Града Источно Сарајево уочене су значајне промене када је реч о коришћењу земљишта. Урбана површина повећала се за готово једну трећину. Свакако да је то последица миграција становништва између општина града и између ентитета Босне и Херцеговине, али и последица етничке хомогенизације. Формирају се нова насеља, индустријски и комерцијални инфраструктурни објекти, посебно у општинама Источна Илиџа и Источно Ново Сарајево – подручју које се граничи са урбаним делом града Сарајева. Утврђено је да се интензитет урбанизације постепено смањује и у будућности се може очекивати наставак опадајућег тренда, јер су миграције становништва знатно смањене у односу на прву деценију XXI века.

Када је реч о трендовима просторног развоја, веома је значајан пораст урбаних подручја од 29.2 % (период 2000–2012. године). Анализа два периода указује да је интензитет урбанизације у периоду 2000–2006. године износио 20.1 %, а у периоду 2006–2012. године 11.3 %. Посматрајући глобални тренд урбанизације, уочава се да су два фактора утицала на смањење интензитета урбанизације у другом посматраном периоду. То су смањење интензитета миграција и економска криза у Босни и Херцеговини, што је резултирало успоравањем економског развоја (Drašković et al., 2016).

Посматрајући највиши ниво урбанизације по општинама, уочава се да највиши ниво

The Municipality of Istočno Novo Sarajevo is specific – in 1991, it did not have urban settlements and its population was 100 % rural.

The positive dynamics of urbanization have the municipalities of Istočna Ilidža, the growth of urbanization by 25.1 %, Sokolac by 11.6 % and Pale by 10.6 %. Municipality of Trnovo has a negative dynamics of urbanization.

The process of urbanization can also be seen on the basis of changes in the use of land, in this context of urban areas. According to the Corine Land Cover geographical database, in the period from 2000 to 2012, significant changes were observed in the area of the City of Sarajevo, regarding the use of land.

Urban area increased by almost one-third. Certainly this is due to the migration of the population between the municipalities of the city and between the entities of Bosnia and Herzegovina, but also the consequence of ethnic homogenization. New settlements, industrial and commercial infrastructure facilities are being formed, especially in the municipalities of Istočna Ilidža and Istočno Novo Sarajevo – a border that borders the urban part of the city of Sarajevo. It was determined that the intensity of urbanization is gradually decreasing and in the future, a continuing trend may be expected as migration of the population is significantly reduced compared to the first decade of the 21st century.

When it comes to trends of spatial development, it is very significant increase in urban areas by 29.2 % (in the 2000–2012 periods). The analysis of two periods indicates that the intensity of urbanization in the 2000–2006 periods was 20.1 %, and in the 2006–2012 periods 11.3 %. Observing the global trend of urbanization, it is noted that the two factors influenced the reduction of the intensity of urbanization in the second observed period. These are the reduction of the intensity of migration and the economic crisis in Bosnia and Herzegovina, which resulted in a slowdown in economic development (Drašković et al., 2016).

Looking at the highest level of urbanization in municipalities, it can be seen that the highest

урбанизације имају општине Источна Илица са 72.3 % и Источно Ново Сарајево са 67.6 %. Највиши степен урбанизације забележен је на граници са урбаном зоном града Сарајева (ФБиХ). Општина Соколац има пораст од 17.9 % у урбаној зони, а Пале од 11.8 % (Dražković et al., 2016).

Међу стручњацима, све је више заступљено мишљење да урбанизација није само просторно ширење градова и трансформација руралних у урбана насеља, већ да је то процес при ком се дешавају бројне социјалне и културне промене које је потребно сагледати и анализирати (Lynch, 2005).

### ЗАКЉУЧАК

Попис становништва 2013. године омогућио је анализу и класификацију насеља на урбана и рурална на простору Града Источно Сарајево. За класификацију насеља по овом критеријуму у обзир је узет број становника и густина насељености.

Процес урбанизације на простору Града Источно Сарајево је итекако присутан и изражен, али на мање од 3 % истраживаног простора, односно у свега 5 насељених места. У међупописном периоду степен урбанизације повећао се за 22.3 % на шта су највише утицале миграције село–град, развој непољопривредних делатности, али и присилне миграције становништва и процес избеглиштва.

Истраживање је показало да чак 97 % територије града чини рурални простор где је смештено свега 35 % становништва Града Источно Сарајево. Од укупно 216 насељених места 211 спадају у категорију руралних. Карактеристика руралног простора је стално одсељавање становништва и негативан природни прираштај, односно депопулација и старење становништва. С обзиром на то да се рурални простор сусреће са наведеним проблемима, а да чини највећи удео истраживаног простора, неопходно је радити на ревитализацији руралног простора. Ревитализација руралног

level of urbanization of the municipalities of Istočna Ilidža with 72.3 % and Istočno Novo Sarajevo with 67.6 %. The highest level of urbanization was recorded at the border with the urban zone of Sarajevo (FB&H). Sokolac Municipality has an increase of 17.9 % in the urban zone, while Pale increased by 11.8 % (Dražković et al., 2016).

Among the experts, there is more and more opinion that urbanization is not just the spatial expansion of cities and the transformation of rural to urban areas, but rather as a process in which numerous social and cultural changes that need to be seen and analyzed occur (Lynch, 2005).

### CONCLUSION

The 2013 Population Census enabled the analysis and classification of settlements in urban and rural areas of the City of East Sarajevo. For the classification of settlements according to this criterion, the number of inhabitants and density of population is taken into account.

The process of urbanization in the area of the City of East Sarajevo is quite present and expressed on less than 3 % of the surveyed area, that is, in only 5 settlements. In the interdepartmental period, the degree of urbanization increased by 22.3 %, mostly due to the village–town migration, the development of non-agricultural activities, but also the migration of the population and the process of refugees.

The research has shown that as many as 97 % of the city's territory is rural, where only 35 % of the population of the City of Sarajevo is located. Out of a total of 216 settlements, 211 are in the rural category. The characteristic of the rural area is the constant emigration of the population and the negative natural increase, ie depopulation and aging of the population. Given that rural areas encounter these problems and make the largest share of explored space, it is necessary to work on the revitalization of rural areas.

The revitalization of rural areas would include encouraging the development of agriculture (animal husbandry), forestry and

простора подразумевала би подстицај развоја пољопривреде (сточарства), шумарства и туризма, затим запошљавање у примарном сектору, редистрибуцију становништва из урбаних у руралне просторе, односно подстицај младих да остану или да се врате на село, и покретање процеса активног старења

tourism, followed by employment in the primary sector, redistribution of population from urban to rural areas, and encouragement of young people to remain in or to return to the countryside, and initiating a process of active aging.

#### ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

Гајић, А. (2015). Различити методолошки приступи у дефинисању руралних и урбаних подручја. *Архитектура и урбанизам*, 41, 63–67.

Dražković, B., Drešković, N. & Mirić, R. (2016). East Sarajevo (Bosnia and Herzegovina) Twenty Years Later – Changes in Land Use. *Geographica Pannonica*, 20(3), 161–167.

Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske. (2011). *Model diferencijacije urbanih, ruralnih i prijelaznih naselja u Republici Hrvatskoj*. Zagreb: Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske.

Lukić Tanović, M. & Marinković, D. (2017). The Disintegration of Settlements in Bosnia and Herzegovina – The Example of Sarajevo/East Sarajevo. In I. Radevski (ed.), *International Scientific Conference GEOBALCANICA 2017* (183–189). Skopje: Geobalcanica Society.

Lynch, K. (2005). *Rural-Urban Interaction in the Developing World*. Oxon: Routledge.

Мајић, А. (2016). *Територијални размештај становништва Републике Српске према попису 2013. године*. Необјављени мастер рад. Природно-математички факултет Универзитета у Бањој Луци, Бања Лука.

Мандић, М. (2012). Поимање и карактеристике руралности и урбаности у Босни и Херцеговини. *Гласник/Herald*, 16, 75–90.

Павков, С. (2008). Подела насеља на градска и сеоска. У Д. Вукмировић (прир.), *Зборник радова Саветовање „Попис 2011“* (170–173). Вршац: Републички завод за статистику Србије.

Републички завод за статистику Републике Српске (2017). *Попис становништва, домаћинства и станова у Републици Српској 2013. године*. Бања Лука: Републички завод за статистику Републике Српске.

Службени гласник Републике Српске, бр. 85/03.

Стевановић, Р. (2008). Статистика и типологија градских насеља Србије. У В. Никитовић (ур.), *Зборник радова Саветовање „Попис 2011“* (170–173). Вршац: Републички завод за статистику Србије.

**ГОРЊЕ И ДОЊЕ БАРЕ – НЕКИ ЕЛЕМЕНТИ ОДРЖИВОСТИ  
И КВАЛИТЕТА ЈЕЗЕРСКЕ ВОДЕ****Рајко Гњато<sup>1\*</sup>, Радослав Декић<sup>1</sup>, Горан Трбић<sup>1</sup>, Светлана Лолић<sup>1</sup>,  
Обрен Гњато<sup>2</sup> и Татјана Попов<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Универзитет у Бањој Луци, Природно-математички факултет, Бања Лука, Република Српска<sup>2</sup>Висока школа за туризам и хотелијерство, Требиње, Република Српска

**Сажетак:** Током лета 2016. године обављена су истраживања глацијалних језера Горње и Доње Баре на планини Зеленгори у циљу утврђивања квалитета језерске воде и утврђивања карактеристичних процеса у језерским базенима. Сем морфометријских мјерења, извршено је мјерење температуре воде језерских базена на различитим дубинама. Узети су узорци воде како би се утврдили физичко-хемијски, микробиолошки и сапробиолошки параметри. Резултати истраживања су показали изражене процесе еутрофизације језера Горње Баре. Интензивна примарна продукција у површинском слоју овог језера огледа се у израженој хиперсатурацији као резултат фотосинтетске активности фитопланктона и макрофита. На дну језера изражена је хипосатурација услед микробиолошке разградње органске материје. Такође, истраживање је обухватило параметре кисеоничног режима и рН вриједност. На основу њих вода језера Горње Баре сврстана је у III класу и директна је последица интензивног развоја фитопланктона у периоду узорковања. Састав фитопланктонске заједнице указује на  $\beta$ -мезосапробну воду. Вриједности физичко-хемијских параметара језерске воде су у оквиру I, а санитарно-микробиолошких у оквиру II класе. Језеро Доње Баре има олигосапробну воду одличног квалитета. Сем нешто повишених вриједности концентрације суспендованих материја, zasiћеност воде кисеоником, бројност аеробних хетеротрофних и укупних колиформних бактерија одговара II класи површинских вода. Вриједности осталих праћених параметара биле су у оквиру I класе. Извор којим се језеро напаја водом, према физичко-хемијским и санитарно-микробиолошким параметрима, одговара I класи, док отока има нешто повишену концентрацију суспендованих материја. Бројност бактерија одговара II класи површинских вода. Интензиван развој фитопланктона и макрофита доводи до нагомилавања органске материје на дну и убрзава процес старења језера.

**Кључне ријечи:** квалитет воде, глацијална језера, Горње и Доње Баре, Зеленгора.

Original scientific paper

**GORNJE BARE AND DONJE BARE LAKES – SOME ELEMENTS  
OF SUSTAINABILITY AND LAKE WATER QUALITY****Rajko Gnjato<sup>1\*</sup>, Radoslav Dekić<sup>1</sup>, Goran Trbić<sup>1</sup>, Svetlana Lolić<sup>1</sup>,  
Obren Gnjato<sup>2</sup> and Tatjana Popov<sup>1</sup>**<sup>1</sup>University of Banja Luka, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Banja Luka, Republic of Srpska<sup>2</sup>College of Tourism and Hotel Management, Trebinje, Republic of Srpska

**Abstract:** During the summer of 2016, a research was carried out at the glacial lakes of Gornje Bare and Donje Bare at the Zelengora Mountain in order to determine the lake water quality and to find out typical processes in the lakes. Apart from morphometric measurements, the lake water temperature at different depths was measured. The water sampling was conducted to determine physical-chemical, microbiological and saprobiological parameters. The research results discovered distinctive eutrophication processes in the Gornje Bare Lake. The intense primary production in the lake surface layer is reflected in a pronounced hypersaturation as a result of phytoplankton and macrophytes photosynthetic activities. At the bottom of the lake, hyposaturation is evident due to microbiological decomposition of organic matter. In addition, the survey included the parameters of the oxygen regime and the pH value: based on these parameters, the

\* Аутор за кореспонденцију: Рајко Гњато, Универзитет у Бањој Луци, Природно-математички факултет, Младена Стојановића 2, 78000 Бања Лука, Република Српска, Босна и Херцеговина, E-mail: gnjator@pmfbl.org

Corresponding author: Rajko Gnjato, University of Banja Luka, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Mladena Stojanovića 2, 78000 Banja Luka, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina, E-mail: gnjator@pmfbl.org

water of Gornje Bare Lake was classified in Class III, which was a direct consequence of the intensive phytoplankton development during the sampling periods. The composition of the phytoplankton community indicated  $\beta$ -mesosaprobic water. The values of the physical-chemical parameters of the lake water were within the scope of Class I, whereas the values of the sanitary-microbiological parameters were within Class II.

Donje Bare Lake has oligosaprobic water of an excellent quality. Except slightly elevated concentrations of suspended matter and water saturation with oxygen, the number of aerobic heterotrophic and total coliform bacteria corresponds to Class II of surface water quality. Values of other monitored parameters were within Class I. According to physical-chemical and sanitary-microbiological parameters, the water source which feeds the lake water corresponds to Class I, whereas the distributary which drains water from the lake has a somewhat elevated concentration of suspended matter. The number of bacteria corresponds to Class II of surface water quality. The intense development of phytoplankton and macrophytes leads to the accumulation of organic matter at the lake bottom and accelerates the aging of the lake.

**Key words:** water quality, glacial lakes, Gornje Bare and Donje Bare Lakes, Zelengora Mountain.

---

## УВОД

На југоисточном дијелу планине Зеленгоре, на линији која дијели субалпински и горски појас, смјештена су лацијална језера Горње и Доње Баре. Заједно са Црним, Бијелим, Орловачким, Котланичким и Штиринским ова ледничка језера, у народу позната као „горске очи“, представљају изузетан туристички потенцијал планине Зеленгоре. У неким језерима дошло је до интензивног развоја субмерзних и емерзних макрофита што доприноси процесу еутрофизације. Еутрофизација је природан процес старења водног екосистема у ком језеро услед повећавања количине органске материје и повећане примарне продукције из олиготрофног прелази у мезотрофно односно еутрофно стање, након чега слиједи забаривање, па чак и нестанак водног екосистема. Спирењем органских и минералних материја из сливног подручја долази до повећања количине азота, фосфора и других биогених елемената у језерској води, што доводи до повећаног раста алги и водених биљака. Након њиховог угибања на дну се таложи знатна количина органске материје у фази распадања, што доводи до смањења дубине језера и раста слоја муља (Petrović et al., 1998). Еутрофизацији нарочито доприноси и семиакватична вегетација, као што су трска и шаш, која не користи угљеник из воде већ из ваздуха, и која своју органску продукцију предаје водном екосистему, па нема кружења материје на нивоу хидроекосистема (Ћирковић et al., 2002). На тај начин слој муља

## INTRODUCTION

Glacial lakes Gornje Bare and Donje Bare are located in the southeastern part of the Zelengora Mountain, on the borderline between the subalpine and mountain belts. Together with the Crno, Bijelo, Orlovačko, Kotlaničko and Štirinsko Lakes, these glacial lakes known as „mountain eyes” represent the extraordinary tourist potential of the Zelengora Mountain. In some lakes, there has been an intensive development of submerged and emergent macrophytes, which contributes to the eutrophication process. Eutrophication is a natural process of the aquatic ecosystem aging, in which lake due to the increase in the amount of organic matter and the increased primary production transitions from oligotrophic to mezotrophic or eutrophic states, followed by lake turning into swamp and even by the disappearance of the aquatic ecosystem. The washing out of the organic and mineral matters from the catchment leads to an increase in the amount of nitrogen, phosphorus and other biogenic elements in lake water, which leads to an increased growth of algae and aquatic plants. After they die, a considerable amount of organic matter in the decay phase decomposes at the lake bottom, which leads to the lake depth reduction and to increasing sludge layer (Petrović et al., 1998). Eutrophication is also especially fastened by semiaquatic vegetation, such as reed and sedge which do not use carbon from the water but from the air and which transfer its organic production to the aquatic ecosystem, so there is no circulation of matter at the hydroecosystem level

се повећава што води коначном нестанку водног екосистема.

Кад језеро једном достигне еутрофно стање његов повратак у мезотрофно тешко је остварљив, јер се основни нутријенти постепено ослобађају из седимента чиме се омогућава даљи развој примарних продуцената (Gajin et al., 2004). Да би се спрјечило убрзано старење изразито осјетљивих екосистема, као што су плитка ледничка језера, неопходно је вршити континуирани мониторинг како би се на вријеме могле провести адекватне заштитне мјере. У оквиру овог рада презентовани су резултати истраживања физичко-хемијских, микробиолошких и сапробиолошких карактеристика језера Горње и Доње Баре на којима је уочен све интензивнији развој водене вегетације чиме је њихова одрживост доведена у питање.

(Ћирковић et al., 2002). In this way, the sludge layer increases leading to the final disappearance of the aquatic ecosystem.

When the lake reaches its eutrophic state, its return to mesotrophic is difficult to achieve since the basic nutrients are gradually released from the sediment which enables further development of primary producers (Gajin et al., 2004). In order to prevent accelerated aging of highly sensitive ecosystems, such as shallow glacier lakes, it is necessary to carry out continuous monitoring so that adequate protective measures can be implemented on time. This paper presents the results of the research on physical-chemical, microbiological and saprobiological characteristics of Gornje Bare Lake and Donje Bare Lake, where an ever-growing development of aquatic vegetation, which puts their sustainability into question, was determined.

#### МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ РАДА

Језеро Горње Баре (Сл. 1) налази се на 1517 m надморске висине, на 43°19'12.73" сјеверне географске ширине и 18°36'26.68" источне географске дужине. Дужина језера износи око 150 m, ширина око 80 m, а највећа измјерена дубина 3.6 m.

#### MATERIAL AND METHODS

Gornje Bare Lake (Fig. 1) is located at 1517 meters above sea level, at 43°19'12.73" north latitude and 18°36'26.68" east longitude. The length of the lake is about 150 m, the width is about 80 m, and the largest measured depth is 3.6 m.



Сл. 1. Језеро Горње Баре (Фото: Декић, 2016. г.)  
Fig. 1. Gornje Bare Lake (Photo: Dekić, 2016)

На надморској висини од 1486 m, на 43°19'05.00" сјеверне географске ширине и 18°37'50.33" источне географске дужине смјештено је језеро Доње Баре (Сл. 2). Дужина језера износи око 200 m, а ширина око 140 m, док је највећа измјерена дубина износила 5 m.

Donje Bare Lake is located at 1486 meters altitude, at 43°19'05.00" north latitude and 18°37'50.33" east longitude (Fig. 2). The length of the lake is about 200 m, and the width is about 140 m, whereas the largest measured depth is 5 m.



Сл. 2. Језеро Доње Баре (Фото: Декић, 2016. г.)  
Fig. 2. Donje Bare Lake (Photo: Dekić, 2016)

Узорци воде за анализу, са оба језера, узети су 02. јула 2016. године. Узорковање је извршено у асептичним условима са чамца на удаљености од око 30 метара од обале. На језеру Горње Баре узорци су сакупљени на два различита локалитета (локалитети А и В), и то из слоја 20–30 cm испод површине, као и из слоја 30–50 cm изнад дна. На језеру Доње Баре узорци су такође сакупљени из површинског слоја и слоја изнад дна и то на три различита локалитета (локалитети А, В и С), као и из извора којим се језеро напаја водом те из отоке којом језеро губи воду. За физичко-хемијску и бактериолошку анализу узорци су сакупљени у стерилне стаклене бочице запремине 500 ml. За анализу фитопланктона профилирано је 20 литара воде кроз планктонску мрежицу пречника 20  $\mu$ m и концентровани узорци су фиксирани киселим

Water samples for analysis from both lakes were taken on July 2, 2016. Sampling was performed in aseptic conditions from the boat at a distance of about 30 meters from the lakeshore. At Gornje Bare Lake, samples were collected at two different sites (sites A and B), from a layer 20–30 cm below the surface, and from a layer 30–50 cm above the bottom. At Donje Bare Lake, samples were also collected from the surface layer and the layer above the bottom, at three different sites (sites A, B and C), as well as from the water source that feeds the lake water and from the distributary that drains water from the lake. For physical-chemical and bacteriological analyses, the samples were collected in sterile glass bottles of 500 ml volume. For phytoplankton analysis, 20 liters of water were filtered through plankton net of 20  $\mu$ m diameter mesh, and the

луголовим раствором. На самим локалитетима је извршено мјерење температуре, дубине и провидности воде и одређене су вриједности рН, електропроводљивости, концентрације раствореног кисеоника, сатурација и турбидитет. У лабораторијама Природно-математичког факултета у Бањој Луци су помоћу спектрофотометра HACH DR2800 одређене концентрације раствореног амонијака, нитрата, нитрита, ортофосфата и сулфата, као и укупне суспендоване материје (HACH LANGE, 2009). Бројност појединих група бактерија одређена је индиректним одгајивачким методама (Benson, 1998; McKane & Kandel, 1996; Škunca-Milovanović et al., 1990; Wistreich, 2003) на храњивим подлогама произвођача BioMérieux и Torlak. За идентификацију фитопланктона кориштени су сљедећи кључеви: Hindák (1978, 2005 и 2008), John et al. (2005), Lazar (1960), Pál (1998) и Guiry, M. D. & Guiry, G. M. (2018). Степен сапробности одређен је на основу релативне бројности индикаторских организама, при чему је кориштена мађарска модификација Pantle-Buck методе (MSZ-12749, 1993).

## РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Температура воде језера Горње Баре кретала се у интервалу од 19.1°C, колико је измјерено у најдубљој тачки на 3.6 метара дубине, до 23.9°C у површинском слоју (Таб. 1). Концентрација раствореног кисеоника у површинском слоју је на оба локалитета износила изнад 9 mgO<sub>2</sub>/l, што је при измјереној температури воде одговарало сатурацији од 128.4 % односно 129.8 %. Овакво пресићење епилимниона кисеоником је резултат интензивних фотосинтетичких процеса који се одигравају у водном стубу и указују на појачану примарну продукцију, што доводи до убрзавања процеса еутрофизације и старења самог воденог екосистема (Sigg, 2004). На локалитету А је и у слоју изнад дна забиљежено пресићење воде кисеоником, док је на локалитету В изнад дна измјерена концентрација раствореног кисеоника износила

concentrated samples were fixed with acidic Lugol's solution. At the sites, temperature, depth and water transparency were measured, and pH value, electroconductivity, concentration of dissolved oxygen, saturation and turbidity were determined. In the laboratories of the Faculty of Natural Sciences and Mathematics in Banja Luka, the concentration of dissolved ammonia, nitrate, nitrite, orthophosphate and sulphate, as well as the total suspended matter, were determined using the HACH DR2800 spectrophotometer (HACH LANGE, 2009). The amount of specific bacteria was determined by using indirect breeding methods (Benson, 1998; McKane & Kandel, 1996; Škunca-Milovanović et al., 1990; Wistreich, 2003) using BioMérieux and Torlak nutrient bases. The identification of phytoplankton was carried out using the following keys: Hindák (1978, 2005 and 2008), John et al. (2005), Lazar (1960), Pál (1998) and Guiry, M. D. & Guiry, G. M. (2018). The degree of saprobity was determined based on relative number of indicator organisms and using the Hungarian modification of the Pantle-Buck method (MSZ-12749, 1993).

## RESULTS AND DISCUSSION

At Gornje Bare Lake, the water temperature ranged between 19.1°C, as measured at the deepest point at 3.6 meters depth, and 23.9°C in the surface layer (Tab. 1). The concentration of dissolved oxygen in the surface layer at both sites was above 9 mgO<sub>2</sub>/l, which corresponds to the saturation of 128.4 % and 129.8 % at the measured water temperature. This epilimnion-like oxygenation is the result of intense photosynthetic processes that take place in the water column and indicate an enhanced primary production, which leads to an accelerated eutrophication process and to aging of the aquatic ecosystem itself (Sigg, 2004). At the site A, the oxygen water saturation was recorded in the bottom layer, whereas the measured concentration of dissolved oxygen at the site B in the bottom layer was 3.74 mgO<sub>2</sub>/l,

3.74 mgO<sub>2</sub>/l што одговара сатурацији од свега 48.3 %. На овом локалитету је дно муљевито, вода је замућена (турбидитет 13.2 NTU) и овако ниска засићеност воде кисеоником у односу на површински слој указује на интензивне микробиолошке процесе оксидације органске материје (Heinonen, 2000), што потврђује и повишена вриједност биолошке потрошње кисеоника (5.28 mgO<sub>2</sub>/l). Вриједност BPK<sub>5</sub>, повећана сатурација у површинском слоју, као и ниске вриједности овог параметра у слоју воде изнад дна, према Уредби о класификацији вода и категоризацији водотока (Службени гласник Републике Српске, 2001), указују на III класу квалитета, односно Горње Баре сврставају у умјерено еутрофна језера. Повишена pH вриједност у површинском слоју на оба локалитета указује на алкалну воду III класе. Према европској директиви о квалитету површинских вода које се користе за рекреацију (76/160/EEC) (European Economic Community, 1976) Горње Баре се због високе pH вриједности не би смјеле користити за купање. Вриједности осталих физичко-хемијских параметара квалитета воде су одговарале I класи површинских вода. Измјерене су изразито ниске вриједности електропроводљивости, као и ниске концентрације основних нутријената, азотних и фосфорних једињења, док присуство сулфата у води није утврђено.

На локалитету А измјерена је дубина од 2.8 метара, на локалитету В 3.6 метара. На оба локалитета вода је била провидна до самог дна. Добра провидност воде последица је ниске концентрације нерастворених органских и минералних материја (Dalmacija & Ivančev-Tumbas, 2004), на што указују и измјерене ниске концентрације суспендованих материја као и вриједности турбидитета. У узорку који је прикупљен изнад дна на локалитету В забиљежене су нешто више вриједности ова два параметра, што је последица дизања муља приликом узорковања.

which corresponds to saturation of only 48.3 %. At this site, the lake bottom is muddy, the water is turbid (turbidity of 13.2 NTU), and the low saturation of water with oxygen in relation to the surface layer indicates intense microbiological processes of organic matter oxidation (Heinonen, 2000), which is also confirmed by the increased value of biological oxygen demand (5.28 mgO<sub>2</sub>/l). The BPK<sub>5</sub> value, the increased saturation in the surface layer, as well as the low values of this parameter in the bottom layer, according to the *Regulation on water classification and categorization of watercourses* (Службени гласник Републике Српске, 2001), indicate Class III of surface water quality, i.e. Gornje Bare Lake is classified as a moderately eutrophic lake. The elevated pH value in the surface layer at both sites indicates the alkaline water of Class III. According to the European directive on the quality of surface waters used for recreation (76/160/EEC) (European Economic Community, 1976), Gornje Bare Lake should not be used for swimming due to high pH value. The values of other physical-chemical parameters of water quality corresponded to Class I of surface water quality. Extremely low values of electroconductivity, as well as low concentrations of basic nutrients, nitrogen and phosphorus compounds were measured, whereas the presence of sulfates in water was not determined. Measured depth was 2.8 meters at the site A and 3.6 meters at the site B. At both locations, the water was transparent to the bottom. Good water transparency is a consequence of the low concentration of undissolved organic and mineral matter (Dalmacija & Ivančev-Tumbas, 2004), which is also confirmed by low concentrations of suspended matter and turbidity values. In the sample collected at the bottom layer of the site B, slightly higher values of these two parameters were recorded, as a consequence of sludge rising during sampling.

Таб. 1. Физичко-хемијске карактеристике воде језера Горње Баре  
 Tab. 1. Physical-chemical characteristics of Gornje Bare Lake water

| Параметар / Parameter                                                                                 | Локалитет<br>А /<br>Site A | Локалитет<br>А дно / Site<br>A bottom | Локалитет В<br>/ Site B | Локалитет<br>В дно / Site<br>B bottom |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| температура воде (°C) /<br>water temperature (°C)                                                     | 23.9                       | 21.9                                  | 22.8                    | 19.1                                  |
| концентрација раствореног O <sub>2</sub><br>(mg/l) / dissolved O <sub>2</sub> concentration<br>(mg/l) | 9.05                       | 8.03                                  | 9.36                    | 3.74                                  |
| сатурација (%) / saturation (%)                                                                       | 128.4                      | 109.9                                 | 129.8                   | 48.3                                  |
| BPK <sub>5</sub> (mgO <sub>2</sub> /l) / BODs <sub>5</sub> (mgO <sub>2</sub> /l)                      | 2.49                       | 2.21                                  | 2.01                    | 5.28                                  |
| pH                                                                                                    | 9.21                       | 8.63                                  | 9.31                    | 7.57                                  |
| електропроводљивост (μS/cm) /<br>electroconductivity (μS/cm)                                          | 102.1                      | 88.5                                  | 90.0                    | 175.8                                 |
| турбидитет (NTU) / turbidity<br>(NTU)                                                                 | 1.03                       | 1.01                                  | 3.17                    | 13.2                                  |
| суспендоване материје (mg/l) /<br>suspended matter (mg/l)                                             | 2                          | 3                                     | 1                       | 4                                     |
| амонијачни азот (mg/l) / ammonia<br>nitrogen (mg/l)                                                   | 0.01                       | 0.02                                  | 0.01                    | 0.01                                  |
| нитратни азот (mg/l) / nitrate<br>nitrogen (mg/l)                                                     | 0.5                        | 0.5                                   | 0.5                     | 0.6                                   |
| нитритни азот (mg/l) / nitrite<br>nitrogen (mg/l)                                                     | 0.005                      | 0.006                                 | 0.004                   | 0.004                                 |
| сулфати (mg/l) / sulphate (mg/l)                                                                      | 0                          | 0                                     | 0                       | 0                                     |
| ортофосфати (mg/l) /<br>orthophosphate (mg/l)                                                         | 0.04                       | 0.05                                  | 0.03                    | 0.05                                  |
| дубина (m) / depth (m)                                                                                |                            | 2.8                                   |                         | 3.6                                   |
| провидност (m) / turbidity (m)                                                                        |                            | 2.8                                   |                         | 3.6                                   |

Таб. 2. Микробиолошке карактеристике воде језера Горње Баре  
 Tab. 2. Microbiological characteristics of Gornje Bare Lake water

| Карактеристика / Characteristic                                                                                   | Локалитет<br>А / Site A | Локалитет<br>А дно<br>/ Site A<br>bottom | Локалитет<br>В / Site B | Локалитет<br>В дно /<br>Site B<br>bottom |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------|
| аеробне хетеротрофне психрофилне<br>бактерије (kol/ml) / aerobic heterotrophic<br>psychrophilic bacteria (CFU/ml) | 2200                    | 5300                                     | 3030                    | 5700                                     |
| класа воде / water class*                                                                                         | II                      | II                                       | II                      | II                                       |
| аеробне мезофилне бактерије (kol/ml) /<br>aerobic mesophilic bacteria (CFU/ml)                                    | 500                     | 2333                                     | 400                     | 2450                                     |
| укупне колиформне бактерије (kol/100 ml) /<br>total coliform bacteria (CFU/100 ml)                                | 2250                    | 200                                      | 500                     | 200                                      |
| класа воде / water class*                                                                                         | II                      | II                                       | II                      | II                                       |
| фекалне колиформне бактерије (kol/100 ml)<br>/ fecal coliform bacteria (CFU/100 ml)                               | <1                      | 100                                      | <1                      | <1                                       |
| класа воде / water class*                                                                                         | I                       | II                                       | I                       | I                                        |
| фекалне стрептококе (kol/100 ml) / fecal<br>streptococcus (CFU/100 ml)                                            | 30                      | 100                                      | 50                      | <1                                       |
| класа воде / water class*                                                                                         | II                      | II                                       | II                      | I                                        |

\* Напомена: Класификација воде извршена је према Уредби о класификацији вода и категоризацији водотока Републике Српске (Службени гласник Републике Српске, бр. 42/2001)

Note: Water quality classification was performed according to the Regulation on water classification and categorization of watercourses (Official Gazette of the Republic of Srpska No. 42/2001)

Санитарно-микробиолошки параметри указују на воду II класе квалитета, тј. на воду умјерено оптерећену органским материјама (Таб. 2). Бројност аеробних хетеротрофних психрофилних бактерија и бројност укупних колиформних бактерија у свим узорцима одговара II класи површинских вода, с тим да је у слоју изнад дна због дизања муља забиљежен знатно већи укупан број бактерија у односу на површински слој. Однос бројности аеробних психрофилних и мезофилних бактерија у свим узорцима указује на доминацију аутохтоне водне бактериофлоре. Међу укупним колиформима фекални колиформи су у мањем броју изоловани само на дну на локалитету А, док су фекалне стрептококе изоловане у

Sanitary-microbiological parameters suggest Class II of surface water quality, i.e. water moderately loaded with organic matter (Tab. 2). The number of aerobic heterotrophic psychrophilic bacteria and the number of total coliform bacteria in all samples corresponds to Class II of surface water quality; however it should be noted that there is a considerably higher total number of bacteria in the bottom layer due to sludge rising compared to the surface layer. The aerobic psychrophilic and mesophilic bacteria ratio in all samples indicates the dominance of autochthonous aquatic bacteria flora. Among the total coliforms, fecal coliforms are in lesser numbers isolated only at the bottom layer of the site A, whereas fecal streptococci are isolated in

мањем броју на оба локалитета. Њихова ниска бројност (100 kol/100 ml) указује да вода није у знатној мјери оптерећена фекалним материјама.

Да су у језеру Горње Баре присутни интензивнији процеси еутрофизације него што се то очекивало показују и сапробиолошки параметри (Таб. 3). Идентификована су укупно 24 различита таксона алги заједно са цијанобактеријама у оквиру 5 раздјела. На основу њихове учесталости израчунат је индекс сапробности од 1.85, што показује да је вода Горњих Бара прешла у категорију  $\beta$ -мезосапробних вода (MSZ-12749, 1993). Квалитативно, највише је било силикатних алги, са 12 различитих таксона, међу којима су квантитативно доминирале *Cocconeis*, *Navicula* и *Cymbella*. Високу бројност имале су и цијанобактерија *Oscillatoria* и ватрена алга *Peridinium*.

Извор којим се језеро Доње Баре напаја водом има воду одличног квалитета. Она је по вриједностима праћених параметара, како физичко-хемијских (Таб. 4), тако и санитарно-микробиолошких (Таб. 5), одговарала I класи површинских вода. Вода је и у љетним мјесецима хладна. У јулу је измјерена температура од свега 11.3°C, вода је била благо алкална и потпуно сатурисана раствореним кисеоником. Није оптерећена органским нити минералним материјама, није утврђено присуство суспендованих материја нити сулфата, а измјерене су и ниске вриједности електропроводљивости и ниске концентрације азотних и фосфорних једињења. Да вода извора није оптерећена органским материјама указује и ниска вриједност биолошке потрошње кисеоника (0.81 mgO<sub>2</sub>/l), као и мала бројност укупног броја хетеротрофних бактерија (850 kol/ml). *Escherichia coli* и фекалне стрептококе, које су индикатори контакта са фекалним отпадним материјама, нису изоловане.

smaller numbers at both sites. Their low number (100 CFU/100 ml) indicates that water is not considerably affected by fecal matter.

Values of saprobiological parameters show that there are more intense processes of eutrophication in Gornja Bara Lake than expected (Tab. 3). A total of 24 different algae taxa along with Cyanobacteria in 5 divisions have been identified. Based on their frequency, the saprobity index value of 1.85 was calculated, indicating that the water of Gornje Bare Lake transitioned into the category of  $\beta$ -mezosaprobic water (MSZ-12749, 1993). Qualitatively, silica algae were most frequent, with 12 different taxa, among which *Cocconeis*, *Navicula* and *Cymbella* were quantitatively dominated. Cyanobacteria *Oscillatoria* and Pyrrophyta *Peridinium* also had high numbers.

The water source that feeds Donje Bare Lake is water of an excellent quality. Based on values of both physical-chemical (Tab. 4) and sanitary-microbiological (Tab. 5) parameters monitored, it corresponds to Class I of surface water quality. Water is cold even during summer months. In July, water temperature of only 11.3°C was measured; the water was slightly alkaline and fully saturated with dissolved oxygen. It is not loaded with organic or mineral substances, the presence of suspended matter or sulfates was not determined, whereas low values of electroconductivity and low concentration of nitrogen and phosphorus compounds were measured. The low biological consumption of oxygen (0.81 mgO<sub>2</sub>/l), as well as low total number of heterotrophic bacteria (850 CFU/ml) also suggest that water source is not loaded with organic matter. *Escherichia coli* and fecal streptococci, which are indicators of contact with fecal wastes, were not isolated.

Таб. 3. Квалитативни састав алги језера Горње Баре и Доње Баре  
 Tab. 3. Qualitative composition of Gornje Bare and Donje Bare Lakes

| Таксон / Taxon                               |      |   | Горње Баре /<br>Gornje Bare | Доње Баре /<br>Donje Bare |
|----------------------------------------------|------|---|-----------------------------|---------------------------|
|                                              | s    | G | h                           | h                         |
| Cynobacteria                                 |      |   |                             |                           |
| <i>Chroococcus</i> sp.                       | 1.60 | 3 | 5                           | 5                         |
| <i>Gloeotrichia natans</i>                   | 1.70 | 4 |                             | 3                         |
| <i>Microcystis</i> sp.                       | 2.00 | 3 | 3                           | 3                         |
| <i>Lyngbya</i> sp.                           | 2.00 |   | 3                           |                           |
| <i>Oscillatoria</i> sp.                      | 2.30 | 3 | 5                           | 3                         |
| Bacillariophyta                              |      |   |                             |                           |
| <i>Cocconeis placentula</i> Ehr.             | 1.60 | 3 | 5                           | 5                         |
| <i>Cyclotella</i> sp.                        | 1.50 | 3 | 1                           | 5                         |
| <i>Cymbella ventricosa</i> Agardh.           | 1.80 | 4 | 5                           | 5                         |
| <i>Cymbella lanceolata</i> (Ehr.) V. Heurck  | 1.60 | 5 | 3                           | 3                         |
| <i>Cymbella</i> sp.                          | 1.70 |   |                             | 3                         |
| <i>Fragillaria capucina</i> Desm.            | 1.60 | 3 | 3                           | 5                         |
| <i>Fragillaria crotonensis</i> Kitton        | 1.70 | 3 | 3                           | 3                         |
| <i>Gomphonema</i> sp.                        | 2.20 | 3 | 3                           |                           |
| <i>Melosira varians</i> Ag.                  | 2.00 | 2 | 3                           | 2                         |
| <i>Navicula</i> sp.                          | 2.00 | 3 | 5                           | 5                         |
| <i>Pinnularia viridis</i> Ehr.               | 1.70 | 5 | 1                           | 3                         |
| <i>Stauroneis phoenicentron</i> Welheim      | 1.80 | 2 | 3                           | 1                         |
| <i>Surirella elegans</i> Ehr.                | 1.40 | 4 |                             | 3                         |
| <i>Synedra acus</i> Kütz.                    | 1.70 | 3 | 3                           | 3                         |
| Euglenophyta                                 |      |   |                             |                           |
| <i>Euglena oblonga</i> F. Schmitz            | 2.00 | 4 | 3                           | 2                         |
| Chlorophyta                                  |      |   |                             |                           |
| <i>Characium gracile</i> Schiller            | 1.60 | 3 |                             | 5                         |
| <i>Closterium setaceum</i> Ehr.              | 2.20 | 3 | 5                           | 3                         |
| <i>Cosmarium</i> sp.                         | 1.80 | 3 | 2                           | 2                         |
| <i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirchner) Kütz | 2.10 | 3 | 3                           |                           |
| <i>Eudorina elegans</i> Ehr.                 | 2.20 | 3 | 3                           | 1                         |
| <i>Mougeotia viridis</i> Wittrock            | 1.60 | 3 | 3                           | 7                         |
| <i>Pediastrum boryanum</i> (Turp.) Menegh    | 1.90 | 3 | 2                           | 1                         |
| <i>Scenedesmus serratus</i> Bohlin           | 2.00 | 3 | 2                           | 1                         |
| Pyrrophyta                                   |      |   |                             |                           |
| <i>Peridinium</i> sp.                        | 1.40 | 3 | 5                           | 7                         |
| ИНДЕКС САПРОБНОСТИ / SAPROBITY INDEX         |      |   | 1.85                        | 1.71                      |

Напомена: s – сапробна вриједност врсте, G – индикаторска тежина, h – релативна бројност таксона.

