

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 2022.  
BANJA LUKA 2022

СВЕСКА 26  
VOLUME XXVI

ГЕОГРАФСКО ДРУШТВО  
РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ  
GEOGRAPHIC SOCIETY OF  
THE REPUBLIC OF SRPSKA



# ГЛАСНИК HERALD

СВЕСКА 26  
VOLUME XXVI

БАЊА ЛУКА 2022.  
BANJA LUKA 2022

Издавач  
ГЕОГРАФСКО ДРУШТВО РЕПУБЛИКЕ  
СРПСКЕ  
Бања Лука, Младена Стојановића 2

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

Уредник  
Др Даворин Бајић

Уређивачки одбор  
Др Рајко Гњато, 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, Сјеверна  
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  
Лука Сабљић, ма

Уредништво часописа  
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

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

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

Editor  
Davorin Bajić, 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; 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, North Macedonia; Alexander Georgievich  
Druzhinin, PhD, Southern Federal University,  
Russian Federation; Nikolai Alexandrovich Sluka,  
PhD, Lomonosov Moscow State University, Russian  
Federation; Mirko Grčić, PhD, University of  
Belgrade, Faculty of Geography, Belgrade, Serbia

Technical Editor  
Luka Sabljic, MSc

Editors' Office  
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

Овај број часописа објављен је уз финансијску  
помоћ Министарства за научнотехнолошки  
развој, високо образовање и информационо  
друштво у Влади Републике Српске

This issue of the journal was published with  
financial aid from the Ministry for Scientific and  
Technological Development, Higher Education and  
Information Society of the Republic of Srpska

## Садржај / Table of contents

Горан Трбић, Владимир Ђурђевић, Татјана Попов, Стеван Савић и Драган Бурић ПРОЈЕКЦИЈЕ КЛИМАТСКИХ ПРОМЈЕНА У СЛИВУ РИЈЕКЕ ВРБАС <i>Goran Trbić, Vladimir Đurđević, Tatjana Popov, Stevan Savić and Dragan Burić</i> <i>PROJECTIONS OF CLIMATE CHANGES IN THE VRBAS RIVER BASIN</i> .....	1
Даворин Бајић, Драгутин Аџић и Лука Сабљић КЛАСИФИКАЦИЈА ОЗИМИХ КУЛТУРА КОМБИНАЦИЈОМ ВИШЕВРЕМЕНСКИХ ОПТИЧКИХ СЕНТИНЕЛ-2 И РАДАРСКИХ СЕНТИНЕЛ-1 СНИМАКА <i>Davorin Bajić, Dragutin Adžić and Luka Sabljčić</i> <i>WINTER CROPS CLASSIFICATION USING COMBINATION OF MULTI-TEMPORAL</i> <i>OPTICAL SENTINEL-2 AND RADAR SENTINEL-1 IMAGES</i> .....	27
Бранислав Драшковић ТИПОВИ И ПРОМЈЕНЕ ПОВРШИНСКЕ ВЛАЖНОСТИ У РЕПУБЛИЦИ СРПСКОЈ ПРЕМА WATER AND WETNESS БАЗИ ПОДАТАКА <i>Branislav Drašković</i> <i>TYPES AND CHANGES OF SURFACE WETNESS IN THE REPUBLIC OF SRPSKA</i> <i>ACCORDING TO COPERNICUS WATER AND WETNESS DATABASE</i> .....	51
Млађен Трифуновић ХАРВИЈЕВО БАЛТИМОРСКО ПРЕУМЉЕЊЕ И НАЦРТ КРИТИЧКЕ ГЕОГРАФИЈЕ <i>Mladen Trifunović</i> <i>HARVEY'S BALTIMORE CONVERSION (METANOIA) AND OUTLINE OF CRITICAL</i> <i>GEOGRAPHY</i> .....	73
Дајана Тешић ПРИМЕНА ГИС-А У ПРОЦЕНИ ПОТЕНЦИЈАЛА СОЛАРНЕ ЕНЕРГИЈЕ У ОПШТИНИ КУРШУМЛИЈА <i>Dajana Tešić</i> <i>APPLICATION OF GIS IN SOLAR ENERGY POTENTIAL ASSESSMENT</i> <i>IN KURŠUMLIJA MUNICIPALITY</i> .....	91
Мира Мандић, Драгица Делић и Бојан Гарић МОГУЋНОСТИ И ОГРАНИЧЕЊА РЕВИТАЛИЗАЦИЈЕ РУРАЛНИХ ПОДРУЧЈА – ПРИМЈЕР ПРОСТОРА ЗМИЈАЊА <i>Mira Mandić, Dragica Delić and Bojan Garić</i> <i>POSSIBILITIES AND LIMITATIONS TO REVITALIZATION OF RURAL AREAS –</i> <i>THE STUDY CASE OF ZMIJANJE</i> .....	109
Марија Стојановић, Марко Симић и Драгољуб Секуловић ГРАФИЧКО ДИЗАЈНИРАЊЕ ВОЈНЕ ТОПОГРАФСКЕ КАРТЕ РАЗМЕРА 1:25000 <i>Marija Stojanović, Marko Simić and Dragoljub Sekulović</i> <i>GRAPHIC DESIGN OF MILITARY TOPOGRAPHIC MAPS SCALE 1:25000</i> .....	135
Иван Милић ОСНОВНИ ПОКАЗАТЕЉИ ДЕМОГРАФСКОГ РАЗВОЈА БРЧКО ДИСТРИКТА БОСНЕ И ХЕРЦЕГОВИНЕ <i>Ivan Milić</i> <i>BASIC INDICATORS OF DEMOGRAPHIC DEVELOPMENT</i> <i>OF BRČKO DISTRICT OF BOSNIA AND HERZEGOVINA</i> .....	157



## ПРОЈЕКЦИЈЕ КЛИМАТСКИХ ПРОМЈЕНА У СЛИВУ РИЈЕКЕ ВРБАС

Горан Трбић<sup>1\*</sup>, Владимир Ђурђевић<sup>2</sup>, Татјана Попов<sup>1</sup>, Стеван Савић<sup>3</sup> и Драган Бурић<sup>4</sup><sup>1</sup>Универзитет у Бањој Луци, Природно-математички факултет, Бања Лука, Република Српска<sup>2</sup>Универзитет у Београду, Физички факултет, Београд, Србија<sup>3</sup>Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Нови Сад, Србија<sup>4</sup>Универзитет Црне Горе, Филозофски факултет, Никшић, Црна Гора

**Сажетак:** У раду су приказане пројектоване промјене температура ваздуха и количине падавина у сливу ријеке Врбас према климатском сценарију RCP8.5. На основу сателитских података израђене су мапе за просјечне мјесечне, сезонске и годишње вриједности температуре ваздуха, суме падавина и висине сњежног покривача за три периода: 2011–2040, 2041–2071. и 2071–2100. у односу на базни период 1971–2000. Резултати истраживања показују да се на простору слива ријеке Врбас може очекивати пораст температуре и смањивање сума падавина и сњежног покривача до краја XXI вијека. Повећање температура ваздуха може се очекивати у свим мјесецима током године, али је најизраженије у јануару, августу, новембру и децембру, када повећање може достићи и до 5 °C до краја овог вијека. Очекивано колебање падавина ће бити више изражено. До 2040. може се очекивати повећање падавина за период прољеће за 10 % у односу на период 1971–2000. До краја вијека климатски сценарији указују на константно смањивање падавина и до 20 % на годишњем нивоу, али на велику неравномјерност у расподјели током сезона, што може условити проблеме са сушом и поплавама.

**Кључне ријечи:** климатске пројекције, климатски сценариј RCP8.5, температура ваздуха, падавине, снежни покривач, климатске промјене, слив ријеке Врбас.

Original scientific paper

## PROJECTIONS OF CLIMATE CHANGES IN THE VRBAS RIVER BASIN

Goran Trbić<sup>1\*</sup>, Vladimir Đurđević<sup>2</sup>, Tatjana Popov<sup>1</sup>, Stevan Savić<sup>3</sup> and Dragan Burić<sup>4</sup><sup>1</sup>University of Banja Luka, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Banja Luka, Republic of Srpska<sup>2</sup>University of Belgrade, Faculty of Physics, Belgrade, Serbia<sup>3</sup>University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Novi Sad, Serbia<sup>4</sup>University of Montenegro, Faculty of Philosophy, Nikšić, Montenegro

**Abstract:** The paper presents projected changes in air temperature and precipitation in the Vrbas River basin according to the RCP8.5 climate scenario. Based on satellite data, maps were created for average monthly, seasonal and annual values of air temperature, total precipitation and snow cover height for three periods: 2011–2040, 2041–2071. and 2071–2100. compared to the base period 1971–2000. The results of the research show that in the area of the Vrbas river basin, an increase in temperature and a decrease in precipitation and snow cover can be expected until the end of the 21st century. An increase in air temperatures can be expected in all months throughout the year, but it is most pronounced in January, August, November and December, when the increase can reach up to 5 °C by the end of this century. The expected fluctuation of precipitation will be more pronounced. By 2040, an increase in precipitation for the spring period can be expected by 10 % compared to the period 1971–2000. By the end of the century, climate scenarios indicate a constant decrease in precipitation of up to 20 % on an annual basis, but a large uneven distribution during the seasons, which can cause problems with both drought and floods.

**Key words:** climate projections, RCP8.5 climate scenario, air temperature, precipitation, snow cover, climate change, Vrbas river basin.

\* Аутор за кореспонденцију: Горан Трбић, Универзитет у Бањој Луци, Природно-математички факултет, Младена Стојановића 2, 78000 Бања Лука, Република Српска, Босна и Херцеговина, Е-mail: goran.trbic@pmf.unibl.org

\* Corresponding author: Goran Trbić, University of Banja Luka, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Mladena Stojanovića 2, 78000 Banja Luka, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina, E-mail: goran.trbic@pmf.unibl.org

## УВОД

Досадашња истраживања потврдила су да је простор Републике Српске и Босне и Херцеговине веома изложен утицају климатских промјена. Тај утицај се манифестује кроз повећање температура ваздуха, смањење падавина, али и појачање интензитета и фреквенција екстремних климатских догађаја од којих су најважнији: интензивне падавине, поплаве, суше, појава олујних вјетрова, дуготрајни топлотни таласи, чешћа појава градоносних облака и др. (Dejanovic et al., 2019; Djurdjevic et al., 2019; Oprašić et al., 2016; Popov et al., 2018a, 2018b, 2019a, 2019b, 2019c; Trbic et al., 2018; Trbić et al., 2017). Истраживање климатских утицаја може се наћи и у радовима Вајић и Трбић (2016), Гњато et al. (2019) и Трбић (2011). До сада није било публикованих научних радова који су се односили на климатско моделовање и пројекције у сливу ријеке Врбас.

У протекле двије деценије повећан је и ризик од појаве ријечних и бујичних поплава у сливу ријеке Врбас које су већ условиле велике посљедице за људе и њихова материјална добра и инфраструктуру. Посматрано са тог аспекта, управљање водним ресурсима и на адекватан начин спречавање ерозије представља један од битних задатака приликом планирања одбране од поплава (Topalović et al., 2018; Lovrić & Tošić, 2018; Tošić et al., 2018; Tošić et al., 2022).

Током посљедње деценије екстремни климатски догађаји су јако изражени, а поплавне и сушне године се готово смјењују (Djurdjevic et al., 2019; Trbic et al., 2021). Повећање варијабилности климатских екстрема забиљежених у свим годишњим добима, с брзим промјенама које се догађају током кратких периода (пет до десет дана) – екстремно хладно у топло вријеме или из периода екстремно високих падавина у изразито сушне периоде. Од 2000. године, посматрано подручје било је захваћено са неколико значајних екстремних климатских и временских епизода које су условиле значајне материјалне и финансијске, као и губитке људских живота. Два најзначајнија екстремна

## INTRODUCTION

Previous research has confirmed that the area of Republic of Srpska and Bosnia and Herzegovina is very exposed to the influence of climate change. This influence is manifested through an increase in air temperatures, a decrease in precipitation, but also an increase in the intensity and frequency of extreme climatic events, the most important of which are: intense precipitation, floods, droughts, the appearance of stormy winds, long-lasting heat waves, more frequent occurrence of hail clouds, etc. (Dejanovic et al., 2019; Djurdjevic et al., 2019; Oprašić et al., 2016; Popov et al., 2018a, 2018b, 2019a, 2019b, 2019c; Trbic et al., 2018; Trbić et al., 2017). Research on climate impacts can also be found in the works of Bajić and Trbić (2016), Gnjato et al. (2019) and Trbić (2011). So far, there have been no published scientific works related to climate modeling and projections in the Vrbas river basin.

In the past two decades, the risk of river and torrential floods in the Vrbas river basin has increased, which have already caused major consequences for people and their material goods and infrastructure. Seen from that aspect, managing water resources in an adequate way and preventing erosion is one of the important tasks when planning flood defense (Topalović et al., 2018; Lovrić & Tošić, 2018; Tošić et al., 2018; Tošić et al., 2022).