Note: s – species saprobic value, G – indicator weight, h – the relative abundance of taxa.

Таб. 4. Физичко-хемијске карактеристике воде језера Доње Баре  
 Tab. 4. Physical-chemical characteristics of Donje Bare Lake water

| Параметар / Parameter                                                                           | Извор / Source | Локација А површински слој / Site A surface layer | Локација А дно / Site A bottom layer | Локација В површински слој / Site B surface layer | Локација В дно / Site B bottom layer | Локација С површински слој / Site C surface layer | Локација С дно / Site C bottom layer | Отока / Distributary |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|
| температура воде (°C) / water temperature (°C)                                                  | 11.3           | 22.7                                              | 21.6                                 | 21.9                                              | 21.8                                 | 21.7                                              | 19.6                                 | 21.3                 |
| концентрација раствореног O <sub>2</sub> (mg/l) / dissolved O <sub>2</sub> concentration (mg/l) | 9.39           | 8.52                                              | 8.87                                 | 8.10                                              | 7.20                                 | 7.91                                              | 7.60                                 | 7.71                 |
| сатурација (%) / saturation (%)                                                                 | 102.1          | 117.8                                             | 120.0                                | 110.3                                             | 97.8                                 | 107.4                                             | 98.9                                 | 103.7                |
| ВРК <sub>5</sub> (mgO <sub>2</sub> /l) / BOD <sub>5</sub> (mgO <sub>2</sub> /l)                 | 0.81           | 1.96                                              | 2.98                                 | 1.83                                              | 3.29                                 | 1.63                                              | 2.17                                 | 1.68                 |
| pH                                                                                              | 7.88           | 8.53                                              | 8.44                                 | 8.37                                              | 7.76                                 | 8.37                                              | 7.80                                 | 8.04                 |
| електропроводљивост (μS/cm) / electroconductivity (μS/cm)                                       | 218            | 145                                               | 109                                  | 109                                               | 110                                  | 110                                               | 110                                  | 111.9                |
| турбидитет (NTU) / turbidity (NTU)                                                              | 0.14           | 3.88                                              | 79.6                                 | 1.58                                              | 78.2                                 | 0.54                                              | 6.5                                  | 4.4                  |
| суспендоване материје (mg/l) / suspended matter (mg/l)                                          | 0              | 2                                                 | 21                                   | 2                                                 | 18                                   | 1                                                 | 5                                    | 5                    |
| амонијачни азот (mg/l) / ammonia nitrogen (mg/l)                                                | 0.04           | 0.02                                              | 0.03                                 | 0.02                                              | 0.04                                 | 0.04                                              | 0.04                                 | 0.03                 |
| нитратни азот (mg/l) / nitrate nitrogen (mg/l)                                                  | 0.6            | 0.4                                               | 0.6                                  | 0.5                                               | 0.5                                  | 0.3                                               | 0.4                                  | 0.4                  |
| нитритни азот (mg/l) / nitrite nitrogen (mg/l)                                                  | 0.008          | 0.009                                             | 0.011                                | 0.003                                             | 0.005                                | 0.002                                             | 0.003                                | 0.000                |
| сулфати (mg/l) / sulphate (mg/l)                                                                | 0              | 0                                                 | 0                                    | 0                                                 | 0                                    | 0                                                 | 0                                    | 0                    |
| ортофосфати (mg/l) / orthophosphate (mg/l)                                                      | 0.14           | 0.06                                              | 0.08                                 | 0.11                                              | 0.10                                 | 0.04                                              | 0.04                                 | 0.09                 |
| дубина (m) / depth (m)                                                                          |                | 2.5                                               |                                      | 3.8                                               |                                      | 5.0                                               |                                      |                      |
| провидност (m) / turbidity (m)                                                                  |                | 2.2                                               |                                      | 2.8                                               |                                      | 3.2                                               |                                      |                      |

Температура воде језера Доње Баре кретала се у интервалу од 19.6°C, колико је измјерено на 5 метара дубине, па до 22.7°C у површинском слоју. Овакве, релативно високе температуре воде доприносе бржем метаболизму бактерија, погодују њиховом умножавању и интензивнијем развоју фитопланктона. Процеси оксидације органске материје су израженији у слоју воде изнад дна на шта указују повишене вриједности ВРК<sub>5</sub>, као и бројност аеробних хетеротрофних психрофилних и мезофилних бактерија, чија је бројност у овом слоју неколико пута премашивала њихову бројност непосредно испод површине. У читавом водном стубу вода је одлично сатурисана раствореним кисеоником. Површински слој карактерише хиперсатурација која је показатељ интензивних процеса фотосинтезе, али је ипак знатно мање изражена у односу на хиперсатурацију која се јавља у језеру Горње Баре.

Концентрације основних нутријената у води су ниске, како азотних тако и фосфатних једињења, док присуство сулфата уопште није забиљежено. Од свих праћених физичко-хемијских параметара само су концентрација суспендованих материја и засићеност воде кисеоником одговарале II класи површинских вода, док су вриједности свих осталих параметара према Уредби о класификацији вода и категоризацији водотока (Службени гласник Републике Српске, 2001) биле у оквиру I класе. Високе вриједности концентрације суспендованих материја у слоју воде изнад дна су последица дизања муља приликом узорковања.

Усљед развоја фитопланктона измјерена је и релативно ниска провидност воде која је на најдубљем локалитету (дубина 5 метара) износила 3.2 метра.

The water temperature in Donja Bara Lake ranged between 19.6°C, as measured at 5 meters depth, and 22.7°C in the surface layer. These relatively high water temperatures contribute to faster bacteria metabolism; favor their reproduction and the more intense development of phytoplankton. The processes of organic matter oxidation are more pronounced in the water bottom layer, as indicated by elevated values of BOD<sub>5</sub>, as well as the number of aerobic heterotrophic psychrophilic and mesophilic bacteria, whose number in this layer several times exceeded their number in the surface layer. Over the entire water column, the water is perfectly saturated with dissolved oxygen. The surface layer is characterized by hypersaturation, which is an indicator of intense photosynthesis processes, but is still considerably less pronounced compared to the hypersaturation occurring in the Gornja Bara Lake.

Concentrations of basic nutrients in water, both nitrogen and phosphate compounds, are low, whereas the presence of sulfates was not recorded at all. Of all physical-chemical parameters monitored, only the concentration of suspended matter and the water saturation with oxygen corresponded to Class II of surface water quality, whereas the values of all other parameters according to the *Regulation on water classification and categorization of watercourses* (Службени гласник Републике Српске, 2001) were within Class I. High concentrations of suspended matter in the water bottom layer are the result of sludge rising during sampling.

Due to development of phytoplankton, the relatively low transparency of the water was measured – at the deepest location (5 meters depth) it was 3.2 meters.

Таб. 5. Микробиолошке карактеристике воде језера Доње Баре  
 Tab. 5. Microbiological characteristics of Donje Bare Lake water

| Карактеристика /<br>Characteristic                                                                                        | Извор / Source | Локација А површински<br>слој / Site A surface layer | Локација А дно / Site A<br>bottom layer | Локација В површински<br>слој / Site B surface layer | Локација В дно / Site B<br>bottom layer | Локација С површински<br>слој / Site A surface layer | Локација С дно / Site C<br>bottom layer | Отока / Distributary |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------|
| аеробне хетеротрофне<br>психрофилне бактерије (kol/<br>ml) / aerobic heterotrophic<br>psychrophilic bacteria (CFU/<br>ml) | 850            | 2800                                                 | 6100                                    | 1100                                                 | 3600                                    | 1450                                                 | 2250                                    | 1950                 |
| класа воде / water class*                                                                                                 | I              | II                                                   | II                                      | II                                                   | II                                      | II                                                   | II                                      | II                   |
| аеробне мезофилне<br>бактерије (kol/ml) / aerobic<br>mesophilic bacteria (CFU/ml)                                         | 200            | 200                                                  | 2500                                    | 200                                                  | 500                                     | 100                                                  | 150                                     | 100                  |
| укупне колиформне<br>бактерије (kol/100 ml) / total<br>coliform bacteria (CFU/100<br>ml)                                  | 25             | 250                                                  | 1000                                    | 90                                                   | 450                                     | 45                                                   | 2400                                    | 1200                 |
| класа воде / water class*                                                                                                 | I              | II                                                   | II                                      | II                                                   | II                                      | I                                                    | II                                      | II                   |
| фекалне колиформне<br>бактерије (kol/100 ml) / fecal<br>coliform bacteria (CFU/100<br>ml)                                 | <1             | <1                                                   | <1                                      | <1                                                   | <1                                      | <1                                                   | 10                                      | <1                   |
| класа воде / water class*                                                                                                 | I              | I                                                    | I                                       | I                                                    | I                                       | I                                                    | I                                       | I                    |
| фекалне стрептококе<br>(kol/100 ml) / fecal<br>streptococcus (CFU/100 ml)                                                 | <1             | 80                                                   | 540                                     | <1                                                   | <1                                      | <1                                                   | <1                                      | 200                  |
| класа воде / water class*                                                                                                 | I              | II                                                   | II                                      | I                                                    | I                                       | I                                                    | I                                       | II                   |

\* Напомена: Класификација воде је извршена према Уредби о класификацији вода и категоризацији водотока Републике Српске (Службени гласник Републике Српске, бр. 42/2001)

Note: Water quality classification was performed according to the Regulation on water classification and categorization of watercourses (Official Gazette of the Republic of Srpska No. 42/2001)

Према укупном броју аеробних хетеротрофних бактерија, као и према броју укупних колиформних бактерија, вода језера Доње Баре спада у II класу површинских вода. Цјелокупна санитарно-микробиолошка анализа указује на воду у којој су у мањој мјери присутне органске материје у фази распадања, нарочито у слоју изнад дна, гдје је бројност бактерија због дизања муља неколико пута већа него у површинском слоју. Међутим, међу укупним колиформима нису изоловане фекалне колиформне бактерије, *Escherichia coli* није изолована нити у једном од узорака, а фекалне стрептококе су изоловане у мањем броју само на локалитету А, па се може закључити да вода језера није оптерећена отпадним фекалним материјама.

Вода отоке језера Доње Баре је благо алкална, добро засићена раствореним кисеоником, са ниском вриједношћу електропроводљивости и ниским концентрацијама основних нутријената. Присуство нитритног азота и сулфата у води уопште није забиљежено. Сем концентрације суспендованих материја, која је одговарала II класи површинских вода, вриједности свих осталих параметара су биле у оквиру I класе. Санитарно-микробиолошки показатељи квалитета воде на основу бројности свих изолованих група бактерија указују на воду II класе, изузев бројности фекалних колиформа чије присуство у води уопште није забиљежено.

У води језера Доње Баре идентификовано је 26 различитих таксона алги заједно са цијанобактеријама, у оквиру 5 раздјела (Таб. 5).

На основу квалитативног састава алги и њихове учесталости израчунат је индекс сапробности који износи 1.71, што је показатељ још увијек олигосапробне воде високог сапробног статуса (MSZ-12749, 1993).

Квалитативно, највише је било силикатних алги, са 13 различитих таксона. Цијанобактерије су биле заступљене са 4, зелене алге са 7, а ватрене алге и еуглене са по 1 таксоном. У квантитативном смислу доминирале су зелена кончаста алга *Mougeotia viridis* и ватрена монадоидна алга *Peridinium sp.*

According to the total number of aerobic heterotrophic bacteria, as well as the number of total coliform bacteria, the Donje Bare Lake water corresponds to Class II of surface water quality. The overall sanitary-microbiological analysis indicates water in which organic matter is present in the decay phase, particularly in the bottom layer, where number of bacteria due to sludge rising is several times higher than in the surface layer. However, among the total coliforms, fecal coliform bacteria are not isolated, *Escherichia coli* is not isolated in any of the samples, and fecal streptococci are isolated in smaller numbers only at site A, so it can be concluded that the lake water is not loaded with waste fecal matter.

The water of Donje Bare Lake distributary is slightly alkaline, well saturated with dissolved oxygen, with a low electroconductivity and low concentrations of basic nutrients. The presence of nitrite nitrogen and sulfate in water was not recorded at all. Apart from the concentration of suspended matter, which corresponded to Class II of surface water quality, the values of all other parameters were within Class I. Sanitary-microbiological indicators of water quality based on the number of all isolated groups of bacteria indicate water of Class II, except for the number of fecal coliforms whose presence in water is not recorded at all. In the Donje Bare Lake water, a total of 26 different algae taxa along with Cyanobacteria in 5 divisions were identified (Tab. 5).

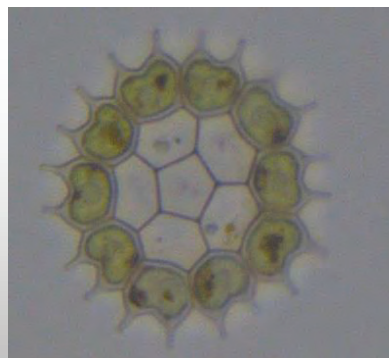
Based on qualitative composition of algae and their frequency, a saprobity index of 1.71 was calculated which was an indicator of the still oligosaprobic water of high saprobic status (MSZ-12749, 1993).

Qualitatively, silica algae were most frequent, with 13 different taxa. Cyanobacteria were represented by 4, the green with 7, and pyrophyta and euglenes with 1 taxon each. In quantitative terms, the green thread algae *Mougeotia viridis* and the monoid Pyrrophyta *Peridinium sp.* (Fig. 3) dominated. Unlike the Black Lake at the Zelengora Mountain,

(Сл. 3). За разлику од Црног језера на Зеленгори гдје није уочено присуство типичних таксона за језера Републике Српске, као што су *Pediastrum* и *Scenedesmus* (Dekić et al., 2016), представници оба таксона су забиљежени са по једном врстом (Сл. 4) у водама и Горњих и Доњих Бара.



Сл. 3. *Peridinium* sp.  
Fig. 3. *Peridinium* sp.



Сл. 4. *Pediastrum*  
*boryanum*  
Fig. 4. *Pediastrum*  
*boryanum*

Имајући у виду чињеницу да је у језерима обухваћеним са сва четири годишња доба утврђена сезонска динамика планктона те да се неке врсте алги могу наћи искључиво у хладнијем периоду године (Sigee, 2004) то број таксона алги које насељавају језера Горње и Доње Баре је далеко већи. Да би се у тим језерима прецизније утврдио састав фитопланктона узорковање би требало вршити током читаве године.

### ЗАКЉУЧАК

На основу извршених физичко-хемијских, микробиолошких и сапробиолошких анализа може се закључити да језеро Доње Баре, као и извор којим се језеро напаја, имају воду одличног квалитета. Од праћених параметара само концентрација суспендованих материја, zasiћеност воде кисеоником, бројност аеробних

where presence of typical taxa for lakes in the Republic of Srpska, such as *Pediastrum* and *Scenedesmus* was not registered (Dekić et al., 2016), representatives of both taxa were recorded with one species in the waters of Gornje Bare and Donje Bare lakes (Fig. 4).

Having in mind the fact that in the lakes monitored in all four seasons, the seasonal dynamic of the plankton was determined, and that some types of algae can be found solely during the colder part of the year (Sigee, 2004), the number of algae taxa inhabiting the Gornje Bare and Donje Bare lakes is far higher. In order to determine the precise phytoplankton composition in these lakes, sampling should be carried out throughout the year.

### CONCLUSION

Based on the performed physical-chemical, microbiological and saprobiological analyzes, it can be concluded that the Donje Bare Lake, as well as the water source which feeds the lake water, has water of an excellent quality. Of all parameters monitored, only the concentration of suspended matter, water oxygen saturation,

хетеротрофних и укупних колиформних бактерија у води одговара II класи површинских вода, док су вриједности осталих праћених параметара биле у оквиру I класе. Индекс сапробности указује на олигосапробну воду високог сапробног статуса. Извор овог језера према вриједностима физичко-хемијских и санитарно-микробиолошких параметара одговара I класи, док отока, због повишене концентрације суспендованих материја и бројности бактерија, одговара II класи квалитета површинских вода.

Језеро Горње Баре у односу на Доње Баре знатно је плиће и више је изложено процесима еутрофизације. Параметри кисеоничног режима и pH вриједност, у периоду узорковања, одговарају III класи вода и сврставају га у умјерено еутрофна језера. Будући да су вриједности осталих физичко-хемијских параметара у оквиру I класе, а санитарно-микробиолошких у оквиру II класе, стање овог водног система је задовољавајуће. Сам индекс сапробности израчунат на основу квалитативног и квантитативног састава фитопланктона указује на  $\beta$ -мезосапробну воду. Међутим, интензиван развој фитопланктона доводи до нагомилавања угинуле органске материје на дну, што убрзава процес старења језера, па је неопходно вршити континуиран мониторинг како би се на вријеме могле спровести одговарајуће заштитне мјере.

the number of aerobic heterotrophic and total coliform bacteria in water corresponds to Class II of surface water quality, whereas the values of the other parameters monitored were within Class I. The saprobity index indicates the oligosaprobic water of a high saprobic status. The water source which feeds the lake water according to the values of physical-chemical and sanitary-microbiological parameters corresponds to Class I, whereas the tributary, due to the increased concentration of suspended matter and the number of bacteria, corresponds to Class II of surface water quality.

Gornje Bare Lake, in relation to Donje Bare Lake, is considerably shallower and more exposed to the eutrophication processes. The parameters of the oxygen regime and the pH value, in the sampling periods, correspond to Class III of surface water quality and placing it in moderately eutrophic lakes. Since the values of other physical-chemical and sanitary-microbiological parameters are within Class I and Class II, respectively, the state of this water system is satisfactory. The saprobity index itself, calculated based on the qualitative and quantitative composition of phytoplankton, indicates  $\beta$ -mesosaprobic water. However, the intense development of phytoplankton leads to the accumulation of dead organic matter at the lake bottom, which accelerates the lake aging process, so it is necessary to carry out continuous monitoring in order to take appropriate protective measures on time.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Benson, H. J. (1998). *Microbiological Applications*. New York: McGraw-Hill.
- Chapman, D. (1996). *Water Quality Assessments – A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. Cambridge: E & FN Spon, University Press.
- Ћирковић, М., Јовановић, Б. & Малетин, С. (2002). *Рибарство*. Нови Сад: Пољопривредни факултет.
- Dalmacija, B. & Ivančev-Tumbas, I. (2004). *Analiza vode – kontrola kvaliteta, tumačenje rezultata*. Novi Sad: Katedra za hemijsku tehnologiju i zaštitu životne
- sredine, Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Novom Sadu i Budućnost.
- Dekić, R., Lolić, S., Gnjado, O., Gnjado, S. & Stanojević, M. (2016). Black Lake of the Zelengora Mountain – Sustainability Problems. *Гласник/Herald*, 20, 97–110.
- European Economic Community (1976). 76/160/EEC Council Directive Concerning the Quality of Bathing Water. *Official Journal, L 31*, 05/02/1976, 1–7.

- Gajin, S., Matavulj, M., Petrović, O. & Svirčev, Z. (2004). Problemi upravljanja eutrofikacijom vode u hidroakumulacijama. U *Zbornik radova Prve konferencije „Sistemi upravljanja zaštitom životne sredine“* (261–274). Novi Sad: Zora-XXI.
- Guiry, M. D. & Guiry, G. M. (2018). AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Retrieved March 5, 2018 from <http://www.algaebase.org>.
- HACH LANGE (2009). *DR2800 User Manual*. Düsseldorf: HACH Lange GMBH.
- Heinonen, P. (2000). *Hydrological and Limnological Aspects of Lake Monitoring*. Chichester: John Wiley and Sons Ltd.
- Hindák, F. (1978). *Sladkovodné riasy*. Bratislava: Slovenské pedagogické nakladateľstvo.
- Hindák, F. (2005). *Zelene kokalne riasy (Chlorococcales, Chlorophyta)*. Bratislava: Botanický ústav SAV.
- Hindák, F. (2008). *Colour Atlas of Cyanophytes*. Bratislava: VEDA, Publishing House of Slovak Academy of Science.
- John, D. M., Whitton, B. A. & Brook, A. J. (2002). *The Freshwater Algal Flora of the British Isles – An Identification Guide to Freshwater and Terrestrial Algae*. Cambridge and London: Natural History Museum.
- Lazar, J. (1960). *Alge Slovenije. Seznam sladkovodnih vrst in ključ za določanje*. Ljubljana: Slovenska akademija znanosti in umetnosti.
- McKane, L. & Kandel, J. (1996). *Microbiology, Essentials and Applications*. New York: McGraw-Hill.
- MZS 12749 (1993). Mađarski standardi kvaliteta vode. U Nemeš, K. (2005). Sezonska dinamika fitoplanktona hidrosistema Dunav–Tisa–Dunav u Banatu. Magistarska teza, Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Novom Sadu, Novi Sad.
- Pál, G. (1998). Szaprobiological indikatorfajok jegyezeke. *Vizi természet-es környzetvedelem*, 6, 1–96.
- Petrović, O., Gajin, S., Matavulj, M., Radnović, D. & Svirčev, Z. (1998). *Mikrobiološko ispitivanje kvaliteta površinskih voda*. Novi Sad: Institut za biologiju, Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Novom Sadu.



**АНАЛИЗА ПРОМЈЕНА ЕКСТРЕМНИХ КЛИМАТСКИХ  
ИНДЕКСА У МОСТАРУ****Татјана Попов<sup>1\*</sup>, Слободан Гњато<sup>1</sup> и Горан Трбић<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Универзитет у Бањој Луци, Природно-математички факултет, Бања Лука, Република Српска

**Сажетак:** Рад анализира промјене екстремних климатских индекса у Мостару (Босна и Херцеговина) у периоду 1961–2015. године. Функције густине вјероватноће за 30 индекса екстремних температура и падавина израчунате су за два потпериода: 1961–1990. и 1991–2015. године. Резултати показују да је већина топлих температурних индекса забиљежила значајно помјерање дистрибуције према вишим вриједностима индекса у другом периоду. Мање изражено помјерање према нижим вриједностима индекса утврђено је за хладне температурне индексе. Међутим, оба обрасца промјена указују да је на истраживаном подручју од 1990-их присутан изражен тренд загријавања. Анализе су показале да су најизраженије промјене забиљежене у сезони лјето. Дистрибуција индекса екстремних падавина није показала једноставан образац помјерења у расподјели између два наведена периода. Промјене вриједности параметара дистрибуције Генерализованих екстремних вриједности (локацијског параметра, параметра дисперзије и параметра облика) сугеришу да су у посматраном периоду интензитет и варијабилност температура и падавина повећани.

**Кључне ријечи:** екстремни климатски индекси, функција густине вјероватноће, дистрибуција Генерализованих екстремних вриједности (ГЕВ), климатске промјене, Мостар (Босна и Херцеговина).

Original scientific paper

**ANALYSIS OF CHANGES IN EXTREME CLIMATE  
INDICES IN MOSTAR****Tatjana Popov<sup>1\*</sup>, Slobodan Gnjato<sup>1</sup> and Goran Trbić<sup>1</sup>**<sup>1</sup>University of Banja Luka, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Banja Luka, Republic of Srpska

**Abstract:** The study analyzes changes in extreme climate indices in Mostar (Bosnia and Herzegovina) during the 1961–2015 periods. The probability density functions for 30 extreme temperature and precipitation indices were calculated for the two sub-periods: 1961–1990 and 1991–2015. Given the results, majority of warm temperature indices displayed the significant distributional shifts towards higher index values in latter period. Less prominent shifts towards lower index values were determined for cold temperature indices. However, both patterns of change indicate a prominent warming trend over the study area since the 1990s. Seasonal analysis showed that most pronounced changes were detected during the summer season. The extreme precipitation indices did not exhibit a simple shift in the distribution between the two specified periods. Analysis of the Generalized Extreme Value distribution parameters (location, scale and shape) suggests that temperature and precipitation intensity and variability increased during the observed period.

**Key words:** extreme climate indices, probability density function, Generalized Extreme Value distribution, climate change, Mostar (Bosnia and Herzegovina).

\* Аутор за кореспонденцију: Татјана Попов, Универзитет у Бањој Луци, Природно-математички факултет, Младена Стојановића 2, 78000 Бања Лука, Република Српска, Босна и Херцеговина, E-mail: tatjana.popov@pmf.unibl.org

Corresponding author: Tatjana Popov, University of Banja Luka, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Mladena Stojanovića 2, 78000 Banja Luka, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina, E-mail: tatjana.popov@pmf.unibl.org

## УВОД

Глобално осматрени тренд загријавања посебно је изражен од 1970-их година (Hartmann et al., 2013; Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2014). Истраживањима на глобалном нивоу утврђени су изражени трендови екстремних температура, који су конзистентни са загријавањем климатског система – у највећем дијелу копнених површина свијета забиљежено је смањење хладних температурних индекса и повећање топлих температурних индекса од средине 20. вијека (Alexander et al., 2006; Donat et al., 2013; Hartmann et al., 2013). Функције густине вјероватноће максималних и минималних температура помјериле су се према топлијим температурама готово у цијелом свијету (Donat & Alexander, 2012). У већини региона свијета утврђене су промјене коефицијента асиметрије расподеле према топлијим дијеловима дистрибуције (Donat & Alexander, 2012). Ови трендови такође су потврђени у Европи на континенталном нивоу (Klein Tank & Können, 2003). Истраживања су утврдила да ће регион Медитерана бити једно од примарних жаришта климатских промјена (тј. регион у којем ће климатски систем посебно реаговати на глобалне промјене) (Giorgi, 2006). Значајно повећање топлих температурних индекса и смањење хладних већ је забиљежено широм региона Медитерана (Burić et al., 2015; Espirito Santo et al., 2014; Fernández-Montes & Rodrigo, 2012; Fioravanti et al., 2016; Fonseca et al., 2016; Kioutsioukis et al., 2010). За разлику од конзистентног тренда загријавања који је глобално установљен за екстремне температуре, већина утврђених трендова индекса екстремних падавина (нпр. RX5day, R10mm, R95p и SDII) није била просторно и временски (сезонски) кохерентна (Donat et al., 2013). Ипак, већина ових индекса показала је значајне промјене према интензивнијим падавинама у многим регионима свијета. Слични обрасци промјене екстремних падавина (тј. појава трендова различитог знака) регистровани су и у Европи, у региону Медитерана (de Lima et al., 2015;

## INTRODUCTION

The globally observed warming trend has been particularly marked since the 1970s (Hartmann et al., 2013; Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2014). Global scale studies found prominent coherent trends in temperature extremes consistent with the warming of the climate system – a large majority of global land areas had experienced decrease in cold temperature indices and increase in warm temperature indices since the middle of the 20th century (Alexander et al., 2006; Donat et al., 2013; Hartmann et al., 2013). The probability density functions of both maximum and minimum temperatures have shifted towards warmer temperatures almost all over the world (Donat & Alexander, 2012). In most regions of the world, changes in skewness towards the hotter part of the distribution were detected (Donat & Alexander, 2012). These trends were also confirmed in Europe at continental scale (Klein Tank & Können, 2003). Research found that it is the region of the Mediterranean that would be one of the primary hot-spots of climate change (i.e. a region whose climate system will be particularly responsive to global change) (Giorgi, 2006). Significant increase in warm temperature indices and decrease in cold ones was already detected all over the Mediterranean region (Burić et al., 2015; Espirito Santo et al., 2014; Fernández-Montes & Rodrigo, 2012; Fioravanti et al., 2016; Fonseca et al., 2016; Kioutsioukis et al., 2010). In contrast to the consistent warming trends globally reported for the extreme temperature indices, most of the extreme precipitation indices (e.g. RX5day, R10mm, R95p and SDII) displayed changes that were not spatially and temporally (seasonally) coherent (Donat et al., 2013). However, majority of these indices showed significant changes towards more intense precipitation over numerous regions in the world (Donat et al., 2013). Similar patterns of change (i.e. occurrence of trends mixed in sign) in extreme precipitation were found in Europe over the Mediterranean region (de Lima et al., 2015;

Gajić-Čapka et al., 2015; Unkašević & Tošić, 2011).

Ова студија представља наставак истраживања климатских промјена у Босни и Херцеговини, а посебно промјена екстремних климатских услова (Popov et al., 2017a; Popov et al., 2017b; Trbić et al., 2017). Простор Мостара одабран је за анализу због свог положаја у субмедитеранском региону за који су пројектоване најизразитије промјене. Годишња средња, максимална и минимална температура ваздуха на овом подручју показују тренд раста од 1960. године за  $0.31^{\circ}\text{C}$ ,  $0.32^{\circ}\text{C}$  и  $0.28^{\circ}\text{C}$  по деценији, респективно (Popov et al., 2017a; Trbić et al., 2017). Тенденција загријавања присутна је у току цијеле године, али најизраженија је током лjeta ( $0.52^{\circ}\text{C}$ ,  $0.59^{\circ}\text{C}$  и  $0.46^{\circ}\text{C}$  по деценији) (Popov et al., 2017a; Trbić et al., 2017). Позитивни трендови топлих температурних индекса били су много израженији од опадајућих трендова хладних индекса. Највише вриједности трендова добијене су за топле температурне индексе:  $\text{TNx}$  ( $0.65^{\circ}\text{C}$  по деценији),  $\text{TXx}$  ( $0.50^{\circ}\text{C}$  по деценији),  $\text{TN90p}$  (9.28 дана по деценији),  $\text{TX90p}$  (8.97 дана по деценији),  $\text{WSDI}$  (6.73 дана по деценији),  $\text{TR20}$  (5.63 дана по деценији) и  $\text{SU30}$  (5.20 дана по деценији) (Popov et al., 2017a). Међутим, оба тренда потврђују да је загријавање климе присутно на овом подручју. Супротно температури, већина трендова екстремних падавина није статистички значајна. Трендови пораста индекса интензивних падавина, као што су  $\text{RX1day}$ ,  $\text{RX5day}$ ,  $\text{SDII}$ ,  $\text{R95p}$  и  $\text{R99p}$ , указују на промјене ка интензивнијим падавинама; с друге стране, смањен је годишњи број дана са падавинама  $\text{R1mm}$ ,  $\text{R10mm}$  и  $\text{R20mm}$  (Popov et al., 2017b).

С обзиром на то да су претходне студије (Popov et al., 2017a; Popov et al., 2017b) утврдиле трендове екстремних климатских индекса на подручју Мостара, главни циљ ове студије је истражити промјене у дистрибуцији индекса екстремних температура и падавина, како би се додатно потврдили уочени обрасци промјена.

Gajić-Čapka et al., 2015; Unkašević & Tošić, 2011).

This study represents a continuation of a research on climate change in Bosnia and Herzegovina, and particularly on changes in climate extremes (Popov et al., 2017a; Popov et al., 2017b; Trbić et al., 2017). Mostar area, due to its location in the submediterranean region, which is projected to exhibit most pronounced changes, was chosen as the case study area for the analysis. The annual mean, maximum and minimum temperatures over this area have displayed upward trends since the 1960 in the range of  $0.31^{\circ}\text{C}$ ,  $0.32^{\circ}\text{C}$  and  $0.28^{\circ}\text{C}$  per decade, respectively (Popov et al., 2017a; Trbić et al., 2017). A warming tendency was present throughout the year, but most prominent was in summer ( $0.52^{\circ}\text{C}$ ,  $0.59^{\circ}\text{C}$  and  $0.46^{\circ}\text{C}$  per decade, respectively) (Popov et al., 2017a; Trbić et al., 2017). The positive trends in warm temperature indices were much stronger than the downward trends in cold ones. The highest trend values were obtained for warm temperature indices:  $\text{TNx}$  ( $0.65^{\circ}\text{C}$  per decade),  $\text{TXx}$  ( $0.50^{\circ}\text{C}$  per decade),  $\text{TN90p}$  (9.28 days per decade),  $\text{TX90p}$  (8.97 days per decade),  $\text{WSDI}$  (6.73 days per decade),  $\text{TR20}$  (5.63 days per decade) and  $\text{SU30}$  (5.20 days per decade) (Popov et al., 2017a). However, both trends confirm that the climate warming is present over this area. In contrast to temperature, most of the trends in extreme precipitation indices were not statistically significant. However, upward trends in heavy precipitation indices such as  $\text{RX1day}$ ,  $\text{RX5day}$ ,  $\text{SDII}$ ,  $\text{R95p}$  and  $\text{R99p}$  indicate changes towards more intense precipitation; on the other hand, annual number of days with precipitation  $\text{R1mm}$ ,  $\text{R10mm}$  and  $\text{R20mm}$  decreased (Popov et al., 2017b).

Given that previous studies (Popov et al., 2017a; Popov et al., 2017b) already determined trends in extreme climate indices over the Mostar area, the main aim of this study is to investigate changes in distributions of extreme temperature and precipitation indices, in order to further confirm the observed patterns of changes.

## ПОДАЦИ И МЕТОДЕ

## DATA AND METHODS

Анализа промјена екстремних климатских индекса у периоду 1961–2015. године извршена је на основу климатолошких података о дневним максималним температурама (Tmax), дневним минималним температурама (Tmin) и дневним падавинама (R) са метеоролошке станице Мостар. Податке је обезбједио Федерални хидрометеоролошки завод Сарајево. Током посматраног периода станица није мијењала локацију и није било прекида у мјерењима. Основни статистички параметри улазних варијабли које су коришћене у истраживању дати су у Таб. 1. Годишња Tmax и Tmin на подручју Мостара износе 20.4°C и 10.5°C, респективно. Средња годишња количина падавина је око 1500 mm. У посматраном периоду, и Tmax и Tmin значајно су порасле за 0.3°C по деценији, док је годишња количина падавина несигнификантно смањена за 22.7 mm по деценији.

The analysis of changes in extreme climate indices during the 1961–2015 periods was carried out using climatological data set of daily maximum (Tmax), daily minimum temperatures (Tmin) and daily precipitation (R) collected at Mostar meteorological station. Data were provided by the Federal Hydrometeorological Institute Sarajevo. During the observed period station did not change location and there were no interruptions in measurements. Basic statistical parameters of the input variables used in the study are given in Tab. 1. The annual Tmax and Tmin in Mostar area are 20.4°C and 10.5°C, respectively. Mean annual precipitation is about 1500 mm. During the observed period, both Tmax and Tmin displayed significant upward trends in the range of 0.3°C per decade, whereas the annual precipitation decreased insignificantly by 22.7 mm per decade.

Таб. 1. Основни статистички параметри временских серија улазних варијабли  
у периоду 1961–2015. године

Tab. 1. Basic statistical parameters of the input variables time series in the 1961–2015 periods

| Индекс / Index | x     | MAX   | MIN   | STDEV | SKEW  | KURT   | TREND                   |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------------------------|
| Tmax           | 20.39 | 21.89 | 18.66 | 0.84  | 0.150 | -0.594 | $y = 0.0327x + 19.473$  |
| Tmin           | 10.46 | 11.77 | 9.35  | 0.61  | 0.442 | -0.542 | $y = 0.0276x + 9.6843$  |
| R              | 1496  | 2491  | 840   | 337   | 0.253 | 0.418  | $y = -2.2702x + 1559.3$ |

Напомена: x – аритметичка средина, MAX – максимум, MIN – минимум, STDEV – стандардна девијација, SKEW – коефицијент асиметрије, KURT – коефицијент заобљености, TREND – Линеарни тренд.

Note: x – mean, MAX – maximum, MIN – minimum, STDEV – standard deviation, SKEW – Skewness, KURT – Kurtosis, TREND – Linear trend.

Наведене улазне варијабле коришћене су за израчунавање 27 екстремних климатских индекса које је препоручио CCI/CLIVAR тим експерата за детекцију савремених климатских промјена и индексе (ETCCDI) за процјену климатских промјена. Дефиниције индекса екстремних температура и падавина коришћених у истраживању доступне су на

The input variables were used for calculation of 27 extreme climate indices recommended by the CCI/CLIVAR Expert Team for Climate Change Detection and Indices (ETCCDI) for climate change assessment. Definitions of the extreme temperature and precipitation indices used in the study are available at <http://etccdi>.

[http://etccdi.pacificclimate.org/list\\_27\\_indices.shtml](http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml) (ETCCDI, 2009). Поред тога, коришћено је још неколико индекса дефинисаних као у Alexander et al. (2006).

Изабрани индекси обухватају:

- апсолутне индексе: максимална дневна минимална температура (TNx), минимална дневна минимална температура (TNn), максимална дневна максимална температура (TXx), минимална дневна максимална температура (TXn), годишња количина падавина на влажне дане (PRCPTOT), највећа 1-дневна количина падавина (RX1day), највећа 5-дневна количина падавина (RX5day) и стандардни дневни интензитет падавина (SDII);
- индексе засноване на перцентилима: хладне ноћи (TN10p), хладни дани (TX10p), топле ноћи (TN90p), топли дани (TX90p), веома влажни дани (R95p) и изузетно влажни дани (R99p);
- индексе засноване на фиксним вриједностима прагова: број ледених дана (ID0), број мразних дана (FD0), број љетних дана (SU25), број тропских дана (SU30), број тропских ноћи (TR20), влажни дани (R1mm), дани са интензивним падавинама (R10mm), дани са веома интензивним падавинама (R20mm) и дани са падавинама вишим од 25 mm (R25mm);
- индексе засноване на дужини трајања: трајање топлих периода (WSDI), трајање хладних периода (CSDI), дужина трајања вегетационог периода (GSL), узастопни суви дани (CDD) и узастопни влажни дани (CWD);
- индексе варијабилности: дневна температурна амплитуда (DTR) и апсолутна интрагодишња температурна амплитуда (ETR).

Индекси су израчунати употребом RClimDex (1.0) софтвера (Zhang & Yang, 2004). Основни статистички параметри временских серија одабраних екстремних климатских индекса дати су у Таб. 2.

[http://etccdi.pacificclimate.org/list\\_27\\_indices.shtml](http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml) (ETCCDI, 2009). In addition, a few more indices defined as in Alexander et al. (2006) were calculated.

The selected indices cover:

- absolute indices: maximum value of daily minimum temperature (TNx), minimum value of daily minimum temperature (TNn), maximum value of daily maximum temperature (TXx), minimum value of daily maximum temperature (TXn), annual total wet-day precipitation (PRCPTOT), highest 1-day precipitation amount (RX1day), highest 5-day precipitation amount (RX5day) and simple precipitation intensity index (SDII);
- percentile-based indices: cold nights (TN10p), cold days (TX10p), warm nights (TN90p), warm days (TX90p), very wet days (R95p) and extremely wet days (R99p);
- fixed threshold-based indices: number of icing days (ID0), number of frost days (FD0), number of summer days (SU25), number of tropical days (SU30), number of tropical nights (TR20), wet days (R1mm), heavy precipitation days (R10mm), very heavy precipitation days (R20mm) and number of days above 25 mm (R25mm);
- duration-based indices: warm spell duration index (WSDI), cold spell duration index (CSDI), growing season length (GSL), consecutive dry days (CDD) and consecutive wet days (CWD);
- variability indices: daily temperature range (DTR) and intra-annual extreme temperature range (ETR).