During the last decade, extreme climatic events are very pronounced, and flood and drought years almost alternate (Djurdjevic et al., 2019; Trbic et al., 2021). Increasing variability of climate extremes recorded in all seasons, with rapid changes occurring over short periods (five to ten days) – extreme cold to warm weather or from periods of extremely high precipitation to extremely dry periods. Since the year 2000, the observed area has been affected by several significant extreme climate and weather episodes that caused significant material and financial losses,

догађаја су суша током 2012. године и поплаве током 2014. године. Суше у 2011. и 2012. години биле су екстремно јаке, годишња количина падавина била је мања и до 50 %. Ово смањење је веће од свих пројектованих смањења према претходним климатским сценаријима. Суша је допринијела смањењу приноса појединих култура до 50 % (кукуруз) (Trbić et al., 2013). Поплаве у 2014. години обориле су све историјске рекорде у инструменталном периоду. Максималан водостај Врбаса у Делибашином селу (Бања Лука) 16. маја 2014. износио је 816 cm и био је готово 2 m виши од дотадашњег максималног водостаја (Oprašić et al., 2016). Климатске промјене највећи утицај врше на сљедеће секторе: пољопривреда, водопривреда и управљање водним ресурсима, становање, шумарство и туризам, а све интензивнији је и утицај на људско здравље. Готово сви утицаји имају негативан карактер, осим у случају пољопривреде гдје су евидентни и позитивни утицаји климатских промјена (Ostojić et al., 2019; Trbic et al., 2021; Žurovec et al., 2017). Једна од могућих посљедица климатских промјена су и поплаве и промјена режима падавина (Klein et al., 2014). Климатско моделовање климатских елемената, а доминантно температуре ваздуха и количине падавина, може пружити веома битне информације о могућим промјенама у будућности. Због свега напријед наведеног, стратегије и планирање адаптације на климатске промјене у сливу ријеке Врбас требале би се темељити према могућим промјенама климе које ће се одвијати према климатском сценарију RCP8.5.

Главни циљ истраживања је да се утврде промјене мјесечних, сезонских и годишњих средњих температура, падавина и висине сњежног покривача у сливу ријеке Врбас до краја XXI вијека према најекстремнијем RCP8.5 сценарију климатских промјена. Добијени резултати могу имати фундаментални и практични значај код израде стратешких и планских докумената, те дефинисања мјера у борби против климатских промјена у сливу ријеке Врбас.

as well as human life losses. The two most significant extreme events are the drought in 2012 and the floods in 2014. Droughts in 2011 and 2012 were extremely severe, the annual amount of precipitation was less by up to 50 %. This reduction is greater than all projected reductions under previous climate scenarios. The drought contributed to the reduction of the yield of certain crops by up to 50 % (maize) (Trbić et al., 2013). The floods in 2014 broke all historical records in the instrumental period. The maximum water level of the Vrbas River in Delibašina village (Banja Luka) on May 16, 2014 was 816 cm and was almost 2 m higher than the previous maximum water level (Oprašić et al., 2016). Climate change has the greatest impact on the following sectors: agriculture, water management and water resources management, housing, forestry and tourism, and the impact on human health is becoming more and more intense. Almost all impacts have a negative character, except in the case of agriculture where positive impacts of climate change are also evident (Ostojić et al., 2019; Trbic et al., 2021; Žurovec et al., 2017). One of the possible consequences of climate change are floods and changes in precipitation regimes (Klein et al., 2014). Climatic modeling of climate elements, mainly air temperature and precipitation, can provide very important information about possible changes in the future. Due to all of the above, strategies and planning for adaptation to climate change in the Vrbas river basin should be based on possible climate changes that will take place according to the RCP8.5 climate scenario.

The main goal of the research is to determine the changes in monthly, seasonal and annual mean temperatures, precipitation and the height of the snow cover in the Vrbas river basin until the end of the XXI century according to the most extreme RCP8.5 climate change scenario. The obtained results can be of fundamental and practical importance in the preparation of strategic and planning documents and the definition of measures in the fight against climate change in the Vrbas river basin.



## МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДЕ

## MATERIALS AND METHODS

Слив ријеке Врбас смјештен је у сјеверозападном дијелу Републике Српске и Босне и Херцеговине. Генерално, горњи дио слива је смјештен на територији Федерације Босне и Херцеговине, а средњи и доњи дио у Републици Српској. Укупна дужина тока ријеке Врбас од извора до ушћа износи 235 km, док укупна површина слива износи 6386 km<sup>2</sup>. Просјечан нагиб главног тока је 6 m/km. Горњи ток ријеке има планински, а доњи равничарски карактер.

За регионализацију резултата глобалних климатских модела (Global Climate Models – GCMs) и процјену промјена регионалних климатских услова у будућности најчешће коришћени алати су регионални климатски модели (Regional Climate Models – RCMs) (Giorgi et al., 2001; Giorgi & Lionello, 2008). Метод регионализације омогућава добијање релевантних информација о будућој клими на одговарајућим просторним и временским размјерама неопходним за спровођење студија утицаја и рањивости, посебно када су фокусиране на регионалне и субрегионалне домene (Jacob et al., 2007). За потребе овог истраживања коришћени су резултати регионализације климатског сценарија RCP8.5 за територију слива ријеке Врбас. Скалирање је изведено нехидростатичким регионалним (Nonhydrostatic Multi-scale Model – NMMB) моделом. Регионални модел NMMB је нехидростатички модел атмосфере који се, поред оперативне употребе за временску прогнозу у Националној метеоролошкој служби САД (Janjic, 2003; Janjic & Gall, 2012), користи и у многим истраживачким институцијама у Европи (Pérez et al., 2011). Чињеница да је NMMB модел нехидростатичан омогућава његову примјену у интеграцијама са изузетно великим хоризонталним проширењима испод 10 km (димензије типичне за конвективне процесе). Интеграције овако високих хоризонталних декомпозиција омогућавају бољу симулацију одговарајућих атмосферских нехидростатских процеса изузетно важних у

The Vrbas river basin is located in the northwestern part of the Republic of Srpska and Bosnia and Herzegovina. In general, the upper part of the basin is located in the territory of the Federation of Bosnia and Herzegovina, and the middle and lower part in the Republic of Srpska. The total length of the river Vrbas from the source to the mouth is 235 km, while the total area of the basin is 6386 km<sup>2</sup>. The average slope of the main stream is 6 m/km. The upper course of the river has a mountainous character, while the lower course has a plain character.

For the regionalization of the results of global climate models (GCMs) and the assessment of changes in regional climate conditions in the future, the most commonly used tools are regional climate models (RCMs) (Giorgi et al., 2001; Giorgi & Lionello, 2008). The regionalization method enables obtaining relevant information about the future climate at the appropriate spatial and temporal scales necessary for conducting impact and vulnerability studies, especially when focused on regional and subregional domains (Jacob et al., 2007). For the purposes of this research, the regionalization results of the RCP8.5 climate scenario for the territory of the Vrbas river basin were used. Scaling is performed by the non-hydrostatic regional (Nonhydrostatic Multi-scale Model – NMMB) model. The NMMB regional model is a non-hydrostatic atmospheric model that, in addition to operational use for weather forecasting in the US National Weather Service (Janjic, 2003; Janjic & Gall, 2012), is also used in many research institutions in Europe (Pérez et al., 2011). The fact that the NMMB model is non-hydrostatic enables its application in integrations with extremely large horizontal extensions below 10 km (dimensions typical for convective processes). Integrations of such high horizontal decompositions enable a better simulation of corresponding atmospheric non-

развоју конвективних система који су најчешћи узрок екстремних акумулација падавина у кратким временским интервалима, посебно током топлијег дијела године (Djurdjević & Krzic, 2013; Trbic et al., 2021). У овом моделу (NMMB) вертикална резолуција је била 64 нивоа од површине Земље до висине 10 mb, а растојање између вертикалних нивоа зависило је од висине. Близу површине је неколико десетина метара, а у средини атмосфере неколико стотина метара. Интеграције NMMB модела су урађене у оквиру пројекта ORIENTGATE (доступно на <http://www.orientgateproject.org>) (Djurdjević & Krzic, 2013). NMMB модел је регионализовао климатски сценарио RCP8.5 дефинисан у Петом извјештају Међувладиног панела о климатским промјенама (IPCC-AR5) (Moss et al., 2008). Хоризонтална резолуција NMMB модела била је 8 km. Као референтни период изабран је период 1971–2000. године, док су интеграције будуће климе покривале период 2011–2100. Глобални климатски модел CMCC-CM је коришћен за граничне услове у интеграцији сценарија RCP8.5 (Djurdjević & Rajković, 2008; Djurdjević et al., 2014; Scoccimarro et al., 2011).

Према климатском сценарију RCP8.5 анализирани су очекиване промјене температуре ваздуха и падавина за периоде од 2011. до 2100. године у односу на базни период 1971–2000. године. Анализе су извршене за нивое мјесеца, сезона и година за временске хоризонте: 2011–2040, 2041–2071. и 2071–2100.

Најекстремнији сценарио RCP8.5 изабран је у односу на остале (RCP2.6, RCP4.5 и RCP6.0) из практичног разлога што се климатске промјене и климатски екстреми већ дешавају према најекстремнијем сценарију RCP8.5. Промјене климатских екстрема су све чешће и израженије и могу знатно утицати на очекивани дефицит воде, посебно у љетњој сезони. Ове промјене су се већ оствариле у појединим годинама (Oprašić et al., 2016). Због тога, сматрано је логичним да се пројекције праве по најекстремнијем очекиваном сценарију (RCP8.5). Ова одлука има и практичан карактер, јер може бити корисна информација за креаторе

hydrostatic processes extremely important in the development of convective systems, which are the most common cause of extreme precipitation accumulations in short time intervals, especially during the warmer part of the year (Djurdjević & Krzic, 2013; Trbic et al., 2021). In this model (NMMB) the vertical resolution was 64 levels from the surface of the Earth to a height of 10 mb, and the distance between the vertical levels depended on the height. It is several tens of meters near the surface, and several hundred meters in the middle of the atmosphere. Integrations of the NMMB model were done within the ORIENTGATE project (available at <http://www.orientgateproject.org>) (Djurdjević & Krzic, 2013). The NMMB model regionalized the RCP8.5 climate scenario defined in the Fifth Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC-AR5) (Moss et al., 2008). The horizontal resolution of the NMMB model was 8 km. The period 1971–2000 was chosen as the reference period. year, while future climate integrations covered the period 2011–2100. The global climate model CMCC-CM was used for boundary conditions in the integration of the RCP8.5 scenario (Djurdjević & Rajković, 2008; Djurdjević et al., 2014; Scoccimarro et al., 2011).

According to the climate scenario RCP8.5, expected changes in air temperature and precipitation for the period from 2011 to 2100 year were analyzed in relation to the base period 1971–2000. Analyzes were performed for the month, season and year levels for the time horizons: 2011–2040, 2041–2071. and 2071–2100.

The most extreme scenario RCP8.5 was chosen over the others (RCP2.6, RCP4.5 and RCP6.0) for the practical reason that climate change and climate extremes are already occurring under the most extreme scenario RCP8.5. Changes in climatic extremes are becoming more frequent and pronounced and can significantly affect the expected water deficit, especially in the summer season. These changes have already been achieved in certain years (Oprašić et al., 2016). Therefore, it was considered logical to make the projections according to the most extreme expected scenario (RCP8.5). This decision also has a practical character, because it can be useful information

политика и доносиоце одлука приликом доношења стратешких докумената и усвајања мјера за прилагођавање на климатске промјене у сливу ријеке Врбас и на нивоу Републике Српске.

for policy makers and decision makers when adopting strategic documents and adopting measures for adaptation to climate change in the Vrbas river basin and at the level of Republic of Srpska.

## РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

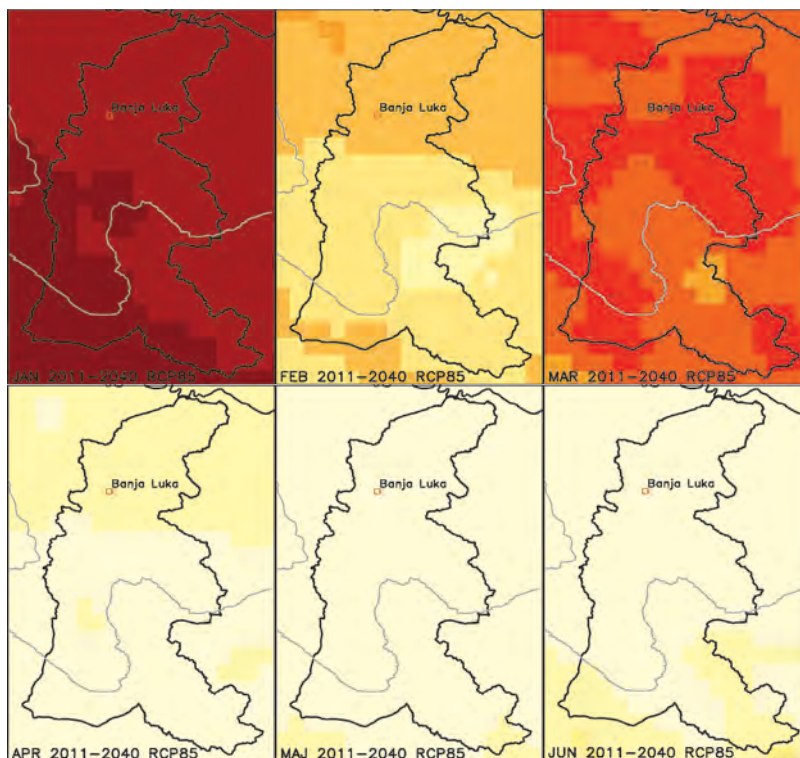
### Пројектоване промјене температура ваздуха

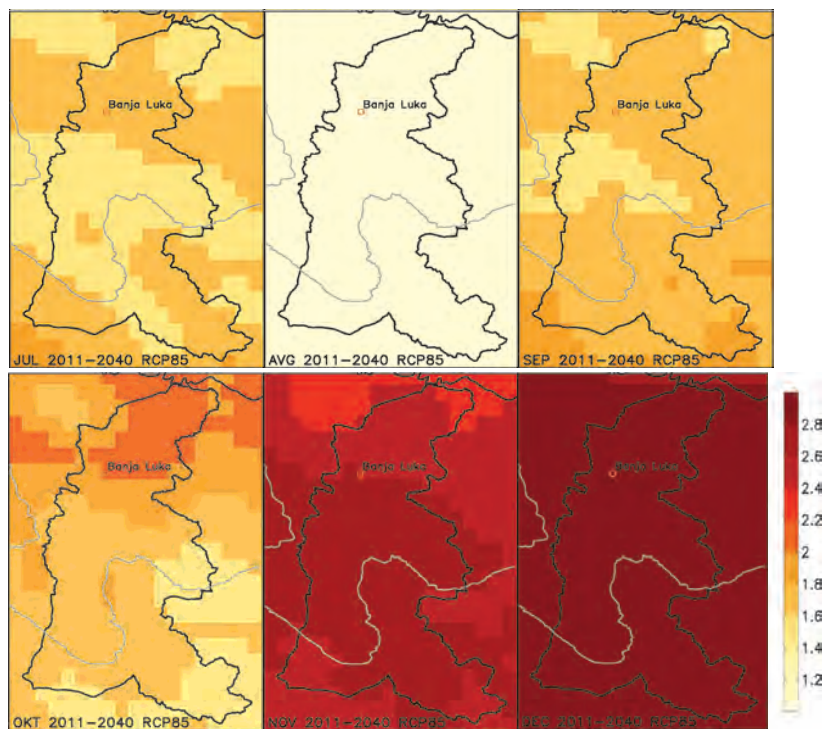
Пројектоване промјене температура ваздуха у сливу ријеке Врбас према климатском сценарију RCP8.5 приказане су на Сл. 1–6. Очекиване промјене средњих годишњих температура у сливу ријеке Врбас биће у интервалу од 1.8 °C (2011–2040), 3 °C (2041–2070) до 5.4 °C (2071–2100). Највеће промјене по сезонама за сва три периода су за сезону зима (DJF), за коју је аномалија у просјеку већа од аномалије годишњег просјека од 0.5 °C до 0.8 °C, док је сезона прољеће (МAM) са најмањом аномалијом температуре, према овом сценарију. Појединачни мјесеци са највећом аномалијом су јануар, новембар и децембар, док за посљедња два периода 2041–2070. и 2071–2100. највећу аномалију током лјетњих мјесеци има август.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Projected changes in air temperatures

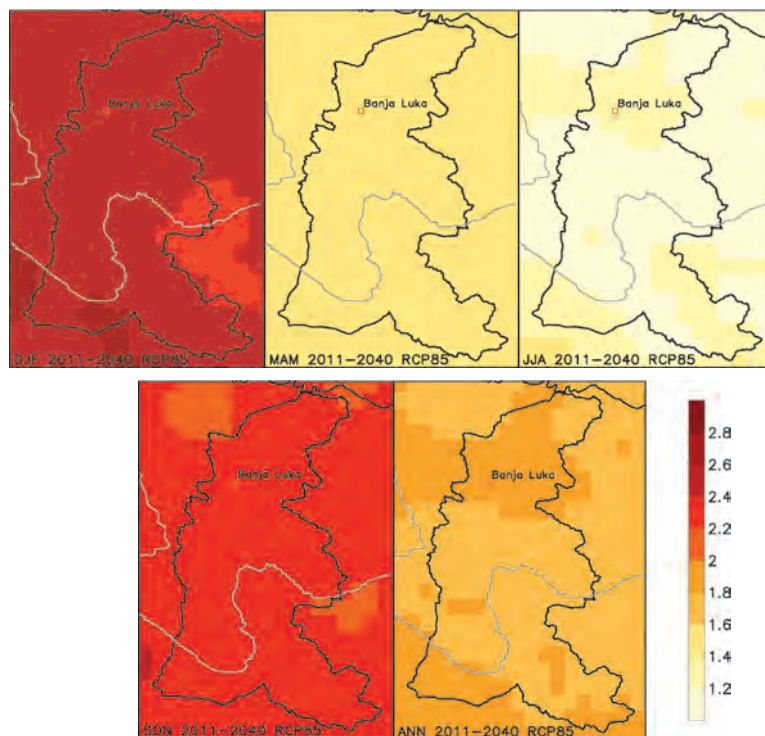
Projected changes in air temperatures in the Vrbas river basin according to the RCP8.5 climate scenario are shown in Fig. 1–6. Expected changes in mean annual temperatures in the Vrbas river basin will be in the range of 1.8 °C (2011–2040), 3 °C (2041–2070) to 5.4 °C (2071–2100). The biggest changes by season for all three periods are for the winter season (DJF), for which the anomaly is on average greater than the anomaly of the annual average from 0.5 °C to 0.8 °C, while the spring season (MAM) has the smallest temperature anomaly, according to this scenario. Individual months with the largest anomaly are January, November and December, while for the last two periods 2041–2070. and 2071–2100. August has the biggest anomaly during the summer months.





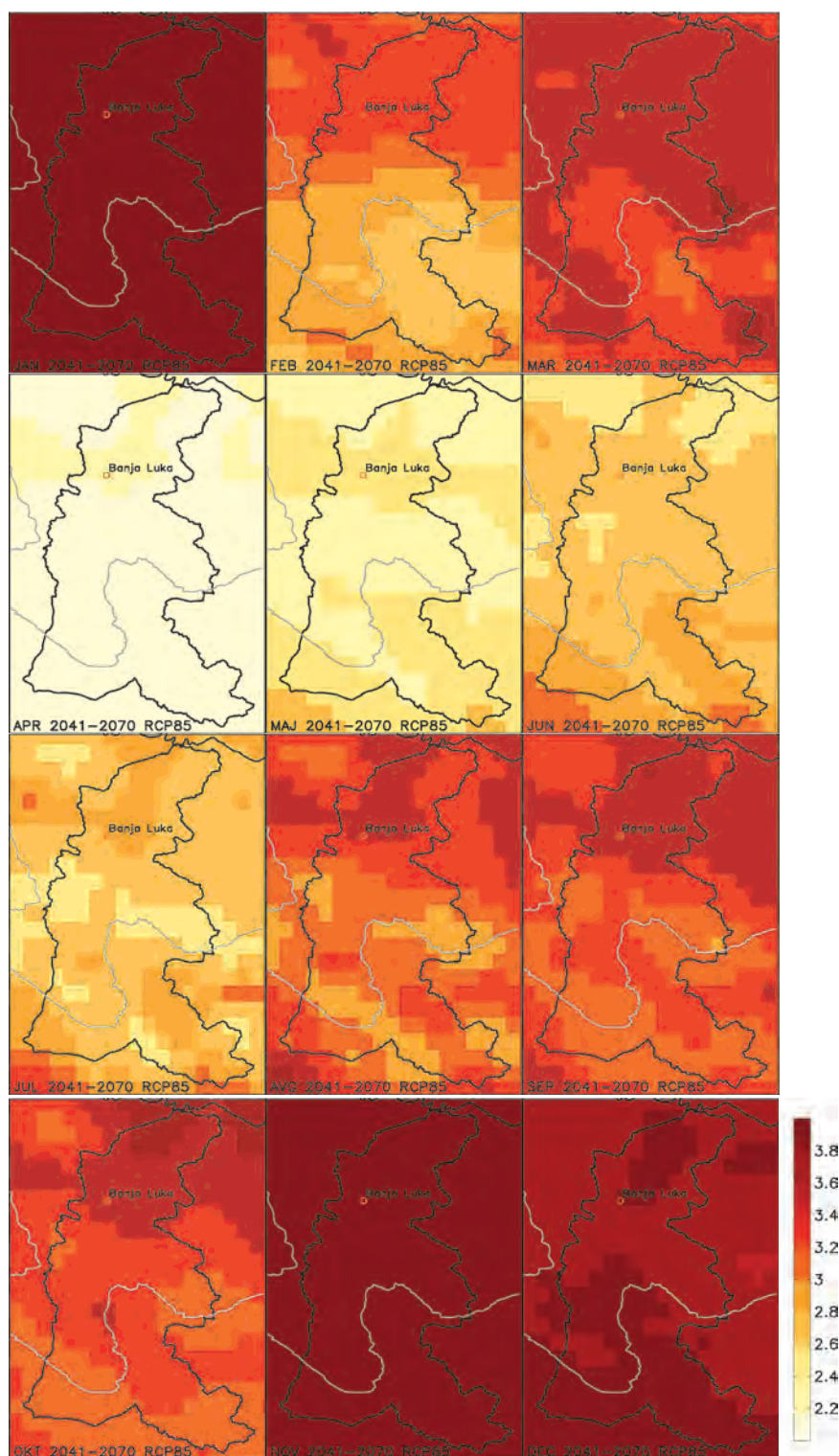
Сл. 1. Промјена средњих мјесечних температура (TG) према сценарију RCP8.5 за период 2011–2040. године у односу на период 1971–2000. (y °C)

Fig. 1. Change in mean monthly temperatures (TG) according to the RCP8.5 scenario for the 2011–2040 periods compared to the 1971–2000 periods (in °C)

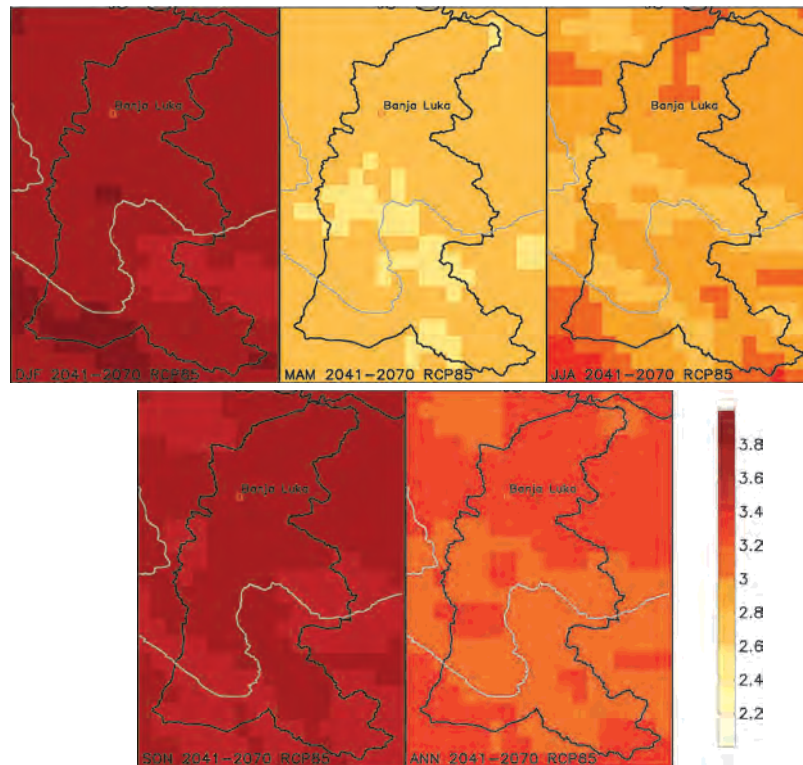


Сл. 2. Промјена средњих сезонских и годишњих температура (TG) према сценарију RCP8.5 за период 2011–2040. године у односу на период 1971–2000. (y °C)

Fig. 2. Change in mean seasonal and annual temperatures (TG) according to the RCP8.5 scenario for the 2011–2040 periods compared to the 1971–2000 periods (in °C)