The indices were calculated using RClimDex (1.0) software package (Zhang & Yang, 2004). Basic statistical characteristics of the selected indices time series are given in Tab. 2.

Таб. 2. Основни статистички параметри временских серија екстремних климатских индекса у периоду 1961–2015. године  
Tab. 2. Basic statistical parameters of the extreme climate indices time series in the 1961–2015 periods

| Индекс / Index | x      | MAX    | MIN    | STDEV  | SKEW   | KURT   | TREND                   |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|
| TXx            | 38.91  | 43.10  | 34.60  | 1.90   | -0.015 | -0.583 | $y = 0.0541x + 37.389$  |
| TXn            | 0.47   | 4.80   | -6.60  | 2.46   | -0.595 | 0.317  | $y = 0.0305x - 0.3879$  |
| TNx            | 24.76  | 28.50  | 21.60  | 1.69   | 0.422  | -0.704 | $y = 0.063x + 22.999$   |
| TNn            | -4.99  | -0.90  | -10.90 | 2.25   | -0.390 | -0.237 | $y = 0.0432x - 6.2004$  |
| TX10p          | 34.12  | 64.82  | 14.02  | 11.25  | 0.486  | 0.088  | $y = -0.3242x + 43.194$ |
| TX90p          | 51.28  | 93.99  | 16.58  | 21.34  | 0.444  | -0.635 | $y = 0.9018x + 26.034$  |
| TN10p          | 32.54  | 56.91  | 9.02   | 11.98  | 0.040  | -0.682 | $y = -0.4242x + 44.42$  |
| TN90p          | 51.28  | 93.99  | 16.58  | 21.34  | 0.444  | -0.635 | $y = 0.9018x + 26.034$  |
| ID0            | 1.15   | 15.00  | 0.00   | 2.64   | 3.877  | 16.792 | $y = -0.0291x + 1.9616$ |
| FD0            | 20.18  | 37.00  | 2.00   | 8.74   | -0.060 | -0.778 | $y = -0.2013x + 25.818$ |
| SU25           | 126.96 | 151.00 | 94.00  | 12.91  | -0.300 | -0.040 | $y = 0.3174x + 118.08$  |
| SU30           | 65.51  | 113.00 | 26.00  | 17.86  | 0.263  | 0.283  | $y = 0.5357x + 50.509$  |
| TR20           | 28.60  | 68.00  | 8.00   | 14.49  | 0.693  | 0.167  | $y = 0.5661x + 12.749$  |
| WSDI           | 14.04  | 72.00  | 0.00   | 17.21  | 1.515  | 1.883  | $y = 0.7084x - 5.8$     |
| CSDI           | 4.73   | 25.00  | 0.00   | 6.99   | 1.348  | 0.669  | $y = -0.0747x + 6.8202$ |
| GSL            | 342.71 | 364.00 | 304.00 | 14.82  | -0.758 | 0.605  | $y = 0.3302x + 333.46$  |
| DTR            | 9.92   | 10.93  | 8.96   | 0.44   | -0.045 | -0.181 | $y = 0.005x + 9.7814$   |
| ETR            | 43.90  | 49.60  | 38.40  | 2.83   | 0.087  | -0.609 | $y = 0.0109x + 43.59$   |
| PRCPTOT        | 1485   | 2484   | 834    | 337    | 0.262  | 0.437  | $y = -2.2469x + 1548.2$ |
| RX1day         | 80.80  | 127.00 | 51.30  | 19.53  | 0.720  | -0.091 | $y = 0.2523x + 73.735$  |
| RX5day         | 153.86 | 269.90 | 90.90  | 35.92  | 0.941  | 1.650  | $y = 0.0983x + 151.1$   |
| SDII           | 14.32  | 19.10  | 9.80   | 1.96   | 0.151  | 0.343  | $y = 0.0099x + 14.044$  |
| R1mm           | 103.05 | 134.00 | 74.00  | 15.20  | 0.031  | -0.794 | $y = -0.2489x + 110.02$ |
| R10mm          | 48.38  | 74.00  | 25.00  | 10.93  | -0.065 | -0.410 | $y = -0.0785x + 50.58$  |
| R20mm          | 24.82  | 51.00  | 10.00  | 7.57   | 0.568  | 1.688  | $y = -0.0587x + 26.461$ |
| R25mm          | 18.44  | 34.00  | 6.00   | 6.08   | 0.063  | -0.145 | $y = -0.043x + 19.64$   |
| R95p           | 331.74 | 766.50 | 54.10  | 147.04 | 0.727  | 0.690  | $y = 0.3743x + 321.26$  |
| R99p           | 109.86 | 374.10 | 0.00   | 101.96 | 1.112  | 0.653  | $y = 1.6201x + 64.499$  |
| CDD            | 29.89  | 67.00  | 17.00  | 11.35  | 1.393  | 1.570  | $y = -0.0235x + 30.549$ |
| CWD            | 8.51   | 18.00  | 5.00   | 2.60   | 1.690  | 4.843  | $y = 0.0072x + 8.3071$  |

Напомена: Као у Таб. 1. / Note: As in Tab. 1.

С обзиром на то да су претходна истраживања (Popov et al., 2017a; Popov et al., 2017b) утврдила трендове екстремних климатских индекса на анализираном подручју, ова студија фокусира се на истраживање промјена њихових дистрибуција. У циљу даљег испитивања промјена екстремних климатских

Given that previous studies (Popov et al., 2017a; Popov et al., 2017b) determined trends in extreme climate indices over the study area, this survey focuses on investigation of changes in their distributions. In order to further examine changes in extreme climate indices (and to confirm observed

индекса (и потврђивања уочених трендова) у периоду 1961–2015. године, за сваки индекс израчунате су функције густине вјероватноће (PDFs) за два потпериода: 1961–1990. и 1991–2015. године. Резултати су приказани на графиконима. Двосмјерни непараметријски Колмогоров-Смирнов тест за два узорка примијењен је у XLSTAT верзији 2014.5.03 како би се тестирао да ли су се дистрибуције индекса значајно промијениле између два наведена периода.

Колмогоров-Смирнов тест (К-С тест) непараметријски је тест који се користи да би се утврдило да ли се расподеле два узорка разликују. Један је од најкоришћенијих непараметријских метода за упоређивање два узорка, пошто је осјетљив на разлике и у локацијском параметру и у параметру облика емпиријских кумулативних функција расподеле два узорка (Dodge, 2010). Тест квантификује растојање између емпиријских функција дистрибуције два узорка – ако претпоставимо да први узорак има утврђену кумулативну расподелу функције  $F(x)$ , а да други узорак  $G(x)$ ,  $D$  се дефинише као највеће вертикално растојање између двије емпиријске функције дистрибуције (Dodge, 2010):

$$D = \max_x |F(x) - G(x)|$$

Испитивана нулта хипотеза  $H_0$  гласи: оба узорка имају исту дистрибуцију:  $F(x) = G(x)$  за свако  $x$ . Нулта хипотеза одбацује се ако је израчуната  $p$ -вриједност нижа од дефинисаног нивоа значајности алфа (у овом случају за ниво алфа одређен је  $\alpha = 0.05$ ).

Такође, анализиране су промјене вриједности параметара дистрибуције Генерализованих екстремних вриједности (ГЕВ дистрибуција) (локацијског параметра, параметра дисперзије и параметра облика) максималних годишњих вриједности  $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$  и  $R$ . С обзиром на то да је теорија екстремне вриједности (ТЕВ) (на којој је заснована ГЕВ) грана статистике која описује понашање највећих вриједности у серији (Coles, 2001; Kioutsioukis et al., 2010), погодна је за анализу промјена климатских екстрема. Све је већи број истраживања

trends) during the 1961–2015 periods, the probability density functions (PDFs) for each index were calculated for two sub-periods: 1961–1990 and 1991–2015. The results were displayed on plots. Two-tailed nonparametric Kolmogorov-Smirnov test for two samples was performed in XLSTAT Version 2014.5.03 to test whether the indices' distributions changed significantly between the two specified periods.

The Kolmogorov-Smirnov test (K-S test) is a nonparametric test used to determine whether two distributions differ. It is one of the most useful nonparametric methods for comparing two samples, as it is sensitive to differences in both location and shape of the empirical cumulative distribution functions of the two samples (Dodge, 2010). It quantifies a distance between the empirical distribution functions of two samples – suppose that the first sample has an observed cumulative distribution function of  $F(x)$  and that the second sample has an observed cumulative distribution function of  $G(x)$ , the  $D$  is defined as the greatest vertical distance between two empirical distribution functions (Dodge, 2010):

$$D = \max_x |F(x) - G(x)|$$

The tested null hypothesis  $H_0$  is: both samples follow the same distribution:  $F(x) = G(x)$  for each  $x$ . The null hypothesis is rejected if the computed  $p$ -value is lower than the significance level alpha (in this case level alpha was set at  $\alpha = 0.05$ ).

Further, changes in Generalized Extreme Value (GEV) distribution parameters (location, shape and scale) of the annual maximum  $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$  and  $R$  were analyzed. Given that the Extreme Value Theory (EVT) is the statistics branch that describes the behavior of the largest observations in a dataset (Coles, 2001; Kioutsioukis et al., 2010), it was suitable for the analysis of changes in climate extremes.

There is a growing number of research using the EVT to examine changes in extreme

која користе ТЕВ за утврђивање промјена екстремних климатских догађаја (Fischer et al., 2012; Furió & Meneu, 2011; Goubanova & Li, 2007; Kharin et al., 2007; Kioutsioukis et al., 2010; Unkašević & Tošić, 2009). Према теорему Fisher-Tippett, која чини суштину ТЕВ, асимптотска расподела максимума припада Fréchet, Weibull или Gumbel дистрибуцији, без обзира на оригиналну дистрибуцију коришћених података – стога се понашање крајева серије података може одредити из ове три дистрибуције (Coles, 2001; Kioutsioukis et al., 2010). Флексибилност ГЕВ-а за описивање сва три типа понашања крајева дистрибуције чини је универзалним алатом за моделовање блокова максимума (нпр. годишњег) (Kioutsioukis et al., 2010). У овом истраживању, оцјена параметара ГЕВ дистрибуције годишњих максимума  $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$  и  $R$  извршена је коришћењем метода максималне вјеродостојности (MLE). Модел ГЕВ дистрибуције има функцију дистрибуције следећег облика:

$$G(z) = \exp \left\{ - \left[ 1 + \xi \left( \frac{z - \mu}{\sigma} \right) \right]^{-1/\xi} \right\}$$

дефинисану за  $\{z: 1 + \xi(z - \mu)/\sigma > 0\}$ , гдје параметри задовољавају  $-\infty < \mu < \infty$ ,  $\sigma > 0$  и  $-\infty < \xi < \infty$ , гдје су  $\mu$ ,  $\sigma$  и  $\xi$  утврђени параметри дистрибуције који одређују локацију, дисперзију и облик дистрибуције, респективно (Coles, 2001). Локацијски параметар  $\mu$  и параметар дисперзије  $\sigma$  одговарају средњој вриједности и варијанси екстрема, респективно. Параметар облика  $\xi$  диктира понашање краја максимума расподеле, тј. описује његов облик – ако је  $\xi$  негативан (Weibull дистрибуција), горњи крај је ограничен; ако је  $\xi$  нула (Gumbel дистрибуција), сви моменти су ограничени; ако је  $\xi$  позитиван (Fréchet дистрибуција), горњи крај је неограничен, али виши моменти евентуално постају бесконачни (Coles, 2001; Kioutsioukis et al., 2010).

Утврђени су повратни периоди максималних  $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$  и  $R$ . Повратни период  $P$ -година дефинисан је као вриједност

climate events (Fischer et al., 2012; Furió & Meneu, 2011; Goubanova & Li, 2007; Kharin et al., 2007; Kioutsioukis et al., 2010; Unkašević & Tošić, 2009). The Fisher-Tippett theorem, which is in the core of the EVT, suggests that the asymptotic distribution of the maxima belongs to a Fréchet, Weibull, or Gumbel distribution, regardless of the original distribution of the observed data – therefore, the tail behavior of the data series can be estimated from one of these three distributions (Coles, 2001; Kioutsioukis et al., 2010). The flexibility of the GEV to describe all three types of tail behavior makes it a universal tool for modeling block maxima (e.g. annual) (Kioutsioukis et al., 2010). In this study, fitting of the GEV distribution to the stated samples of annual maximum  $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$  and  $R$  was performed using the method of maximum likelihood estimation (MLE). The GEV distribution model has distribution functions of the form:

$$G(z) = \exp \left\{ - \left[ 1 + \xi \left( \frac{z - \mu}{\sigma} \right) \right]^{-1/\xi} \right\}$$

defined for  $\{z: 1 + \xi(z - \mu)/\sigma > 0\}$ , where the parameters satisfy  $-\infty < \mu < \infty$ ,  $\sigma > 0$ , and  $-\infty < \xi < \infty$ , where  $\mu$ ,  $\sigma$ , and  $\xi$  are the adjustable parameters of the distribution that determine the location, scale, and shape of the distribution, respectively (Coles, 2001). The location parameter  $\mu$  and the scale parameter  $\sigma$  are respectively, proportional to the mean and the variance of extremes. The shape parameter  $\xi$  dictates the tail behavior of the maximum distribution, i.e. describes the shape of the tail – if  $\xi$  is negative (Weibull distribution), the upper tail is bounded; if  $\xi$  is zero (Gumbel distribution) all moments are finite; if  $\xi$  is positive (Fréchet distribution), the upper tail is still unbounded but higher moments eventually become infinite (Coles, 2001; Kioutsioukis et al., 2010).

Further, return levels of  $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$  and  $R$  maxima were determined. The  $P$ -year return level was defined as the value that is

коју годишња вриједност екстрема у просјеку превазиђе сваких  $P$ -година (тј. вриједност коју годишњи максимум надмаши у некој одређеној години са вјероватноћом  $p$ ) (Coles, 2001). У овој студији израчунате су вриједности  $T_{max}$ ,  $T_{min}$  и  $R$  за повратне периоде од 2 и 20 година.  $R$  пакет *extRemes* (Gilleland & Katz, 2016) коришћен је за описану анализу екстремних вриједности.

exceeded by an annual extreme on average once every  $P$  years (i.e. the value exceeded by the annual maximum in any particular year with probability  $p$ ) (Coles, 2001). In this study, 2- and 10-yr return levels were calculated for  $T_{max}$ ,  $T_{min}$  and  $R$ . *extRemes* package for  $R$  (Gilleland & Katz, 2016) was used for performing this extreme value analysis.

## РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Просјечне годишње вриједности улазних варијабли  $T_{max}$ ,  $T_{min}$  и  $R$  које су коришћене за израчунавање екстремних климатских индекса у цијелом посматраном периоду и у два потпериода: 1961–1990. и 1991–2015. приказане су у Таб. 3. У посматраном периоду, и  $T_{max}$  и  $T_{min}$  забиљежиле су изражену тенденцију пораста, док су просјечне годишње количине падавина ( $R$ ) смањене.

## RESULTS AND DISCUSSION

Average annual values of input variables  $T_{max}$ ,  $T_{min}$  and  $R$ , used for calculation of extreme climate indices, for the full-observed period and the two sub-periods 1961–1990 and 1991–2015 are shown in Tab. 3. During the observed period, both  $T_{max}$  and  $T_{min}$  displayed prominent upward tendency, whereas average annual precipitation ( $R$ ) decreased.

Таб. 3. Просјечне годишње вриједности улазних варијабли у цијелом посматраном периоду и у два потпериода и резултати К-С теста

Tab. 3. Average annual values of input variables for the full-observed period and the two sub-periods and the results of K-S test

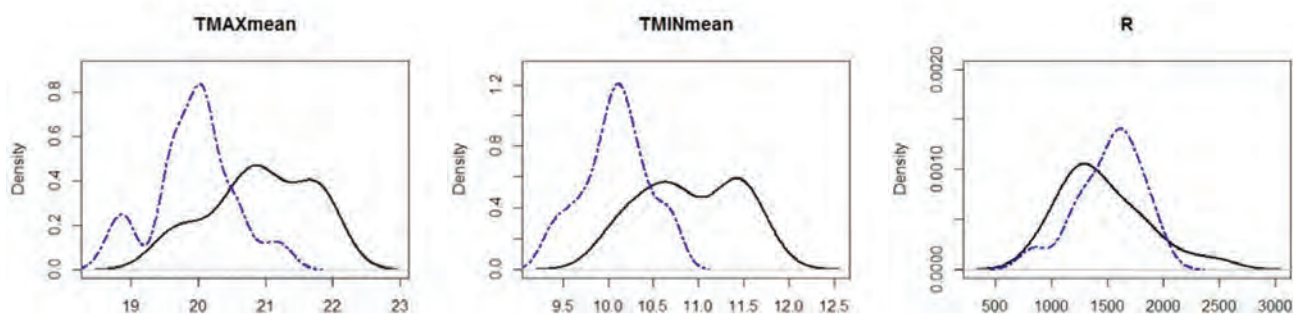
| Варијабла / Variable | Просјек / Average |           |           | К-С тест / K-S test |                        |
|----------------------|-------------------|-----------|-----------|---------------------|------------------------|
|                      | 1961–2015         | 1961–1990 | 1991–2015 | D                   | p-вриједност / p-value |
| $T_{max}$            | 20.39             | 19.94     | 20.93     | 0.66                | < 0.0001               |
| $T_{min}$            | 10.46             | 10.08     | 10.91     | 0.6667              | < 0.0001               |
| $R$                  | 1495.75           | 1522.74   | 1463.36   | 0.3067              | 0.1244                 |

Сл. 1 и резултати К-С теста приказани у Таб. 3 јасно показују да су PDFs и  $T_{max}$  и  $T_{min}$  забиљежиле значајно ( $p < 0.0001$ ) помјерање према вишим вриједностима температуре (тј. топлијим условима). Посебно изражене промјене забиљежене

Fig. 1 and the K-S test results given in Tab. 3 clearly show that PDFs of both  $T_{max}$  and  $T_{min}$  displayed a significant ( $p < 0.0001$ ) shift towards higher temperature values (i.e. warmer conditions). Particularly pronounced changes were recorded in the upper tail of

су у горњем крају дистрибуције. PDFs падавина нису показале значајне промјене између периода 1961–1990. и 1991–2015. године. Међутим, примијећено је повећање горњег краја дистрибуције.

distribution. Precipitation PDFs did not exhibit significant changes between the 1961–1990 and 1991–2015 periods. However, increase in upper tail of distribution is noticed.



Сл. 1. Функције густине вјероватноће годишњих улазних варијабли у периоду 1961–1990. (испрекидана линија) и 1991–2015. (пуна линија)

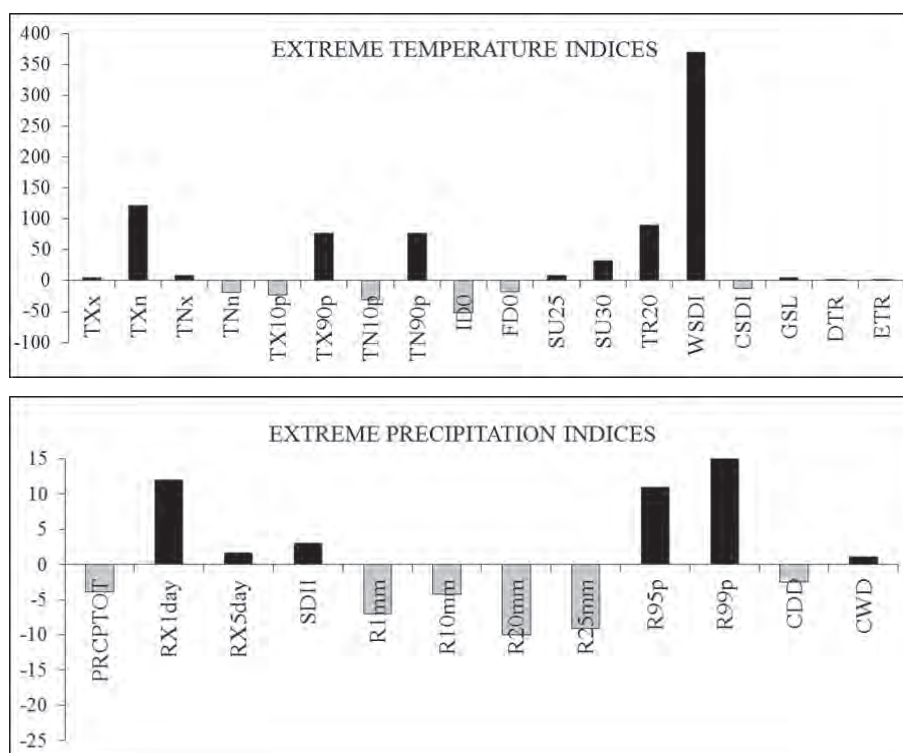
Fig. 1. Probability density functions of annual input variables for the 1961–1990 (dashed line) and 1991–2015 (solid line) periods

Просјечне годишње вриједности екстремних климатских индекса у цијелом посматраном периоду (1961–2015) и у два потпериода: 1961–1990. и 1991–2015. године дате су у Таб. 4. Сл. 2 показује да су између два наведена периода порасле просјечне вриједности топлих температурних индекса (нпр. TXn, TX90p, TN90p, SU25, SU30, TR20 и WSDI), док су просјечне вриједности хладних индекса смањене (нпр. TNn, TX10p, TN10p, ID0 и FD0). Нарочито висока стопа пораста забиљежена је за индекс трајање топлих таласа – између два периода просјечна вриједност WSDI повећана је готово 5 пута. У наведеном периоду, број дана са падавинама R1mm, R10mm, R20mm и R25mm благо је смањен. С друге стране, сви индекси интензивних падавина, као што су RX1day, RX5day, SDII, R95p и R99p, показали су тенденцију пораста.

Average annual values of extreme climate indices for the full-observed 1961–2015 periods and the two sub-periods: 1961–1990 and 1991–2015 are given in Tab. 4. Fig. 2 shows that between the two specified periods average values of warm temperature indices increased (e.g. TXn, TX90p, TN90p, SU25, SU30, TR20 and WSDI), whereas average values of cold ones decreased (e.g. TNn, TX10p, TN10p, ID0 and FD0). Particularly high growth rate was recorded in the duration of warm spells – between two periods WSDI increased almost 5-fold. During that period, number of days with precipitation R1mm, R10mm, R20mm and R25mm slightly decreased. On the other hand, all intensity indices such as RX1day, RX5day, SDII, R95p and R99p displayed an upward tendency.

Таб. 4. Просјечне годишње вриједности екстремних климатских индекса у цијелом посматраном периоду и у два потпериода  
 Tab. 4. Average annual values of extreme climate indices for the full-observed period and the two sub-periods

| Индекс / Index | 1961–2015 | 1961–1990 | 1991–2015 | Индекс / Index | 1961–2015 | 1961–1990 | 1991–2015 |
|----------------|-----------|-----------|-----------|----------------|-----------|-----------|-----------|
| TXx            | 38.91     | 38.14     | 39.83     | GSL            | 342.71    | 336.73    | 349.88    |
| TXn            | 0.47      | 0.30      | 0.66      | DTR            | 9.92      | 9.84      | 10.01     |
| TNx            | 24.76     | 23.91     | 25.79     | ETR            | 43.90     | 43.61     | 44.24     |
| TNn            | -4.99     | -5.48     | -4.41     | PRCPTOT        | 1485.29   | 1511.93   | 1453.33   |
| TX10p          | 34.12     | 37.99     | 29.47     | RX1day         | 80.80     | 76.61     | 85.82     |
| TX90p          | 51.28     | 37.97     | 67.26     | RX5day         | 153.86    | 152.74    | 155.20    |
| TN10p          | 32.54     | 37.90     | 26.11     | SDII           | 14.32     | 14.13     | 14.55     |
| TN90p          | 51.28     | 37.97     | 67.26     | R1mm           | 103.05    | 106.43    | 99.00     |
| ID0            | 1.15      | 1.50      | 0.72      | R10mm          | 48.38     | 49.33     | 47.24     |
| FD0            | 20.18     | 21.97     | 18.04     | R20mm          | 24.82     | 26.00     | 23.40     |
| SU25           | 126.96    | 122.00    | 132.92    | R25mm          | 18.44     | 19.23     | 17.48     |
| SU30           | 65.51     | 57.27     | 75.40     | R95p           | 331.74    | 315.97    | 350.67    |
| TR20           | 28.60     | 20.27     | 38.60     | R99p           | 109.86    | 84.24     | 140.61    |
| WSDI           | 14.04     | 5.23      | 24.60     | CDD            | 29.89     | 30.23     | 29.48     |
| CSDI           | 4.73      | 5.00      | 4.40      | CWD            | 8.51      | 8.47      | 8.56      |



Сл. 2. Промјене просјечних годишњих вриједности екстремних климатских индекса у периоду 1991–2015. у односу на период 1961–1990. (у %)

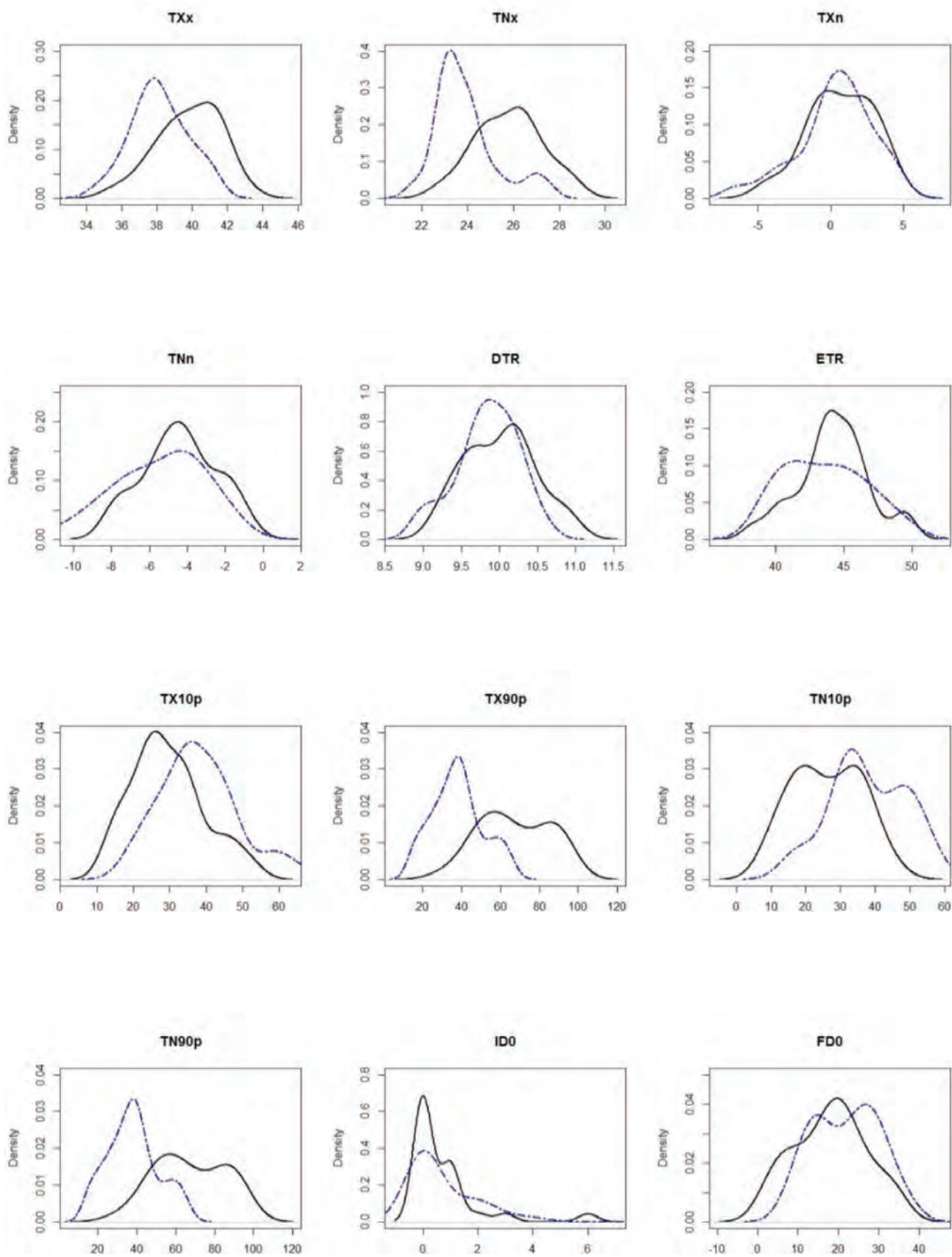
Fig. 2. Changes in annual extreme climate indices average values in the 1991–2015 periods compared to the 1961–1990 periods (in %)

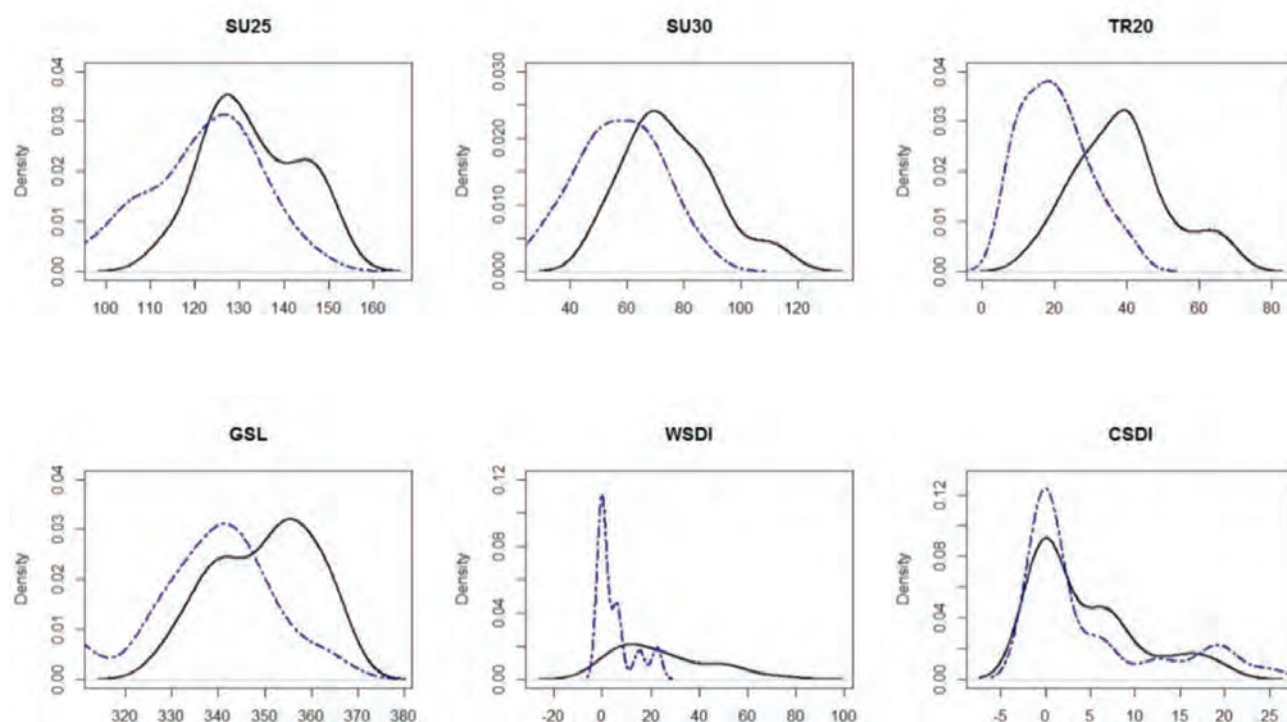
Промјене PDFs годишњих индекса екстремних температура и падавина у периоду 1991–2015. године у односу на период 1961–1990. године приказане су на Сл. 3 и Сл. 4. Резултати двосмјерног К-С теста за све индексе температура и падавина приказани су у Таб. 5.

Анализа графика PDFs показује да су, како се и очекивало, топли температурни индекси помјерили своје дистрибуције према вишим вриједностима индекса, док је одговарајуће помјерање ка нижим вриједностима индекса утврђено код хладних индекса. Резултати К-С теста потврдили су да већина температурних индекса показује значајне промјене у дистрибуцији између два периода. Незнатне промјене утврђене су само за минималне вриједности  $T_{max}$  и  $T_{min}$  ( $TX_n$  и  $TN_n$ ), за индексе варијабилности температуре DTR и ETR и за хладне температурне индексе FD0, ID0 и CSDI због њихове врло ријетке појаве на подручју Мостара. Сл. 3 показује да је дошло до помјерања ка већој учесталости топлих дана и топлих ноћи ( $TX_{90p}$  и  $TN_{90p}$ ) крајем 20. вијека и на почетку 21. вијека, што је повезано са помјерањем ка мањој учесталости појаве хладних дана и хладних ноћи ( $TX_{10p}$  и  $TN_{10p}$ ). Резултати К-С теста потврђују да су PDFs ова четири температурна индекса показале статистички значајне промјене. Најзначајније промјене утврђене су за горњи крај дистрибуције топлих дана и топлих ноћи. Осим тога, чини се да се и облик дистрибуције промијенио. Слични обрасци промјена утврђени за топле дане и топле ноћи установљени су и за дистрибуције максималних годишњих вриједности  $T_{max}$  и  $T_{min}$  ( $TX_x$  и  $TN_x$ ). Насупрот томе, расподјела минималних годишњих вриједности  $T_{max}$  и  $T_{min}$  ( $TX_n$  и  $TN_n$ ) није значајно промијењена између два анализирана периода. Значајно повећање горњег краја дистрибуције утврђено је за топле температурне индексе SU30, TR20 и нарочито WSDI.

Changes in PDFs for each annual extreme temperature and precipitation indices in the 1991–2015 periods compared to the 1961–1990 periods are displayed in Fig. 3 and Fig. 4. The results of a two-tailed K-S test for all temperature and precipitation indices are summarized in Tab. 5.

The analysis of PDFs plots showed that, as expected, warm temperature indices shifted their distributions towards higher values, whereas the corresponding shift to lower index values was determined for cold ones. The K-S test results confirm that majority of temperature indices displayed significant distributional changes between the two periods. The insignificant changes were determined only for the minimum values of  $T_{max}$  and  $T_{min}$  ( $TX_n$  and  $TN_n$ ), for temperature variability indices DTR and ETR and for cold temperature indices FD0, ID0 and CSDI due its very rare occurrence over the Mostar area. Fig. 3 shows that there was a shift towards higher frequency of warm days and warm nights ( $TX_{90p}$  and  $TN_{90p}$ ) occurrence at the end of the 20 century and the beginning of the 21st century, associated with a shift towards the occurrence of fewer cold days and cold nights ( $TX_{10p}$  and  $TN_{10p}$ ). The K-S test results show that PDFs of these four temperature indices exhibited statistically significant changes. The most notable changes were found for the upper tail of the warm days and warm nights distributions. In addition, it seems that shape of distribution also changed. Similar patterns of change as for the warm days and warm nights were detected for maximum annual values of  $T_{max}$  and  $T_{min}$  ( $TX_x$  and  $TN_x$ ). In contrast, distribution of minimum annual values of  $T_{max}$  and  $T_{min}$  ( $TX_n$  and  $TN_n$ ) did not changed significantly between the two observed periods. A marked increase in the upper tail of the distribution was determined for warm temperature indices SU30, TR20 and particularly WSDI.





Сл. 3. Функције густине вјероватноће годишњих индекса екстремних температура у периоду 1961–1990. (испрекидана линија) и 1991–2015. (пуна линија)

Fig. 3. Probability density functions of annual extreme temperature indices for the 1961–1990 (dashed line) and 1991–2015 (solid line) periods

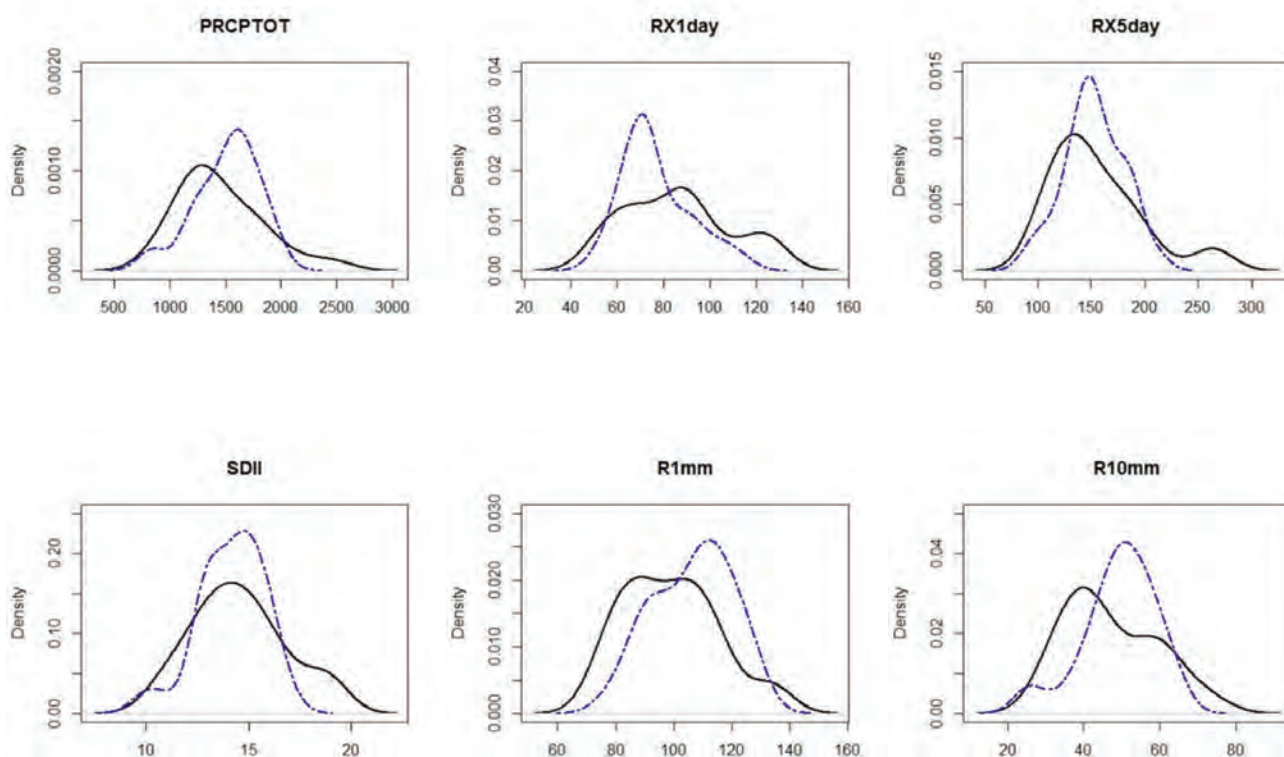
Таб. 5. Промјене дистрибуција годишњих екстремних климатских индекса између периода 1961–1990. и 1991–2015.