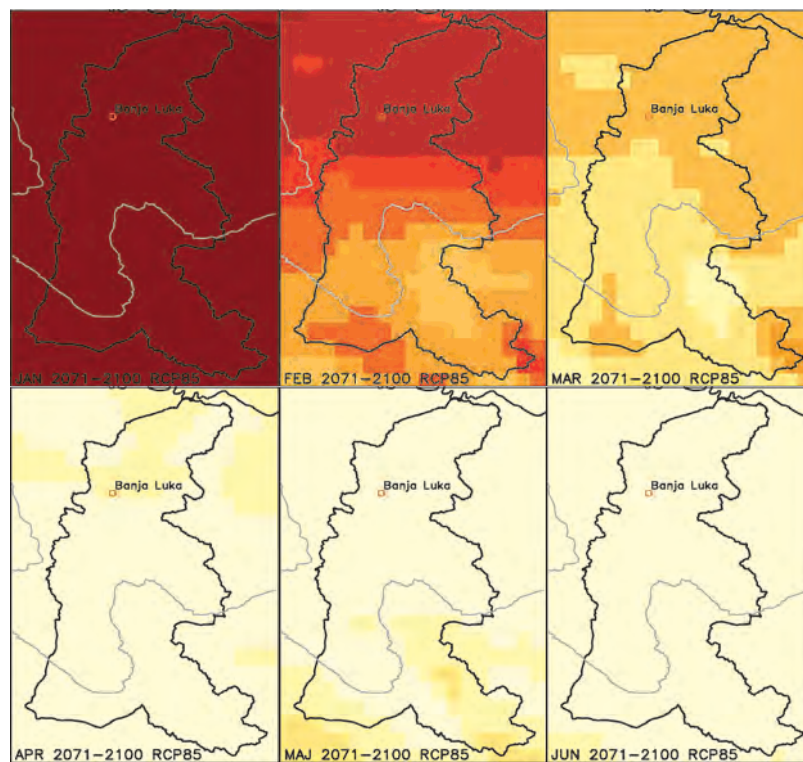


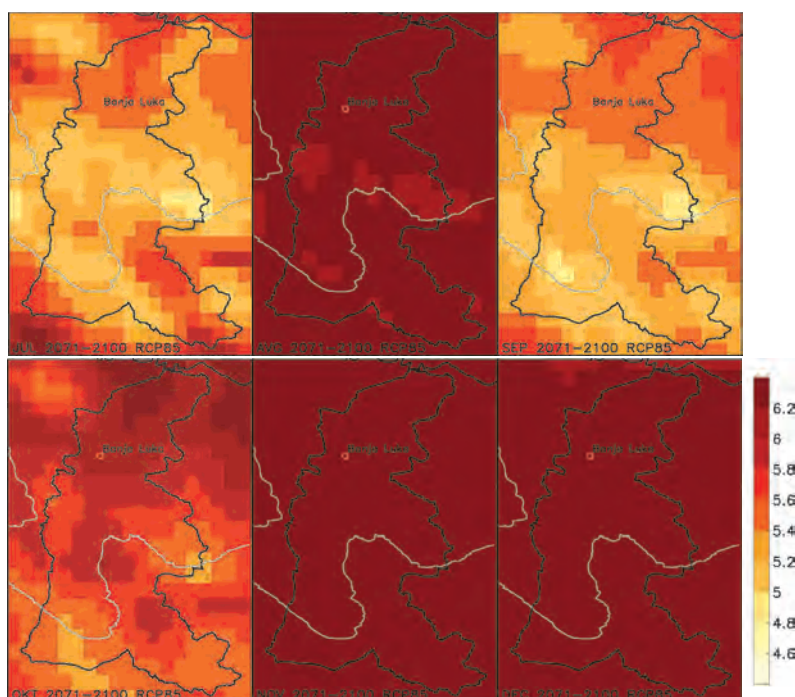
Сл. 3. Промјена средњих мјесечних температура (TG) према сценарију RCP8.5 за период 2041–2070. године у односу на период 1971–2000. (у °C)  
Fig. 3. Change in mean monthly temperatures (TG) according to the RCP8.5 scenario for the 2041–2070 periods compared to the 1971–2000 periods (in °C)



Сл. 4. Промјена средњих сезонских и годишњих температура (TG) према сценарију RCP8.5 за период 2041–2070. године у односу на период 1971–2000. (y °C)

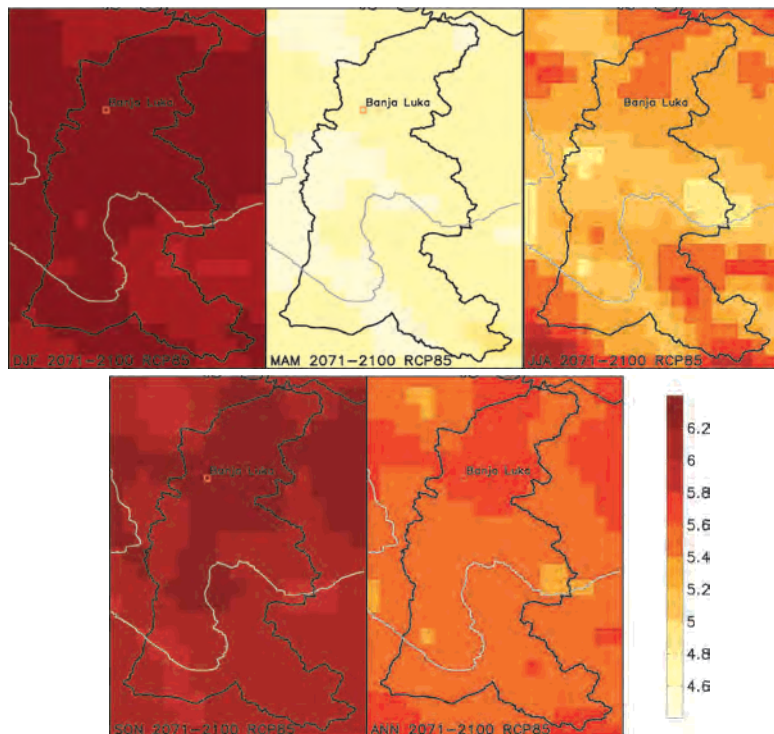
Fig. 4. Change in mean seasonal and annual temperatures (TG) according to the RCP8.5 scenario for the 2041–2070 periods compared to the 1971–2000 periods (in °C)





Сл. 5. Промјена средњих мјесечних температура (TG) према сценарију RCP8.5 за период 2071–2100. године у односу на период 1971–2000. (y °C)

Fig. 5. Change in mean monthly temperatures (TG) according to the RCP8.5 scenario for the 2071–2100 periods compared to the 1971–2000 periods (in °C)



Сл. 6. Промјена средњих сезонских и годишњих температура (TG) према сценарију RCP8.5 за период 2071–2100. године у односу на период 1971–2000. (y °C)

Fig. 6. Change in mean seasonal and annual temperatures (TG) according to the RCP8.5 scenario for the 2071–2100 periods compared to the 1971–2000 periods (in °C)

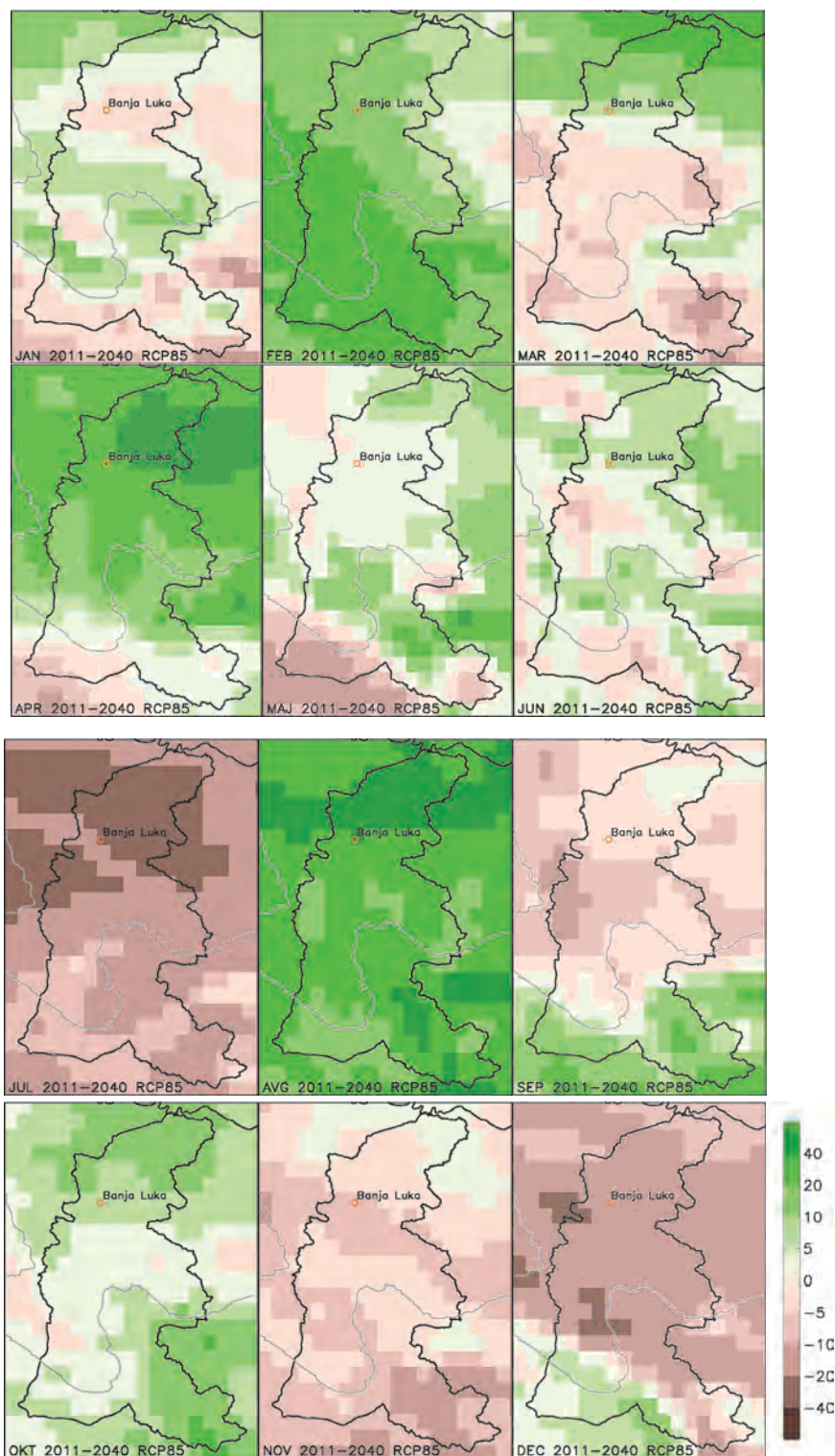
## Пројектоване промјене падавина

Пројектоване промјене количине падавина у сливу ријеке Врбас према климатском сценарију RCP8.5 приказане су на Сл. 7–12. Током првог разматраног периода 2011–2040. године, годишња промјена падавина у сливу има позитиван знак од +5 % у односу на период 1971–2000. Сезона са највећом позитивном аномалијом је прољеће (МAM), посебно у доњем дијелу слива, од +10 %, а сезона са највећом негативном аномалијом је јесен (SON) од -10 %. Мјесеци са највећом позитивном аномалијом су август, фебруар и април са аномалијама од +10 % и већим, а мјесеци са највећом негативном аномалијом су јул и децембар. Током периода 2041–2071. године, годишња промјена падавина у сливу има негативан знак и износи око -10 %. Сезоне са негативном аномалијом су љето (ЈЈА) и јесен (SON), посебно ЈЈА са аномалијом већом од -20 %, док сезоне зима (DJF) и прољеће (МAM) имају промјенљиву аномалију у зависности од дијела слива. Мјесеци са највећом позитивном аномалијом су фебруар, март и новембар, а мјесеци са највећом и значајном негативном аномалијом су јун и јул, са аномалијама већим од -20 %. Током периода 2071–2100. године, годишња промјена падавина у сливу је у дефициту и износи до -20 %. Сезоне са негативном аномалијом су МAM, ЈЈА и SON, посебно ЈЈА са аномалијом већом од -20 % у неким дијеловима, док сезона DJF има промјенљиву аномалију у зависности од дијела слива. Мјесец са највећом позитивном аномалијом је фебруар, а мјесеци са највећом и значајном негативном аномалијом су мај, јун, јул, август и септембар са аномалијама до и већим од -20 %. Према овим резултатима јасно је да се сезона ЈЈА истиче као сезона током које ће се интензивирати потенцијални проблем негативних падавина, док сезоне DJF и МAM потенцијално могу имати и позитивне аномалије посебно у првој половини вијека, док у другој половини дефицит падавина карактеристичан за сезону ЈЈА може бити проширен и на сезону МAM.

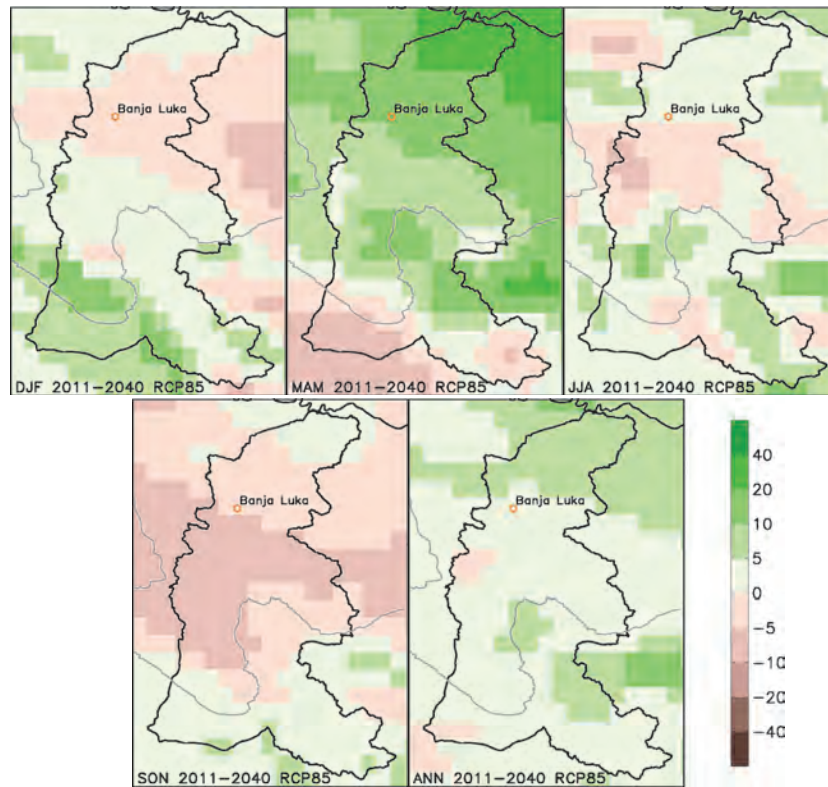
## Projected changes in precipitation

Projected changes in the amount of precipitation in the Vrbas river basin according to the RCP8.5 climate scenario are shown in Fig. 7–12. During the first considered period 2011–2040. year, the annual change in precipitation in the basin has a positive sign of +5 % compared to the period 1971–2000. The season with the largest positive anomaly is spring (MAM), especially in the lower part of the basin, of +10 %, and the season with the largest negative anomaly is autumn (SON) of -10 %. The months with the largest positive anomaly are August, February and April with anomalies of +10 % and higher, and the months with the largest negative anomaly are July and December. During the period 2041–2071. year, the annual change in precipitation in the basin has a negative sign and amounts to about -10 %. The seasons with a negative anomaly are summer (JJA) and autumn (SON), especially JJA with an anomaly greater than -20 %, while the winter (DJF) and spring (MAM) seasons have variable anomalies depending on the part of the basin. The months with the largest positive anomaly are February, March and November, and the months with the largest and significant negative anomaly are June and July, with anomalies greater than -20 %. During the period 2071–2100. year, the annual change in precipitation in the basin has a negative sign and amounts to -20 %. The seasons with a negative anomaly are MAM, JJA and SON, especially JJA with an anomaly greater than -20 % in some parts, while the DJF season has a variable anomaly depending on the part of the basin. The month with the largest positive anomaly is February, and the months with the largest and most significant negative anomaly are May, June, July, August and September with anomalies up to and greater than -20 %. According to these results, it is clear that the JJA season stands out as a season during which the potential problem of negative precipitation will intensify, while the DJF and MAM seasons can potentially have positive anomalies, especially in the first half of the century, while in the second half the precipitation deficit characteristic of the JJA season can be extended to the MAM season as well.

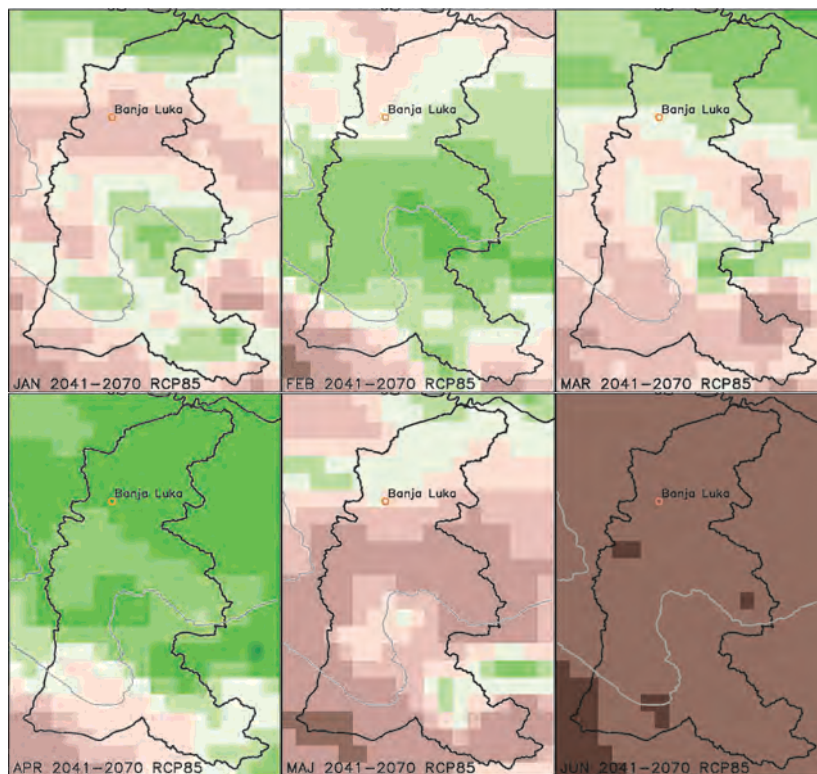


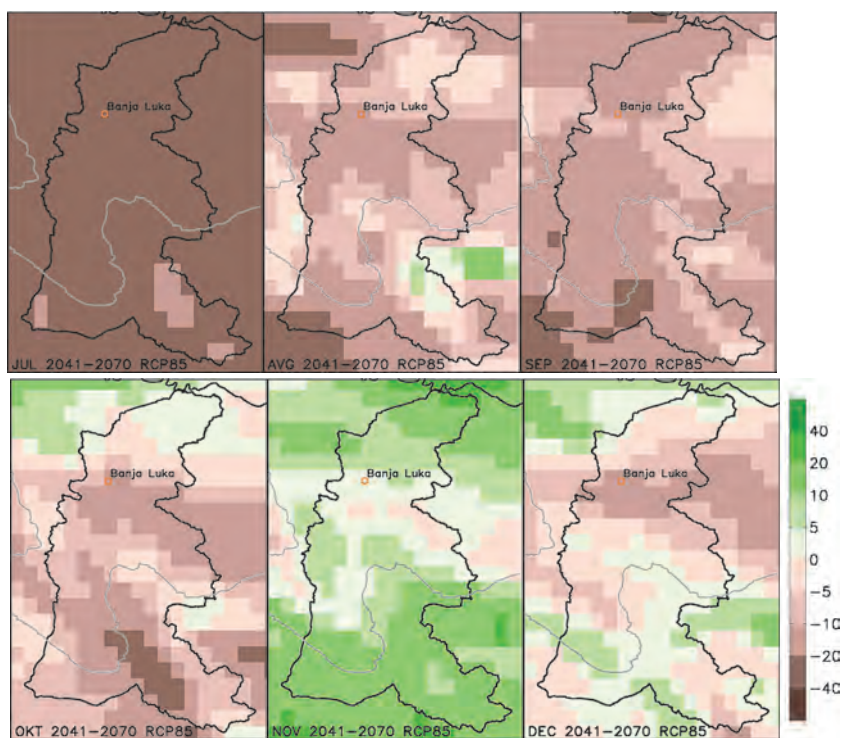


Сл. 7. Промјена мјесечних акумулираних падавина (RR) према сценарију RCP8.5 за период 2011–2040. године у односу на период 1971–2000. (y %)  
Fig. 7. Change in monthly accumulated precipitation (RR) according to the RCP8.5 scenario for the 2011–2040 periods compared to the 1971–2000 periods (in %)



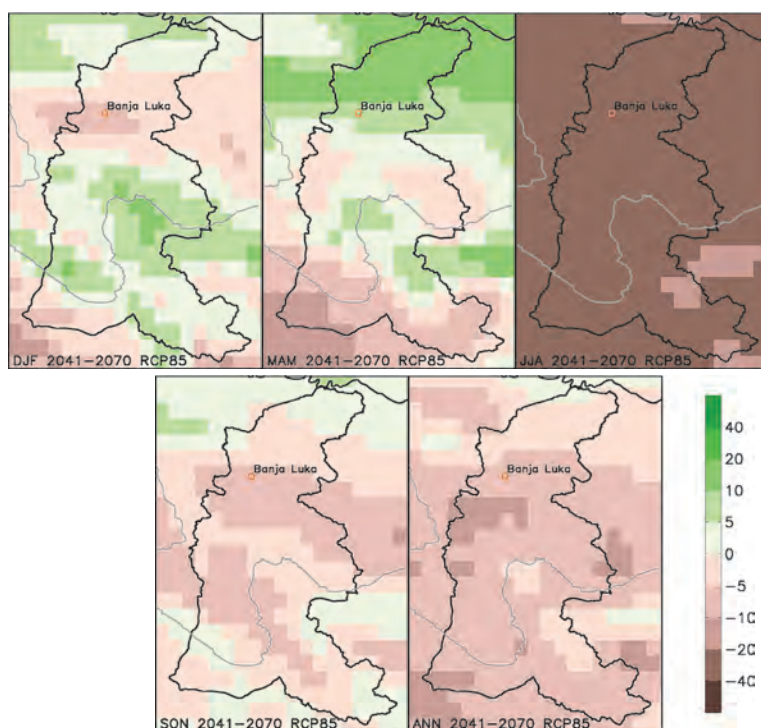
Сл. 8. Промјена сезонских и годишњих акумулираних падавина (RR) према сценарију RCP8.5 за период 2011–2040. године у односу на период 1971–2000. (у %)  
 Fig. 8. Change in seasonal and annual accumulated precipitation (RR) according to the RCP8.5 scenario for the 2011–2040 periods compared to the 1971–2000 periods (in %)





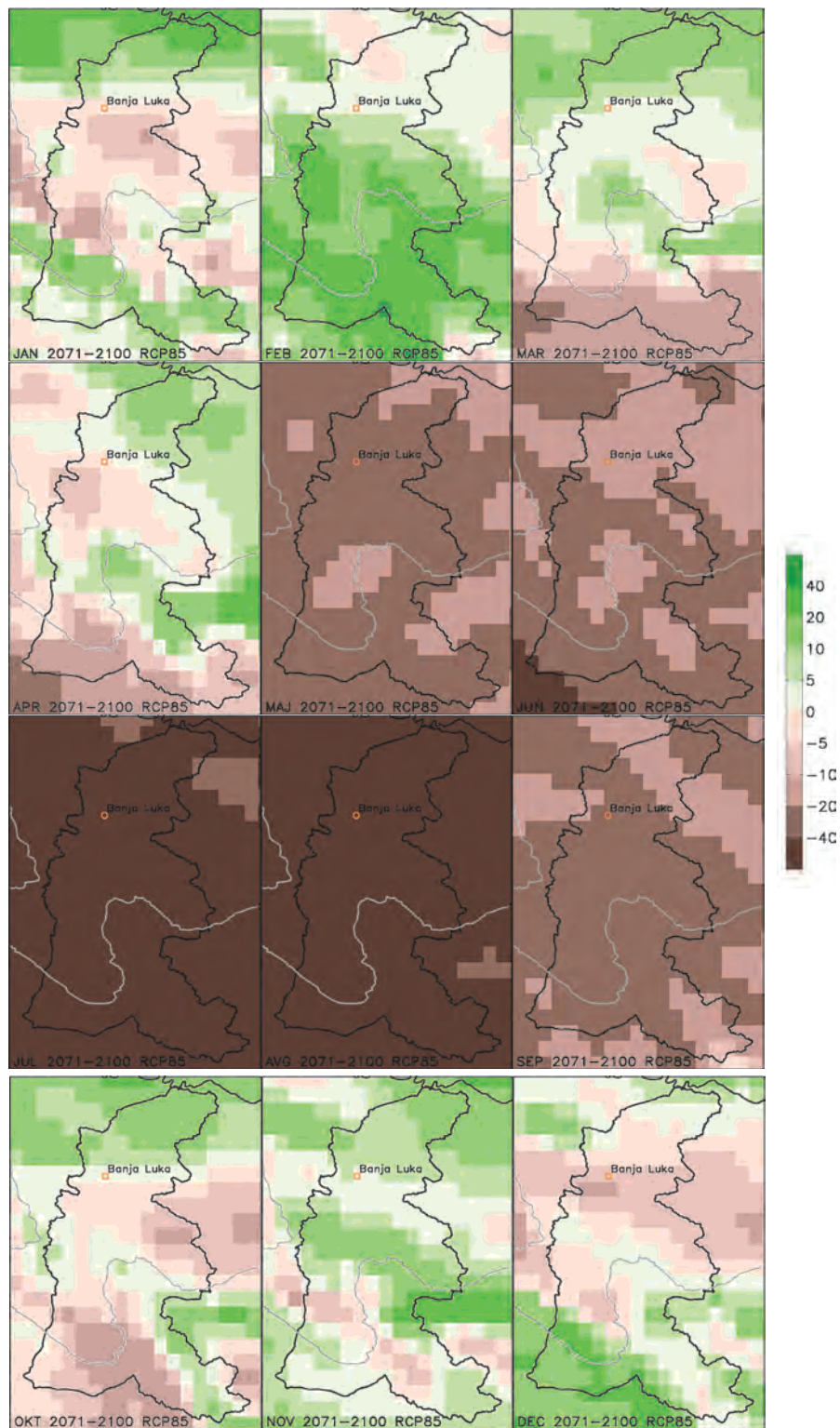
Сл. 9. Промјена мјесечних акумулираних падавина (RR) према сценарију RCP8.5 за период 2041–2070. године у односу на период 1971–2000. (y %)

Fig. 9. Change in monthly accumulated precipitation (RR) according to the RCP8.5 scenario for the 2041–2070 periods compared to the 1971–2000 periods (in %)



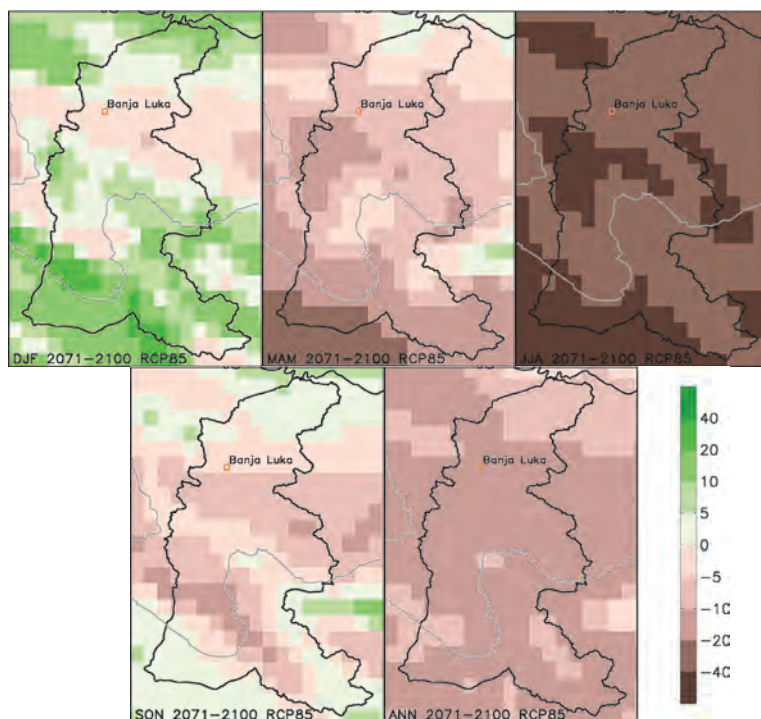
Сл. 10. Промјена сезонских и годишњих акумулираних падавина (RR) према сценарију RCP8.5 за период 2041–2070. године у односу на период 1971–2000. (y %)