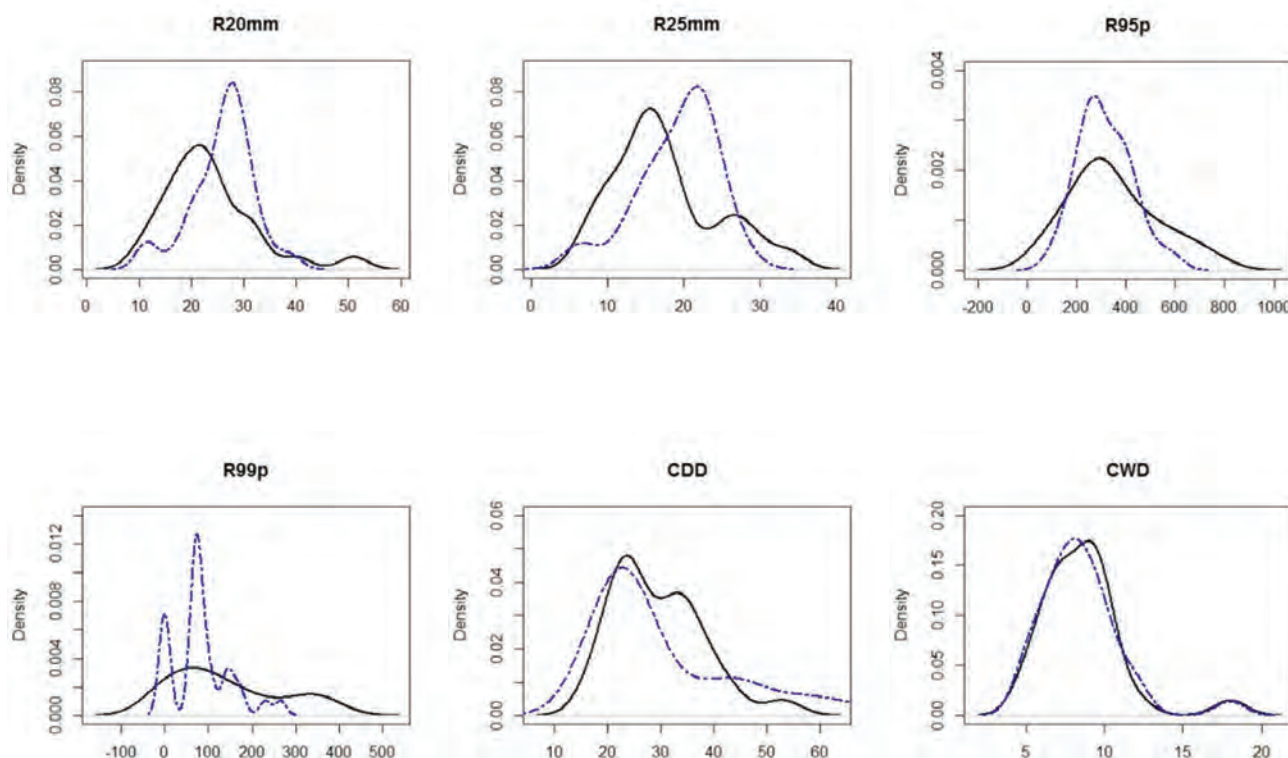
Tab. 5. Changes in distribution of annual extreme climate indices between the 1961–1990 and 1991–2015 periods

| Индекс /<br>Index | D      | р-вриједност /<br>p-value | Индекс /<br>Index | D      | р-вриједност<br>/ p-value | Индекс /<br>Index | D      | р-вриједност<br>/ p-value |
|-------------------|--------|---------------------------|-------------------|--------|---------------------------|-------------------|--------|---------------------------|
| TXx               | 0.4667 | 0.0032                    | SU25              | 0.4200 | 0.0109                    | RX5day            | 0.1867 | 0.6823                    |
| TXn               | 0.1200 | 0.9836                    | SU30              | 0.4667 | 0.0032                    | SDII              | 0.1667 | 0.8067                    |
| TNx               | 0.6400 | < 0.0001                  | TR20              | 0.6133 | < 0.0001                  | R1mm              | 0.2933 | 0.1575                    |
| TNn               | 0.2400 | 0.3628                    | WSDI              | 0.6067 | < 0.0001                  | R10mm             | 0.3200 | 0.0972                    |
| TX10p             | 0.4400 | 0.0066                    | CSDI              | 0.1000 | 0.9985                    | R20mm             | 0.4133 | 0.0129                    |
| TX90p             | 0.7267 | < 0.0001                  | GSL               | 0.4333 | 0.0078                    | R25mm             | 0.3600 | 0.0435                    |
| TN10p             | 0.4667 | 0.0032                    | DTR               | 0.2400 | 0.3628                    | R95p              | 0.2200 | 0.4724                    |
| TN90p             | 0.7267 | < 0.0001                  | ETR               | 0.2333 | 0.3975                    | R99p              | 0.3067 | 0.1244                    |
| ID0               | 0.1800 | 0.7251                    | PRCPTOT           | 0.3067 | 0.1244                    | CDD               | 0.1933 | 0.6391                    |
| FD0               | 0.2600 | 0.2710                    | RX1day            | 0.3000 | 0.1402                    | CWD               | 0.0867 | 0.9999                    |

Дистрибуције индекса екстремних падавина не показују једноставне обрасце помјерања у расподјели између два наведена периода (Сл. 4). Резултати К-С теста показују да су се само PDFs индекса R10mm, R20mm и R25mm статистички значајно помјериле према нижим вриједностима индекса, тј. ка мањем појављивању дана са наведеним количинама падавина у другом периоду. Промјене свих осталих индекса падавина нису биле значајне. Индекси интензивних падавина показују повећање варијансе дистрибуције и промјене облика дистрибуције. Резултати указују на повећање горњег краја дистрибуције индекса интензивних падавина као што су SDII, RX1day, RX5day, R95p и R99p (асиметрија у промјенама крајева дистрибуције). PDFs индекса CDD и CWD показују да су се њихове дистрибуције веома мало промијениле.

The extreme precipitation indices did not show a simple shift in the distribution between the two specified periods (Fig. 4). The K-S test results showed that only the PDFs of R10mm, R20mm and R25mm exhibited statistically significant shifts towards fewer days with these precipitation amounts in the latter period. Changes in all other precipitation indices were insignificant. Heavy precipitation indices displayed increase in distribution variance and changes in shape of the distribution. The results showed particularly pronounced increase in the upper tail of heavy precipitation indices such as SDII, RX1day, RX5day, R95p and R99p (an asymmetry in the changes of the distribution tails). PDFs of CDD and CWD showed that little changes in the distribution occurred.





Сл. 4. Функције густине вјероватноће годишњих индекса екстремних падавина у периоду 1961–1990. (испрекидана линија) и 1991–2015. (пуна линија)

Fig. 4. Probability density functions of annual extreme precipitation indices for the 1961–1990 (dashed line) and 1991–2015 (solid line) periods

Поред утврђених промјена у расподјелама годишњих временских серија, додатно су истраживане промјене PDFs сезонских улазних варијабли Tmax, Tmin и R, као и одабраних екстремних климатских индекса (TX10p, TX90p и RX1day). Просјечне сезонске вриједности улазних варијабли и одабраних екстремних климатских индекса за цијели посматрани период и за два потпериода дате су у Таб. 6.

In addition to determined shifts in distribution of annual time series, changes in PDFs of seasonal input variables Tmax, Tmin and R as well as selected extreme climate indices (TX10p, TX90p and RX1day) were further investigated. Average seasonal values of input variables and selected extreme climate indices for the full-observed period and the two sub-periods are given in Tab. 6.

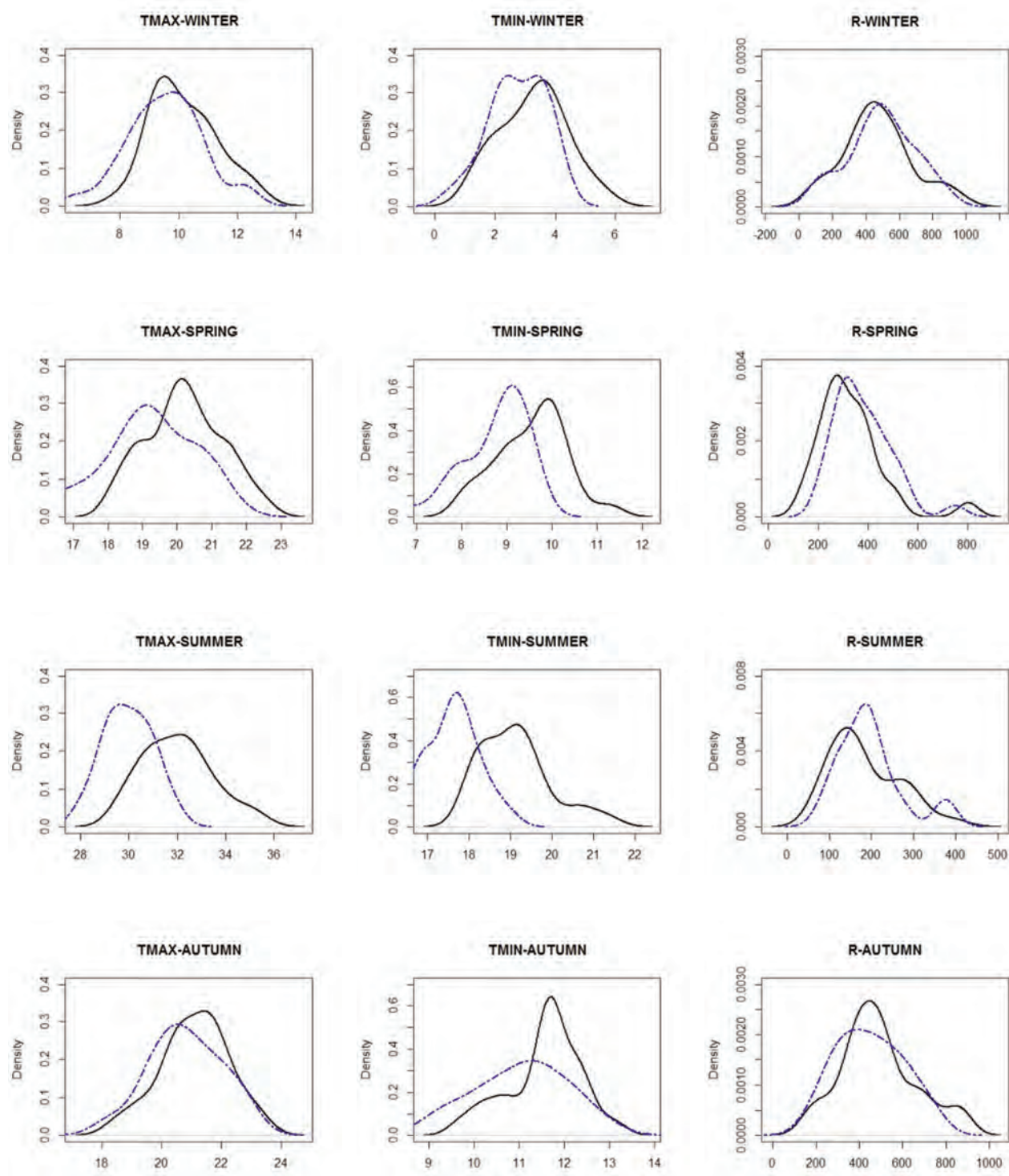
Таб. 6. Просјечне сезонске вриједности улазних варијабли и одабраних екстремних климатских индекса у цијелом посматраном периоду и у два потпериода

Tab. 6. Average seasonal values of input variables and selected extreme climate indices for the full-observed period and the two sub-periods

| Индекс / Index | 1961–2015 | 1961–1990 | 1991–2015 | Индекс / Index | 1961–2015 | 1961–1990 | 1991–2015 |
|----------------|-----------|-----------|-----------|----------------|-----------|-----------|-----------|
| Tmax – з/w     | 9.82      | 9.54      | 10.18     | TX10p – з/w    | 8.68      | 9.82      | 7.25      |
| Tmax – п/sp    | 19.66     | 19.21     | 20.21     | TX10p – п/sp   | 8.52      | 9.19      | 7.72      |
| Tmax – љ/su    | 30.90     | 29.96     | 32.02     | TX10p – љ/su   | 7.68      | 9.57      | 5.40      |
| Tmax – ј/a     | 20.94     | 20.81     | 21.11     | TX10p – ј/a    | 9.36      | 9.59      | 9.08      |
| Tmin – з/w     | 2.98      | 2.75      | 3.27      | TX90p – з/w    | 11.24     | 9.63      | 13.25     |
| Tmin – п/sp    | 9.11      | 8.75      | 9.55      | TX90p – п/sp   | 12.29     | 9.62      | 15.48     |
| Tmin – љ/su    | 18.30     | 17.61     | 19.12     | TX90p – љ/su   | 16.43     | 9.48      | 24.76     |
| Tmin – ј/a     | 11.28     | 11.04     | 11.56     | TX90p – ј/a    | 11.43     | 9.33      | 13.96     |
| R – з/w        | 482.84    | 495.25    | 467.95    | RX1day – з/w   | 59.24     | 60.65     | 57.47     |
| R – п/sp       | 356.08    | 379.37    | 328.14    | RX1day – п/sp  | 51.16     | 49.94     | 52.62     |
| R – љ/su       | 190.93    | 196.32    | 184.45    | RX1day – љ/su  | 41.75     | 42.53     | 40.82     |
| R – ј/a        | 467.85    | 450.03    | 489.23    | RX1day – ј/a   | 71.35     | 67.64     | 75.80     |

Анализа просјечних вриједности (Таб. 6) и PDFs (Сл. 5) сезонских Tmax и Tmin показује значајна помјерања према вишим вриједностима температура у другом периоду (промјене које нису значајне утврђене су само за Tmax у јесен и Tmin у зиму) (Таб. 7). Промјене су посебно биле изражене у сезони љето (потребно је напоменути да су у овом периоду године утврђене изражене промјене у горњем крају расподеле). PDFs топлог температурног индекса TX90p помјерене су према вишим вриједностима, док су PDFs хладног температурног индекса TX10p помјерене ка нижим вриједностима индекса (Сл. 6). Резултати К-С теста (Таб. 7) показују да су промјене хладног температурног индекса значајне само у сезони љето. Насупрот томе, значајне промјене топлог индекса установљене су током цијеле године, осим у сезони зима. Сезонске падавине показују мање изражене промјене. Значајна помјерања према нижим вриједностима (тј. ка сувљим условима) утврђене су само у сезони прољеће. Забиљежене промјене максималних годишњих падавина (RX1day) нису значајне ни у једној сезони.

The analysis of averaged values (Tab. 6) and PDFs (Fig. 5) of both seasonal Tmax and Tmin showed a significant shift towards higher temperature values in latter period (insignificant changes were detected only for Tmax in autumn and Tmin in winter) (Tab. 7). Changes were particularly pronounced in summer season (it should be noted that in this time of the year prominent changes were detected in upper tail of distribution). The PDFs of warm temperature index TX90p shifted towards higher values, whereas the PDFs of cold temperature index TX10p shifted to lower values (Fig. 6). The K-S test results (Tab. 7) showed that changes in cold index were significant only in summer season. In contrast, warm index displayed significant shifts throughout the year, except in winter. Seasonal precipitation exhibited fewer changes. Significant shift towards lower values (i.e. drier conditions) was detected only in spring season. Changes observed for maximum annual precipitation (RX1day) were insignificant in all seasons.



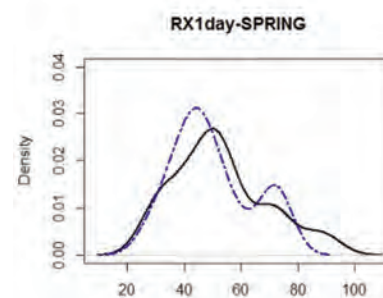
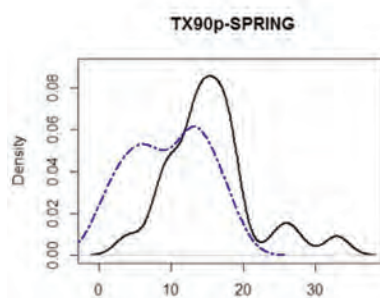
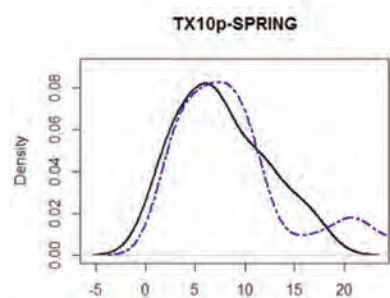
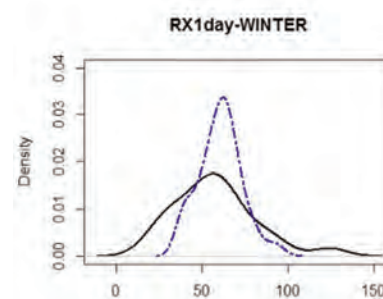
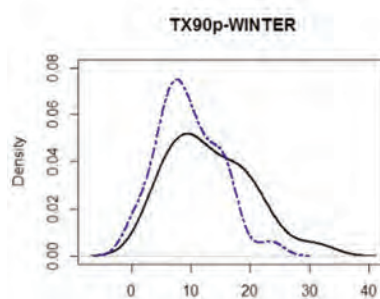
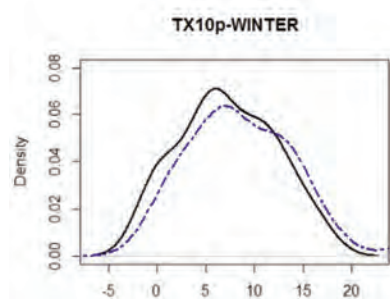
Сл. 5. Функције густине вјероватноће сезонских вриједности улазних варијабли у периоду 1961–1990. (испрекидана линија) и 1991–2015. (пуна линија)

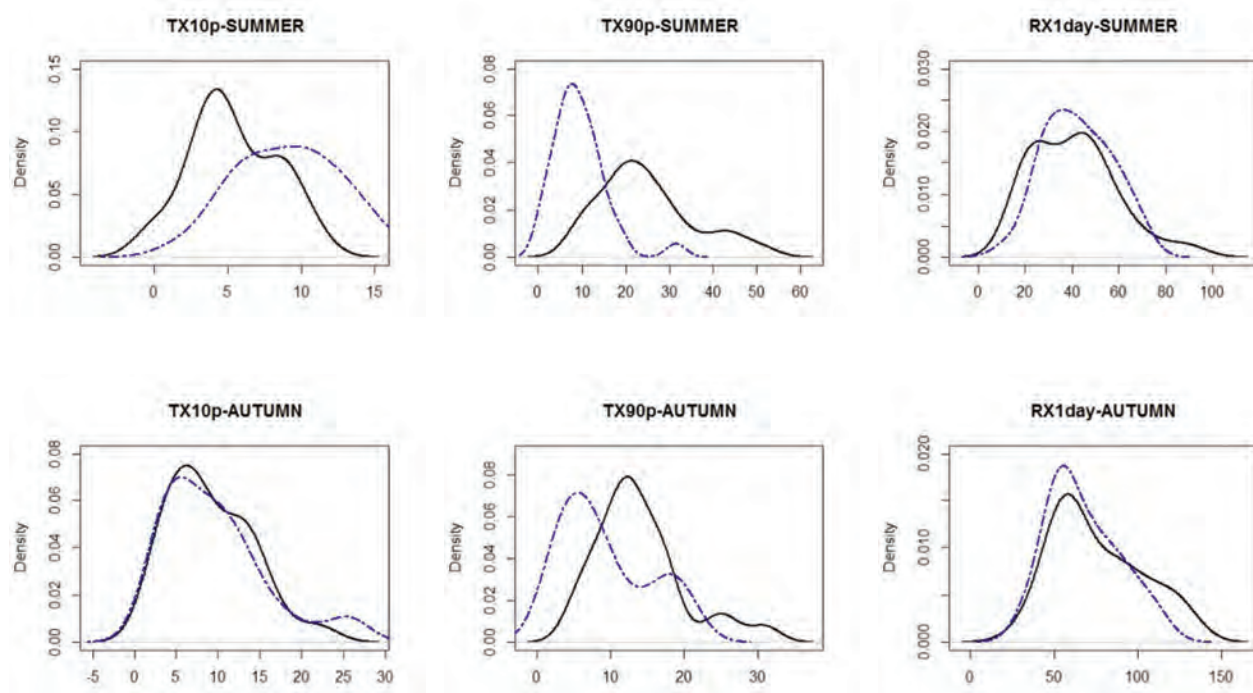
Fig. 5. Probability density functions of input variables seasonal values for the 1961–1990 (dashed line) and 1991–2015 (solid line) periods

Таб. 7. Промјене дистрибуција сезонских вриједности улазних варијабли и одабраних екстремних климатских индекса између периода 1961–1990. и 1991–2015.

Tab. 7. Changes in seasonal values of input variables and selected extreme climate indices distributions between the 1961–1990 and 1991–2015 periods

| Индекс / Index   | Tmax   |                        | Tmin   |                        | R      |                        |
|------------------|--------|------------------------|--------|------------------------|--------|------------------------|
|                  | D      | р-вриједност / p-value | D      | р-вриједност / p-value | D      | р-вриједност / p-value |
| Зима / Winter    | 0.3250 | 0.0944                 | 0.2500 | 0.3270                 | 0.1600 | 0.8441                 |
| Прољеће / Spring | 0.4267 | 0.0093                 | 0.5200 | 0.0007                 | 0.3600 | 0.0435                 |
| Лјето / Summer   | 0.6200 | 0.0000                 | 0.7933 | 0.0000                 | 0.2600 | 0.2710                 |
| Јесен / Autumn   | 0.1867 | 0.6823                 | 0.4200 | 0.0109                 | 0.1667 | 0.8067                 |
| Индекс / Index   | TX10p  |                        | TX90p  |                        | RX1day |                        |
|                  | D      | р-вриједност / p-value | D      | р-вриједност / p-value | D      | р-вриједност / p-value |
| Зима / Winter    | 0.2167 | 0.5061                 | 0.3000 | 0.1483                 | 0.2333 | 0.4109                 |
| Прољеће / Spring | 0.1467 | 0.9085                 | 0.4600 | 0.0039                 | 0.2400 | 0.3628                 |
| Лјето / Summer   | 0.4467 | 0.0055                 | 0.7400 | 0.0000                 | 0.2200 | 0.4724                 |
| Јесен / Autumn   | 0.1333 | 0.9555                 | 0.4467 | 0.0055                 | 0.1800 | 0.7251                 |





Сл. 6. Функције густине вјероватноће сезонских вриједности одабраних екстремних климатских индекса у периоду 1961–1990. (испрекидана линија) и 1991–2015. (пуна линија)  
Fig. 6. Probability density functions of selected extreme climate indices seasonal values for the 1961–1990 (dashed line) and 1991–2015 (solid line) periods

Утврђене вриједности параметара ГЕВ дистрибуције за цијели посматрани период и за два потпериода приказане су у Таб. 8. За цијели анализирани период 1961–2015. године, утврђени параметри за  $T_{max}$  ( $\mu$ ,  $\sigma$ ,  $\xi$ ) = (38.27, 1.89, -0.313), са стандардним грешкама 0.28, 0.20 и 0.09, респективно, а за  $T_{min}$  ( $\mu$ ,  $\sigma$ ,  $\xi$ ) = (24.05, 1.46, -0.112), са стандардним грешкама од 0.23, 0.17 и 0.13, респективно. Параметар облика ( $\xi$ ) негативан је и за  $T_{max}$  и за  $T_{min}$ ; стога, Weibull дистрибуција добро одговара овим серијама података. И  $T_{max}$  и  $T_{min}$  имају горњу границу, тј. постоје коначне вриједности које се не могу прекорачити. Параметри одређени за  $R$  ( $\mu$ ,  $\sigma$ ,  $\xi$ ) = (71.83, 15.36, -0.0004), са стандардним грешкама 2.41, 1.79 и 0.12, респективно. Више вриједности локацијског параметра  $T_{max}$  и  $T_{min}$  (за око 2°C) у периоду 1991–2015. године у односу на период 1961–1990. године сугеришу тенденцију пораста загријавања од 1990-их. Више вриједности параметара дисперзије показују да

The estimated GEV distribution parameters for the full-observed period and for the two sub-periods are shown in Tab. 8. For the full-observed 1961–2015 periods, the  $T_{max}$  parameter estimators ( $\mu$ ,  $\sigma$ ,  $\xi$ ) = (38.27, 1.89, -0.313), with standard errors of 0.28, 0.20 and 0.09, respectively; whereas for the  $T_{min}$  parameter estimators ( $\mu$ ,  $\sigma$ ,  $\xi$ ) = (24.05, 1.46, -0.112), with standard errors of 0.23, 0.17 and 0.13, respectively. The shape parameter ( $\xi$ ) is negative for both  $T_{max}$  and  $T_{min}$ ; therefore, the Weibull distribution fits these data sets well. Both  $T_{max}$  and  $T_{min}$  have an upper limit, so there are finite values that cannot be exceeded. For the  $R$  parameter estimators ( $\mu$ ,  $\sigma$ ,  $\xi$ ) = (71.83, 15.36, -0.0004), with standard errors of 2.41, 1.79 and 0.12, respectively. Higher values of location parameter for both  $T_{max}$  and  $T_{min}$  (for about 2°C) in the 1991–2015 periods compared to the 1961–1990 periods suggest increasing warming tendency since 1990s.

се варијабилност дистрибуције такође повећала у другом периоду. Анализа повратних периода показала је да су 2-годишњи и 20-годишњи догађаји и  $T_{max}$  и  $T_{min}$  постали уобичајенији од 1990-их. Наведено повећање вриједности повратних периода било је нешто израженије за  $T_{max}$ . Анализа параметара ГЕВ дистрибуције годишњих максималних падавина показала је да се вриједност локацијског параметра повећала у периоду 1991–2015. године у односу на референтни период, што указује на повећање интензитета падавина. Израчунате вриједности 2-годишњег и 20-годишњег повратног периода такође су повећане у односу на референтни период. Наведено је у сагласности са резултатима добијеним за Европу. Анализа извршена за период 1951–2010. године показала је да су, упркос значајној декадној варијабилности, 5-, 10- и 20-годишњи догађаји  $RX1day$  (али и  $RX5day$ ) у првом 20-годишњем периоду генерално постали чешћи током периода од 60 година (Van den Besselaar et al., 2013). Знатно већа вриједност параметра дисперзије указује на то да се и варијабилност падавина такође веома промијенила. Повећана вриједност параметра дисперзије у другом периоду у складу је са промјенама PDFs годишњих  $PRCTOT$ ,  $RX1day$ ,  $RX5day$ ,  $R95p$  и  $R99p$ . На примјер, доњи крај дистрибуције  $PRCTOT$  помјерио се ка сувљим условима, док се горњи крај дистрибуције помјерио према влажнијим условима.

Higher scale parameter values indicate that distribution variability also increased in latter period. The analysis of estimated return levels showed that the 2-year and 20-year events of both maximum  $T_{max}$  and  $T_{min}$  have become more common since the 1990s. This increase in return levels values was somewhat stronger for  $T_{max}$ . Analysis of annual maximum precipitations GEV distribution parameters showed that location parameter value increased in the 1991–2015 periods compared to the reference period, which indicates an increase in precipitation intensity. Estimated 2-year and 20-year return levels values also increased compared to the reference period. This follows the results obtained for Europe. Study carried out for the 1951–2010 periods found that, despite considerable decadal variability, 5-, 10- and 20-year events of 1-day (but also 5-day) precipitation for the first 20-year period generally became more common during the analyzed 60-year period (Van den Besselaar et al., 2013). Much higher value of scale parameter suggests that precipitation variability was also very affected. Increased scale parameter in latter period is consistent with changes observed for the PDFs of annual  $PRCTOT$ ,  $RX1day$ ,  $RX5day$ ,  $R95p$  and  $R99p$ . For instance, the lower tail of  $PRCTOT$  distribution shifted towards drier conditions, whereas the upper tail of distribution shifted towards wetter conditions.

Таб. 8. Параметри ГЕВ дистрибуције и повратни периоди израчунати за годишње максималне  $T_{max}$ ,  $T_{min}$  и  $R$

Tab. 8. Estimated GEV distribution parameters and return levels fitted to annual maximum  $T_{max}$ ,  $T_{min}$  and  $R$

| Параметар / Parameter                       | $T_{max}$ |           |           | $T_{min}$ |           |           | $R$       |           |           |
|---------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                                             | 1961–2015 | 1961–1990 | 1991–2015 | 1961–2015 | 1961–1990 | 1991–2015 | 1961–2015 | 1961–1990 | 1991–2015 |
| Локација / Location                         | 38.269    | 37.597    | 39.341    | 24.051    | 23.308    | 25.318    | 71.836    | 69.895    | 76.645    |
| Дисперзија / Scale                          | 1.889     | 1.595     | 1.899     | 1.459     | 1.020     | 1.451     | 15.363    | 11.984    | 20.408    |
| Облик / Shape                               | -0.313    | -0.309    | -0.445    | -0.112    | 0.008     | -0.327    | 0.000     | -0.023    | -0.162    |
| Повратни периоди / Estimated return levels: |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 2-г. / 2-year                               | 38.923    | 38.150    | 39.983    | 24.575    | 23.682    | 25.819    | 77.466    | 74.269    | 83.908    |
| 20-г. / 20-year                             | 41.922    | 40.697    | 42.470    | 27.736    | 26.376    | 28.074    | 117.443   | 104.315   | 124.778   |

## ЗАКЉУЧАК

У раду су анализиране промјене екстремних температура и падавина на подручју Мостара (Босна и Херцеговина) током периода 1961–2015. године. Студија се фокусира на истраживање промјена у дистрибуцији индекса екстремних температура и падавина између периода 1961–1990. и 1991–2015. године. Функције густине вјероватноће за сваки индекс израчунате су за два наведена потпериода, а двосмјерни непараметарски Колмогоров-Смирнов тест примијењен је да би се утврдио статистички значај уочених промјена. Добијени резултати показују да су топли температурни индекси показали значајно помјерање ка већим вриједностима индекса, које је било много израженије од помјерања према нижим вриједностима индекса утврђеним за хладне индексе. Међутим, оба обрасца промјена дистрибуција индекса указују да је на подручју Мостара присутна тенденција загријавања. Најизраженије промјене примијећене су у сезони лјето. Индекси екстремних падавина нису показали једноставне обрасце помјерања дистрибуције између два наведена периода. Промјене параметара дистрибуције Генерализованих екстремних вриједности (локација, дисперзија и облик) указују на повећање интензитета и варијабилности екстремних температура и падавина.

Резултати добијени у овом истраживању сагласни су са резултатима других студија екстремних климатских услова у овом дијелу Европе. Даља истраживања свакако су неопходна, јер ће уочене промјене климатских екстрема имати велике социоекономске и природне посљедице. Промјене климатских екстрема знатно ће утицати на читав низ људских активности као што су: пољопривредна производња, управљање шумама, режим пожара, потребе за водом, производња и снабдијевање енергијом, туризам, здравље људи, заштита биодиверзитета итд. Истраживања у наредном периоду треба да се фокусирају на студије процјене утицаја, односно на анализу утицаја промјена климе на наведене секторе.

## CONCLUSION

The paper addresses the issue of changes in extreme temperature and precipitation over Mostar area (Bosnia and Herzegovina) during the 1961–2015 periods. The study focuses on investigation of changes in distribution of extreme temperature and precipitation indices between the 1961–1990 and 1991–2015 periods. The probability density functions for each index were calculated for the two specified sub-periods and two-tailed nonparametric Kolmogorov-Smirnov test was applied to determine statistical significance of the observed changes. Given the obtained results, warm temperature indices displayed a significant shift towards higher index values, which was much more prominent than the shift towards lower index values determined for the cold ones. However, both patterns of change suggest a warming tendency over the Mostar area. The most prominent changes were detected in summer season. The extreme precipitation indices did not show a simple shift in the distribution between the two specified periods. Changes in the Generalized Extreme Value (GEV) distribution parameters (location, scale and shape) suggest that intensity and variability of extreme temperature and precipitation increased.

The results obtained in this survey are similar to the results of other studies in this part of Europe related to climate extremes. Further research on these issues is certainly necessary given that observed changes in climate extremes will have a wide socioeconomic and natural impact. Changes in climate extremes will affect a range of human activities such as agriculture production, forest management, fire regime, water demands, energy production and supply, tourism, people health, biodiversity conservation, etc. They should focus on the impact assessment studies, i.e. the analysis of climate change effects on these sectors.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Alexander, L. V., Zhang, X., Peterson, T. C., Caesar, J., Gleason, B., Klein Tank, A. M. G., Haylock, M., Collins, D., Trewin, B., Rahimzadeh, F., Tagipour, A., Rupa Kumar, K., Revadekar, J., Griffiths, G., Vincent, L., Stephenson, D. B., Burn, J., Aguilar, E., Brunet, M., Taylor, M., New, M., Zhai, P., Rusticucci, M. & Vazquez-Aguirre, J. L. (2006). Global Observed Changes in Daily Climate Extremes of Temperature and Precipitation. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 111, D05109.
- Burić, D., Ducić, V., Mihajlović, J., Luković, J. & Dragojlović, J. (2015). Recent Extreme Air Temperature Changes in Montenegro. *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, XCV(4), 53–66.
- Coles, S. (2001). *An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values*. Springer Series in Statistics. London: Springer-Verlag.
- de Lima, M. I. P., Santo, F. E., Ramos, A. M. & Trigo, R. M. (2015). Trends and Correlations in Annual Extreme Precipitation Indices for Mainland Portugal, 1941–2007. *Theoretical and Applied Climatology*, 119(1), 55–75.
- Dodge, Y. (2010). *The Concise Encyclopedia of Statistics*. New York: Springer-Verlag.
- Donat, M. G. & Alexander, L. V. (2012). The Shifting Probability Distribution of Global Daytime and Night-Time Temperatures. *Geophysical Research Letters*, 39, L14707.
- Donat, M. G., Alexander, L. V., Yang, H., Durre, I., Vose, R., Dunn, R. J. H., Willett, K. M., Aguilar, E., Brunet, M., Caesar, J., Hewitson, B., Jack, C., Klein Tank, A. M. G., Kruger, A. C., Marengo, J., Peterson, T. C., Renom, M., Oria Rojas, C., Rusticucci, M., Salinger, J., Elrayah, A. S., Sekele, S. S., Srivastava, A. K., Trewin, B., Villarreal, C., Vincent, L. A., Zhai, P., Zhang, X. & Kitching, S. (2013). Updated Analyses of Temperature and Precipitation Extreme Indices since the Beginning of the Twentieth Century: The Hadex2 Dataset. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118(5), 2098–2118.
- ETCCDI (2009). Climate Change Indices, Definitions of the 27 Core Indices. Retrieved May 8, 2017 from [http://etccdi.pacificclimate.org/list\\_27\\_indices.shtml](http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml)
- Espirito Santo, F., de Lima, M. I. P., Ramos, A. M. & Trigo, R. M. (2014). Trends in Seasonal Surface Air Temperature in Mainland Portugal, since 1941. *International Journal of Climatology*, 34(6), 1814–1837.
- Fernández-Montes, S. & Rodrigo, F. S. (2012). Trends in Seasonal Indices of Daily Temperature Extremes in the Iberian Peninsula, 1929–2005. *International Journal of Climatology*, 32(15), 2320–2332.
- Fioravanti, G., Piervitali, E. & Desiato, F. (2016). Recent Changes of Temperature Extremes over Italy: An Index-Based Analysis. *Theoretical and Applied Climatology*, 123(3), 473–486.
- Fischer, T., Su, B., Luo, Y. & Scholten, T. (2012). Probability Distribution of Precipitation Extremes for Weather Index–Based Insurance in the Zhujiang River Basin, South China. *Journal of Hydrometeorology*, 13(3), 1023–1037.
- Fonseca, D., Carvalho, M. J., Marta-Almeida, M., Melo-Gonçalves, P. & Rocha, A. (2016). Recent Trends of Extreme Temperature Indices for the Iberian Peninsula. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 94, 66–76.
- Furió, D. & Meneu, V. (2011). Analysis of Extreme Temperatures for Four Sites across Peninsular Spain. *Theoretical and Applied Climatology*, 104(1–2), 83–99.
- Gajić-Čapka, M., Cindrić, K. & Pasarić, Z. (2015). Trends in Precipitation Indices in Croatia, 1961–2010. *Theoretical and Applied Climatology*, 121(1), 167–177.
- Gilleland, E. & Katz, R. W. (2016). extRemes 2.0: An Extreme Value Analysis Package in R. *Journal of Statistical Software*, 72(8), 1–39.
- Giorgi, F. (2006). Climate Change Hot-Spots. *Geophysical Research Letters*, 33, L08707.
- Goubanova, K. & Li, L. (2007). Extremes in Temperature and Precipitation around the Mediterranean Basin in an Ensemble of Future Climate Scenario Simulations. *Global and Planetary Change*, 57(1–2), 27–42.

- Hartmann, D. L., Klein Tank, A. M. G., Rusticucci, M., Alexander, L. V., Brönnimann, S., Charabi, Y., Dentener, F. J., Dlugokencky, E. J., Easterling, D. R., Kaplan, A., Soden, B. J., Thorne, P. W., Wild, M., & Zhai, P. M. (2013). Observations: Atmosphere and Surface. In Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. & Midgley, P. M. (eds.), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (159–254). Cambridge: Cambridge University Press.
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] (2014). *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* [Core Writing Team, Pachauri, R. K., & Meyer, L. A. (eds.)]. Geneva: IPCC.
- Kharin, V. V., Zwiers, F. W., Zhang, X. & Hegerl, G. C. (2007). Changes in Temperature and Precipitation Extremes in the IPCC Ensemble of Global Coupled Model Simulations. *Journal of Climate*, 20(8), 1419–1444.
- Kioutsoukis, I., Melas, D. & Zerefos, C. (2010). Statistical Assessment of Changes in Climate Extremes over Greece (1955–2002). *International Journal of Climatology*, 30(11), 1723–1737.
- Klein Tank, A. M. G. & Können, G. P. (2003). Trends Indices of Daily Temperature and Precipitation Extremes in Europe, 1946–99. *Journal of Climate*, 16(22), 3665–3680.
- Popov, T., Gnjata, S. & Trbić, G. (2017a). Trends in Extreme Temperature Indices in Bosnia and Herzegovina: A Case Study of Mostar. *Гласник/Herald*, 21, 107–132.
- Popov, T., Gnjata, S., Trbić, G. & Ivanišević, M. (2017b). Trends in Extreme Daily Precipitation Indices in Bosnia and Herzegovina. *Collection of Papers – Faculty of Geography at the University of Belgrade*, 65(1), 5–24.
- Trbić, G., Popov, T. & Gnjata, S. (2017). Analysis of Air Temperature Trends in Bosnia and Herzegovina. *Geographica Pannonica*, 21(2), 68–84.
- Unkašević, M. & Tošić, I. (2009). Changes in Extreme Daily Winter and Summer Temperatures in Belgrade. *Theoretical and Applied Climatology*, 95(1–2), 27–38.
- Unkašević, M. & Tošić, I. (2011). A Statistical Analysis of the Daily Precipitation over Serbia: Trends and Indices. *Theoretical and Applied Climatology*, 106(1), 69–78.
- Van den Besselaar, E. J. M., Klein Tank, A. M. G. & Buishand, T. A. (2013). Trends in European Precipitation Extremes over 1951–2010. *International Journal of Climatology*, 33(12), 2682–2689.
- Zhang, X. & Yang, F. (2004). *RClimDex (1.0) User Manual*. Downsview: Climate Research Branch, Environment Canada.

## АНАЛИЗА ПРОТИЦАЈА НА РИЈЕЦИ САНИ

Слободан Гњато<sup>1\*</sup><sup>1</sup>Универзитет у Бањој Луци, Природно-математички факултет, Бања Лука, Република Српска

**Сажетак:** У раду су анализирани средњи годишњи и мјесечни протицаји на ријеци Сани. На основу прикупљених података са хидролошке станице Приједор, анализирани су трендови протицаја у периоду 1961–2014. године. Осим трендова, анализирани су промјене између два вишегодишња периода 1961–1990. и 1991–2014. године. У циљу идентификовања влажних и сушних периода извршено је рангирање година по водности. Анализирана је повезаност трендова протицаја са климатским промјенама (промјенама температуре ваздуха и падавина). Такође, испитана је повезаност варијабилности протицаја са атмосферским циркулацијама великих размјера на сјеверној хемисфери.

**Кључне ријечи:** средњи протицаји, тренд, функције густине вјероватноће, рангирање година по водности, Сана (Приједор), атмосферске циркулације великих размјера на сјеверној хемисфери.

Original scientific paper

## ANALYSIS OF THE WATER DISCHARGE AT THE SANA RIVER

Slobodan Gnjato<sup>1\*</sup><sup>1</sup>University of Banja Luka, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Banja Luka, Republic of Srpska

**Abstract:** The paper analyzes the mean annual and monthly water discharge at the Sana River. Trends in the river discharge for the 1961–2014 periods were analyzed based on data collected from Prijedor hydrological station. Next to the trends, alterations between the two long-term periods (1961–1990 and 1991–2014) were analyzed as well. In order to identify humid and dry periods, the years were ranked based on wateriness. Further, it was analyzed how discharge changes are conditioned by climate change (changes in air temperature and precipitation). The relationships between the discharge variability and the large atmospheric circulation patterns over the northern hemisphere were examined.

**Key words:** mean water discharge, trend, probability density functions, ranking years based on wateriness, the Sana River (Prijedor), large atmospheric circulation patterns over the northern hemisphere.

## УВОД

Током протеклих неколико деценија, бројне студије широм свијета анализирале су варијабилност ријечних протицаја у контексту рецентних климатских промјена (Bai et al., 2013; Castino et al., 2017; Szolgayova et al., 2014; Xu & Luo, 2015). Глобална истраживања промјене климе упућују на неоспорно загријавање климатског система (Intergovernmental Panel on Climate Change

## INTRODUCTION

Over the past few decades, many studies have analyzed the variability of river discharge within the context of recent climate change (Bai et al., 2013; Castino et al., 2017; Szolgayova et al., 2014; Xu & Luo, 2015). Global studies on climate change indicate definite warming of the climate system (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2014). Analyses of air and ocean temperatures all

\* Аутор за кореспонденцију: Слободан Гњато, Универзитет у Бањој Луци, Природно-математички факултет, Младена Стојановића 2, 78000 Бања Лука, Република Српска, Босна и Херцеговина, Е-mail: slobodan.gnjato@pmf.unibl.org  
Corresponding author: Slobodan Gnjato, University of Banja Luka, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Mladena Stojanovića 2, 78000 Banja Luka, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina, E-mail: slobodan.gnjato@pmf.unibl.org

[IPCC], 2014). Анализе температура ваздуха и океана широм свијета показују конзистентан тренд загријавања који постаје израженији крајем 20. и почетком 21. вијека (Foster & Rahmstorf, 2011). Недавне климатске промјене већ су утицале на глобални хидролошки циклус, а ефекти промјена манифестују се у измјенама сезонских режима протицаја и повећаној учесталости појаве поплава и суша (European Environment Agency [EEA], 2017). Актуелни проблеми у управљању водним ресурсима у директној су вези са климатским промјенама, а односе се на њихову доступност, квантитет и квалитет, као и на ризике повезане са њима (Li et al., 2016). Дугорочно праћење ријечног протицаја има велики значај за изучавање варијабилности климе на субконтиненталном нивоу. У том случају, протицаји имају предност у односу на изоловано осматрање падавина на метеоролошким станицама, јер протицај представља рефлексију не само падавина већ и евапотранспирације, литолошке подлоге, морфологије рељефа и вегетационог покривача (Pasquini & Depetris, 2007). Дугорочна анализа протицаја на нивоу ријечних басена неопходна је за ефикасно планирање и управљање водним ресурсима (Croitoru & Minea, 2014). Претходне студије које су спроведене у региону југоисточне Европе утврдиле су да су се у неким подручјима догодиле значајне промјене ријечних протицаја. Значајан негативан тренд годишњих и сезонских протицаја забиљежен је на укупном простору Србије (у свим годишњим добрима, осим у сезони јесен) (Ковачевић-Мајкић & Урошев, 2014). Значајно смањење средњих протицаја утврђено је на већини ријека у Словенији (Ulaga et al., 2008). У Хрватској, тенденција повећања протицаја присутна је у сезонама јесен и зима, док је опадајући тренд карактеристичан за сезону лјето (Čanjevac & Orešić, 2015). Резултати истраживања трендова протицаја у Македонији показали су значајне негативне сезонске трендове широм земље (Radevski et al., 2018).

Циљ рада је утврдити савремене промјене годишњих и сезонских средњих протицаја на ријеци Сани. Такође, циљ је анализирати

over the world showed a consistent warming trend, which has become even more prominent in the late 20th century and at the beginning of 21st century (Foster & Rahmstorf, 2011). Recent climate change has already affected the global hydrological cycle and effects of changes are manifested through changes in the seasonal discharge regime and the growing frequency of floods and droughts (European Environment Agency [EEA], 2017). Current issues in water resource management are directly related to climate change, or to be more specific to the availability, quantity, quality and risks regarding the resources (Li et al., 2016). Long-term monitoring of water discharge is highly pertinent for the studies of climate variability at the sub-continental level. In this regard, discharges are more useful than the isolated precipitation monitoring at meteorological stations because the discharge reflect not only the precipitation but also the evapotranspiration, basin geology, relief morphology and vegetation cover (Pasquini & Depetris, 2007). The long-term analysis of the river basin discharges is crucial for an efficient planning and management of water resources (Croitoru & Minea, 2014). Earlier studies conducted in South-East Europe confirmed that some areas had been affected by significant changes in river discharges. A significant negative trend in annual and seasonal discharges has been determined over the entire territory of Serbia (in all seasons except in autumn season) (Kovačević-Majkić & Urošev, 2014). A major decrease of mean discharges was detected for most Slovenian rivers (Ulaga et al., 2008). In Croatia, there has been a tendency of increased discharge in autumn and winter, whereas the decreased discharge is typical of summer (Čanjevac & Orešić, 2015). Studies on discharge trends in Macedonia have determined large negative seasonal trends over the entire country (Radevski et al., 2018).

The aim of the paper is to investigate recent changes in mean annual and seasonal water discharges on the Sana River. In addition, the aim is to analyze how discharge changes are

њихову условљеност промјенама климе на наведеном подручју, као и повезаност с атмосферским циркулацијама великих размјера на сјеверној хемисфери.

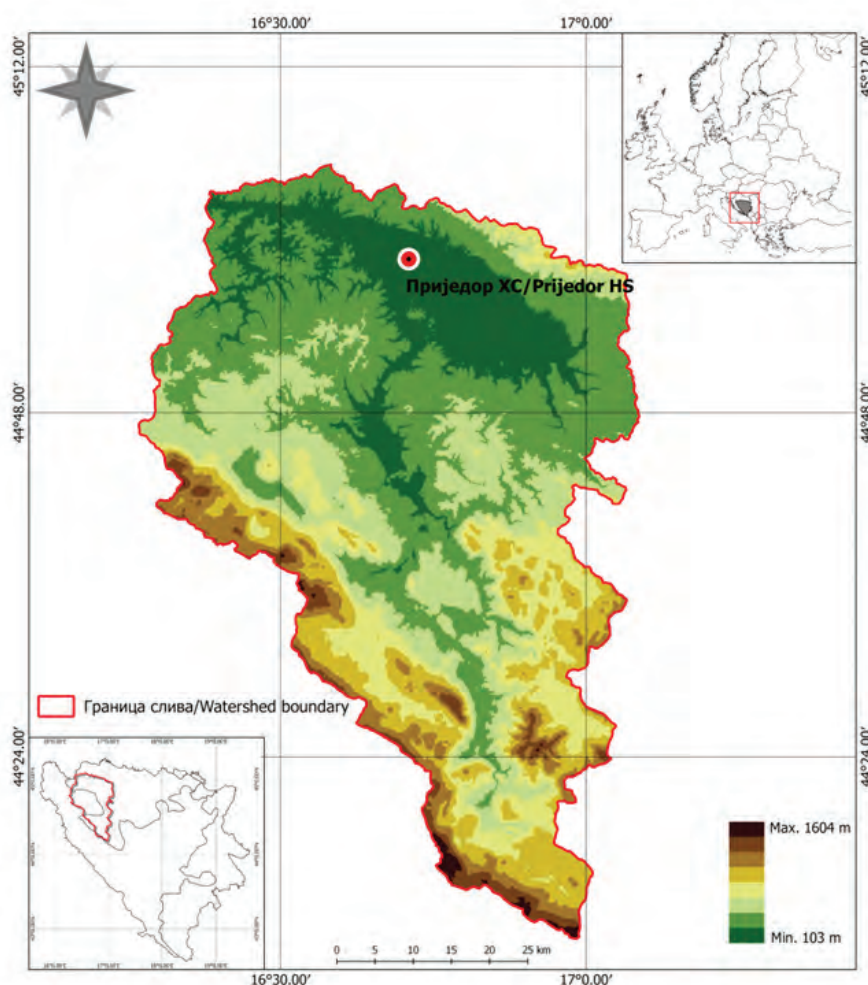
conditioned by climate change in the target area and to which extent are connected to large atmospheric circulation patterns over the northern hemisphere.

## ПОДАЦИ И МЕТОДЕ

Ријека Сана извире у Доњој Пецкој и највећа је притока ријеке Уне, у коју се улива код Новог Града.

## DATA AND METHODS

The Sana River originates in Donja Pecka and it is the largest tributary of Una River in which it flows near Novi Grad.



Сл. 1. Географски положај слива ријеке Сане

Fig. 1. The geographical location of the Sana River watershed

Површина слива износи 3782 km<sup>2</sup>, док дужина ријеке износи 146 km. Средња надморска висина слива износи 505 m, а просјечни падови терена у сливу износе 10.9°. Развође слива ријеке Сане утврђено је помоћу

The watershed surface covers 3782 km<sup>2</sup>, and the river is 146 km long. The mean altitude of the watershed is 505 m and the average terrain slope is 10.9°. The catchment of the Sana River basin was determined by using DEM (Digital

ДЕМ-а (Дигиталног модела терена) употребом ГИС технике. Према класификацији С. Илешича ријеку Сану карактерише посавска варијанта плувио-нивалног водног режима, којег одликују највиши водостаји у априлу, а најнижи у августу. Клима у сливу варира од планинске, у горњем дијелу слива, до континенталне и умјерено-континенталне у средњем и доњем току ријеке Сане. Хидролошка станица Приједор позиционирана је у доњем дијелу слива на 31 km од ушћа у ријеку Уну. Климу овог поднебља одликују хладне зиме и топла лjeta.

Анализа трендова протицаја у периоду 1961–2014. године извршена је на основу хидролошких података о средњим мјесечним протицајима са хидролошке станице Приједор. У раду су коришћени подаци Републичког хидрометеоролошког завода Републике Српске. С обзиром на то да на хидролошкој станици постоје прекиди у мјерењима у ратном и послеријатном периоду, извршена је екстраполација недостајућих података на основу података са најближе хидролошке станице са доступним мјерењима у одговарајућем периоду – Делибашино Село (Врбас). Савремени трендови средњих годишњих и сезонских протицаја утврђени су непараметријским Ман-Кендаловим тестом који се користи за утврђивање постојања тренда у временским серијама и њиховог статистичког значаја и непараметријским Сеновим методом којим је извршено одређивање магнитуде тренда. Статистичка значајност трендова дефинисана је на нивоу 90 %, 95 %, 99 % и 99.9 %. Сви прорачуни извршени су употребом статистичког програма XLSTAT (version 2014.5.03).

Осим трендова, анализиране су промјене дистрибуција средњих годишњих и сезонских протицаја између два вишегодишња периода: референтног периода 1961–1990. године и периода 1991–2014. године. Функције густине вјероватноће израчунате су за два наведена периода и представљене на графиконима израђеним у статистичком програму RStudio (version 1.1.383). Двосмјерни непараметријски Колмогоров-Смирнов тест коришћен

elevation model) in GIS technique. According to classification of S. Ilešič, the Sana River has typical Posavina pluvio-nival water regime characterized by highest water levels in April and lowest in August. The climate of the Sana River basin varies from mountain climate in the upper part of river basin to continental and moderate continental in the mid and lower part of river basin. Prijedor hydrological station is located in the lower river basin, 31 km from its mouth into the Una River. The climate in the area is characterized by cold winters and warm summers.

The analysis of the discharge trends in the 1961–2014 periods was performed based on the hydrological data on mean monthly discharges collected from Prijedor hydrological station. Data were provided by the Republic Hydrometeorological Service of the Republic of Srpska. Given that there were interruptions in measurements at the hydrological station during the war and post-war periods, the missing data extrapolation was performed based on data from the nearest hydrological station with available measurements for target periods – Delibašino Selo (the Vrbas River). Recent trends in mean annual and seasonal river discharges were determined by using the nonparametric Mann-Kendall test, which is commonly used for the trend detection in time series and its statistical significance, and the non-parametric Sen's method, which was used in order to determine the trend magnitude. The statistical significance of the trends was defined at the 90 %, 95 %, 99 % and 99.9 % level. All calculations were performed in the XLSTAT program (version 2014.5.03).

In addition to trends, the changes in distribution of mean annual and seasonal river discharges between the two periods: the reference 1961–1990 periods and the 1991–2014 periods have been analyzed. Probability density functions were calculated for the two specified periods and shown on graphs created in RStudio program (version 1.1.383). The nonparametric Kolmogorov-Smirnov test for two-samples was used to assess the significance of differences in distributions between the two periods.

је за тестирање значајности разлика у дистрибуцијама између два периода.

У циљу утврђивања одступања годишње вриједности протицаја од просјечне, очекиване, вриједности (односно утврђивања да ли се чешће јављају мање водне или више водне године) извршено је рангирање година по водности. На овај начин могуће је пратити промјене у водном режиму ријека. Употреба овог метода у хидролошким и географским проучавањима указује на тренд у вишегодишњем режиму водности једног тока (Langović et al., 2017; Мустафић, 2012). На основу просјечне годишње вриједности протицаја у анализираном периоду и његове стандардне девијације, извршено је рангирање година по водности, по принципу (Оцокољић, 1994):

- < -3δ Катастрофално сушна година / Catastrophically dry year
- 3δ – -2δ Веома сушна година / Very dry year
- 2δ – -1δ Сушна година / Dry year
- 1δ – 1 δ Средње водна година / Average wateriness
- 1δ – 2 δ Водна година / Watery year
- 2δ – 3δ Веома водна година / Very watery year
- > 3δ Катастрофално водна година / Catastrophically watery year

У циљу утврђивања утицаја климатских промјена на протицај ријеке Сане, израчунати су трендови средњих годишњих и сезонских температура ваздуха и средњих висина падавина на метеоролошкој станици Приједор у периоду 1961–2014. године. Током посматраног периода, метеоролошка станица Приједор није мијењала локацију, а недостајући подаци израчунати су екстраполацијом података са метеоролошке станице Бања Лука. За детерминисање међузависности између наведених климатских елемената и протицаја, коришћен је Пирсонов коефицијент корелације.

Како би се уочене промјене протицаја што боље објасниле, анализирана је њихова повезаност са атмосферским циркулацијама великих размјера на сјеверној хемисфери. Анализирана су три примарна режима варијабилности атмосферске циркулације изнад сјеверног Атлантика (Сјеверно-атлантска осцилација (NAO), Источно-атлантска

In order to estimate the deviations of annual river discharge from the mean, expected value (i.e. to estimate which is more frequent – years with less or more water), years were ranked based on wateriness. In this manner, it is possible to monitor changes in the water regime of the rivers. The usage of this method in hydrological and geographical studies can indicate a trend in a long-term water regime of a single river basin (Langović et al., 2017; Мустафић, 2012). Based on the mean annual discharge values during target periods and the standard deviations, the years were ranked based on wateriness according to the following principle (Оцокољић, 1994):

In order to estimate to which extent the climate change affects the Sana River water discharge, trends of mean annual and seasonal air temperatures and mean precipitation at Prijedor meteorological station were calculated for the 1961–2014 periods. During the observed periods, there was no change in location of Prijedor meteorological station, and the missing data were extrapolated based on data from Banja Luka meteorological station. Pearson correlation coefficient was used to determine interdependency between these climate elements and the river discharges.

In order to evaluate the observed river discharge changes, their connections with the large atmospheric circulation patterns over the northern hemisphere were analyzed. Three primary modes of atmospheric circulation patterns were analyzed (the North Atlantic Oscillation (NAO), the East Atlantic pattern (EA), the East Atlantic/West Russian pattern (EAWR)), as well as the Arctic oscillation (AO). Data on

осцилација (ЕА) и Источно-атлантска/Западно-руска осцилација (ЕАВР)), као и Арктичка осцилација (АО). Подаци о наведеним индексима образаца глобалне циркулације атмосфере прикупљени су од National Oceanic and Atmospheric Administration Climate Prediction Center (National Oceanic and Atmospheric Administration Climate Prediction Center [NOAA CPC], 2017). За квантификовање веза између трендова протицаја и глобалних образаца циркулације атмосфере коришћен је Пирсонов коефицијент корелације. Статистичка значајност утврђених корелација дефинисана је на нивоу 99.9 % ( $p \leq 0.001$ ), 99 % ( $0.001 < p \leq 0.01$ ), 95 % ( $0.01 < p \leq 0.05$ ) и 90 % ( $0.05 < p \leq 0.10$ ).

these global atmospheric circulation patterns indices were collected from the Climate Prediction Center of National Oceanic and Atmospheric Administration (National Oceanic and Atmospheric Administration Climate Prediction Center [NOAA CPC], 2017). Pearson correlation coefficient was used to quantify relationships between discharge trends and the global atmospheric circulation patterns. The statistical significance of the estimated correlations was defined at the 99.9 % ( $p \leq 0.001$ ), 99 % ( $0.001 < p \leq 0.01$ ), 95 % ( $0.01 < p \leq 0.05$ ) and 90 % ( $0.05 < p \leq 0.10$ ) level.

## РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Просјечни годишњи и мјесечни декадни трендови као и средње вриједности протицаја на хидролошкој станици Приједор у периоду 1961–2014. године приказани су у Таб. 1. Највеће вриједности протицаја забиљежене су у сезони прољеће ( $119.7 \text{ m}^3/\text{s}$ ), а најмање у сезони лјето ( $42.6 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Резултати показују да су у свим годишњим сезонама присутни негативни трендови протицаја. Ипак, статистички значајан ( $p = 0.015$ ) негативан тренд протицаја утврђен је једино у сезони лјето. Утврђено смањење протицаја у сезони лјето износи  $0.4 \text{ m}^3/\text{s}$  по деценији. Негативни инсигнификантни декадни трендови протицаја забиљежени су у свим осталим сезонама, као и на годишњем нивоу.

## RESULTS AND DISCUSSION

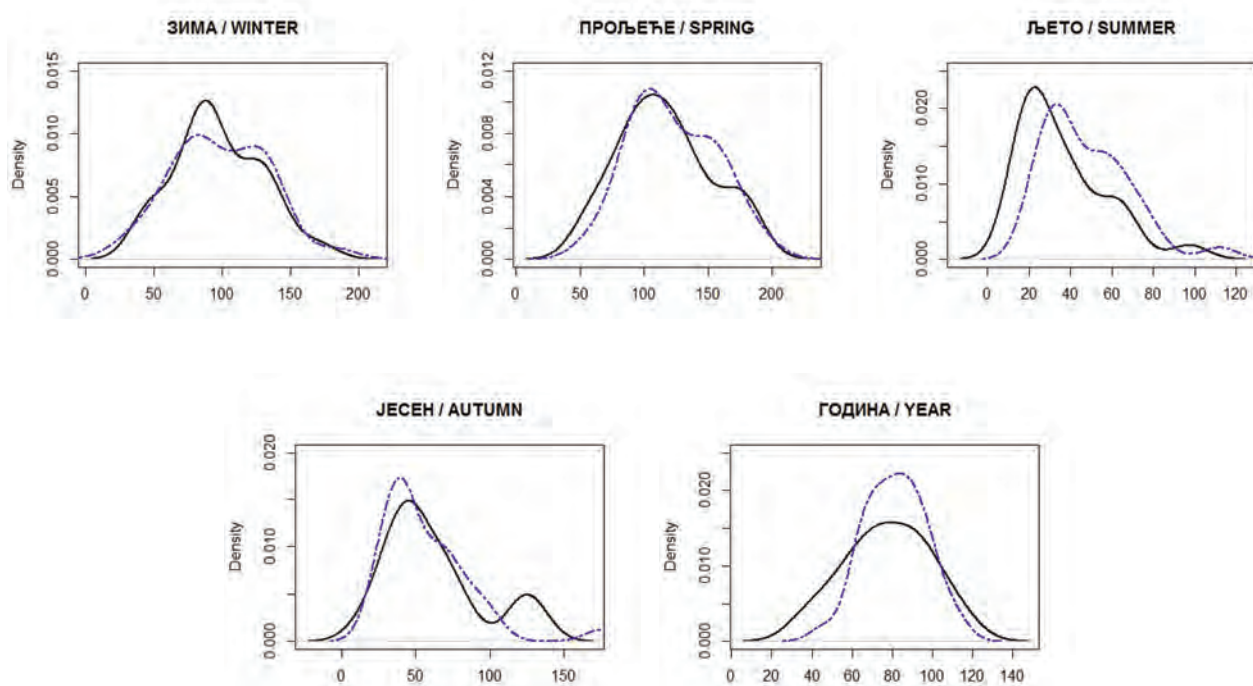
The mean annual and monthly decadal trends as well as mean values of river discharges at Prijedor hydrological station in the 1961–2014 periods are displayed in Tab. 1. The highest discharge values were registered in spring season ( $119.7 \text{ m}^3/\text{s}$ ), and the lowest in summer season ( $42.6 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Results indicate that in all seasons there are negative river discharge trends. Still, a statistically significant ( $p = 0.015$ ) negative discharge trend was registered only in summer. Discharge decreased in summer by  $0.4 \text{ m}^3/\text{s}$  per decade. Negative insignificant decadal discharge trends were registered in all other seasons and at annual level.

Таб. 1. Средњи годишњи и сезонски протицаји и њихови декадни трендови на хидролошкој станици Приједор (Сана) у периоду 1961–2014. године ( $\text{m}^3/\text{s}$ )  
Tab. 1. Annual and seasonal mean river discharges at Prijedor hydrological station and their decadal trends in the 1961–2014 periods ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

| Сезона / Season  | Просјек / Average | Нагиб тренда / Trend slope |
|------------------|-------------------|----------------------------|
| Зима / Winter    | 97.7              | -3.45                      |
| Прољеће / Spring | 119.7             | -1.16                      |
| Лјето / Summer   | 42.6              | -3.9 <sup>c</sup>          |
| Јесен / Autumn   | 59.5              | -0.7                       |
| Година / Year    | 79.7              | -2.65                      |

Графикони функција густине вјероватноће годишњих и сезонских протицаја на ријеци Сани у периоду 1961–1990. и 1991–2014. године приказани су на Сл. 2. Резултати двосмјерног непараметријског Колмогоров-Смирнов теста показују да на годишњем нивоу и у свим сезонама (осим у сезони љето) нису забиљежена значајна помјерање према нижим или вишим вриједностима у периоду 1991–2014. године у односу на референтни период (1961–1990). Утврђена помјерања дистрибуција просјечних протицаја према нижим вриједностима статистички су значајна једино у сезони љето ( $p < 0.0034$ ).

Probability density functions of annual and seasonal discharges of the Sana River for the 1961–1990 and 1991–2014 periods are displayed in Fig. 2. Results of the nonparametric two-sample Kolmogorov-Smirnov test confirm that there were no registered shifts toward either lower or higher values in the 1991–2014 periods when compared to the reference 1961–1990 periods at either annual or seasonal levels (except in summer). The registered shifts in distribution of mean discharge towards lower values were only significant in summer season ( $p < 0.0034$ ).



Сл. 2. Функције густине вјероватноће годишњих и сезонских протицаја на хидролошкој станици Приједор у периоду 1961–1990. (испрекидана линија) и 1991–2016. (пуна линија) године

Fig. 2. Probability density functions of annual and seasonal discharges at Prijedor hydrological station in the 1961–1990 (dashed line) and 1991–2016 (full line) periods

Рангирање година по водности на хидролошкој станици Приједор (Сана) у периоду 1961–2014. године приказано је у Таб. 2 и Таб. 3. У наведеном периоду није забиљежена ниједна катастрофално сушна ни катастрофално водна година. Највећи удио у укупној

Ranking years based on wateriness at Prijedor hydrological station (the Sana River) for 1961–2014 periods is displayed in Tab. 2 and Tab. 3. During the target periods, there were no catastrophically watery and catastrophically dry years. Mean watery years

расподјели имају средње водне године (70.4 %). Рангирањем година по водности утврђена су два најдужа континуирана периода средњих вода који су трајали по девет година (у периоду 1961–1969. и 1981–1989. године). Веома водна била је 2014. година када су широм Републике Српске и региона забиљежене катастрофалне поплаве, док су веома сушне године биле 1994. и 2011. година. Најекстремније вриједности протицаја забиљежене су након 1990. године када климатске промјене постају интензивније.

hold the largest ratio in the total distribution (70.4 %). Ranking years based on wateriness, the two longest continuous periods of average wateriness that lasted nine years each were estimated (in 1961–1969 and 1981–1989 periods). The year of 2014 was very watery and catastrophic floods were recorded across the Republic of Srpska and the region. On the other side, 1994 and 2011 were extremely dry. The most extreme discharge amounts were registered after 1990 as climate change became more and more intensive.

Таб. 2. Бројчани и процентуални удио година према категоријама водности за хидролошку станицу Приједор у периоду 1961–2014. године

Tab. 2. Number and percentage of years by water richness at Prijedor hydrological station in the 1961–2014 periods

| Хидролошка станица Приједор (Сана) / Hydrological station Prijedor (Sana) |                                  |      |
|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|------|
| Ранг / Rank                                                               | Број година /<br>Number of years | %    |
| Катастрофално сушна / Catastrophically dry                                | –                                | –    |
| Веома сушна / Very dry                                                    | 2                                | 3.7  |
| Сушна / Dry                                                               | 6                                | 11.1 |
| Средње водна / Average wateriness                                         | 38                               | 70.4 |
| Водна / Watery                                                            | 7                                | 13   |
| Веома водна / Very watery                                                 | 1                                | 1.9  |
| Катастрофално водна / Catastrophically watery                             | –                                | –    |
| Укупно / Total                                                            | 54                               | 100  |

Таб. 3. Рангирање година по водности на хидролошкој станици Приједор у периоду 1961–2014. године

Tab. 3. Classification of years by water richness at Prijedor hydrological station in the 1961–2014 periods

| Ранг / Rank                                   | Протицај / Discharge Qsr (m <sup>3</sup> /s) | Година / Year                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Катастрофално сушна / Catastrophically dry    | <24.9                                        | –                                                                                                                                                                                                                                  |
| Веома сушна / Very dry                        | 25.0–43.2                                    | 1994, 2011                                                                                                                                                                                                                         |
| Сушна / Dry                                   | 43.3–61.5                                    | 1971, 1990, 2000, 2003, 2007, 2012                                                                                                                                                                                                 |
| Средње водна / Average wateriness             | 61.5–97.9                                    | 1961, 1962, 1963, 1964, 1965, 1966, 1967, 1968, 1969, 1972, 1973, 1975, 1977, 1978, 1979, 1981, 1982, 1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1992, 1993, 1996, 1997, 1998, 1999, 2001, 2002, 2004, 2005, 2006, 2008, 2009, 2013 |
| Водна / Watery                                | 98.0–116.2                                   | 1970, 1974, 1976, 1980, 1991, 1995, 2010                                                                                                                                                                                           |
| Веома водна / Very watery                     | 116.3–134.5                                  | 2014                                                                                                                                                                                                                               |
| Катастрофално водна / Catastrophically watery | >134.6                                       | –                                                                                                                                                                                                                                  |

Просјечне вриједности годишњих и сезонских температура и падавина, као и њихови декадни трендови на метеоролошкој станици Приједор дати су у Таб. 4. У посматраном периоду 1961–2014. године подручје Приједора одликују статистички значајни позитивни трендови годишњих и сезонских температура ваздуха. Најизраженији раст температуре забиљежен је у сезонама лјето и прољеће – 0.58°C и 0.44°C по деценији, респективно. С друге стране, забиљежени су инсигнификантни трендови смањења просјечних годишњих и сезонских висина падавина (осим у сезони јесен у којој су падавине порасле за 10.7 mm по деценији). Статистички значајан тренд смањења падавина забиљежен је једино у сезони лјето (13.6 mm по деценији).

Mean values of annual and seasonal air temperatures and precipitation as well as their decadal trends at Prijedor meteorological station are given in Tab. 4. During the target 1961–2014 periods, statistically significant positive trends in annual and seasonal air temperatures were registered in Prijedor area. Most evident temperature increases were registered in summer and spring – 0.58 °C and 0.44°C per decade, respectively. On the other hand, insignificant decreasing trends in mean annual and seasonal precipitation were found (except in autumn when precipitation increased 10.7 mm per decade). A statistically significant negative trend in precipitation was registered only in summer (13.6 mm per decade).

Таб. 4. Средње годишње и сезонске вриједности температуре (°C) и падавина (mm) и њихови декадни трендови на метеоролошкој станици Приједор у периоду 1961–2014. године  
Tab. 4. Annual and seasonal mean temperatures (°C) and precipitation (mm) and their decadal trends at Prijedor meteorological station in the 1961–2014 periods

| Сезона / Season  | Температура / Temperature |                            | Падавине / Precipitation |                            |
|------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|
|                  | Просјек / Average value   | Нагиб тренда / Trend slope | Просјек / Average value  | Нагиб тренда / Trend slope |
| Зима / Winter    | 0.9                       | 0.39 <sup>b</sup>          | 194.2                    | -2.9                       |
| Прољеће / Spring | 11.3                      | 0.44 <sup>a</sup>          | 230.6                    | -0.52                      |
| Љето / Summer    | 20.5                      | 0.58 <sup>a</sup>          | 246.4                    | -13.6 <sup>d</sup>         |
| Јесен / Autumn   | 11.2                      | 0.22 <sup>c</sup>          | 260.7                    | 10.7                       |
| Година / Year    | 11                        | 0.46 <sup>a</sup>          | 931.3                    | -8.02                      |

Напомена: Статистички значајно на нивоу 99.9 % (<sup>a</sup>), 99 % (<sup>b</sup>), 95 % (<sup>c</sup>) и 90 % (<sup>d</sup>)  
Note: Statistical significance at the 99.9 % (<sup>a</sup>), 99 % (<sup>b</sup>), 95 % (<sup>c</sup>) and 90 % (<sup>d</sup>) level

С обзиром на то да су ријечни протицаји снажно условљени температуром ваздуха и висином падавина, изводи се закључак да климатске промјене знатно утичу на режиме ријека. Утврђена је статистички значајна позитивна корелација између годишњих вриједности протицаја и падавина (+0.769,  $p < 0.0001$ ), као и статистички значајна негативна корелација између годишњих температура и протицаја (-0.387,  $p = 0.004$ ). Статистички значајна позитивна корелација између протицаја и падавина утврђена је током цијеле године. Коефицијенти корелације кретали су се у интервалу од 0.626 до 0.763 (Таб. 5). Најснажнија корелација између падавина и протицаја забиљежена је у сезонама зима и љето. Пораст температуре ваздуха рефлектовао се у смањењу годишњих и сезонских протицаја на хидролошкој станици Приједор. Као што се и очекивало, температура је имала јачи утицај на протицај у топлијем дијелу године – највиши коефицијент корелације утврђен је у сезони љето (-0.491,  $p < 0.0001$ ).

Given that the river discharge is highly conditioned by air temperature and precipitation, climate change has highly affected river regimes. A statistically significant positive correlation between annual discharge and precipitation was determined (+0.769,  $p < 0.0001$ ) as well as a statistically significant negative correlation between annual air temperature and river discharge (-0.387,  $p = 0.004$ ). The statistically significant positive correlation between discharge and precipitation was found throughout the year. Correlation coefficients were in the range of 0.626–0.763 (Tab. 5). The strongest links between precipitation and discharge were registered in winter and summer. The air temperature increase reflected in the decrease of annual and seasonal discharge at Prijedor hydrological station. Expectedly, temperature affected the discharge more in a warmer part of the year – the correlation coefficient was highest in summer season (-0.491,  $p < 0.0001$ ).

Таб. 5. Пирсонов коефицијент корелације између годишњих и сезонских протицаја, температура и падавина у Приједору у периоду 1961–2014. године

Tab. 5. Pearson correlation coefficients between annual and seasonal discharges, temperatures and precipitation in Prijedor in the 1961–2014 periods

| Варијабла /<br>Variable      | Зима /<br>Winter   | Прољеће /<br>Spring | Љето /<br>Summer    | Јесен /<br>Autumn  | Година /<br>Year    |
|------------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| Температура /<br>Temperature | -0.178             | -0.424 <sup>b</sup> | -0.491 <sup>a</sup> | -0.172             | -0.387 <sup>b</sup> |
| Падавине /<br>Precipitation  | 0.763 <sup>a</sup> | 0.626 <sup>a</sup>  | 0.718 <sup>a</sup>  | 0.717 <sup>a</sup> | 0.769 <sup>a</sup>  |

Напомена: Статистички значајно на нивоу 99.9 % (<sup>a</sup>), 99 % (<sup>b</sup>), 95 % (<sup>c</sup>) и 90 % (<sup>d</sup>)

Note: Statistical significance at the 99.9 % (<sup>a</sup>), 99 % (<sup>b</sup>), 95 % (<sup>c</sup>) and 90 % (<sup>d</sup>) level

Позитивне фазе Сјеверно-атлантске, Источно-атлантске/Западно-руске и Арктичке осцилације повезане су са сушним периодима у јужном и централном дијелу Европе (NOAA CPC, 2017). Стога, утврђене везе између ових образаца циркулације атмосфере и ријечних протицаја на истраживаном подручју су негативне (Таб. 6). Варијабилност климе у Европи доминантно је условљена Сјеверно-атлантском осцилацијом, нарочито током сезоне зима (Hurrell et al., 2003). У овом дијелу године, током позитивне NAO фазе, топле и влажне ваздушне масе адвективним струјањем преносе се ка Европи снажним западним вјетровима изнад средњих географских ширина што је повезано са аномалијама на подручју исландског ниског ваздушног притиска и високог притиска изнад суптропског Атлантика (Hurrell et al., 2003; Rust et al., 2015). Ово доводи до образовања топлих и влажнијих временских услова широм сјеверозападне Европе и суше у региону Медитерана (Ionita, 2014; Krichak & Alpert, 2005). Током сезоне зима, NAO и EAWR обрасци значајно утичу на протицај Сане на посматраном хидролошком профилу (утврђени коефицијенти корелације износили су -0.499 и -0.286, респективно). Снажна и значајна негативна корелација између ЕА обрасца и протицаја на Сани утврђена је у сезони љето. Арктичка осцилација (АО) има велики утицај на климу у Европи, посебно у негативној фази када се хладне и суве ваздушне

Positive phases of the North Atlantic Oscillation (NAO), the East Atlantic/West Russia (EAWR) pattern and the Arctic Oscillation (AO) are connected with dry periods in South and Central Europe (NOAA CPC, 2017). Hence, the relation between these atmospheric circulation patterns and river discharge in the observed area is negative (Tab. 6). Climate variability in Europe is dominantly conditioned by the North Atlantic Oscillation, particularly in winter (Hurrell et al., 2003). In this part of the year, during the positive NAO phase, warm and moist air masses circulate and transfer towards Europe through strong west winds above the mean altitudes, which is further connected with anomalies in Icelandic low air pressure area and sub-tropic Atlantic high pressure area (Hurrell et al., 2003; Rust et al., 2015). This causes the formation of warm and moist weather in north-west Europe and drought in the Mediterranean (Ionita, 2014; Krichak & Alpert, 2005). In winter, the NAO and the EAWR pattern largely affect the Sana River discharge at the observed hydrological profile (determined correlation coefficients are -0.499 and -0.286, respectively). A strong and significant negative correlation between the EA pattern and the Sana River discharge was registered in summer. The Arctic oscillation (AO) highly affects climate in Europe, particularly in the negative phase

маса из поларних и субполарних сјеверних области спуштају према јужној и југоисточној Европи, условљавајући снижење температуре и смањење ријечног протицаја (Mihăilă & Briciu, 2015). Значајна негативна корелација између АО и протицаја на Сани утврђена је током цијеле године, осим у сезони љето. Најснажнија корелација забиљежена је у сезони зима (-0.652).

as the cold and dry air masses from polar and sub-polar northern areas shift towards South and Southeast Europe, causing the decrease in air temperature and river discharge (Mihăilă & Briciu, 2015). A significant negative correlation was determined between the AO and discharge of the Sana River throughout the year, except in summer season. The strongest correlation was found in winter season (-0.652).

Таб. 6. Пирсонов коефицијент корелације између годишњих и сезонских индекса циркулација глобалних размјера и средњих протицаја на хидролошкој станици Приједор у периоду 1961–2014. године

Tab. 6. Pearson correlation coefficients between the dominant Northern Hemisphere teleconnection patterns indices and river discharges at Prijedor hydrological station in the 1961–2014 periods

| Варијабла /<br>Variable | Зима /<br>Winter    | Прољеће /<br>Spring | Љето /<br>Summer    | Јесен /<br>Autumn   | Година /<br>Year    |
|-------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| ЕА                      | -0.098              | -0.013              | -0.431 <sup>b</sup> | -0.262              | -0.259              |
| NAO                     | -0.499 <sup>a</sup> | -0.212              | 0.162               | 0.001               | -0.279 <sup>c</sup> |
| EAWR                    | -0.286 <sup>c</sup> | -0.098              | 0.172               | -0.073              | -0.156              |
| АО                      | -0.652 <sup>a</sup> | -0.471 <sup>a</sup> | 0.140               | -0.468 <sup>a</sup> | -0.499 <sup>a</sup> |

Напомена: Статистички значајно на нивоу 99.9 % (<sup>a</sup>), 99 % (<sup>b</sup>), 95 % (<sup>c</sup>) и 90 % (<sup>d</sup>)

Note: Statistical significance at the 99.9 % (<sup>a</sup>), 99 % (<sup>b</sup>), 95 % (<sup>c</sup>) and 90 % (<sup>d</sup>) level

## ЗАКЉУЧАК

Режим протицаја ријеке Сане снажно је условљен варијабилношћу климе. Резултати корелационе анализе показали су да су промјене климатских варијабли (првенствено температуре и падавина) имале снажан утицај на протицај. У анализираном периоду 1961–2014. године, изучавано подручје карактеришу значајни позитивни трендови годишњих и сезонских температура ваздуха, док су трендови падавина били негативни у свим сезонама, осим у сезони јесен. Ове промјене климе снажно су утицале на протицај ријеке Сане на хидролошком профилу Приједор. Изражен тренд повећања температуре и смањење љетњих падавина условили су значајно смањење протицаја на хидролошкој

## CONCLUSION

The discharge regime of the Sana River is highly conditioned by climate variability. Results of the correlation analysis showed that changes in climate variables (air temperature and precipitation, first and most) strongly affected the discharge. During the analyzed 1961–2014 periods, the target area was characterized by significant positive trends in annual and seasonal air temperature, whereas precipitation trends were negative in all seasons except in autumn. Climate change highly affected the Sana River discharge at Prijedor hydrological profile. The prominent increasing trend in air temperature and decrease in precipitation resulted in a significant decrease of discharge at Prijedor hydrological station. Although the

станици Приједор. Иако је током цијеле године присутан опадајући тренд, најизраженији пад протицаја забиљежен у сезони лјето. Рангирањем година по водности установљено је да су се веома водне и веома сушне године јавиле након 1990. године што указује на повећање варијабилности протицаја повезано са климатским промјенама. Уочене промјене протицаја такође су повезане са обрасцима атмосферских циркулација великих размјера на сјеверној хемисфери. Значајна корелација између АО и ријечног протицаја установљена је у свим годишњим добима (осим у сезони лјето). Зимски протицаји показују значајну негативну корелацију и са NAO и EAWR обрасцима. Запажена тенденција смањења протицаја засигурно ће имати бројне негативне социо-економске импликације. С обзиром на то да истраживања промјена протицаја у Европи показују да ће у будућности доћи до смањења протицаја у јужној и југоисточној Европи (ЕЕА, 2017), даља истраживања треба усмјерити на проучавање пројекција ријечних протицаја за слив ријеке Сане до краја 21. вијека, као и на могућности прилагођавања и ублажавања негативног утицаја климатских промјена.

decreasing trend was evident throughout the year, the most pronounced decrease of discharge was registered in summer. Ranking years based on wateriness found that extremely watery and extremely dry years appeared after 1990, which indicates the increasing variability discharge connected with climate change. The observed changes in discharge are also related to large atmospheric circulation patterns over the northern hemisphere. The significant correlation between the AO and river discharge was registered in all seasons (except in summer). The winter discharge displayed a significant negative correlation with the NAO and the EAWR patterns. The determined decreasing discharge tendency will certainly have many negative social-economic implications. Given that studies on discharge shifts in Europe found that in future there would be a decrease of discharge in South and Southeast Europe (EEA, 2017), future studies should focus on projections of river discharge for the Sana River watershed by the end of 21st century. In addition, further research should focus on possibilities of mitigation and adaptation on negative effects of climate change.

#### ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Bai, P., Liu, W. & Guo, M. (2014). Impacts of Climate Variability and Human Activities on Decrease in Streamflow in the Qinhe River, China. *Theoretical and Applied Climatology*, 117(1–2), 293–301.
- Castino, F., Bookhagen, B. & Strecker, M. R. (2017). Oscillations and Trends of River Discharge in the Southern Central Andes and Linkages with Climate Variability. *Journal of Hydrology*, 555, 108–124.
- Croitoru, A. E. & Minea, I. (2014). The Impact of Climate Changes on Rivers Discharge in Eastern Romania. *Theoretical and Applied Climatology*, 120(3–4), 563–573.
- Čanjevac, I. & Orešić, D. (2015). Contemporary Changes of Mean Annual and Seasonal River Discharges in Croatia. *Hrvatski geografski glasnik*, 77(1), 7–27.
- European Environment Agency [EEA] (2017). *Climate Change, Impacts and Vulnerability in Europe 2016: An Indicator-Based Report*. Copenhagen: European Environment Agency.
- Foster, G. & Rahmstorf, S. (2011). Global Temperature Evolution 1979–2010. *Environmental Research Letters*, 6044022.

- Hurrell, J. W., Kushnir, Y., Ottersen, G. & Visbeck, M. (2003). An Overview of the North Atlantic Oscillation. In J. W. Hurrell, Y. Kushnir, G. Ottersen & M. Visbeck (eds.), *The North Atlantic Oscillation: Climatic Significance and Environmental Impact* (1–35). Washington, DC: American Geophysical Union.
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] (2014). *Climate change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C. B., Barros, V. R., Dokken, D. J., Mach, K. J., Mastrandrea, M. D., Bilir, T. E., Chatterjee, M., Ebi, K. L., Estrada, Y. O., Genova, R. C., Girma, B., Kissel, E. S., Levy, A. N., MacCracken, S., Mastrandrea, P. R. & White, L. L. (eds.)]. Cambridge and New York: Cambridge University Press.
- Ionita, M. (2014) The Impact of the East Atlantic/Western Russia Pattern on the Hydroclimatology of Europe From Mid-winter to Late Spring. *Climate*, 2(4), 296–309.
- Krichak, S. O. & Alpert, P. (2005). Decadal Trends in the East Atlantic–West Russia Pattern and Mediterranean Precipitation. *International Journal of Climatology*, 25(2), 183–192.
- Langović, M., Manojlović, S. & Čvorović, Z. (2017). Trends of Mean Annual River Discharges in the Zapadna Morava River Basin. *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, 97(2), 19–45.
- Li, Z., Huang, G., Wang, X., Han, J. & Fan, Y. (2016). Impacts of Future Climate Change on River Discharge Based on Hydrological Inference: A Case Study of the Grand River Watershed in Ontario, Canada. *Science of the Total Environment*, 548–549, 198–210.
- Majkić, J. K. & Urošev, M. (2014). Trends of Mean Annual and Seasonal Discharges of Rivers in Serbia. *Journal of the Geographical Institute “Jovan Cvijić” SASA*, 64(2), 143–160.
- Mihăilă, D. & Briciu, A. E. (2015). Climatic Teleconnections with Influence on Some Rivers from South-Eastern Europe. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 69, 37–62.
- Мустафић, С. (2012). Географски фактори као детерминанте интензитета ерозије на примеру слива Нишаве. Необјављена докторска дисертација. Географски факултет Универзитета у Београду, Београд.
- National Oceanic and Atmospheric Administration Climate Prediction Center [NOAA CPC] (2017). Northern Hemisphere Teleconnection Patterns. Retrieved October 15, 2017 from <http://cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/telecontentst.shtml>
- Оцокољић, М. (1994). *Цикличност сушних и водних периода у Србији. Посебна издања, Књига 41*. Београд: Географски институт „Јован Цвијић“, САНУ.
- Pasquini, A. I. & Depetris, P. J. (2007). Discharge Trends and Flow Dynamics of South American Rivers Draining the Southern Atlantic Seaboard: An Overview. *Journal of Hydrology*, 333(2–4), 385–399.
- Radevski, I., Gorin, S., Taleska, M. & Dimitrovska, O. (2018). Natural Regime of Streamflow Trends in Macedonia. *Česká geografická společnost*, 123(1), 1–20.
- Rust, H. W., Richling, A., Bissolli, P. & Ulbrich, U. (2015). Linking Teleconnection Patterns to European Temperature – A Multiple Linear Regression Model. *Meteorologische Zeitschrift*, 24(4), 411–423.
- Szolgayova, E., Parajka, J., Blöschl, G. & Bucher, C. (2014). Long Term Variability of the Danube River Flow and Its Relation to Precipitation and Air Temperature. *Journal of Hydrology*, 519(Part A), 871–880.
- Uлага, F., Kobold, M. & Frantar, P. (2008). Trends of River Discharges in Slovenia. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 4(1), 012030.
- Xu, H. & Luo, Y. (2015). Climate Change and Its Impacts on River Discharge in Two Climate Regions in China. *Hydrology and Earth System Sciences*, 19(11), 4609–4618.

## КОГНИТИВНО ПОДРУЧЈЕ БЛУМОВЕ ТАКСОНОМИЈЕ И НАСТАВА ГЕОГРАФИЈЕ

Милка Грмуша<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Универзитет у Источном Сарајеву, Филозофски факултет, Пале, Република Српска

**Сажетак:** Циљ рада је да се прикаже Блумова таксономија образовних циљева, посебно њено когнитивно подручје и њен значај за унапређење квалитета наставе географије у условима курикуларне реформе у Босни и Херцеговини. У раду је коришћен метод теоријске анализе. Анализом различите методичке, дидактичке и психолошке литературе утврђено је да се Блумова таксономија може користити код креирања наставних програма за географију, код операционализације циљева у настави географије (исходи), као и да олакша наставнику процес верификације. Примјена Блумове таксономије може допринијети превазилажењу недостатака традиционалне наставе кроз развој критичког и креативног мишљења и активног учења/наставе.

**Кључне ријечи:** Блумова таксономија, настава географије, курикуларна реформа, Босна и Херцеговина, критичко мишљење, активно учење/настава.

Scientific review paper

## COGNITIVE FIELD OF BLOOM'S TAXONOMY AND GEOGRAPHY TEACHING

Milka Grmuša<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>University of East Sarajevo, Faculty of Philosophy, Pale, Republic of Srpska

**Abstract:** The aim of this paper is to present Bloom's Taxonomy of educational objectives, especially its cognitive field and its importance for the quality improvement of Geography teaching during curriculum reforms in Bosnia and Herzegovina. In this paper, we will use the method of theoretical analysis. By the analysis of different methodical, didactic and psychological references, we have concluded that Bloom's Taxonomy can be used in creation of Geography syllabuses, for aim operationalization in Geography teaching (outcome), as well as to make the process of verification easier for teachers. Usage of Bloom's Taxonomy can contribute to overcoming the lack of traditional teaching through development of critical and creative thinking as well as active learning/teaching.

**Key words:** Bloom's Taxonomy, Geography teaching, curriculum reform, Bosnia and Herzegovina, critical thinking, active learning/teaching.

### УВОД

У Босни и Херцеговини, као земљи у транзицији, дошло је до преиспитивања старог традиционалног педагошког концепта и увођења нових концепција васпитања и образовања. Циљ покренутих реформи је успостављање ефикаснијег и квалитетнијег

### INTRODUCTION

In Bosnia and Herzegovina, the country in transition, it is very present re-examination of old traditional pedagogical concept and implementation of new concepts in education. The main goal of these reforms is the introduction of more efficient and more quality educational

\* Аутор за кореспонденцију: Милка Грмуша, Универзитет у Источном Сарајеву, Филозофски факултет, Алексе Шантића 1, 71420 Пале, Република Српска, Босна и Херцеговина; E-mail: milkagrmusa@gmail.com

Corresponding author: Milka Grmuša, University of East Sarajevo, Faculty of Philosophy, Alekse Šantića 1, 71420 Pale, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina, E-mail: milkagrmusa@gmail.com

образовно-васпитног система који би био у складу са европским стандардима. Реформске промјене у образовању у Босни и Херцеговини су интензивирани њеним пријемом у Савјет Европе 2002. године. Те промјене су подразумијевале и увођење курикуларног приступа. Концепт курикулума је англосаксонски образовни концепт које се у другој половини 20. вијека постепено проширио са америчког континента у Европу. А. Бежен наводи да је овај концепт прихваћен у Њемачкој, домовини научне педагогије, те у другим традиционално педагошки устројеним образовним системима због своје прилагодљивости разним животним и образовним потребама те ефикасног повезивања улаза у образовни процес и излаза из њега (Bežen, 2013). Увођење курикулума у васпитно-образовни систем у Босни и Херцеговини се, међутим, више одвија на формалном нивоу, јер суштински он захтијева значајне промјене у начину планирања, организацији и извођењу наставе. Критика реформи на нивоу основног образовања, према Микановићу (2014), показује да се још увијек више ради о нормативно-структурном, а мање о садржинско-процесном карактеру реформи. Све то доприноси стварању раскорака између праксе и онога што се нуди као могуће рјешење. Када објашњава недостатке традиционалне наставе, у односу на курикуларни приступ Marinović (2014) наводи да је код традиционалне наставе присутна жеља наставника да њихови ученици усвоје што више градива, па настава постаје пренатрпана садржајима, а ученици дефицитарни с временом. Настава се своди на објашњавање и меморисање чињеница, а вјештине се углавном занемарују. Курикуларни приступ овај несклад уклања тзв. уравнотежењем трију елемената курикулума – васпитно-образовних циљева исказаних кроз исходе учења, онога што се ради у разреду и онога што се провјерава и оцјењује.

Курикуларни образовни концепт се појавио средином прошлог вијека у радовима америчких психолога Бобита (Bobitt), Херика

and pedagogical system, which would be in accordance with the European standards. Reforms and changes in education sector in Bosnia and Herzegovina are intensified when Bosnia and Herzegovina becomes a member of Council of Europe in 2002. These changes imply introduction of curriculum approaches. The concept of curriculum approach is an Anglo-Saxon education concept, which started to spread from the American continent to Europe in the second half of 20th century. A. Bežen states that this concept was accepted in Germany, a homeland of scientific pedagogy, as well as in many other education systems traditionally based on pedagogical postulates due to its adaptability to various life and educational needs, and efficient attachment of entrance into and leaving from an education process (Bežen, 2013). The process of curriculum introduction in pedagogical and education system in Bosnia and Herzegovina is in progress more on a formal level, because in essence this process requires significant changes in the way of planning, organisation and teaching realization. Criticism of reforms on the level of primary education, according to Микановић (2014), shows that it is still paid much more attention to normative-structural, and less to contentual and procedural character of reforms. All these aspects help in creation of discrepancy between practice and what has been offered as a possible solution. While explaining the disadvantages of traditional teaching in comparison to curriculum approach, Marinović (2014) states that traditional teaching is characterised by a wish of a teacher for his students to acquire the more and more information provided by syllabus, and thus teaching becomes stuff with contents while students are suffering a severe deficit of time. Teaching is reduced to explanation and memorization of the facts, while skills remain neglected. Curriculum approach eliminates this discrepancy by so-called balancing of three elements: curriculum -pedagogical and educational aims shown through learning outcome, what has been done in a classroom and what is tested and graded.

Curriculum educational concept emerged

(Herrick) и Тајлера (Tyler), а уско је повезан и са Блумовом (Bloom) и Крејтвеном (Krathwohl) таксономијом циљева учења, односно образовних и васпитних исхода који одређују садржаје учења и услове у којима се они најуспјешније посредују. Херик и Тајлер су још 1950. године увели појам курикуларни систем којег чине елементи курикуларног система, а то су циљеви учења, садржаји учења, методе и организација и вредновање (Bežen, 2008). Дакле, када говоримо о курикуларном образовном концепту не можемо а да не споменемо један од најчешће коришћених теоријских оквира који се користи за планирање, припрему и вредновање образовања, а то је Блумова таксономија образовних циљева.

Циљ овог рада је да се прикаже Блумова таксономија образовних циљева, посебно њено когнитивно подручје, њен значај за унапређење квалитета наставе географије у условима курикуларне реформе у Босни и Херцеговини, уз навођење примјера њене примјене у настави географије. Метод који је коришћен у раду је метод теоријске анализе.

### ЗНАЧАЈ БЛУМОВЕ ТАКСОНОМИЈЕ

Циљеви учења односе се на стицање знања и вјештина, те усвајање ставова и вриједности. Да би постизање тих циљева било ефикасно потребно је дефинисање исхода учења односно тврдњи о очекиваним постигнућима. Како би што прецизније и јасније одредили исходе учења, изабрали њима одговарајуће наставне активности, и на крају, како би што прецизније измјерили резултате поучавања потребан је својеврстан „алат“. Из те потребе су у образовању настале различите класификације образовних и васпитних циљева и исхода учења. Једна од најпознатијих класификација која се користи за планирање, припрему и вредновање образовања јесте Блумова таксономија образовних циљева. Живковић

in the middle of the previous century in the works of the American psychologists Bobitt, Herrick and Tyler, and is tightly connected with Bloom and Krathwohl's taxonomy of learning objective, i.e. educational and pedagogical outcomes, which determine content of learning and conditions under which they interfere most successfully. Herrick and Tyler in 1950 introduced a term curriculum system, which consists of the elements of curriculum system: learning objectives, methods, organisation and evaluation (Bežen, 2008). So, when we are talking about curriculum educational concept we cannot avoid to mention one of the most frequently used theoretical patterns used for planning, preparation and evaluation of education and that is exactly Bloom's Taxonomy of educational objectives.

The aim of this paper is to present Bloom's Taxonomy of educational objectives, especially its cognitive field, its importance for the improvement of quality in Geography teaching in the light of curriculum reform in Bosnia and Herzegovina, and stating examples of its implementation in Geography teaching. In this paper, we have used the method of theoretical analysis.

### THE SIGNIFICANCE OF BLOOM'S TAXONOMY

Learning objectives are related to gaining of knowledge and skills, as well as acquisition of attitudes and values. In order to acquire efficient realization of those goals, it is very important to define learning outcome, i.e. claims regarding expected achievements. In order to define learning objectives more precisely and more clearly, to choose adequate a during-school program, and finally, in order to measure the results of teaching it is necessary to have an adequate kind of "tool". These needs in education result in different classifications of educational and pedagogical objectives and learning outcomes. One of the most important classifications used for planning, preparation and evaluation of the education is Bloom's Taxonomy of educational

(2015) наводи да је то најразрађенија и најчешће коришћена класификација циљева образовања, а према Ђорђевићу (2016) ову таксономију је прихватио и највећи број стручњака који су предлагали и конципирали своје таксономије.

Блумова таксономија је креирана педесетих година 20. вијека, тачније 1956. године, а аутор је Бенџамин Блум (Benjamin Bloom; 1913–1999) амерички психолог заједно са сарадницима Енгелхартом (M. D. Engelhart), Фурстом (E. J. Furst), Хилом (W. H. Hill) и Крејтволом (D. R. Krathwohl). Према Koren (2014, стр. 75) појам таксономија означава класификацијски систем или скуп класификацијских начела која служе за категоризацију и сврставање концепата, организама и сл. у групе које су најчешће хијерархијски организоване. Поред Блумове таксономије образовних циљева користе се и друге таксономије, а најчешће су SOLO (Structure of the Observed Learning Outcomes) таксономија исхода учења коју су осмислили Бигс (J. Biggs) и Колис (K. Collis) 1982. године и Марзанова таксономија образовних циљева коју је креирао Роберт Марзано (R. Marzano) 2000. године.

Блум и сарадници су изворној таксономији коју су креирали намијенили различите улоге: требала је послужити као заједнички језик о циљевима учења те начинима и критеријумима оцјењивања који олакшава комуникацију међу наставницима и другим стручњацима за образовање. Такође, требала је послужити као концептуални оквир за утврђивање и развој курикулума. Иако је у почетку створена за високошколски ниво, примјењива је за све врсте и нивое учења па се данас широко употребљава у образовању. Своју популарност дугује томе што нуди јасан, ефикасан и релативно једноставан модел за објашњавање и степеновање циљева и исхода учења, за обликовање метода поучавања, те за мјерење резултата поучавања (Koren, 2014, стр. 75). Према Бранковићу (2009), исходи имплицирају различите нивое знања. Када говоримо о настави географије, Блумова таксономија се

objectives. Живковић (2015) states that this is the most elaborate and most frequently used classification of educational objective, and according to Ђорђевић (2016) this taxonomy is accepted by the largest number of scholars who have suggested and designed their taxonomies.

The Bloom's Taxonomy is developed in 1956, and the author is Benjamin Bloom (1913–1999), an American psychologist together with co-workers M. D. Engelhart, E. J. Furst, W. H. Hill and D. R. Krathwohl. According to Koren (2014, p. 75) the term taxonomy denotes classification system or a set of classification principles used for categorization and classifications of concepts, organisms, etc. into groups which are most frequently hierarchically organized. Apart from Bloom's Taxonomy of educational objectives other taxonomies can be used as well, and the most frequently used is SOLO (Structure of the Observed Learning Outcomes) taxonomy of learning outcome, developed by J. Biggs and K. Collis in 1982, and Marzano's Taxonomy of educational objectives created by Robert Marzano in 2000.

Bloom and his co-workers had intentions for the original Taxonomy to have various roles: it should serve as a common means of understanding regarding learning objective as well as ways and criteria for grading which is supposed to create easier communication between teachers and other experts for education. Also, the taxonomy is intended to serve as a conceptual framework for determination and development of curriculum. Although at the very beginning the taxonomy was created only for higher education, it is applicable for all other kind and levels of learning, so today it is widely used in education. The primary reason for the popularity is the fact that it offers a clear, efficient and relatively simple model for explanation and gradation of learning objective and learning outcome, for modelling of teaching methods, and for measuring the results of teaching (Koren, 2014, p. 75). According to Бранковић (2009), outcome implies the different levels of knowledge. When it is about Geography teaching, Bloom's Taxonomy today can be used in Geography curriculum creation (the objective

данас може користити код креирања наставних програма/курикулума за географију (циљеви наставе), код операционализације циљева у настави географије (исходи), као и да олакша наставнику процес верификације односно као алат за мјерење резултата учења. Предност наставе географије која је усмјерена на исходе или очекивана постигнућа је у томе што ће на основу дефинисаних исхода наставници моћи лакше да уоче које ће садржаје поучавати, које наставне стратегије и методе ће користити и које задатке ће примијенити код вредновања. Осим за наставнике, јасно дефинисани исходи су од велике помоћи и за ученике и родитеље јер пружају јасну слику о знањима, способностима и ставовима које ученици треба да стекну за сваку наставну тему, разред и школски ниво.

Један од крајњих циљева Блумове таксономије јесте диференцирани приступ и индивидуализована настава. Наставу би требало прилагодити сваком ученику појединачно, у складу са његовим могућностима, како би се довео на виши ниво когнитивног развоја. Овако добро разрађена таксономија би требала помоћи не само стицању трајног и квалитетног знања, већ и ефикасној индивидуализацији процеса наставе (Стојаковић, 1999, стр. 46). Међутим, да би се индивидуализација рада у настави географије спровела успјешно, потребно је установити ниво знања, интелектуалних и других способности сваког ученика. Такав приступ захтијева веће ангажовање и веће компетенције самог наставника. Нарочито је велики проблем када се у одјељењима налази већи број ученика, што додатно ствара тешкоће у раду наставника.

Према Блумовој таксономији разликују се три категорије понашања која се користе током учења, односно три подручја циљева учења а то су: когнитивно (знање и мишљење), афективно (осјећаји или став) и психомоторно (физичке вјештине или оно што ученик може чинити). Когнитивно подручје обухвата циљеве учења који се односе на усвајање знања и развој мишљења, афективно

of teaching), in cases of operationalisation of aims in Geography teaching (outcomes), and to make it easier for teachers in the process of verification, i.e. as a tool for measuring learning results. Advantages of Geography teaching oriented towards outcomes or expected achievements is in the fact that, on the basis of defined outcomes teachers could easier spot the content they will teach, which teaching strategies and methods they will use and what kind of tasks they will use for gradation. Apart for teachers, clearly defined outcomes are of great importance for both students and parents because they provide a very clear picture about knowledge, skills, abilities and attitudes students should gain for each training unit, grade and school level.

One of the final aims of Bloom's Taxonomy is differentiated approach and individualized teaching. Teaching should be adjusted to every single student, in accordance with his/her possibilities in order to reach a higher level of cognitive development. A taxonomy developed according to those postulates should help not only in gaining of lasting and quality knowledge, but also in more efficient individualization of the teaching process (Стојаковић, 1999, p. 46). In order for a successful realization of individualization in Geography teaching, it is necessary to check the level of knowledge, intellectual and other abilities of every student. Such approach requires more engagement and more authorities of every teacher. Great problem and an additional obstacle for a teacher can be present in cases when there are too many students in one class.

According to Bloom's Taxonomy, there are three different categories of behaviour, which are used during learning, i.e. three fields of learning objective: cognitive (knowledge and thinking), affective (feelings and attitude) and psychomotor (physical abilities or what a student can do). Cognitive field includes learning objectives related to knowledge acquisition and the development of thinking, the affective field includes learning objectives related to attitudes, interests and values estimation, while psychomotor field includes learning objectives

подручје обухвата циљеве учења повезане са ставовима, интересовањима и процјењивањем вриједности, док психомоторно подручје обухвата циљеве учења повезане са мануелним и моторичким вјештинама. Треба напоменути да су сва три подручја међусобно повезана и да се, у пракси, не могу посматрати одвојено.

Као примјер за наставу географије, навешћемо циљеве у сва три подручја која се односе на картографску писменост и појам географске карте (Таб. 1).

related to manual and motor skills. It should be mentioned that all these three fields are mutually connected and that in practice they cannot be treated separately.

As an example for Geography teaching, we will refer to learning objective in all three fields and their relation to cartographic literacy and the term geographical map (Tab. 1).

Таб. 1. Примјер циљева учења о географској карти у основној школи, кроз три различита подручја учења

Tab. 1. An example of learning objectives about geographical map in primary school, through three different fields of learning

| Подручје учења                                           | Циљеви учења                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Когнитивно подручје – „мислити“<br>(знање и мишљење)     | Ученици треба да стекну знања о географској карти, како се класификују карте, који су елементи и садржаји географске карте, како се врши оријентација карата, да знају да израчунају размјер, да анализирају, упоређују и закључују уз помоћ карте.                       |
| Афективно подручје – „осјећати“<br>(осјећаји или став)   | Ученици треба да развију интересовање за географску карту, мотивацију за коришћење географске карте, радозналост о могућностима примјене карте, да схвате значај географске карте и сл.                                                                                   |
| Психомоторно подручје – „чинити“<br>(физичке вјештине)   | Ученици треба да развију моторичке вјештине као што је способност да нацртају карту, способност да уцртају садржаје карте и сл.                                                                                                                                           |
| Field of learning                                        | Learning objectives                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Cognitive field – “to think”<br>(knowledge and thinking) | Students should gain knowledge about geographical map, its classification, the elements and contents of geographical maps, how to determine orientation on geographical maps, how to learn to calculate scale, to analyze, compare and conclude with the help of the map. |
| Affective field – “to feel”<br>(feelings or attitude)    | Students should develop interest in geographical map, motivation for the usage of geographical map, curiosity about possibilities in usage of geographical map and to realize the importance of geographical map, etc.                                                    |
| Psychomotor field – “to do”<br>(physical skills)         | Students should develop motor skills, like ability to draw a map, ability to chart contents and so on.                                                                                                                                                                    |

Сва три подручја учења су подједнако важна за развој личности, али је до сада највише разрађено когнитивно подручје. У оквиру когнитивног подручја постоје, како је већ наведено, изворна (ИТ) и ревидирана (РТ) Блумова таксономија. Наиме, изворна Блумова таксономија у когнитивном подручју из 1956. године је, као и сваки други теоријски оквир, била подложна критици и указивању на њене недостатке, тако да се наметала потреба за њеном ревизијом. Ревизија оригиналне Блумове таксономије урађена је 2001. године, а урадили су је Блумови сарадници и ученици Д. Крејтвол (D. Krathwohl) и Л. Андерсон (L. Anderson) (Anderson et al., 2001). У оквиру афективног подручја Блум и сарадници су објавили Таксономију афективног подручја 1964. године, али нису никада урадили таксономију за психомоторно подручје. Ђијуновић (2007) сматра да је проблем садржаја учења у афективном подручју израженији од тог проблема у когнитивном подручју. Ово подручје таксономије недовољно је теоријски разрађивано и мање је познато у наставној пракси. Психомоторно подручје, које обухвата: имитацију, манипулацију, прецизацију, артикулацију и натурализацију, посебно је значајно за процес учења одређених вјештина и способности (Микановић, 2014). Три најчешће коришћене таксономије за психомоторно подручје су таксономије које су направили Дејв (R. H. Dave) 1970. године, Симпсон (E. J. Simpson) 1972. године и Хароу (A. Harrow) 1972. године (Koren, 2014).

Иако су сва три подручја подједнако важна за развој личности, код традиционалне наставе, која је још увијек присутна у образовним системима у Босни и Херцеговини, највећа пажња се придаје когнитивном подручју, док је афективно подручје доста занемарено. У традиционалној настави се, најчешће, занемарују осјећања ученика, њихове жеље и потребе и њихове могућности. Од ученика се очекује да слуша, меморише чињенице и одговара на постављена питања. Због тога је у процесу наставе потребно развијати и афективно подручје. То значи да код ученика,

All three learning fields are of equal importance for personality development, but until now, attention was paid to cognitive field. In the frame of cognitive field there are, as we have already mentioned, the original (OT) and revised (RT) Bloom's Taxonomy. Namely, the original Taxonomy in cognitive field from 1956, as any other theoretical framework, has been subject to criticism and putting stress on the imperfections, so it seems that a revision was a necessity. The revision of the original Bloom's Taxonomy was finished in 2001 by Bloom's co-workers and students, D. Krathwohl and L. Anderson (Anderson et al., 2001). In the framework of the affective field, Bloom and co-authors published Taxonomy of Affective Domain in 1964, but they did not finish taxonomy of Psychomotor Domain. Ђијуновић (2007) argues that the problem of learning content in affective domain is more dominant than the same problem within cognitive domain. This domain of taxonomy is insufficiently researched and developed and at about the same time is less known in teaching practice. Psychomotor domain, which includes imitation, manipulation, precision, articulation and naturalization, is especially important for the process of learning of certain skills and abilities (Микановић, 2014). Three most frequently used taxonomies for psychomotor domain are taxonomies invented by R. H. Dave in 1970, E. J. Simpson in 1972 and A. Harrow in 1972 (Koren, 2014).

Although all three domains are of equal importance for personality development, in traditional teaching, still present in education system in Bosnia and Herzegovina, the cognitive domain has a priority, while affective domain stays aside. Traditional teaching, in most cases, neglects students' feelings, their wishes, needs and their abilities. Pupils are expected to listen, memorize facts and answer the questions. This is why affective domain should be developed in the process of teaching. This means that students, apart from acquisition of knowledge and development of

пored усвајања знања и развоја способности, треба развијати заинтересованост, мотивацију, подстицати их да постављају питања, да формирају ставове и усвајају вриједности.

С обзиром на то да је изворна Блумова таксономија у когнитивном подручју ревидирана, у даљем дијелу рада биће приказане разлике између ИТ и РТ.

#### РАЗЛИКЕ ИЗМЕЂУ ИЗВОРНЕ (ИТ) И РЕВИДИРАНЕ (РТ) БЛУМОВЕ ТАКСОНОМИЈЕ

Изворну Блумову таксономију карактеришу нивои когнитивних процеса гдје је издвојено шест когнитивних нивоа. Као основа за израду таксономије, Блуму је послужила анализа интелектуалних понашања помоћу којих ученици усвајају знања (Зечевић et al., 2014). Према ИТ први ниво представља знање, а остале нивое чине поједини ментални процеси. Нивои су поредани овим редом: знање, разумијевање, примјена, анализа, синтеза и евалуација или вредновање (Blum, 1965).

Сазнања из когнитивне психологије, као и истраживања о Блумовој таксономији (Fairbrother, 1975; Seddon, 1978), указивала су на неке недостатке Блумове таксономије. Критике ИТ су се највише односиле на кумулативну хијерархију која је била таква да сваки наредни сложенији когнитивни ниво укључује понашање из претходног нивоа. Затим, да су одређени захтјеви на нивоу *Знања* сложенији него одређени захтјеви на нивоу *Анализе* или *Евалуације*, док *Евалуација* није сложенији ниво од *Синтезе*, већ *Синтеза* укључује *Евалуацију* (Krietzler & Madaus, 1994). Значајна слабост ИТ односила се на једнодимензионалност когнитивних процеса (Furst, 1994). Због свега наведеног урађена је ревизија Блумове таксономије у когнитивном подручју.

У кратким цртама, највеће разлике између ИТ и РТ огледају се у:

1. промјени редослиједа појединих категорија

abilities, should develop interests, motivation, should be encouraged to ask questions, to form attitudes and acquire values.

Having on mind the fact that Bloom's Original Taxonomy in cognitive domain is revised in the following parts of the paper we will present the differences between the original Taxonomy and revised Taxonomy.

#### THE DIFFERENCES BETWEEN ORIGINAL TAXONOMY (OT) AND REVISED TAXONOMY (RT)

The original Bloom's Taxonomy is characterized by the levels of cognitive processes and six of them are separated. As a basis for the creation of the Taxonomy, Bloom uses the analysis of intellectual behaviour thanks to which students acquire knowledge (Зечевић et al., 2014). According to the original Taxonomy, the first level is knowledge, while other levels refer to certain mental processes. Levels are stated in this order: knowledge, comprehension, application, analysis, synthesis and evaluation (Bloom, 1965).

Knowledge from cognitive psychology and researches about Bloom's taxonomy (Fairbrother, 1975; Seddon, 1978) point out some imperfections of Bloom's Taxonomy. Criticism of the original Taxonomy primarily refers to cumulative hierarchy, which is created in such a way that every next cognitive level involves behaviour from the previous level. Also, it refers that certain demands are on the level of *Knowledge* more complex than demands on the level *Analysis* or *Evaluation*, while *Evaluation* is not more complex than *Synthesis*, but *Synthesis* integrates *Evaluation* (Krietzler & Madaus, 1994). Significant weakness of the original Taxonomy is related to one-dimensionality of cognitive processes (Furst, 1994). All mentioned above are the main reasons for the revision of Bloom's Taxonomy in cognitive domain.

Shortly, the largest differences between the original Taxonomy and the revised Taxonomy can be seen in:

1. The change of sequence of certain categories

- у хијерархији когнитивних процеса,
2. увођењу дводимензионалности (димензија знања и димензија когнитивних процеса) и
  3. увођењу метакогнитивне димензије знања (Krathwohl, 2002).

Код ИТ постоји стриктан хијерархијски редослијед свих нивоа знања, гдје су виши нивои условљени нижим нивоима знања, док код РТ не постоји тако стриктна хијерархија. Прва три, најнижа нивоа, су поредана хијерархијски и код њих постоји условљеност, док три виша нивоа обухватају критичко и креативно мишљење и међусобно су равноправни. За разлику од изворне таксономије коју карактерише једнодимензионалност, код ревидиране таксономије је, у складу са достигнућима когнитивне психологије, уведена дводимензионалност. Детаљним разликама између ове двије таксономије бавила се Bümen (2007), која је издвојила три врсте разлика, а то су разлике у наглашавању појединих компоненти таксономије, разлике у терминологији и разлике у структури таксономије. У оквиру сваке врсте разлика издвојене су по четири промјене.

*Димензија знања*, према ревидираној Блумовој таксономији, обухвата четири врсте знања: чињенично, концептуално, процедурално и метакогнитивно (Таб. 2).

- in the hierarchy of cognitive processes,
2. Introduction of two-dimensionality (dimension of knowledge and the dimension of cognitive process) and
  3. Introduction of metacognitive dimension of knowledge (Krathwohl, 2002).

In the original Taxonomy, there is a strict hierarchical order of all knowledge levels, where higher levels are conditioned by lower levels of knowledge, while in the case of the Revised Taxonomy there is no so strict hierarchy. The first three, lowest levels are hierarchically ordered and there is no mutual dependency, while three higher levels include critical and creative thinking and are mutually equal. While the original Taxonomy is characterised by one-dimensionality, the Revised Taxonomy is, in accordance with achievements of cognitive psychology, introduced with two-dimensionality. Details regarding the differences between those two taxonomies have been in the focus of Bümen (2007) research. She pointed out three types of differences and they are differences in emphasizing of certain components of taxonomy, differences in terminology and differences in taxonomy structures. Four changes are single out in the frame of every kind of differences.

*Knowledge Dimension*, according to the Revised Bloom's Taxonomy involves four kinds of knowledge: Factual Knowledge, Conceptual Knowledge, Procedural Knowledge, and Metacognitive Knowledge (Tab. 2).

Таб. 2. Структура димензије знања према РТ  
Tab. 2. Structure of the Knowledge Dimension of the Revised Taxonomy

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>А. ЧИЊЕНИЧНО ЗНАЊЕ: Основне чињенице које треба познавати да би се упознала одређена дисциплина или ријешити проблем.</p> <p>А.а. Познавање терминологије</p> <p>А.б. Познавање специфичних детаља и елемената</p> <p>Б. КОНЦЕПТУАЛНО ЗНАЊЕ: Односи међу темељним елементима (чињеницама) који им омогућавају да функционишу као цјелина унутар неке веће цјелине.</p> <p>Б.а. Познавање класификација и категорија</p> <p>Б.б. Познавање принципа и генерализација</p> <p>Б.в. Познавање теорија, модела и структура</p> <p>В. ПРОЦЕДУРАЛНО ЗНАЊЕ: Како направити нешто специфично унутар предмета: како и када користити одређене процедуре, технике и методе истраживања; како одредити критерије за коришћење вјештина.</p> <p>В.а. Познавање вјештина специфичних за предмет</p> <p>В.б. Познавање техника и метода специфичних за предмет</p> <p>В.в. Познавање критерија за коришћење одређених процедура</p> <p>Г. МЕТАКОГНИТИВНО ЗНАЊЕ: Знање о спознаји уопште те свијест и знање о властитој спознаји.</p> <p>Г.а. Стратешко знање</p> <p>Г.б. Знање о томе како рјешавати различите врсте когнитивних задатака, укључујући и одговарајућа знања о контексту и условима рјешавања тих задатака</p> <p>Г.в. Знање о себи</p>                                                                                         |
| <p>A. FACTUAL KNOWLEDGE: The basic elements a student must know in order to be to be acquainted with a discipline or solve problems in it.</p> <p>A.a. Knowledge of terminology</p> <p>A.b. Knowledge of specific details and elements</p> <p>B. CONCEPTUAL KNOWLEDGE: The interrelationships among the basic elements (facts) within a larger structure that enable them to function together, as a whole within a larger whole.</p> <p>B.a. Knowledge of classification and categories</p> <p>B.b. Knowledge of principles and generalizations</p> <p>B.c. Knowledge of theories, models, and structures</p> <p>C. PROCEDURAL KNOWLEDGE: How to do something specific within the subject: how and when to use certain procedures, techniques and methods of inquiry; how to determine categories for using skills.</p> <p>C.a. Knowledge of subject-specific skills</p> <p>C.b. Knowledge of subject-specific techniques and methods</p> <p>C.c. Knowledge of criteria for determining when to use appropriate procedures</p> <p>D. METACOGNITIVE KNOWLEDGE: Knowledge of cognition in general as well as awareness and knowledge of one's own cognition</p> <p>D.a. Strategic Knowledge</p> <p>D.b. Knowledge about cognitive tasks, including appropriate contextual and conditional knowledge</p> <p>D.c. Self-knowledge</p> |

Извор / Source: Krathwohl (2002)

Друга димензија ревидиране таксономије је *димензија когнитивних процеса*. Код РТ је издвојено шест категорија/нивоа когнитивних процеса, као и код ИТ, али су издвојене и поткатегорије (укупно 19 поткатегорија) (Таб. 3).

The second dimension of the revised Taxonomy is the *Cognitive Process Dimension*. There are six sub-categories/levels of cognitive process in the revised Taxonomy, as well as in the original Taxonomy, but the revised Taxonomy points out and sub-categories (total number of sub-categories is 9) (Tab. 3).

Таб. 3. Структура димензије когнитивних процеса према РТ  
Tab. 3. Structure of the Cognitive Process Dimension of the Revised Taxonomy

|                        |                      |
|------------------------|----------------------|
| 1.0. Запамтити         | 1.0. Remember        |
| 1.1. Препознавање      | 1.1. Recognizing     |
| 1.2. Присјећање        | 1.2. Recalling       |
| 2.0. Разумјети         | 2.0. Understand      |
| 2.1. Интерпретирање    | 2.1. Interpreting    |
| 2.2. Навођење примјера | 2.2. Exemplifying    |
| 2.3. Класификовање     | 2.3. Classifying     |
| 2.4. Сажимање          | 2.4. Summarizing     |
| 2.5. Закључивање       | 2.5. Inferring       |
| 2.6. Упорјеђивање      | 2.6. Comparing       |
| 2.7. Објашњавање       | 2.7. Explaining      |
| 3.0. Примјенити        | 3.0. Apply           |
| 3.1. Извршавање        | 3.1. Executing       |
| 3.2. Имплементирање    | 3.2. Implementing    |
| 4.0. Анализирати       | 4.0. Analyze         |
| 4.1. Диференцирање     | 4.1. Differentiating |
| 4.2. Организовање      | 4.2. Organizing      |
| 4.3. Приписивање       | 4.3. Attributing     |
| 5.0. Вредновати        | 5.0. Evaluate        |
| 5.1. Провјеравање      | 5.1. Checking        |
| 5.2. Критиковање       | 5.2. Critiquing      |
| 6.0. Стварати          | 6.0. Create          |
| 6.1. Генерисање        | 6.1. Generating      |
| 6.2. Планирање         | 6.2. Planning        |
| 6.3. Произвођење       | 6.3. Producing       |

Извор / Source: Krathwohl (2002)

Оно што је значајно истаћи за нивое когнитивних процеса јесте да их је потребно познавати и користити приликом дефинисања исхода и одређивања наставних активности. На тај начин се ученицима омогућава да напредују од нижих ка вишим мисаоним вјештинама. Нарочито је значајно развијати више нивое јер они чине основу критичког и креативног мишљења. Коришћење различитих нивоа когнитивних процеса омогућава и лакшу процјену ученичког знања.