Fig. 10. Change in seasonal and annual accumulated precipitation (RR) according to the RCP8.5 scenario for the 2041–2070 periods compared to the 1971–2000 periods (in %)



Сл. 11. Промјена мјесечних акумулираних падавина (RR) према сценарију RCP8.5 за период 2071–2100. године у односу на период 1971–2000. (y %)

Fig. 11. Change in monthly accumulated precipitation (RR) according to the RCP8.5 scenario for the 2071–2100 periods compared to the 1971–2000 periods (in %)



Сл. 12. Промјена сезонских и годишњих акумулираних падавина (RR) према сценарију RCP8.5 за период 2071–2100. године у односу на период 1971–2000. (у %)   
 Fig. 12. Change in seasonal and annual accumulated precipitation (RR) according to the RCP8.5 scenario for the 2071–2100 periods compared to the 1971–2000 periods (in %)

Пројектоване промјене висине сњежног покривача

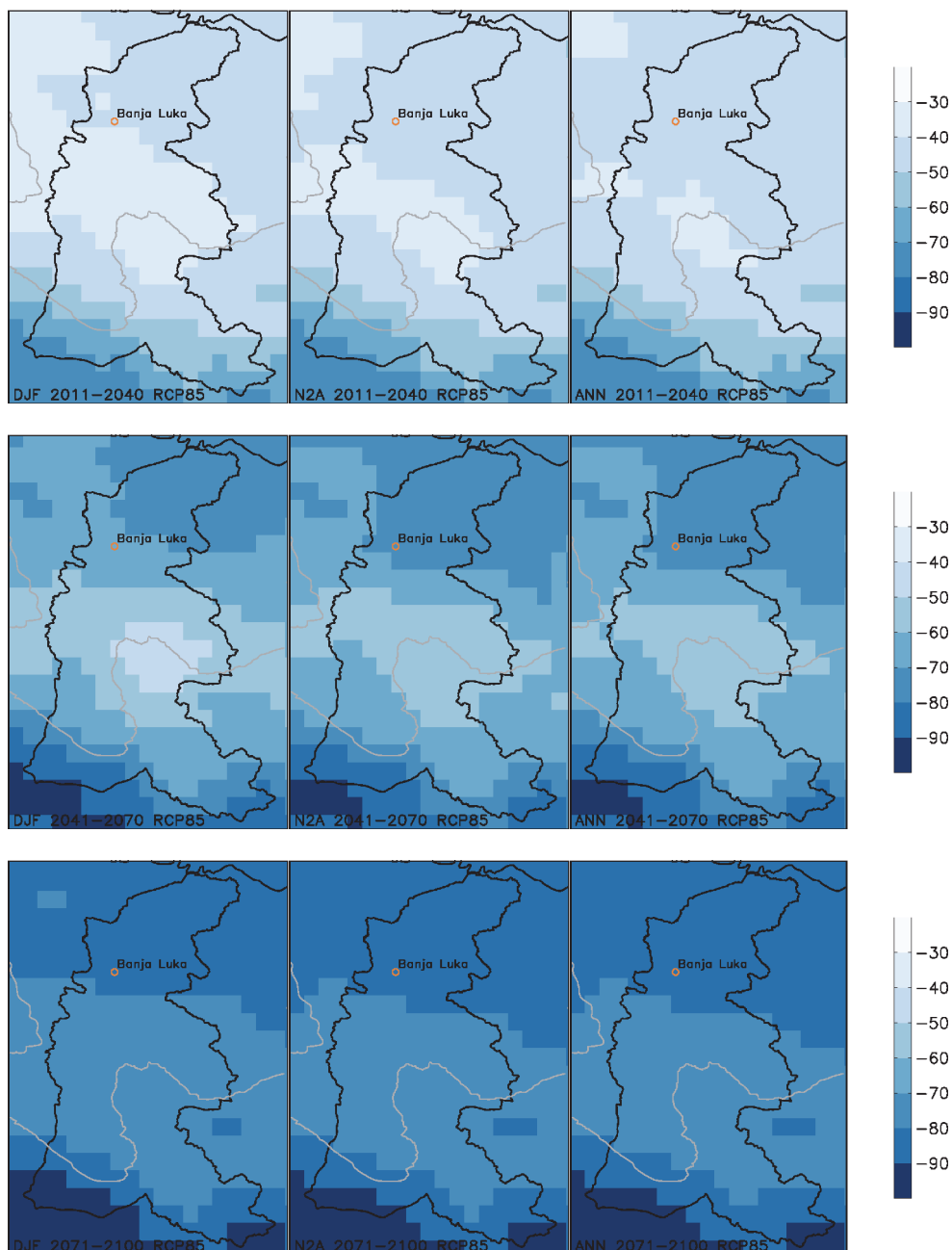
Projected changes in the height of the snow cover

На Сл. 13 и Сл. 14 приказане су промјене средње висине акумулираног снијега за сезону DJF, затим период новембар–април (N–A) и промјене на годишњем нивоу, изражене у % у односу на референтни период 1970–2000. године, за будуће периоде 2011–2040, 2041–2070. и 2071–2100. године, према сценарију RCP8.5. За период 2011–2040. године, промјене у средњој висини сњежног покривача за период N–A крећу се од -40 % у централном дијелу слива до -80 % на крајњем југу, у односу на вриједности из референтног периода 1971–2000. У сезони DJF промјене су од -60 % на сјеверу до више од -90 % у појединим областима на југу. За периоде 2041–2070. и 2071–2100. промјене су још израженије, тако да за период 2071–2100. године, очекиване промјене у средњој висини сњежног покривача за период N–A крећу се од -70 % у централним дијеловима слива до вриједности које су веће од -90 % на јужној граници слива.

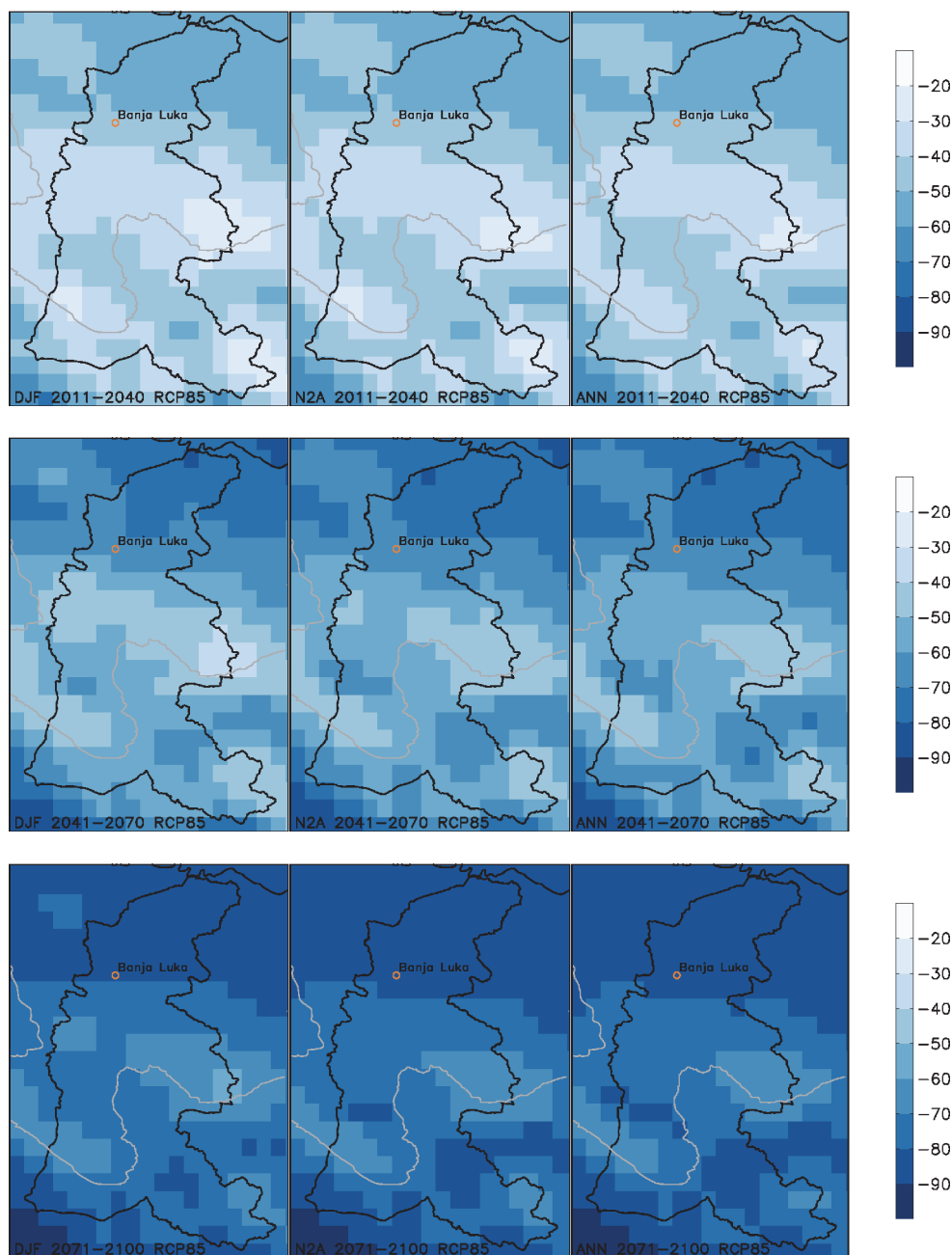
On Fig. 13 and Fig. 14 shows the changes in the average height of the accumulated snow for the DJF season, then the period November–April (N–A) and the changes at the annual level, expressed in % compared to the reference period 1970–2000. year, for the future periods 2011–2040, 2041–2070. and 2071–2100. according to the RCP8.5 scenario. For the period 2011–2040. year, changes in the average height of the snow cover for the period N–A range from -40 % in the central part of the basin to -80 % in the extreme south, compared to the values from the reference period 1971–2000. In the DJF season, the changes range from -60 % in the north to more than -90 % in certain areas in the south. For the periods 2041–2070. and 2071–2100. the changes are even more pronounced, so that for the period 2071–2100. year, the expected changes in the average height of the snow cover for the period N–A range from -70 % in the central parts of the basin to values that are greater than -90 % at the southern border of the basin.

Проmjена броја дана са сњeжним покривачем за први период 2011–2040. је негативна и за цијели слив у просjеку износи око -40 %, док се за посљедњи период промјена креће у интервалу од -70 % до -90 %. У сва три анализирана периода смањење броја дана са сњeжним покривачем је израженије у доњем дијелу слива Врбаса.

Change in the number of days with snow cover for the first period 2011–2040. is negative and for the entire basin is on average about -40 %, while for the last period the change ranges from -70 % to -90 %. In all three analyzed periods, the decrease in the number of days with snow cover is more pronounced in the lower part of the Vrbas basin.



Сл. 13. Проmjена средње висине акумулираног снјега (SNO) према сценарију RCP8.5 за периоде 2011–2040, 2041–2070. и 2071–2100. у односу на период 1971–2000. (у %)  
 Fig. 13. Change in the mean height of accumulated snow (SNO) according to the RCP8.5 scenario for the 2011–2040, 2041–2070 and 2071–2100 periods compared to the 1971–2000 periods (in %)



Сл. 14. Промјена броја дана са сњежним покривачем (SNOD) према сценарију RCP8.5 за периоде 2011–2040, 2041–2070. и 2071–2100. у односу на период 1971–2000. (у %)  
 Fig. 14. Change in the number of days with snow cover (SNOD) according to the RCP8.5 scenario for the 2011–2040, 2041–2070 and 2071–2100 periods compared to the 1971–2000 periods (in %)

Неизвјесност у резултатима  
и опсег могућих промјена

Uncertainty in results and range of  
possible changes

Неизвјесност у резултатима промјене температуре и падавина према климатском сценарију RCP8.5 за слив ријеке Врбас процијењена је анализом резултата глобалних

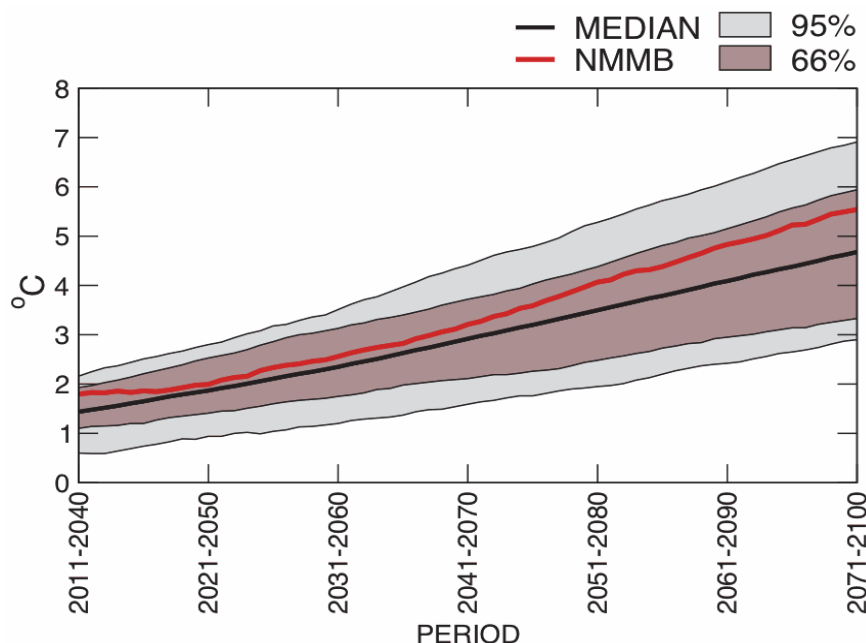
Uncertainty in the results of changes in temperature and precipitation according to the climate scenario RCP8.5 for the Vrbas river basin was assessed by analyzing the results of global

климатских модела који су учествовали у CMIP5 пројекту (Taylor et al., 2012), а који су коришћени и у Петом извјештају Међувладиног панела за климатске промјене (IPCC, 2013). На основу резултата модела процијењен је могући опсег промјене средње вриједности температуре и падавина. У анализи су коришћени резултати 39 различитих модела за период 2011–2100. Резултати су доступни кроз сервис Climate Explorer (<http://climexp.knmi.nl/start.cgi>).