Као што је већ речено, код ревидиране таксономије је, у складу са достигнућима когнитивне психологије, уведена дводимензионалност. Прожимањем димензије знања и димензије когнитивних процеса, настала је таксономска таблица (Таб. 4). Ова таблица је намјењена наставнику и помаже му да утврди и анализира које категорије знања треба поучавати: чињенично, концептуално, процедурално или метакогнитивно знање. Друга димензија, димензија когнитивних процеса наставнику указује на ниво когнитивног процеса који ученици користе да би достигли задате циљеве. На пресјеку ове двије димензије налазе се ћелије (укупно 24 ћелије) које служе за класификацију исхода. На тај начин наставник може да утврди да ли су исходи које је дефинисао равномјерно распоређени и према врстама знања и према нивоима когнитивних процеса. Таксономска таблица је значајна и код оцјењивања, јер омогућава крајње прецизно и корисно оцјењивање. Према овој табlici се питања која се постављају ученицима могу оцијенити на 24 различита начина, зависно којој врсти знања и којем нивоу когнитивних процеса припадају.

Амер наводи вишеструке могућности коришћења таксономске таблице (Amer, 2006). Таксономска таблица може помоћи код анализе циљева наставне јединице или наставног плана и програма, може помоћи наставницима да не мијешају циљеве са активностима, да схвате однос између процјене и наставних активности, а може им помоћи и код провјере усклађивања са наставним планом и програмом. Koren (2014, стр. 101) наводи да изазов који стоји пред

It is important to mention that levels of Cognitive Process should be known and used for defining outcome and determination of teaching activities. In this way, students are given a chance to advance from lower towards higher thinking skills. It is especially important to develop higher level because it presents the basis of critical and creative thinking. Usage of different levels of cognitive processes provides an easier assessment of students' knowledge.

As we have already mentioned, in the case of the revised Taxonomy, in accordance with the achievements of cognitive psychology, a principle of two-dimensionality is introduced. Interferences between dimension of knowledge and dimension of cognitive processes help the invention of the taxonomy table (Tab. 4). This table is aimed for teachers and can help them to determine and analyze the categories, which should be taught: factual, conceptual, procedural or metacognitive knowledge. The other dimension, the dimension of cognitive processes, points out to a teacher a level of cognitive process used by students in order to acquire determined aims. There are cells (24 cells in total) on the intersection of these two dimensions, which serve for the classification of learning outcome. Thus, a teacher can determine if learning outcome he/she previously defined is evenly distributed in accordance to the types of knowledge and in accordance with the levels of cognitive processes. Taxonomy table is very important for grading, too, because it enables highly precise and useful grading. According to this table, students are asked questions which can be graded in 24 different ways, depending on what kind of knowledge and what level of cognitive process they belong.

Amer (2006) states multiple possibilities in the usage of the Taxonomy table (Amer, 2006). The Taxonomy table can help in the analysis of the objectives of a unit or a syllabus, can help teachers not to confuse activities with objectives, to realize the relationship between assessment and teaching/ learning activities, and examine Curriculum alignment. Koren (2014, p. 101) states that a challenge in front of a teacher is how to

Таб. 4. Таксономска таблица (димензије знања и нивои когнитивних процеса)  
 Tab. 4. The Taxonomy Table (The Knowledge Dimension and Levels of Cognitive Process)

| Димензије знања         | Шест нивоа когнитивних процеса |                 |                  |                   |                  |                |
|-------------------------|--------------------------------|-----------------|------------------|-------------------|------------------|----------------|
|                         | 1.<br>Запамтити                | 2.<br>Разумјети | 3.<br>Примјенити | 4.<br>Анализирати | 5.<br>Вредновати | 6.<br>Стварати |
| А. Чињенично знање      | A1                             | A2              | A3               | A4                | A5               | A6             |
| Б. Концептуално знање   | B1                             | B2              | B3               | B4                | B5               | B6             |
| Ц. Процедурално знање   | C1                             | C2              | C3               | C4                | C5               | C6             |
| Д. Метакогнитивно знање | D1                             | D2              | D3               | D4                | D5               | D6             |

| The Knowledge Dimension    | Six Levels of Cognitive Process Dimension |                  |             |               |                |              |
|----------------------------|-------------------------------------------|------------------|-------------|---------------|----------------|--------------|
|                            | 1.<br>Remember                            | 2.<br>Understand | 3.<br>Apply | 4.<br>Analyze | 5.<br>Evaluate | 6.<br>Create |
| A. Factual Knowledge       | A1                                        | A2               | A3          | A4            | A5             | A6           |
| B. Conceptual Knowledge    | B1                                        | B2               | B3          | B4            | B5             | B6           |
| C. Procedural Knowledge    | C1                                        | C2               | C3          | C4            | C5             | C6           |
| D. Metacognitive Knowledge | D1                                        | D2               | D3          | D4            | D5             | D6           |

Извор / Source: Krathwohl (2002)

наставником јесте обликовати такву наставу која ће обухватити различите категорије знања, више нивое когнитивних процеса и на крају, придонијети дубинском разумијевању и учењу.

organise such lessons which would include different categories of knowledge, higher levels of cognitive processes and, in the end, contribute in a deeper understanding and learning.

#### МОГУЋНОСТИ И ПРЕДНОСТИ ПРИМЈЕНЕ БЛУМОВЕ ТАКСОНОМИЈЕ У НАСТАВИ ГЕОГРАФИЈЕ

И у географији као научно-наставној дисциплини постоје четири наведене врсте знања које је потребно поучавати: чињенично, концептуално, процедурално и метакогнитивно. Један од недостатака традиционалне наставе је доминантно присуство чињеничног знања, тако да је потребно омогућити ученицима да усвоје и остале три врсте знања.

#### POSSIBILITIES AND ADVANTAGES OF THE BLOOM'S TAXONOMY APPLICATION IN GEOGRAPHY TEACHING

In Geography, as a scholar and scientific discipline, there are four mentioned kinds of knowledge, which should be researched: factual, conceptual, procedural and metacognitive. One of the disadvantages of traditional teaching is dominant presence of factual knowledge, so it is necessary to provide students a chance to acquire and the other three kinds of knowledge.

*Чињенично знање* обухвата познавање основних појмова, чињеница и овладавање терминологијом. Географско чињенично знање обухвата знање о географским објектима, појавама, процесима и односима. Према Ромелићу (2003) географски објекти су основне јединице у географској средини, као нпр. планине, котлине, ријеке, мора, градови и сл. Географске појаве се надовезују на објекте, а изражене су као температура ваздуха, инсолација, водостај, таласање, трансгресија, земљотрес, вулканске ерупције. Географски процеси означавају ток, пут и начин којим нешто постаје, бива и развија се у географској средини. То су нпр. дефлација, бочна ерозија, тектонски покрети и др. Географски односи чине феномене који се изражавају одређеном позицијом њених битних елемената, као што су густина насељености, природни прираштај, средња температура ваздуха, релативна влажност ваздуха, облачност (Ромелић, 2003, стр. 17). Саставне дијелове структуре неких географских објеката, појава и процеса чине географски елементи. Постоје двије групе географских елемената. То су физичко-географски (рељеф, клима, воде, земљиште, вегетација и животињски свијет) и друштвено-географски (насеља, становништво и привреда). Усвајање основних географских појмова и усвајање одређене количине фактографског географског материјала је неопходан и важан предуслов за прелазак на више когнитивне нивое.

*Концептуално знање* представља познавање односа међу темељним елементима (чињеницама) који им омогућавају да функционишу као цјелина унутар неке веће цјелине. То подразумева познавање општих начела, веза, структура и образаца у географији. У географији као научно-наставној дисциплини од посебног је значаја спознавање географских веза и законитости. У Међународној повели за географско образовање из 2016. године (International Geographical Union, 2016) стоји да географија као предмет представља много више од учења мноштва чињеница и појмова. Фокус треба да је на обрасцима и процесима

*Factual knowledge* involves knowledge of the basic terms, facts and terminology acquisition. Geographical factual knowledge includes the knowledge about geographical objects, figures, processes and relations. According to Ромелић, geographical objects are basic unit in geographical surrounding, like mountains, basins, rivers, seas, cities/towns and so on. Geographical phenomena follow up the objects and are distinct as air temperature, insolation, water level, sway, transgression, earthquake, volcano eruptions. Geographical processes denote flow, way and means how something is created, exists and developed in the geographical environment. Those are, for example, deflation, lateral erosion, tectonic movements and so on. Geographical relations make phenomena, which are expressed by certain position of its essential elements, just like population density, natural increase, average air temperature, relative humidity of air, cloudiness (Ромелић, 2003, p. 17). Geographical elements are components of structure of certain geographical objects, figures and processes. There are two groups of geographical elements. Those are physical geographical (relief, climate, water, soil, vegetation and animal world) and socio-geographical (settlements, population and economy). Adoption of basic geographic terms and the adoption of certain amount of factographic material is a necessary and important precondition for transcending to higher cognitive levels.

*Conceptual knowledge* is the knowledge of the relations between basic elements (facts) which provide them to function as a whole within a bigger whole unity. It implies knowledge of knowing general principles, relations, structures and patterns in Geography. In Geography, as a scientific and teaching discipline, the knowledge of geographical relations and validities is of great importance. The 2016 International Charter on Geography Education (International Geographical Union, 2016) states that Geography is much more than learning many facts and concepts. The focus should be on patterns and processes

који нам помажу да разумијемо планету која се стално мијења. Према Ромелићу (2003, стр. 17) географске везе чине суштину географске науке, а географске законитости представљају организацију географских чињеница на највишем нивоу, тако да познавање њихове суштине од стране ученика представља највиши вредновани ранг усвојеног знања. Ђато и Стаменковић (2002, стр. 15) издвајају двије групе закона географског развоја и размјештаја објеката, појава и процеса: опште (основне) који су својствени географији као науци и посебне (специфичне) који су предмет изучавања појединих географских дисциплина. У групу основних географских законитости убрајају: географичност, интегралност, ритмичност, зоналност, азоналност, геосистемност и др.

*Процедурално знање* обухвата познавање вјештина, техника и метода специфичних за предмет, као и критерија за коришћење одређених процедура. Живковић et al. (2015, стр. 40) наводе да географске вјештине могу бити разноврсне, нпр. рад са текстом и литературом, географским картама и графичким материјалима, примјена статистичких метода и ГИС технологије, теренских и картографских метода, спровођење анкета, коришћење практичних метода и комуникационих средстава, у стицању географских знања различитог територијалног обухвата – од локалног до глобалног. Када разматра географске вјештине Ромелић (2003, стр. 19) наводи стицање бројних вјештина као што су вјештина читања географских карата, како општих тако и тематских, способност адекватног коришћења статистичког материјала, правилно географско посматрање, овладавање вјештином географског начина истраживања и интерпретације простора, овладавање вјештином руковања различитим мјерним инструментима. Ученици треба да овладају и употребом наставних и помоћних техничких средстава у процесу наставе, као што су нпр. употреба текста у уџбеницима и приручницима, употреба компјутера и сл.

Познавање истраживачких поступака, метода и техника је важан сегмент

that help us to understand an ever-changing planet. According to Ромелић (2003, p. 17), geographical relations are the essence of Geography as a science, while geographical validities are organisation of geographical facts on the highest level, so that students' knowledge of its essence represents the highest valuation rank of acquired knowledge. Ђато and Стаменковић (2002, p. 15) point out two groups of principles for geographical development and arrangement of objects, appearances and processes: general (basic) which are specific for Geography as a science and special (specific) which are subject of research within certain geographical disciplines. The group of the basic principles includes geographicality, integrity, rhythmicity, zonality, azonality, geosystems, and so on.

*Procedural knowledge* includes knowing the skills, techniques and methods specific for the subject, as well as criteria for the usage of certain procedures. Живковић et al. (2015, p. 40) state that geographical skills can be various, for example work with text and literature, geographical maps, graphical materials, usage of statistical methods and GIS technology, terrain and cartographic methods, survey research, usage of practical methods and communication means, in acquiring of geographical knowledge of the different territorial coverage – from local to global. While examining geographical skills, Ромелић (2003, p. 19) mentions acquisition of numerous skills such as a skill of geography map reading, general ones as well as thematic maps, ability for the adequate usage of statistical material, adequate geographic observation, to engross the skills of geographical way of research and space interpretations, to engross the skill of handling of different measuring instruments. Students should develop skills for usage of teaching and additional technical means in teaching process like, for example, the usage of texts from textbooks and handbooks, usage of computers and so on.

Knowing the research procedures, methods and techniques is a very important segment of procedural knowledge. This is the knowledge

процедуралног знања. То је знање које омогућава да се дође до нових знања. Истраживачки рад је значајан на свим нивоима географског образовања. Потребно је омогућити да се ученици још у основној школи, уз помоћ наставника уводе у истраживачки рад. На вишим нивоима образовања то су знања која су потребна да би се самостално провело истраживање, рјешавали проблеми који се јављају приликом провођења властитог истраживања и сл.

*Метакогнитивно знање* представља знање о спознаји уопште, те свијест и знање о властитој спознаји. Подкатегорије овог знања су стратешко знање, знање о томе како рјешавати различите врсте когнитивних задатака и знање о себи. Према Koren (2014, стр. 86) ученици требају користити метакогнитивна знања како би на прикладан начин надгледали процес свог учења, пратили своје напредовање према заданом циљу, доносили одлуке о току свог учења и дјеловали на њега помоћу одабраних стратегија. Ово знање им омогућава да више науче и постижу боље резултате.

Метакогнитивно знање у настави географије обухвата знање о томе како се најбоље учи географија. При томе је неопходно да ученици познају неке стратегије за ефикасно учење географских садржаја, за развој географског мишљења, као и стратегије за рјешавање проблема. Треба да знају која стратегија је најефикаснија и најбоља за рјешавање одређених задатака. И на крају, треба да имају спознају о сопственим знањима и способностима која су им неопходна код обављања неких одређених задатака.

that enables the acquisition of new knowledge. Researching is very important for all levels of Geography education. It is necessary to provide that students in primary school, with teachers' help, become familiar with researching. On the higher levels of education, this is the knowledge necessary in order to realize research independently, to solve problems that occur in the process of one's own research.

*Metacognitive knowledge* is the knowledge about cognition in general, as well as a consciousness and knowledge about one's own cognition. Subcategories of this knowledge are strategic knowledge, the knowledge how to solve different kinds of cognitive tasks and the knowledge about oneself. According to Koren (2014, p. 86) students should use metacognitive knowledge in order to adequately supervise the process of their learning, follow the advancement according the given goal, make conclusions about the process of their learning and influence it by chosen strategies. This knowledge provides students a possibility to learn more and achieve better results.

Metacognitive knowledge in Geography teaching includes the knowledge how Geography is taught in the best way. It is necessary that students know some strategies for efficient learning of geographical units, for development of geographical thinking, as well as strategies for problems solving. Also, students should know which strategy is the most efficient and the best for solving of certain tasks. And in the end, students should have cognition about their own knowledge and skills necessary for doing some particular tasks.

## ДИМЕНЗИЈА КОГНИТИВНИХ ПРОЦЕСА И НАСТАВА ГЕОГРАФИЈЕ

Друга димензија у ревидираној Блумовој таксономији знања се односи на *нивоје когнитивних процеса*. Када шест различитих нивоа когнитивних процеса примјенимо на учење географских садржаја, онда бисмо их могли описати на следећи начин:

## DIMENSION OF COGNITIVE PROCESS AND GEOGRAPHY TEACHING

The second dimension of the revised Bloom's Taxonomy of knowledge deals with the *cognitive process dimension*. When six different levels of cognitive processes are used in Geography education, then they can be described like this:

*Запамтити:* На овом првом нивоу нагласак је на памћењу. Ученици показују јесу ли меморисали географске чињенице и дефинишу научене појмове мада их не морају нужно и разумјети. Дакле, ученици репродукују већ научене географске информације у изворном облику. Поред чињеница ученици уче и географске термине, законе, принципе и дефиниције. Тако нпр. могу да именују неки географски појам и да га покажу на географској карти, да наброје или дефинишу неке географске појмове онако како су научили и сл. Ученици одговарају на питања: ко, шта, гдје и када.

*Разумјети:* Други ниво се темељи на разумијевању географских информација и њиховој трансформацији из једног облика у други. Ученици показују да ли су правилно примили географску информацију и да ли могу да је интерпретирају и уопште. На овом нивоу ученици могу нпр. да опишу географски положај неког објекта, да својим ријечима дефинишу неки појам, да објасне неку географску појаву и сл. Овај ниво представља претпоставку за употребу знања. Ученици одговарају на питања: зашто и како.

*Примијенити:* Овај ниво представља примјену свега онога што су ученици научили и схватили односно употребу општих правила и поступака. Сечено знање може да се користи за рјешавање проблема, употребу географске карте и глобуса, графичко представљање података, рачунање и примјену формула, примјену одговарајућих начела, коришћење одговарајућих инструмената за мјерење и сл.

*Анализирају:* На нивоу анализе се врши рашчлањивање географских информација или растављање неке географске појаве на саставне дијелове како би се утврдили међусобни односи и везе између тих дијелова, узроци и посљедице и на основу тога донијели неки закључци. Веома је важно да приликом анализе ученици знају да одвоје важне од неважних информација. Такође је важно да ученици знају уочити сличности и разлике између датих географских података.

*Вредновати:* То је ниво гдје ученик има

*Remember:* On this first level, the stress is on remembering. Students show if they memorize geographical facts and define learnt terms, but it is not necessary to understand them. So, students reproduce already learnt information in the original form. Apart from the facts, students learn geographical terms, laws, principles and definitions. So, for example, they can name some geographical term and show it on the geographical map, count or define some geographical terms in the way they have learnt them, and so on. Students answer the questions: who, what, where and when.

*Understand:* The second level is based on understanding of geographical information and its transformation from one shape to another. Students show if they correctly received geographical information and if they could interpret it. On this level, students can, for example, describe geographical location of some object, define some term in their own words, and explain some geographical phenomena and so on. This level represents hypothesis for the usage of knowledge. Students answer the questions: why and how.

*Apply:* This level represents the usage of all what students have learnt and understood, i.e. the usage of all general rules and procedures. Acquired knowledge can be used for problem solving, the usage of geographical maps and globe, graphical presentation of data, calculating and the usage of formulas, usage of adequate principles, and usage of adequate instruments for measurement and so on.

*Analyze:* On the analysis level, there is the process of decomposition of geographical information or decomposition of some geographical phenomenon to its constituent parts in order to determine their mutual relations between the parts, causes and consequences, and these parameters produce certain conclusions. It is very important that during the analysis students know how to make distinction between important and unimportant information. Also, it is very important that students are able to spot similarities and differences between given geographical data.

способност просуђивања и процјењивања. Ученик на основу одређених критеријума и стандарда процјењује одређене вриједности. На овом нивоу је најважнији *развој критичког мишљења*, способност дискутовања, одбрана властитих ставова и сл.

*Стварати*: На овом нивоу растављени дијелови информације се састављају у једну нову цјелину. На основу анализе и вредновања доносе се закључци, генерализације, судови, ставови, оцјене, сређују и комбинују информације у смислену цјелину и сл. Ученици креативно користе знање које већ имају и на тај начин долазе до нових рјешења или до стварања нових идеја. Нагласак је на *креативном мишљењу и стварању* тако да ученици у настави географије могу да, осим смишљања нових идеја, формулишу хипотезе, предвиђају и прогнозирају ток неке географске појаве или процеса, да уопштавају, да направе план или скицу и сл.

У Таб. 5 наведени су примјери активности наставника и ученика у настави географије за поједине нивое когнитивних процеса, односно примјери шта би требали да раде ученици и наставници на појединим нивоима. Активности наставника су од посебног значаја, јер од његове оспособљености и активности које проводи на часу зависи колико ће и ученици бити оспособљени да проводе активности на појединим нивоима.

*Evaluate*: This is the level where a student has ability to conclude and evaluate. Student evaluates particular values on the basis of certain criteria and standards. On this level, the most important is the *development of critical thinking*, ability to discuss, defend one's own attitudes, etc.

*Create*: On this level, stripped parts of information are being put in a new whole. Based on analysis and evaluation, conclusions are made, as well as generalizations, judgments, attitudes, marks, information is arranged and combined in a meaningful whole. Student use the knowledge they already have in a creative way in thus they come to new solutions or new ideas. The accent is on the *creative thinking and creation* so that students in Geography education can, apart from inventing new ideas, formulate hypothesis, predict and forecast the progress of some geographical phenomenon or process, generalize, create a plan or sketch, etc.

Tab. 5 describes examples of a teacher and student's activities in Geography education for certain levels of cognitive processes, i.e. examples what students and teachers should do on certain levels. Teacher's activities are of a special importance because his competence and class activities influence students' competences for realising activities on certain levels.

Таб. 5. Примјери активности наставника и ученика у настави географије на различитим нивоима когнитивних процеса РТ

| Ниво когнитивних процеса | Примјери активности наставника географије                                         | Примјери активности ученика у настави географије                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Запамтити                | Пита Ко? Шта? Гдје? Када?, тумачи, помаже, наводи, усмјерава.                     | Дефинише појам рељефа; именује облике рељефа, наводи начине постанка планина; присјећа се подјеле; набраја основне географске карактеристике вјеначних планина; проналази на карти облике рељефа; идентификује младе вјеначне планине и сл.                                                                                                                     |
| Разумјети                | Пита Зашто? и Како?, објашњава, наводи, усмјерава, дискутује, помаже.             | Објашњава географски положај; образлаже утицај рељефа на хидрографију, биљни и животињски свијет; препознаје узрочно-последичне везе између природногеографских и друштвеногеографских елемената и фактора; описује географски процес својим ријечима; класификује небеска тијела; наводи примјер врсте небеског тијела; упоређује различите типове климе и сл. |
| Примијенити              | Задаје, пита, упућује, провјерава.                                                | Проналази на карти; налази примјере; црта графиконе и карте; рачуна размјер; мјери удаљености на карти; посматра и фотографише географске објекте; прави макете; израђује моделе.                                                                                                                                                                               |
| Анализирати              | Упућује на структуру, важно и неважно, значајно и безначајно, слично и различито. | Разликује природне и друштвене ресурсе, анализира значај појединих ресурса за развој привреде; одређује приоритете; трага за рјешењем проблема; уноси нове елементе; спаја старо са новим; анализира графиконе и дијаграме и сл.                                                                                                                                |
| Вредновати               | Одређује критерије вредновања, просуђује, критикује, оцјењује.                    | Процјењује значај појединих природних и друштвених ресурса; критички сагледава постојеће стање; хипотетички закључује; предвиђа даљи развој одређених привредних дјелатности; сагледава посљедице предложених мјера и сл.                                                                                                                                       |
| Стварати                 | Закључује, сумира, прави редослијед, класификује, генералише, апстрахује.         | Уопштава искуства; смислено мијења, предлаже нова рјешења и активности; прави туристички водич, албум, пано, зидне новине, изложбу, план града, презентацију, видео-запис; пише есеј; креира квиз и сл.                                                                                                                                                         |

Tab. 5. Examples of teachers and students' activities in Geography education on different cognitive processes (Revised Taxonomy)

| Cognitive Process Level | Examples for Geography Teacher's Activities                                                                  | Examples of Student's Activities In Geography Education                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Remember                | Aks Who? What? Where? When?, Interprets, helps, states, directs                                              | Define the term relief; name kinds of relief, states the ways of mountain creation; recalls divisions; enumerates the basic geographical characteristics of mountain range; finds forms of relief on the map; identify young mountain ranges, and so on.                                                                                                                                      |
| Understand              | Asks Why? and How?, explains, states, directs, discusses, helps                                              | Explains geographical location; reasons the influence of relief on hydro geography, flora and fauna; recognises causal connection between natural-geographic and socio-geographic elements and factors; describes geographical process in his/her own words; classifies celestial bodies; gives an example for kinds of celestial bodies; compares the different types of climate, and so on. |
| Apply                   | Assigns, asks, directs, checks                                                                               | Finds on the map; finds examples, draws graphs and maps; counts proportions on the map; observes and takes a photograph of geographical objects; make dummies, creates models.                                                                                                                                                                                                                |
| Analyze                 | Directs to the structure, to important and unimportant, significant and insignificant, similar and different | Makes distinction between natural and social resources, analyzes the importance of certain resources for economy development; determines priorities; searches for problem solution; introduces new elements; combines old with new; analyzes graphs and diagrams, etc.                                                                                                                        |
| Evaluate                | Determines criteria for evaluation, makes judgements, criticizes, grades                                     | Evaluates the importance of certain natural and social resources; critically perceives the current state; hypothetically concludes; predicts further development of certain economic activities, perceives the consequences of suggested criterion and so on.                                                                                                                                 |
| Create                  | Concludes, sums, creates sequence, classifies, generalize, abstracts                                         | Generalizes experiences; meaningfully changes, suggests new solutions and activities; makes a tourist guide book, album, wallpaper, exhibition, town map, presentation, videos; writes an essay; creates a quiz and so on.                                                                                                                                                                    |

Код примјене наведених когнитивних нивоа, најчешће се примјењују најниже категорије (знање и разумјевање), док се виши нивои знања (примјена, анализа, евалуација, синтеза) рјеђе остварују. Разлог за то налази се у доминацији традиционалне наставе и у ниском квалитету остварених резултата у њој. Због тога је важно да се од ученика у наставном процесу чешће захтјева да: посматра, упоређује, тумачи, трага, класификује, замишља, поставља хипотезе, провјерава, критикује, рјешава проблеме и изводи закључке. Изостављањем наведених мисаоних и методичких поступака умањује се активизација ученика у настави и учењу чиме се остварују само знања репродуктивног карактера (Микановић, 2014). Јанг наводи да сврха курикулума у модерном друштву није само преношење већ постојећег знања, већ да се новим генерацијама омогући да уз помоћ тог знања креирају нова знања, јер се тако развија људско друштво али и појединци (Young, 2013).

### ЗАКЉУЧАК

Примјена Блумове таксономије образовних циљева у условима курикуларне реформе у Босни и Херцеговини може допринијети повећању квалитета наставног процеса и квалитета наставних планова и програма. Као најчешће примјењивана таксономија одликује се практичношћу и разноликошћу примјене. Ова таксономија се може користити на свим нивоима географског образовања и у различитим фазама наставног процеса. Нарочито је значајна код дефинисања исхода учења. Предност наставе географије која је усмјерена на исходе или очекивана постигнућа је у томе што дефинисање исхода наставницима пружа јасну слику о томе које ће садржаје поучавати, које наставне стратегије и методе ће користити и које ће задатке примијенити код вредновања.

Ревидирану Блумову таксономију одликује дводимензионалност. Димензија знања обухвата четири врсте знања: чињенично,

In the usage of mentioned cognitive levels, the lowest categories (knowledge and understanding) are most frequently used, while higher knowledge levels (application, analysis, evaluation, synthesis) are rarely realised. The main reason can be found in the domination of traditional education and in the very low level of realised results within it. For all these reasons, it is very important that students in the education process are more frequently expected to: observe, compare, interpret, research, classify, imagine, think of hypothesis, check, criticize, solve problems and make conclusions. The lack of the mentioned thinking and methodological approaches lessens students' activation in learning and teaching which enables only knowledge of reproductive character (Микановић, 2014). Young states that the purpose of curriculum, at least in modern societies, is not only to transmit past knowledge; it is to enable the next generation to build on that knowledge and create new knowledge, for that is how human societies progress and how individuals develop (Young, 2013).

### CONCLUSION

The usage of the Bloom' Taxonomy of Education Objectives in the process of curriculum reform in Bosnia and Herzegovina can improve the quality of education and curriculum. As the most frequently used taxonomy, it is characterised by practical and various usage. This taxonomy can be used on all levels of Geography teaching and in different phases of teaching process. The taxonomy is of great importance especially in defining learning outcome. The advantages of Geography education focused on the outcomes or expected accomplishments are in the fact that defining outcomes provides teachers with a clear picture about the contents they will teach, about teaching strategies and methods they will use and what kind of tasks they will choose for valuation.

The revised Bloom's taxonomy is characterised by two-dimensionality. The dimension of knowledge consists of four kinds of knowledge: factual, conceptual, procedural and metacognitive. These four kinds of knowledge

концептуално, процедурално и метакогнитивно. Ове четири врсте знања постоје и у географији као научно-наставној дисциплини и потребно их је равномјерно поучавати. Друга димензија односи се на нивое когнитивних процеса. У настави географије потребно је познавање и коришћење категорија/нивоа когнитивних процеса приликом дефинисања исхода и одређивања наставних активности. Нарочито је значајна и неопходна заступљеност виших нивоа когнитивних процеса јер они чине основу критичког и креативног мишљења, и доприносе већој активизацији ученика. Као веома користан „алат“ у сагледавању квалитета наставног процеса користи се таксономска таблица. Она омогућава наставнику да лакше сагледа дефинисане исходе и наставу усмјери ка квалитетнијем и ефикаснијем учењу и разумијевању географије.

Због свега наведеног, било би пожељно да наставници географије познају и примјењују Блумову таксономију знања, што би се постигло кроз едукацију и стручно усавршавање. Конкретно, користећи Ревидирану Блумову таксономију, наставници географије из Републике Српске и Федерације Босне и Херцеговине би требало:

- да знају да дефинишу исходе учења за сваку наставну јединицу користећи одговарајуће глаголе за сваки ниво когнитивних процеса,
- да код дефинисања исхода учења воде рачуна о заступљености различитих врста знања и различитих нивоа когнитивних процеса,
- да знају да на основу тако дефинисаних исхода одаберу, по могућности, најефикасније наставне методе и средства, како би те исходе реализовали,
- да знају како да дефинисане исходе учења повежу са вредновањем ученичких постигнућа.

Поред наставника географије, познавање и примјена таксономија знања неопходна је и код свих оних који се баве израдом наставних планова и програма из географије и дефинисања циљева наставе географије.

are present in Geography, as a scientific and educational discipline, and they should be evenly studied. The second dimension relates to the levels of cognitive processes. Knowledge and usage of categories/levels of cognitive processes are very necessary in Geography education, especially for defining of learning outcome and determination of teaching activities. Representation of higher levels of metacognitive processes is very important and necessary because they form the basis of critical and creative thinking and contributes the better activation of students. The taxonomy table is used as a very powerful “tool” in considering the quality of the teaching process. The table provides a teacher to consider defined outcomes easier and to direct education towards more quality and more efficient learning and understanding of Geography.

Because of all mentioned above, it would be very preferably for Geography teachers to know and use the Bloom’s taxonomy which would be achieved through education and professional development. Concretely, using revised Bloom's taxonomy, Geography teachers from the Republic of Srpska and the Federation of Bosnia and Herzegovina, should know:

- how to define learning outcomes for each teaching unit, using the appropriate verb for each level of the cognitive process,
- that the definition of learning outcomes should represent different types of knowledge and different levels of cognitive processes,
- based on the defined learning outcomes, if possible, choose the most effective teaching methods and tools, to realize these outcomes,
- how the defined learning outcomes link out to the assessment of student achievement.

Apart from Geography teachers, the knowledge and usage of the taxonomy is necessary for everyone who is in charge of making Geography curriculum and defining objectives of Geography teaching.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Amer, A. (2006). Reflections on Bloom's Revised Taxonomy. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 8(4(1)), 213–230.
- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, P. W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., Raths, J. & Wittrock, M. C. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York: Longman.
- Bežen, A. (2008). *Metodika – znanost o poučavanju nastavnog predmeta*. Zagreb: Učiteljski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Profil.
- Bežen, A. (2013). *Metodike u suvremenom odgojno-obrazovnom i znanstvenom sustavu*. Zagreb: Akademija odgojno-obrazovnih znanosti Hrvatske.
- Blum, B. (1965). *Taksonomija ili klasifikacija obrazovnih i odgojnih ciljeva. Knjiga I: Kognitivno područje*. Beograd: Republički zavod za unapređenje vaspitanja i obrazovanja.
- Бранковић, Д. (2009). Циљеви, компетенције и исходи васпитања и образовања. У *Образовање и усавршавање наставника – циљеви и задаци васпитно-образовног рада* (79–88). Ужице: Учитељски факултет.
- Bümen, N. (2007). Effects of the Original Versus Revised Bloom's Taxonomy on Lesson Planning Skills: A Turkish Study Among Pre-Service. *Review of Education*, 53(4), 439–455.
- Ђорђевић, Ј. (2016). Процес глобализације и креативност. У Г. Гојков & А. Стојановић (прир.), *Природа даровитости и подстицање развоја* (11–19). Београд: Српска академија образовања.
- Fairbrother, R. W. (1975). The Reliability of Teachers' Judgements of the Abilities Being Tested by Multiple Choice Items. *Educational Research*, 17(3), 202–210.
- Furst, E. (1994). Bloom's Taxonomy: Philosophical and Educational Issues. In L. Anderson & L. Sosniak (eds.), *Bloom's Taxonomy: A Forty-Year Retrospective* (28–40). Chicago: The National Society for the Study of Education.
- Гњато, Р. & Стаменковић, Ђ. С. (2002). *Увод у географију*. Београд: Географски факултет.
- International Geographical Union (2016). 2016 International Charter on Geographical Education. Retrieved January 16, 2018 from [http://www.igu-cge.org/Charters-pdf/2016/IGU\\_2016\\_def.pdf](http://www.igu-cge.org/Charters-pdf/2016/IGU_2016_def.pdf)
- Koren, S. (2014). *Čemu nas uči povijest? – nastava povijesti, ideje o učenju/poučavanju i ishodi učenja*. Zagreb: Profil International.
- Krathwohl, D. W. (2002). A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. *Theory into Practice*, 41(4), 212–218.
- Kreitzer, A. & Madaus, G. (1994). Empirical Investigations of the Hierarchical Structure of the Taxonomy. In L. Anderson & L. Sosniak (eds.), *Bloom's Taxonomy: A Forty-Year Retrospective* (64–81). Chicago: The National Society for the Study of Education.
- Marinović, M. (2014). *Nastava povijesti usmjerena prema ishodima učenja. Metodčki priručnik za nastavnike povijesti*. Zagreb: Agencija za odgoj i obrazovanje.
- Микановић, Б. (2014). Исходи учења и стандарди знања у основном образовању. *Иновације у настави*, 27(1), 84–93.
- Ромелић, Ј. (2003). *Методика наставе географије*. Нови Сад: Природно-математички факултет, Департман за географију, туризам и хотелијерство.
- Seddon, G. M. (1978). The Properties of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives for the Cognitive Domain. *Review of Educational Research*, 48(2), 303–423.

- Стојаковић, П. (1999). *Таксономија васпитно-образовних циљева у когнитивном подручју и њен значај за ефикаснију индивидуализацију учења и наставе. Интерактивно учење*. Бања Лука: Министарство просвјете Републике Српске и UNICEF.
- Špijunović, K. (2007). Operacionalizacija ciljeva i zadataka kao osnova vrednovanja rada u nastavi. *Pedagogija 4*. Beograd: Forum pedagoga Srbije i Crne Gore.
- Зечевић, И., Микановић, Б., Хаџић, А. & Дробац, М. (2014). Знања и вјештине у наставним програмима за млађи школски узраст. *Иновације у настави*, 27(2), 84–94.
- Живковић, Љ., Јовановић, С. & Рудић, В. (2015). *Методика наставе географије*. Београд: Српско географско друштво.
- Живковић, Љ. (2015). *Теренски рад и екскурзије у настави географије*. Београд: Српско географско друштво.
- Young, M. (2013). Overcoming the Crisis in Curriculum Theory: A Knowledge-Based Approach. *Journal of Curriculum Studies*, 45(2), 101–118.

## АРХИТЕКТУРА И ЖИВОПИС ЦРКВЕ СВЕТОГ КЛИМЕНТА У МОСТАЋИМА КОД ТРЕБИЊА

Нина Лојовић Милинић<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Висока школа за туризам и хотелијерство, Требиње, Република Српска

**Сажетак:** Црква Светог Климента у Мостаћима код Требиња саграђена је и живописана почетком XVII вијека. Припада издвојеној скупини цркава скромних димензија, које су покривене каменим плочама, са карактеристичним преклопом плоча на сљемену. Унутар ових једнобродних цркава налазе се прислоњени лукови дуж бочних зидова и подужни полуобличасти свод. Код оваквог типа цркава обједињене су ортодоксне идеје наручиоца и елементи западнохришћанског стила, које уносе градитељи. Живопис у цркви израдио је зограф Василије 1623. године поштујући традиционални распоред какав је био устаљен у мањим херцеговачким црквама током XVI и XVII вијека. Детаљнијом анализом стила утврђен је сликарски квалитет зографа Василија. Овај зограф, поред уобичајених иконографских схема, уноси и неке иконографске посебности – тролику представу Свете Тројице, појаву трнових вијенаца на главама светитеља и неуобичајен приказ сцене Мртав Христос у гробу (*Imagio pietatis*). Циљ овог рада јесте да укаже на ове иконографске посебности и да се размотре могући утицаји који су довели до појаве ових изузетака у сликарству Херцеговачке епархије, као и анализирање стила зографа Василија и утврђивање провенијенције архитектонских облика на простору Херцеговачке епархије у XVI и XVII вијеку.

**Кључне ријечи:** црква Светог Климента, архитектура, живопис, зограф Василије, иконографске посебности.

Professional paper

## ARCHITECTURE AND WALL PAINTING OF THE CHURCH OF ST. KLIMENT IN MOSTAĆI IN THE VICINITY OF TREBINJE

Nina Lojović Milinić<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>College of Tourism and Hotel Management, Trebinje, Republic of Srpska

**Abstract:** The church of St. Kliment in Mostači, in the vicinity of Trebinje, was built and wall painted at the beginning of the 17th century. It belongs to the detached group of churches which are of moderate dimensions, with roofs clad in stone slabs with distinctive slab overlapping at the gable. Within these single-nave churches there are leant arches along side-walls and longitudinal half-arched ceiling. In these types of churches, the orthodox ideas of the ordering party and elements of the West-Christian style, introduced by very builders, have been incorporated. The wall painting in this church was done by zograph Vasilije in 1623 who respected and obeyed the traditional pattern and scheme which had already been used and known in minor Herzegovinian churches during the period of the 16th and 17th century. The painting quality of zograph Vasilije's work has been stipulated by means of the detailed style analysis. This zograph, beside common iconographic schemes, introduces some iconographic individuality and singularities – presentation of the Holy Trinity in the form of three-faces image, appearance of the thorn wreaths on the heads of the saints and unusual presentation of the scene Dead Christ in the Grave (*Imagio pietatis*). The aim of this work is to pinpoint these iconographic individuality and singularities and to examine the possible influences which led to appearance of these exceptions in painting of the Herzegovinian Eparchy, as well as analysing of zograph Vasilije's style and stipulation of origins of architectural forms in the area of the Herzegovinian Eparchy in the 16th and 17th century.

**Key words:** The church of St. Kliment, architecture, church wall painting, zograph Vasilije, iconographic individuality and singularities.

\* Аутор за кореспонденцију: Нина Лојовић Милинић, Висока школа за туризам и хотелијерство, Степе Степановића бб, 89101 Требиње, Република Српска, Босна и Херцеговина, Е-mail: ninamilinic@yahoo.com

Corresponding author: Nina Lojović Milinić, College of Tourism and Hotel Management, Stepe Stepanovića bb, 89101 Trebinje, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina, E-mail: ninamilinic@yahoo.com

## УВОД

Тема овог рада усмјерена је на архитектуру и живопис цркве Светог Климента у Мостаћима код Требиња, у народу позната као Климентица. Ова херцеговачка црква на основу архитектонског склопа, припада издвојеној скупини једнобродних цркава, скромних димензија, са полукружном апсидом на источној страни. Унутар цркве је подужни полуобличасти свод, а посебну занимљивост чине унутрашњи прислоњени лукови дуж бочних зидова. Црква је покривена каменим плочама. На основу натписа унутар цркве, изнад улазних врата, сазнајемо да је цркву живописао зограф Василије 1623. године поштујући традиционалан распоред какав је био устаљен у мањим црквама, а који је ослоњен на распоред какав је био заступљен у мањим црквама на простору Пећке патријаршије током XVI и XVII вијека. Зограф Василије поштује и устаљене иконографске обрасце какве можемо видјети у херцеговачким црквама из овог периода, али се запажају и неке изузетности. Тролики приказ Свете Тројице, као и неуобичајен приказ сцене Мртав Христос у гробу (*Imagio pietatis*) у цркви Светог Климента представљају иконографске ријеткости. Неуобичајен је и приказ симбола мучеништва у виду трнових вијенаца које Василије поставља на главе светитеља.

## ДАТАЦИЈА ИЗГРАДЊЕ И ЖИВОПИСА ЦРКВЕ СВЕТОГ КЛИМЕНТА

Црква Светог Климента, у народу позната као Климентица, налази се око 2 километра сјеверозападно од Требиња, у православном гробљу насеља Мостаћи. Изнад улазних врата у цркву налази се натпис који пружа податак о времену живописања цркве па се претпоставља да је то и вријеме њеног грађења. У натпису је наведено да је црква

## INTRODUCTION

Topic of this piece of work has been directed at the architecture and the wall painting of the church of St. Kliment in Mostači in the vicinity of Trebinje, which is known as Klimentica among local people. According to the architectural design, this Herzegovinian church belongs to the detached group of the single-nave churches which are of moderate dimensions and with a semicircular apse in the east. Inside this church, there is a half-arched ceiling while the distinctive singularity is the existence of inner leant arches along side-walls. The church roof was clad in stone slabs. Thanks to the inscription inside the church, which is actually above the very entrance church door, we find out that the very wall painting was done by zograph Vasilije in 1623 who respected the traditional arrangement which was common in churches of smaller dimensions, and which relied on the arrangement which was common in churches of smaller dimensions in the area of Patriarchate of Peć in the 16th and 17th century. Although zograph Vasilije respected iconographic patterns which can be seen in Herzegovinian churches from this period, some distinguished singularities can be noticed as well. The presentation of the Holy Trinity as well as the unusual presentation of the scene Dead Christ in the Tomb (*Imagio pietatis*) in the church of St. Kliment represent iconographic rarity and singularity. The presentation of the symbol of martyrdom- thorn wreaths- that Vasilije put on the saints' heads is also uncommon.

## DATATION OF BUILDING AND WALL PAINTING OF THE CHURCH OF ST. KLIMENT

The church of St. Kliment, known as *Klimentica* among local people, is located about 2 kilometres away from Trebinje in the north-west direction, in the Orthodox graveyard of the suburb called Mostači. Above the very entrance church door, there is the inscription which provides a piece of information about the church wall-painting which consequently leads to the conclusion that this is the year of its



Сл. 1. Црква Светог Климента  
Fig. 1. Church of St. Kliment

живописана у доба пећког патријарха Пајсија (1614–1647) и херцеговачког митрополита Симеуна (1615–1630) и мјесног попа Драгојла. Ктитор живописа био је Радоје Михаљевић, а живопис је 1623. године урадио зограф Василије. С обзиром на то да је ово једини познати документ који спомиње Радоја Михаљевића и живописца Василија (Кајмаковић, 1971, стр. 277; Милетић, 1954, стр. 284) претпоставља се да је Радоје Михаљевић припадао истакнутој сеоској породици с обзиром на то да је у тешко доба могао наручити и платити израду живописа цркве. Почетком XVII вијека градиле су се сеоске цркве малих димензија, а ктитори постају локални црквени великодостојници, сеоски кнезови и војводе или сеоска братства (Кораћ & Ђурић, 1964, стр. 562).

building as well. The inscription contains the information that the church wall painting was done in the period of patriarch Pajsije from Peć (1614–1647) and Herzegovinian archbishop Simeun (1615–1630) and the local priest Dragojlo. The bestower of the wall painting was Radoje Mihaljević, while the very wall painting was done by zograph Vasilije in 1623. Taking into consideration the fact that this is the only known and existing document which mentions the name of Radoje Mihaljević and zograph Vasilije (Кајмаковић, 1971, p. 277; Милетић, 1954, p. 284), it is assumed that Radoje Mihaljević belonged to a distinguished village family because he was able to order the church wall painting and pay for it at that hard time. At the beginning of the 17th century, the village churches were built in moderate dimensions, while their financial supporters and donors were local church dignitaries, village headmen and dukes or village fraternity (Кораћ & Ђурић, 1964, p. 562).

ДОСАДАШЊА ИСТРАЖИВАЊА ЦРКВЕ  
СВЕТОГ КЛИМЕНТА

Црква Светог Климента у литератури се први пут спомиње 1888. године у *Вјестнику*, гдје је Вулетић-Вукасовић В. објавио дио натписа који се налази изнад западних врата цркве. Овај аутор у потпуности објављује натпис, уз кратке забиљешке о цркви и њеном живопису, 1890. године. Натпис, у цјелини поново објављује Стојановић Љ. „*Храм Светог Климента у Мостаћима*“, помиње се уз остале цркве Протопрезвитеријата требињског 1890. године, као и 1901. године уз остале цркве помиње се и ова црква са неколико података из натписа. Иларион Руварац, такође ове године, наводи датум живописања ове цркве. Владимир Ћоровић неколико пута помиње ову цркву, уз остале херцеговачке манастире, наводећи само годину живописања, увијек 1630. годину, за вријеме патријарха Пајсија и херцеговачког митрополита Симеуна (1615–1630). Ова година се помиње и у новијој литератури.

Проучавајући ову херцеговачку цркву Милетић Н. детаљније пише о распореду и иконографији живописа, као и анализи стила.

Кајмаковић З. проучавајући зидно сликарство у Босни и Херцеговини анализира и рад зографа Василија чији се потпис налази изнад врата у унутрашњости цркве. Професор др Светозар Радојчић дјело овог зографа оцјењује као „*класични примјер рустицизиране умјетности*“, али истиче и сљедеће „*неспретни цртеж и дречеће боје дају занату мајстора Василија снагу и свежину која подсећа понекада на смелости и експериментисање модерних мајстора после импресионизма*“ (Кајмаковић, 1971, стр. 278). Кајмаковић се даље бави иконографском анализом Василијевог дјела у Мостаћима и закључује да се без стручнијег сликарског приручника, како је радио овај зограф, не може остварити добар рад.

FORMER RESEARCHES OF THE  
CHURCH OF ST. KLIMENT

The church of St. Kliment was mentioned in the references for the first time in 1888 in *Vjestnik*, in which V. Vuletić-Vukasović made the part of the inscription above the west church door public. This author made the entire inscription, with some short notes about the very church and its wall painting, public in 1890. The entire inscription was again published by Stojanović Lj. „*The church of St. Kliment in Mostači*“ and it was mentioned together with other churches of archpriest's area in Trebinje in 1890, as well as in 1901 when this church, with some information from this inscription, was mentioned together with some other churches. Also, Ilarion Ruvarac, mentioned the date of this church wall painting in this same year. Vladimir Ćorović mentioned this church a few times, together with other Herzegovinian monasteries, stating only the year of the church wall painting, which was always 1630, during the period of patriarch Pajsije and Herzegovinian archbishop Simeun (1615–1630). This year has also been mentioned in the recent references.

While studying this Herzegovinian church, Miletić N. also analysed and wrote in details about the organization and iconography of the wall painting, as well as about the style analysis.

While studying the wall painting in Bosnia and Herzegovina, Kajmaković Z. also analysed the work of zograph Vasilije, whose inscription is above the door inside the church. Professor Doctor Svetozar Radojčić evaluated the work of this zograph as „*the classical example of the rusticized Art*“, but he also emphasized that „*awkward drawing and garish colours give the master Vasilije's craft power and freshness which sometimes remind of boldness and experimenting of modern masters after Impressionism*“ (Kajmaković, 1971, p. 278). Kajmaković dealt further with the iconographic analysis of Vasilije's work in Mostači and made conclusion that without existence of a more competent painters' book of reference, a good work cannot be done upon the way how this zograph worked.

## АРХИТЕКТУРА ЦРКВЕ

Црква Светог Климента припада типу цркава који је био заступљен у Далмацији и јужном Приморју још у периоду од IX до XI вијека, одакле се проширио у унутрашњост путем дубровачких градитеља. Код оваквог типа црква обједињене су ортодоксне идеје наручиоца и елементи западнохришћанског стилског које уносе градитељи (Копаћ & Ђурић, 1964, стр. 562–563). Припада издвојеној скупини цркава, које су се нарочито градиле у источној Херцеговини – цркве једноставне основе, скромних димензија, покривене каменим плочама, са карактеристичним преклопом плоча на сљемену (Шупут, 1984, стр. 155). У унутрашњости се налазе прислоњени лукови дуж бочних зидова и подужни полуобличасти свод, ојачан попречним луцима или без њих.

Црква Светог Климента је једнобродна правоугаона грађевина, са прислоњеним луковима, пиластрима, дуж бочних зидова и са полуобличастим сводом. Црква се на истоку завршава полукружном апсидом. Пиластри су повезани луковима који образују нише. У бочним зидовима смјештене су нише за проскомидију и ђаконикон. У цркви се налази дрвена олтарска преграда са дверима из XVII вијека (Шево, 2002, стр. 186). Под је покривен тесаним каменим плочама.

Зидови цркве направљени су од ломљеног камена, односно од крупних камених квадера сложених у хоризонталне редове. Изнад западног зида цркве налази се мали звоник на преслици, направљен од фино обрађених комада кречњака. Судећи по начину обраде камена, претпоставља се да је звоник настао нешто касније, у XIX вијеку. Звоник је једна од главних карактеристика црквица овог типа у Херцеговини. Свјетлост у цркву продире кроз мали прозор на јужном зиду и кроз касније пробијени отвор на апсиди. Врата цркве на западном зиду, направљена су од камених довратника и надвратника. У надвратнику, са унутрашње стране, налази се натпис.

У црквеном гробљу могуће је видјети

## THE ARCHITECTURE OF THE CHURCH

The church of St. Kliment belongs to the type of churches which was represented in Dalmatia and South Seaside even in the 9th to 11th century, and from which it spread towards the inland thanks to builders from Dubrovnik. In this type of churches, the orthodox ideas of the ordering party and elements of the West-Christian style, introduced by very builders (Копаћ & Ђурић, 1964, p. 562–563), have been incorporated. It belongs to the detached group of churches which were particularly built in East Herzegovina – the churches which are of simple base, moderate dimensions, with roofs cladded in stone slabs with distinctive slab overlapping at the gable (Шупут, 1984, p. 155). Inside these churches, there are leant arches alongside-walls and longitudinal half-arched ceiling, strenghtened with transversal arches or without them.

The church of St. Kliment is a single-nave rectangular church with leant arches, pilasters, alongside-walls and with half-arched ceiling. The church ends in the east with a semicircular apse. Pilasters are joined by means of the arches which form niches. In the side walls there are niches for The Liturgy of Preparation (Proskomedija – Prothesis) and the Apsid. In the church there is the wooden altar partition with altar door from the 17th century (Шево, 2002, p. 186). The church is floored with hewn stone slabs.

The church walls were made of the broken stone, or to be more precise of huge stone blocks, arranged in horizontal rows. Above the west church wall there is a small „distaff belfry“, made of nicely cut pieces of lime-stone. According to the applied method of the stone treatment and cutting, it is asumed that the belfry was made a little bit later, in the 19th century. The belfry is one of the main characteristics of the churches of this type in Herzegovina. The light enters the church through a small window on the south wall and through later cut-through opening in the apse. The church door on the west wall was made of stone door posts and lintels. In the linteln, from the inner side, there is the inscription.

In the church graveyard, a few gravetombs can

неколико надгробних споменика који су по врсти материјала, начину обраде и декоративним елементима врло слични звонику.

#### РАСПОРЕД И ИКОНОГРАФСКЕ ПОСЕБНОСТИ ЖИВОПИСА

Црква Светог Климента иако скромна по својим димензијама, занимљива је по свом прилично очуваном живопису. Из натписа у цркви сазнајемо да је „*рука грешнога изуграфа Василија*“ извела овај живопис 1623. године.

Зограф Василије је успјешно ријешио проблем скученог простора цркве. Мали простор му је наметнуо ограничења у избору композиција и појединачних фигура. Поштујући традиционални распоред, фреске је подијелио у три зоне, тако да се трећа зона налази на своду.

Најнижа зона украшена је флоралним украсом у виду палмете. Исти украс налази се на западном зиду и у нишама, а на стубовима и у олтарском простору осликане су драперије у виду завјесица окачених на алке.

У доњој зони представљени су светитељи из царске лозе, српски светитељи, љекари, ратници, мученици, ђакони. У ниши средњег лука је попрсје *Светог Климента*. У тјемену средњег лука, са сјеверне стране, је попрсје *Свете Тројице* у виду три лика, док се у тјемену средњег лука са јужне стране налази попрсје *Христа Емануила*.

У апсиди уобичајено је насликана сцена *Поклоњења архијереја Христу Агнецу*. Христос Агнец је представљен на часној трпези која је у виду стуба, док је у конхи олтарске апсиде насликана *Богородица Оранта* са арханђелима *Гаврилом* и *Михаилом*. У простору проскомидије је композиција *Визија Светог Петра Александријског* и композиција сигнирана као *Сниетие Христово*, односно *Мртав Христос у гробу* (Милетић, 1954, стр. 287).

У горњој зони приказане су најважније сцене из Христовог живота: *Рођење*, *Крштење*,

be seen and according to the type of material, the applied method of stone treatment and decorative elements they are rather similar to the belfry.

#### THE ARRANGEMENT AND ICONOGRAPHIC INDIVIDUALITY AND SINGULARITIES OF THE WALL PAINTING

The church of St. Kliment, although moderate in its dimensions, is interesting because of its rather preserved wall painting. We find out by means of the inscription in the church that „*the hand of sinful zograph Vasilije*“ did the wall painting in 1623.

Zograph Vasilije successfully solved the problem of the cramped and restrained church room. Small room limited his the choice when it comes to the option of compositions and individual figures. Respecting the traditional arrangement, he divided frescos into three zones, so that the third zone is set on the dome.

The lowest zone is decorated with floral ornament in a form of a palmette. The same decoration can be seen on the west wall and niches, while the draperies in a form of the curtains, which seem to be hung by rings, have been illuminated on the pillars and in the altar area.

In the lower zone, there are presented saints belonging to the imperial lineage, Serbian saints, medical men, warriors, martyrs and deacons. In the niche of the middle arch, there is the bust of St. Kliment. In the vertex of the middle arch, on the north side, there is the bust of Holy Trinity, in the form of three-faces image, while the bust of Christ Emmanuel is in the vertex of the middle arch on the south side.

As it is common, the scene of *Obeisance of the Archbishops to the Christ the Lamb (Agnus Dei)* has been painted in the apse. Christ the Lamb is presented at the Holy Table which is in the form of a pillar, while Holy Mother Oranta with archangels Gabriel and Michael has been painted in the konha of altar apse. In the area where The Liturgy of Preparation (also Prothesis or Proskomedija) is done, there is a composition *Vision of St. Peter of Alexandria* and the composition marked as *Christ's Death*, actually *Dead Christ in a Tomb* (Милетић,

*Сретење, Распеће, Силазак у ад и Вазнесење*. Између ових композиција зограф Василије је успјешно укомпоновао и представе *пророка* у медаљонима. На западној страни је сцена *Успења Богородице*.

Трећа зона, односно свод цркве осликан је ликовима Христа: *Христос Пантократор*, *Христос као Старац Данима* и *Христос Анђео Великог Савјета*. У средишњем дијелу смјештен је лик *Христа Панократора* окружен *тетраморфом* и антропоморфним представама *сунца* и *мјесеца*. Идентичне представе сунца и мјесеца приказане су у цркви манастира Завале.

Сагледавањем распореда сцена и појединачник фигура у цркви *Светог Климента* у Мостаћима може се констатовати да је уобичајен. Зограф Василије слиједи распоред који је најчешће био заступљен у мањим црквама на простору Херцеговачке епархије.

Разматрањем иконографије и схема које зограф Василије користи приликом осликавања цркве Светог Климента у Мостаћима могу се запазити утицаји и неке иконографске посебности.

Занимљива је представа *Свете Тројице* у виду три лица која представља иконографску ријеткост у Херцеговачкој епархији. Тролики тип Свете Тројице представљен је раније у византијској и средњовјековној српској умјетности – Богородица Перивлепта у Охриду (1295.), Матеичу око 1350. године (Димитрова, 2002, стр. 196–197; Ђурић, 1974, стр. 71; Грујић, 1955, стр. 100–102). Овакав тип Свете Тројице често се јављао у италијанској умјетности XV–XVI вијека, а након забране оваквог приказивања 1628. године, наставља да се приказује у барокној умјетности, нарочито на гравирама антверпенског круга (Тимотијевић, 1996, стр. 305). Василије се највјероватније одлучио за овај тип да би компликовану теолошку садржину о јединосудности и једнакости Свете Тројице приближио и сликовито објаснио недовољно образованој средини. Највјероватније је из истог разлога ову фреску поставио на видно и приступачно мјесто за вјернике.

1954, p. 287).

In the upper zone, the most important scenes from Christ's life are presented: *The Birth of Christ*, *Baptism of Christ*, *Presentation of Jesus at the Temple*, *Crucifixion*, *Descent into Hell*, and *Ascension*. Between these compositions, zograph Vasilije successfully fitted presentations of *Prophets* in medallions. The scene of *Ascension of Holy Mother* is on the west side.

The third zone, actually the dome of the church, has been painted with the images of Christ: *Christ Pantocrator*, *Christ as Ancient of Days* and *Christ Angel of the Great Council*. In the central part, there is the image of *Christ Pantocrator* surrounded by *tetramorph* and anthropomorphic presentations of the sun and the moon. Identical presentations of the sun and the are presented in the church of the Zavala monastery.

While observing the arrangement of the scenes and individual figures in the church of *St. Kliment* in Mostači, it can be concluded that it is the common one. Zograph Vasilije follows the arrangement which was mostly used in moderate churches in the area of the Herzegovinian Eparchy.

When observing the iconography and schemes, which were used by zograph Vasilije while doing the wall painting of the church of *St. Kliment* in Mostači, the influences and some iconographic singularities can be noticed.

The presentation of *the Holy Trinity* in the form of three-faces image, is interesting and it represents the iconographic singularity in the Herzegovinian Eparchy.

The three-faces image of the Holy Trinity had been presented earlier in the Art of Byzantium and Medieval Serbian Art – church of Holy Mother Perivlepta in Ohrid (1295), Matejče about 1350 (Димитрова, 2002, p. 196–197; Ђурић, 1974, p. 71; Грујић, 1955, p. 100–102). This type of presentation of the Holy Trinity frequently appeared in the Italian Art of the 15–16th century, and after the ban on this presentation in 1628, it continued to appear in the Art of Baroque, especially on engravings of Antwerpen circle (Тимотијевић, 1996, p. 305). Vasilije probably opted for this type in order to make the complex theological content upon unity and equality of the

На главама светитеља који су појединачно приказани налазе се трнови вијенци, опет једна иконографска неуобичајеност. Трнови вијенци, као симбол мучеништва, на Василијевим фрескама вјероватно су посљедица утицаја дубровачког сликарства из XV и XVI вијека. Дубровачки сликари Никола Божидаревић и Блаж Јурјев на главама светитеља такође сликају трнове вијенце. С обзиром на то да су се обојица школовала у Венецији, овакав сликарски детаљ су могли да преузму са дјела венецијанских сликара позне готике и ране ренесансе, нпр. Paola Venecijana или Giovannia Belinnia (Graham-Dixon, 2012, стр. 126; Prijatelj, 1968, сл. 1, стр. 18).

У цркви се запажа још једна иконографска посебност. У првој зони олтарског простора на сјеверном зиду, налази се композиција *Мртав Христос у гробу* (*Imagio pietatis*), сигнирана као *Сниетие Христово*. Преузимајући елементе из више извора Василије је приказао једно ново иконографско и композиционо рјешење. Приказани су ликови Богородице и апостола Јована који оплакују Христа тако да је наговјештена сцена *Оплакивања*, односно *Скидање са крста* која је најчешће означена као *Сниетие* (Шево, 2010, стр. 130). Ово је проширена верзија представе византијског поријекла, познате као *Pieta*. У XV вијеку јавља се утицај Италије и Француске у западним, византијским и оријенталним сликарским школама, па не зачуђује Христов положај на рубу саркофага, који је резултат поменутог утицаја (Maguire, 1977, стр. 162). Детаљ у коме је Богородица приљубљена уз Христа може се видјети и у другим споменицима на простору Пећке патријаршије. Лице Богородице

Holy Trinity approachable and understandable, and to explain it picturesquely and vividly to the people who were not very well educated. Most likely, for the same reason this fresco was set in the visible place, the one which can be easily seen by the believers.

On the heads of the saints, who are presented individually, there are thorn wreaths – again one unusual iconographic individuality and singularity. Thorn wreaths, as the symbol of martyrdom, in Vasilije's frescos are probably the results of the influence of painting from Dubrovnik from the 15th and 16th century. Painters from Dubrovnik Nikola Božidarević and Blaž Jurjev also painted thorn wreaths on the heads of the saints. Taking into consideration the fact that both of them were educated in Venice, suchlike painter's detail could have been overtaken from the works of painters of Venice-late Gothic and early Renaissance – from, e.g. Paolo Veneziano or Giovanni Belinni (Graham-Dixon, 2012, p. 126; Prijatelj, 1968, pt. 1, p. 18).

Another iconographic individuality and singularity can be noticed in the church. In the first zone of the altar area, on the north wall there is the composition *Dead Christ in the Tomb* marked as *Christ's Death*. Taking the elements from more sources, Vasilije showed one new iconographic and composition solution. There is a presentation of the images of Holy Mother and Apostle John who mourn over the dead Christ's Body, so the scene of *Pieta*, was announced, or to be more precise *Removing of the Christ's Body from the Cross* which is most frequently denoted as *Christ's Death* (Шево, 2010, p. 130). This is an extended version of presentation which is originally from Byzantium, known as *Pieta*. In the 15th century, the influence of Italy and France appears in west schools, schools of Byzantium and oriental schools of painting, so consequently the Christ's position at the edge of the sarcophagus is not surprising at all, since it is the result of the already mentioned influence (Maguire, 1977, p. 162). The detail in which Holy Mother is cuddling Christ with her face pressed lovingly to Christ's face can be seen in other monuments in the area of Patriarchate of Peć. Holy Mother's face is pressed lovingly to Christ's face in Christ's

је приљубљено уз Христово у Сњатију у проскомидији Свете Тројице у Пљевљима (Петковић, 1974, стр. 180). У проскомидији цркве у Будисавцима код Пећи налази се слична композиција из 1568. године (Петковић, 1965, стр. 101). Сликање Богородице и *Imago pietatis* на двостраним иконама или диптисима често се среће у византијској умјетности од XIII вијека. Најранија сачувана представа мотива *Imago pietatis* јесте двострана икона из Касторије из XII вијека.

Подударности Василијевих фресака у Мостаћима са штампаним илустрацијама из Празничног минеја Божицара Вуковића из 1538. године могу се уочити на фрескама Христовог Рођења, Успења, Криштења и Срећења, затим дјелимично на портретима Светог Климента, Светог Саве Српског, као и на неким декоративним елементима. Слична иконографска схема Успења може се видјети и у Аранђелову. Сликајући Светог Саву Српског зограф се ослања на графичку илустрацију на којој је светац представљен са раширеним рукама и кодексом у лијевој руци. Међутим, зограф Василије Саву представља са тонзуром на глави, што није случај код графике из Минеја. Орнаменте и детаље на одежди третира слободније, не слједећи графике, мада неке декоративне елементе, цвијеће у посуди, које се два пута јавља у Мостаћима, преузима са илустрације гдје су приказани Свети Сава и Симеон.

### СТИЛ ЗОГРАФА ВАСИЛИЈА

Стил зографа Василија можемо сагледати кроз цртеж, моделацију, колорит, фигурацију, портрет, као и способност уклапања и комбиновања сцена и самосталних фигура.

Василијев сликарски поступак започиње урезивањем цртежа танком алатком у зид. Данас се такав поступак јасно види на зидним површинама са којих је временом ишчекао живопис – Деизис. Василије као цртач не посједује посебне квалитете. Иако је његов цртеж непрецизан, лишен елегантије

Death in Proskomedija of Holy Trinity in Pljevlja (Петковић, 1974, p. 180). in Proskomedija of the church in Budisavci near Peć there is a similar composition from 1568 (Петковић, 1965, p. 101). Painting of Holy Mother and *Imago pietatis* on double-sided icons or dyptichs are frequently seen in the Art of Byzantium from the 13th century. The oldest preserved presentation of the motif of *Imago pietatis* is the double-sided icon from the 12th century.

Congruities of Vasilije's frescos in Mostači with printed illustrations from Festive Liturgical book (minej) done in 1538 by Božidar Vuković can be noticed on frescos of *The Birth of Christ, Ascension, Baptism of Christ and Presentation of Jesus at the Temple* and also partially on the portraits of *St. Kliment, St. Sava Serbian*, as well as in some other decorative elements. The similar iconographic scheme of Ascension can be seen in Arandelovo. While painting *St. Sava Serbian*, the zograph relied on the graphic illustration on which the Saint was presented with outstretched arms and Codex in his left hand. However, the zograph Vasilije presented Sava with tonsure on his head which is not the case in the graphic in Festive Liturgical book (minej). Ornaments and details on the vestment were treated more freely, without following the graphics, although some decorative elements – flowers in the holder, the motif which already appeared twice in Mostači, had been taken from the illustration on which *St. Sava and Simeon* are presented.

### ZOGRAPH VASILIJES STYLE

Zograph Vasilije's style can be looked upon through the drawing, modeling, colour, figuration, portrait, and the ability to fit in and combine scenes and individual figures.

Vasilije's painting action starts with incision of the drawing by means of a thin tool in the wall. Nowadays, suchlike treatment can be clearly seen on the wall surfaces from which the wall painting – Deisis – disappeared over the period of years. Vasilije, as a drawer, does not possess special qualities. Although his drawing is imprecise,

и лакоће, представе вишефигуралних композиција издвајамо као цртачки успјешне цјелине. Контуре изводи тамнокестењастом, тамноплавом, понегдје зеленом бојом. Декоративне завјесе сокла исцртава готово црним линијама.

Његов рад препознатљив је по јаким контрастима свијетлих и тамних површина. На лицима светитеља доминирају српасте, дебеле и црне обрве, концентричне бијеле линије у очним дупљама, клинасте сјенке на подочњацима. Уочавају се и мутноокераста освјетљења на драперији, издужена слова на натписима и свици са карактеристичном ознаком за слово Т (III). Кајмаковић запажа технолошку грешку коју зограф Василије прави, па његови ликови изгледају слијепи, наиме зјенице очију боји црном бојом која на кестењастој подлози временом постаје свијетла (Кајмаковић, 1971, стр. 282). Третман лица није уједначен. Кајмаковић је утврдио сликарски поступак којим се Василије служи приликом обраде лица – из тамних смеђих и зеленкастих тонова израћају окер свијетле површине лица. Одступање од оваквог поступка се запажа на лику царице Јелене, чији је инкарнат моделован суптилније свијетлим тоновима. Српасти подочњаци готово да не постоје на њеном лицу. Запажа се да је Василије посветио много више пажње моделовању лица ове светитељке, док је код осталих светитеља присутна стереотипност.

Сликарска палета сведена је на неколико боја па се стиче утисак колористичке монотоније. Преовладавају црвени, плави, зелени, окер и смеђи тонови. Недостаје градације боја која би ово сликарство учинило квалитетнијим и колористички богатијим. Свијетлије тонове добија додавањем окер или бијеле боје, а тамне тонове добија мијешањем основне боје са тамноплавом или тамнокестењастом бојом. Црвене површине, које преовладавају на фрескама, такође оплемењује са окер и бијелим тоновима за свијетлије или смеђим за тамније површине. Плаву која поред црвене боје доминира на Василијевим фрескама, оплемењује окером и бијелом бојом за свијетлије тонове, а

deprived of elegance and lightness, we select the presentations of compositions with more figures as successful ensembles in the drawing context. He outlines contours with dark brown, dark blue and somewhere with green colour. Decorative curtains of the stand are drawn almost in black lines.

His work is recognizable by strong contrasts between bright and dark surfaces. Sickle-like, thick black eyebrows stand out on the saints' faces, as well as concentric white lines in the eye sockets and wedge-like shadows on the rings under the eyes. Some vague-ochre lightings can be noticed on the drapery, as well as elongated letters on the inscriptions and rolls with distinctive characteristic for letter T (III). Kajmaković notices a technological mistake which was made by zopgraph Vasilije – his characters seem to be blind since he paints apples of the eyes black which becomes brighter over the time on the dark brown base. (Kajmaković, 1971, p. 282). The treatment of face is not balanced. Kajmaković stipulated the painting procedure used by Vasilije while treating the face – ochre bright surfaces of the face emerge from dark brown and greenish tones. Divergence from suchlike procedure is noticed on the face of tsarina Jelena, whose incarnate was modelled more subtly with brighter tones. Sickle-like rings under the eyes almost do not exist on her face. It can be noticed that Vasilije paid greater attention to modelling of this Saint woman, while the stereotype is present when other saints are in question.

Painting palette has been reduced to a few colours, so the impression of the colouristic monotony is obtained. Red, blue, green, ochre and brown tones prevail. Gradation of colours is missing – gradation which would make this painting of better quality and in the colouristic context richer. Brighter tones are obtained by adding ochre or white colour, while dark tones are obtained by mixing of basic colour with dark blue or dark brown. Red surfaces which prevail on frescos are also enriched with ochre and white tones for the brighter surfaces or with brown for darker surfaces. Blue, which beside red, dominates on Vasilije's frescos, was enriched with ochre and white colour for brighter tones, and dark blue for darker surfaces. Suchlike combinations

тамно плавом за тамније површине. Овакве комбинације се константно понављају без назнака експериментисања, па колорит постаје монотон и сиромашан.

Сијенке на драперијама исцртава неконтролисано и донекле неосмишљено тако да изостају ритмично распоређени набори што се може запазити на мањим допојасним портретима, на примјер на лику Светог Самона. Више пажње посвећује сликању фигура у цјелини, као на фигурама Светих Козме и Дамјана. Драперије које прелазе преко руку, често дјелују као замазана боја што потврђује повремену површност у раду овог сликара, поготово ако је ријеч о допојасним портретима у првој зони.

Вишефигуралне композиције краси складност, солидна ритмичност и примјеран цртеж. Стиче се утисак да зограф више пажње поклања компоновању ових тема, него приказу појединачних фигура из прве зоне. На неким приказима фигура или допојасних портрета светитеља запажа се брзина и површност у сликарској обради, док приказивању вишефигуралних илустрација приступа озбиљније.

Једна од битних карактеристика Василијевог умјетничког стварања јесте непрецизна анатомска обрада тијела. Глава Светог арханђела Михаила несразмјерна је у односу на тијело. Овај недостатак у Василијевом раду, као и извјесне цртачке неспособности, очитује се, прије свега, на приказу руку. На неким илустрацијама оне су несразмјерно велике у односу на остале дијелове тијела, на примјер на ликовима Светог Саве Српског у олтарском дијелу и Светог Климента на сјеверном зиду наоса. Василије гријеши и приликом сликања стопала. Боса стопала, код појединих светитеља су анатомски нетачна и одају утисак карикатуралности, као на фигури Светог Симеона из композиције Срећења.

Попрсја пророка у медаљонима издвајају се по љепоти у сликарском репертоару цркве у Мостаћима. Посебну пажњу мајстор посвећује одјећи и свицима које пророци

are constantly repeated without any signs of experimenting, so colour image becomes dull and poor.

He draws shadows on draperies uncontrollably and to a certain extent without any plan, and consequently rhythmically arranged folds are missing, which can be noticed on smaller half-length portraits, for example on the St. Samon's image. He pays greater attention to painting of the entire figures, such as the figures of St. Cosma and Damian are. Draperies which go over the hands often seem to be nothing but smeared colour which confirms the occasional superficiality in the painter's work, especially when half-length portraits in the first zone are in question.

Compositions with more figures are adorned with harmony, decent rhythmicality and adequate drawing. The impression a man can get is that the zoograph pays a greater attention to composing of these topics, rather than to the presentation of the individual figures from the first zone. On some presentations of the figures or half-length portraits of saints, swiftness and superficiality in the painting treatment can be noticed, while he approaches more seriously the presentation of illustrations with more figures.

One of the important characteristics of Vasilije's artistic creation is imprecise anatomical treatment of the body. The head of St. Archangel Michael is disproportionate when compared to the body. This flaw in Vasilije's work, as well as certain drawing incapability, is evident primarily, at the presentation of the hands. On some illustrations they are disproportionately big when compared to the other parts of the body, e.g. on the images of St. Sava Serbian in the altar part and of St. Kliment on the north wall of naos. Vasilije also makes a mistake while painting feet. Bare feet of some saints are anatomically wrong and leave the impression of caricature, as on the figure of St. Simeon from the composition of Presentation of Jesus at the Temple.

Prophets' busts in medallions are distinctive due to their beauty in the painting repertoire of the church in Mostači. The master pays a special attention to clothes and rolls kept in prophets' hands. Vasilije breaks monotony by painting

држе у рукама. Василије разбија монотонију сликајући нека попрсја окренута у страну вјешто их уклапајући у круг. При том води рачуна о ритмичности драперија, а поготово о положају свитака. Одјећа на овим светитељима богато је декорисана. Колорит, инкарнати и драперије ових светитеља истовјетни су онима на стојећим фигурама из прве зоне. Медаљони су оивичени танким бијелим тракама док су сцене оивичене широким црвеним тракама без украсних бордура.

### ЗАКЉУЧАК

Црква Светог Климента у Мостаћима код Требиња живописана је руком зографа Василија 1623. године.

Најзаступљенији тип православних грађевина на подручју Херцеговачке епархије у XVI и XVII вијеку су једнобродне цркве, мањих димензија, са полуобличастим сводом, полукружном апсидом на истоку и звоником „на преслицу“ на западној страни цркве. Овакав архитектонски склоп је израз традиционалних веза херцеговачког залеђа са Дубровником. Издвојену скупину цркава у Херцеговини представљају једнобродне цркве са прислоњеним луковима дуж бочних зидова и подужним полуобличастим сводом, ојачан попречним луцима или без њих (црква Светог Климента у Мостаћима). Анализирањем живописа у цркви Светог Климента уочава се распоред композиција и појединачних фигура какав је био уобичајен у мањим црквама на простору Херцеговачке епархије. Анализом иконографских схема које је користио зограф Василије може се закључити да је његово сликарство синтеза иконографских образа које можемо видјети у оближњим манастирским црквама Добрићева, Завале и у цркви Светог арханђела Михаила у Аранђелову као и графичких илустрација из Празничног минеја Божицара Вуковића из 1538. године. Такође се могу запазити и неке иконографске посебности које зограф Василије није могао

some busts turned aside fitting them skilfully into a circle. While doing it, he pays attention to rhythmicity of draperies, particularly to the position of the rolls. Clothes worn by these saints are lavishly decorated. Colours, incarnate, and draperies of these saints are identical to those ones belonging the standing figures from the first zone. Medallions are rimmed with thin white ribbons while the scenes are rimmed with wide red ribbons without decorative edging.

### CONCLUSION

The church of St. Kliment in Mostači, in the vicinity of Trebinje, was wall painted by zograph Vasilije in 1623. The most common and represented type of the Orthodox buildings in the area of the Herzegovinian Eparchy in the 16th and 17th century are single-nave churches, of smaller dimensions with half-arched ceiling, a semicircular apse in the east and belfry classified as a „distaff belfry“ in the west side of the church. Suchlike architectural form is the expression of traditional bonds between Herzegovinian hinterland and Dubrovnik. The detached group of churches in Herzegovina are denoted and presented by single-nave churches with leant arches alongside-walls and longitudinal half-arched ceiling, strengthened with transversal arches or without them (the church of St. Kliment in Mostači). During the wall painting analyzing process of the church of St. Kliment, the pattern and scheme of compositions and individual figures have been noticed, the pattern and scheme which were common and known in minor churches in the area of the Herzegovinian Eparchy. By means of analysis of the iconographic schemes used by zograph Vasilije, it can be concluded that his painting is the synthesis of iconographic patterns which can be seen in the nearby monastery churches of Dobrićevo, Zavala and in the church of St. Archangel Mihail in Aranđelovo, as well as in the graphic illustrations in the Festive Liturgical Book (minej) done in 1538 by Božidar Vuković. Some iconographic individuality and singularities

пронаћи у поменутим изворима, а вјероватно су утицај дубровачког сликарства.

can be noticed as well, the ones zograph Vasilije could not find in the previous sources, and which are probably influenced by painting done in Dubrovnik.

#### ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

Димитрова, Е. (2002). *Манастир Матејче*. Скопје: Центар за културно и духовно наследство Каламус.

Ђурић, В. Ј. (1974). *Византијске фреске у Југославији*. Београд: Београдски издавачко-графички завод.

Graham-Dixon, A. (ur.) (2012). *Umjetnost, velika ilustrirana enciklopedija*. Zagreb: Mozaik knjiga.

Грујић, Р. М. (1955). Иконографски мотив сличан индијском тримуртију у старој српској ликовној уметности. *Ткачићев зборник*, I, 99–109.

Кајмаковић, З. (1971). *Зидно сликарство у Босни и Херцеговини*. Сарајево: Веселин Маслеша.

Кораћ, В. & Ђурић, В. Ј. (1964). Цркве са прислоњеним луковима у Старој Херцеговини и дубровачко градитељство XV–XVII век. *Зборник филозофског факултета*, VIII-2, 561–629.

Maguire, H. (1981). *Art and Eloquence in Byzantium*. Princeton: Princeton University Press.

Милетић, Н. (1954). Црква Светог Климента у Мостаћима. *Гласник Земаљског музеја*, IX, 281–297.

Петковић, С. (1965). *Зидно сликарство на простору Пећке патријаршије 1557–1614 године*. Нови Сад: Матица српска.

Петковић, С. (1974). *Манастир Света Тројица код Пљеваља*. Београд: Филозофски факултет, Институт за историју уметности.

Prijatelj, K. (1968). *Dubrovačko slikarstvo XV i XVI stoljeća*. Zagreb: Zora.

Тимотијевић, М. (1996). *Српско барокно сликарство*. Нови Сад: Матица српска.

Шево, Јб. (2002). *Православне цркве и манастири у Босни и Херцеговини до 1878. године*. Бања Лука: Глас српски.

Шево, Јб. (2010). *Српско зидно сликарство XVIII вијека у византијској традицији*. Бања Лука: Art print.

Шупут, М. (1984). *Српска архитектура у доба турске власти*. Београд: Филозофски факултет, Институт за историју уметности.



ISSN 2232-8610



9 1 7 7 2 2 3 2 1 8 6 1 0 0 1