На Сл. 15. и Сл. 16 приказан је опсег могуће аномалије средње температуре и падавина за територију слива ријеке Врбас за период 2011–2100. у односу на период 1971–2000. према сценарију RCP8.5. Средња аномалија температуре и падавина израчуната је за сукцесивне тридесетогодишње периоде почевши од периода 2011–2040. Опсег је процијењен на основу резултата 39 различитих модела који су учествовали у пројекту CIMIP5, средња вриједност ових резултата приказана је дебелом црном линијом. Браон зона је опсег дефинисан са 66 %, док је сива зона опсег са 95 % анализираних резултата. Црвена линија је резултат регионалног модела NMMB.

climate models that participated in the CMIP5 project (Taylor et al., 2012), which were also used in the Fifth Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change climate change (IPCC, 2013). Based on the results of the model, the possible range of changes in the mean values of temperature and precipitation was estimated. The analysis used the results of 39 different models for the period 2011–2100. The results are available through the Climate Explorer service (<http://climexp.knmi.nl/start.cgi>).

On Fig. 15 and Fig. 16 shows the range of possible anomalies in mean temperature and precipitation for the territory of the Vrbas river basin for the period 2011–2100. in relation to the period 1971–2000. according to the RCP8.5 scenario. The mean anomaly of temperature and precipitation was calculated for successive thirty-year periods starting from the period 2011–2040. The range was estimated based on the results of 39 different models that participated in the CIMIP5 project, the mean value of these results is shown as a thick black line. The brown zone is the range defined by 66 %, while the gray zone is the range with 95 % of the analyzed results. The red line is the result of the NMMB regional model.



Сл. 15. Опсег могуће аномалије средње температуре ваздуха за слив ријеке Врбас за период 2011–2100. у односу на период 1971–2000. године према сценарију RCP8.5

Fig. 15. Range of possible anomaly of mean air temperature for the Vrbas River basin for the 2011–2100 periods in relation to the 1971–2000 periods according to the RCP8.5 scenario

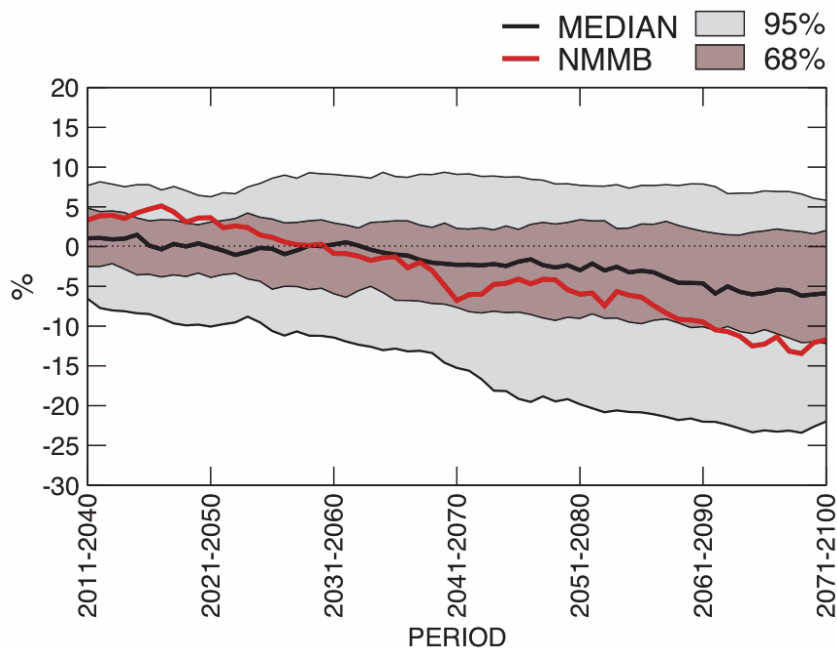


Према приказаним резултатима (Сл. 15) средња вриједност 39 модела за промјену температуре у периоду 2071–2100. према сценарију RCP8.5 у односу на период 1971–2000. је нешто мањи од 5 °C. Опсег вјероватне вриједности (са вјероватноћом од 66 %) промјене за исти период је од 3.2 °C до 6 °C, док се у опсегу од 2.9 °C до 6.9 °C налази 95 % анализираних резултата. Резултат регионалног модела NMMB се у цијелом периоду налази у вјероватном опсегу (66 %) промјене температуре и послје периода 2041–2070. нешто је виши од средње вриједности 39 модела. За посљедњих тридесет година вриједност регионалног модела је 5.5 °C и већа је за приближно 0.8 °C у односу на моделски средњак. За периоде прије периода 2041–2070. године, резултат регионалног модела је веома близак средњој вриједности.

Према приказаним резултатима (Сл. 16) средња вриједност 39 модела за промјену акумулираних падавина у периоду 2071–2100. према сценарију RCP8.5 у односу на период 1971–2000 је око -6 %. Опсег вјероватне вриједности (са вјероватноћом од 66 %) промјене за исти период је од +1 % до -12 %, док се у опсегу од +5 % до -22 % налази 95 % анализираних резултата. Резултат регионалног модела NMMB се током цијелог анализираних периода налази у вјероватном опсегу (66 %) промјене падавина, а послје периода 2031–2060. негативна аномалија је већа од средње вриједности осталих анализираних модела. Пред крај анализираних периода вриједност NMMB модела је за који проценат мања од доње границе распона од 66 %, за посљедњих тридесет година вриједност регионалног модела је веома блиска доњој граници овог опсега. Послје периода 2031–2050. године, моделски средњак има искључиво негативне вриједности. Такође, јасно је да током цјелокупног посматраног периода (2011–2100) и моделски средњак и резултат регионалног модела, као и 66 % и 95 % опсези имају негативан тренд, што указује да у случају сценарија RCP8.5, и даљег пораста глобалне температуре, просјечне вриједности климе слива ријеке Врбас би попримале аридније карактеристике.

According to the results shown (Fig. 15), the mean value of 39 models for temperature change in the period 2071–2100. according to the RCP8.5 scenario in relation to the period 1971–2000. is slightly lower than 5 °C. The range of probable value (with a probability of 66 %) of change for the same period is from 3.2 °C to 6 °C, while 95 % of the analyzed results are in the range from 2.9 °C to 6.9 °C. The result of the NMMB regional model is in the probable range (66 %) of the temperature change after the period 2041–2070. it is slightly higher than the mean value of 39 models. For the last thirty years, the value of the regional model is 5.5 °C and is higher by approximately 0.8 °C compared to the model mean. For the periods before the period 2041–2070. year, the result of the regional model is very close to the mean value.

According to the results shown (Fig. 16), the mean value of 39 models for changes in accumulated precipitation in the period 2071–2100. according to the RCP8.5 scenario, compared to the period 1971–2000, it is about -6 %. The range of the probable value (with a probability of 66 %) of the change for the same period is from +1 % to -12 %, while 95 % of the analyzed results are in the range from +5 % to -22 %. The result of the NMMB regional model is within the probable range (66 %) of the change in precipitation during the entire analyzed period, and after the period 2031–2060. the negative anomaly is higher than the mean value of the other analyzed models. Towards the end of the analyzed period, the value of the NMMB model is by what percentage less than the lower limit of the range of 66 %, for the last thirty years the value of the regional model is very close to the lower limit of this range. After the period 2031–2050. year, the model median has exclusively negative values. Also, it is clear that during the entire observed period (2011–2100) both the model mean and the result of the regional model, as well as the 66 % and 95 % ranges have a negative trend, which indicates that in the case of the RCP8.5 scenario, and a further rise in global temperature, the average value of the climate of the Vrbas river basin would take on more arid characteristics.



Сл. 16. Опсег могуће аномалије средњих падавина за слив ријеке Врбас за период 2011–2100. у односу на период 1971–2000. према сценарију RCP8.5

Fig. 16. The range of possible mean precipitation anomaly for the Vrbas River basin for the 2011–2100 periods in relation to the 1971–2000 periods according to the RCP8.5 scenario

Према приказаним резултатима могућих опсега промјене температуре и падавина према сценарију RCP8.5 видљиво је да се резултати регионалног NMMB модела за промјене средњих температура и падавина налазе у вјероватном опсегу могућих промјена (66 %). Током друге половине XXI вијека сценарио регионалног модела је нешто „топлији“ и „сувљи“ од моделског средњака, с обзиром на то да су разлике у односу на моделски средњак релативно мале, резултат регионалног модела се може сматрати добрим репрезентом овог сценарија.

#### ЗАКЉУЧАК

У раду су приказане очекиване промјене температуре ваздуха, количине падавина и сњежног покривача у сливу ријеке Врбас до краја XXI вијека, према климатском сценарију RCP8.5. Пројекције климатских промјена указују да се на територији слива ријеке Врбас могу очекивати пораст температуре и смањивање сума падавине и сњежног покривача. Опсег могућих промјена

According to the presented results of the possible ranges of changes in temperature and precipitation according to the RCP8.5 scenario, it is visible that the results of the regional NMMB model for changes in mean temperatures and precipitation are in the probable range of possible changes (66 %). During the second half of the 21st century, the scenario of the regional model is somewhat “warmer” and “drier” than the model mean, considering that the differences compared to the model mean are relatively small, the result of the regional model can be considered a good representation of this scenario.

#### CONCLUSION

The paper presents the expected changes in air temperature, precipitation and snow cover in the Vrbas river basin until the end of the 21st century, according to the RCP8.5 climate scenario. Projections of climate change indicate that in the territory of the Vrbas river basin, an increase in temperature and a decrease in precipitation and snow cover can be expected. The range of possible changes in air temperatures (with a probability of

температура ваздуха (са вјероватноћом од 66 %) креће се у интервалу од 3.2 °C до 6 °C, док је у опсегу од 2.9 °C до 6.9 °C 95 % анализираних резултата. Према приказаним резултатима средња вриједност акумулираних падавина у периоду 2071–2100. је око -6 %. Опсег вјероватне вриједности (са вјероватноћом од 66 %) промјене за исти период је од +1 % до -12 %, док се у опсегу од +5 % до -22 % налази 95 % анализираних резултата.

Неопходна су додатна истраживања која би утврдила могуће промјене климатских индекса које се односе на интензивне падавине и екстремне температуре. Ово је посебно битно из разлога што се за период 2011–2040. очекује повећање падавина. Додатна истраживања употпунила би слику климатских промјена у сливу ријеке Врбас и створила бољу фундаменталну основу за планирање мјера и активности које се односе на прилагођавање на климатске промјене.

**Захвалница:** Аутори се захваљују Министарству за научно-технолошки развој, високо образовање и информационо друштво у Влади Републике Српске на помоћи у истраживању. Рукопис је резултат научно-истраживачког пројекта под називом Динамика климатских промјена и могућност адаптације у Републици Српској (Број: 19.0321/961-741/19).

66 %) ranges from 3.2 °C to 6 °C, while 95 % of the analyzed results are in the range from 2.9 °C to 6.9 °C. According to the presented results, the average value of accumulated precipitation in the period 2071–2100. is about -6 %. The range of the probable value (with a probability of 66 %) of the change for the same period is from +1 % to -12 %, while 95 % of the analyzed results are in the range from +5 % to -22 %.

Additional research is necessary to determine possible changes in climate indices related to intense precipitation and extreme temperatures. This is particularly important for the reason that for the period 2011–2040. expects an increase in precipitation. Additional research would complete the picture of climate change in the Vrbas river basin and create a better fundamental basis for planning measures and activities related to adaptation to climate change.

**Acknowledgment:** The authors would like to thank the Ministry of Scientific and Technological Development, Higher Education and Information Society in the Government of the Republic of Srpska for their assistance in the research. The manuscript is the result of a scientific research project entitled Dynamics of climate change and the possibility of adaptation in the Republic of Srpska (Number: 19.0321/961-741/19).

#### ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Bajić, D., & Trbić, G. (2016). *Climate Atlas of Bosnia and Herzegovina*. Faculty of Natural Sciences and Mathematics of the University of Banja Luka. [http://www.unfccc.ba/klimatski\\_atlas/klimatski\\_atlas.pdf](http://www.unfccc.ba/klimatski_atlas/klimatski_atlas.pdf)
- Dejanovic, T., Trbić, G., & Popov, T. (2019). Hail as a Natural Disaster in Bosnia and Herzegovina. In W. L. Filho, G. Trbić, & D. Filipovic (Eds.), *Climate Change Adaptation in Eastern Europe, Managing Risks and Building Resilience to Climate Change* (pp. 245–266). Springer Nature. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-03383-5\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-030-03383-5_17)
- Djordjevic, V., & Rajkovic, B. (2008). Verification of a coupled atmosphere-ocean model using satellite observations over the Adriatic Sea. *Annals Geophysics*, 26, 1935–1954. <https://doi.org/10.5194/angeo-26-1935-2008>
- Djordjevic, V., & Krzic, A. (2013). High-Resolution Downscaling of ERA40 Reanalysis with Nonhydrostatic Regional NMMB Model. International Conference Climate Change Impacts on Water Resources, 17–18 October, 2013, Belgrade, Serbia. [http://www.jcerni.org/images/stories/cciwrr/poster\\_CCIWR\\_2013.pdf](http://www.jcerni.org/images/stories/cciwrr/poster_CCIWR_2013.pdf)
- Djordjevic, V., Krzic, A., & Pejanovic, G. (2014). High Resolution Downscaling of CMCC-CM 21st Century Data with Nonhydrostatic Regional NMMB Model. Milankovitch An-

- niversary UNESCO Symposium, 3–5 September 2014, Belgrade, Serbia. [http://www.jcerni.org/images/stories/maus/Book\\_of\\_Abstracts\\_2014.pdf](http://www.jcerni.org/images/stories/maus/Book_of_Abstracts_2014.pdf)
- Djurdjevic, V., Trbić, G., Krzic, A., & Bozanic, D. (2019). Projected Changes in Multi-day Extreme Precipitation Over the Western Balkan Region. In W. L. Filho, G. Trbić, & D. Filipovic (Eds.), *Climate Change Adaptation in Eastern Europe, Managing Risks and Building Resilience to Climate Change* (pp. 15–28). Springer Nature. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-03383-5\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-03383-5_2)
- Giorgi, F., Hewitson, B., Christensen, J., Hulme, M., Von Storch, H., Whetton, P., Jones, R., Mearns, L., Fu, C., Arritt, R., Bates, B., Benestad, R., Boer, G., Buishand, A., Castro, M., Chen, D., Cramer, W., Crane, R., Crossley, J. F., ... Xue, Y. (2001). Regional Climate Information–Evaluation and Projections. In J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, & C. A. Johnson (Eds.), *Climate Change, The Scientific Basis, Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 583–638). Cambridge University Press.
- Giorgi, F., & Lionello, P. (2008). Climate change projections for the Mediterranean region. *Global and Planetary Change*, 63(2–3), 90–104. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2007.09.005>
- Gnjato, S., Popov, T., Trbić, G., & Ivanišević, M. (2019). Climate Change Impact on River Discharges in Bosnia and Herzegovina: A Case Study of the Lower Vrbas River Basin. In W. L. Filho, G. Trbić, & D. Filipovic (Eds.), *Climate Change Adaptation in Eastern Europe, Managing Risks and Building Resilience to Climate Change* (pp. 79–92). Springer Nature. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-03383-5\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-03383-5_6)
- IPCC. (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Jacob, D., Barring, L., Christensen, O. B., Christensen, J. H., de Castro, M., Déqué, M., Giorgi, F., Hagemann, S., Hirschi, M., Jones, R., Kjellström, E., Lenderink, G., Rockel, B., Sánchez, E., Schär, C., Seneviratne, S. I., Somot, S., van Ulden, A., & van den Hurk, B. (2007). An Inter-comparison of regional climate models for Europe: model performance in present-day Climate. *Climatic Change*, 81, 31–52. <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9213-4>
- Janjic, Z. I. (2003). A nonhydrostatic model based on a new approach. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 82, 271–285. <https://doi.org/10.1007/s00703-001-0587-6>
- Janjic, Z., & Gall, R. L. (2012). *Scientific Documentation of the NCEP Nonhydrostatic Multiscale Model on the B Grid (NMMB), Part I Dynamics* (NCAR Technical Note No. NCAR/TN-489+STR). University Corporation for Atmospheric Research. <https://doi.org/10.5065/D6WH2MZX>
- Klein, R. J. T., Midgley, G. F., Preston, B. L., Alam, M., Berkhout, F. G. H., Dow, K., & Shaw, M. R. (2014). Adaptation Opportunities, Constraints, and Limits. In C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea & L. L. White (Eds.), *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* (pp. 899–943). Cambridge University Press. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-Chap16\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-Chap16_FINAL.pdf)
- Lovrić, N., & Tošić, R. (2018). Assessment of soil erosion and sediment yield using erosion potential method: Case study – Vrbas River basin (B&H). *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, 98(1), 1–14. <https://doi.org/10.2298/GSGD180215002L>
- Moss, R., Babiker M., Brinkman, S., Calvo, E., Carter, T., Edmonds, J., Elgizouli, I., Emori, S., Erda, L., Hibbard, K., Jones, R., Kainuma, M., Kelleher, J., Lamarque, J. F., Manning, M., Matthews, B., Meehl, J., Meyer, L., Mitchell, J. ... Zurek, M. (2008). *Towards New Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change*,

- Impacts, and Response Strategies* (IPCC Expert Meeting Report on New Scenarios, 19–21 September, 2007). Intergovernmental Panel on Climate Change. Noordwijkerhout.
- Oprašić, S., Avdić, S., Selmanagić Bajrović, A., Muharemović, A., Prašović, S., Trbić, G., Husika, A., Krajinović, B., Stojanović, B., Zorić, B., Bajić, D., Vojinović, Đ., Arnautović Aksić, D., Zahirović, E., Krečinić, E., Omerčić, E., Kupusović, E., Tica, G., Čustović, H., ... Federal Hydrometeorological Service. (2016). *Third National Communication Bosnia and Herzegovina under UNFCCC*. UNDP. <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/ba/TNC-Report-ENG.pdf>
- Ostojić, A., Vaško, Ž., Cvetković, M., & Pašalić, B. (2019). Fruit Self-Sufficiency Assessment in Bosnia and Herzegovina. *Western Balkan Journal of Agricultural Economics and Rural Development*, 1(2), 135–154. <https://doi.org/10.5937/WBJAE19021350>
- Pérez, C., Haustein, K., Janjic, Z., Jorba, O., Huneus, N., Baldasano, J. M., Black, T., Basart, S., Nickovic, S., Miller, R. L., Perlwitz, J. P., Schulz, M., & Thomson, M. (2011). Atmospheric Dust Modeling from Meso to Global Scales with the Online NMMB/BSC-Dust Model – Part 1: Model Description, Annual Simulations and Evaluation. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, 11, 17551–17620. <https://doi.org/10.5194/acpd-11-17551-2011>
- Popov, T., Gnjato, S., & Trbić, G. (2018a). Analysis of Extreme Precipitation over the Peri-pannonian Region of Bosnia and Herzegovina. *IDŐJÁRÁS – Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*, 122(4), 433–452. <https://doi.org/10.28974/idojaras.2018.4.5>
- Popov, T., Gnjato, S., Trbić, G., & Ivanišević, M. (2018b). Recent Trends in Extreme Temperature Indices in Bosnia and Herzegovina. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 13(1), 211–224. <https://doi.org/10.26471/cjees/2018/013/019>
- Popov, T., Gnjato, S., & Trbić, G. (2019a). Changes in Extreme Temperature Indices over the Peri-pannonian Region of Bosnia and Herzegovina. *Geografije*, 124(1), 19–40. <https://doi.org/10.37040/geografije2019124010019>
- Popov, T., Gnjato, S., & Trbić, G. (2019b). Effects of Changes in Extreme Climate Events on Key Sectors in Bosnia and Herzegovina and Adaptation Options. In W. L. Filho, G. Trbić, & D. Filipovic (Eds.), *Climate Change Adaptation in Eastern Europe, Managing Risks and Building Resilience to Climate Change* (pp. 213–228). Springer Nature. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-03383-5\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-030-03383-5_15)
- Popov, T., Gnjato, S., Trbić, G., & Ivanišević, M. (2019c). Analysis of Extreme Precipitation Indices in the East Herzegovina (Bosnia and Herzegovina). *Journal of the Geographical Institute “Jovan Cvijić” SASA*, 69(1), 1–16. <https://doi.org/10.2298/IJGI1901001P>
- Scoccimarro, E., Gualdi, S., Bellucci, A., Sanna, A., Fogli, P. G., Manzini, E., Vichi, M., Oddo, P., & Navarra, A. (2011). Effects of Tropical Cyclones on Ocean Heat Transport in a High Resolution Coupled General Circulation Model. *Journal of Climate*, 24(16), 4368–4384. <https://doi.org/10.1175/2011JCLI4104.1>
- Taylor, K. E., Stouffer, R. J., & Meehl, G. A. (2012). An Overview of CMIP5 and the Experiment Design. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(4), 485–498. <https://doi.org/10.1175/bams-d-11-00094.1>
- Topalović, Ž., Blagojević, V., & Sudar, N. (2018). Određivanje hidrograma velikih voda za potrebe izrade mapa opasnosti i rizika od poplava –na primjeru sliva rijeke Vrbas, BiH. *Vodoprivreda*, 50, 291–293.
- Tošić, R., Lovrić, N., Dragičević, S., & Manojlović, S. (2018). Assessment of torrential flood susceptibility using GIS Matrix Method: Case study – Vrbas River basin (B&H). *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 13(2), 369–382. <https://doi.org/10.26471/cjees/2018/013/032>
- Tošić, R., Blagojević, V., Trifković, M., Sudar, T., Dragičević, S., Lovrić, N., & Topalović, Ž. (2022). A methodology for mapping under torrential flood risk: Case study–the Rebro-

- vacki brook basin/Banja Luka Municipality (B&H). *Carpathian Journal of Earth and Environment Sciences*, 17(2), 307–322. <https://doi.org/10.26471/cjees/2022/017/224>
- Трбић, Г. (2011). *Екоклиматска регионализација Перипанонског обода Републике Српске*. Географско друштво Републике Српске.
- Trbić, G., Bajić, D., Popov, T., & Oprašić, S. (2013). Drought Issues in Bosnia and Herzegovina. *Гласник/Herald*, 17, 103–120. <https://doi.org/10.7251/HER1714103T>
- Trbić, G., Popov, T., & Gnjato, S. (2017). Analysis of Air Temperature Trends in Bosnia and Herzegovina. *Geographica Pannonica*, 21(2), 68–84. <https://doi.org/10.18421/GP21.02-01>
- Trbic, G., Bajic, D., Djurdjevic, V., Ducic, V., Cupac, R., Markez, Đ., Vukmir, G., Dekić, R., & Popov, T. (2018). Limits to Adaptation on Climate Change in Bosnia and Herzegovina: Insights and Experiences. In W. L. Filho & J. Nalau (Eds.), *Limits to Climate Change Adaptation* (pp. 245–259). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-64599-5\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-319-64599-5_14)
- Trbic, G., Djurdjevic, V., Vujdinovic Mandic, M., Ivanisevic, M., Cupac, R., Bajic, D., Zahirovic, E., Filipovic, D., Dekic, R., Popov, T., & Gnjato, S. (2021). The Impact of Climate Change on Grapevines in Bosnia and Herzegovina. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*, 6(1), 4. <https://doi.org/10.1007/s41207-020-00206-7>
- Žurovec, O., Čadro, S., & Sitaula, B. K. (2017). Quantitative Assessment of Vulnerability to Climate Change in Rural Municipalities of Bosnia and Herzegovina. *Sustainability*, 9(7), 1208. <https://doi.org/10.3390/su9071208>



**КЛАСИФИКАЦИЈА ОЗИМИХ КУЛТУРА КОМБИНАЦИЈОМ ВИШЕВРЕМЕНСКИХ  
ОПТИЧКИХ СЕНТИНЕЛ-2 И РАДАРСКИХ СЕНТИНЕЛ-1 СНИМАКА****Даворин Бајић<sup>\*</sup>, Драгутин Аџић<sup>1</sup> и Лука Сабљић<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Универзитет у Бањој Луци, Природно-математички факултет, Бања Лука, Република Српска

**Сажетак:** Израда карте начина коришћења земљишта са фокусом на пољопривредно земљиште и озиме културе идентификован је као примарни циљ овог истраживања. Примјеном метода даљинске детекције, одабиром, обрадом и анализом мулти-временске серије радарских Сентинел-1 и оптичких Сентинел-2 сателитских снимака изведене су варијабле неопходне за покретање надзиране пиксел базиране класификације. Покретањем алгоритама машинског учења класификовани су сателитски снимци са укупном тачношћу од 0.96 и Капа коефицијентом 0.95. Израђена је карта озимих усјева за производну сезону 2019/2020 за подручје истраживања које се налази у оквирима природно-географске цјелине Лијевча поља. Истраживање је показало да су код озимих култура убједљиво највеће површине под озимом пшеницом. Комбинација оптичких и радарских сателитских снимака дала је боље резултате него појединачно оптички или радарски. Коришћење мулти-временске серије сателитских снимака допринијело је већој тачности и поузданости класификације. Мјерење спектралне дистанце показало се корисно у процесу дефинисања оптималног времена агрегације. Читав процес припреме сателитских снимака и сам процес класификације изведен је у Google окружењу под називом Google Earth Engine употребом његових ресурса који су доступни, бесплатни и захваљујући којима је процес мулти-временске и мулти-сензорске класификације подручја истраживања био изводљив.

**Кључне ријечи:** класификација, даљинска детекција, вегетациони индекси, тачност, Лијевче поље.

Original scientific paper

**WINTER CROPS CLASSIFICATION USING COMBINATION OF MULTI-TEMPORAL  
OPTICAL SENTINEL-2 AND RADAR SENTINEL-1 IMAGES****Davorin Bajić<sup>\*</sup>, Dragutin Adžić<sup>1</sup> and Luka Sabljčić<sup>1</sup>**<sup>1</sup>University of Banja Luka, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Banja Luka, Republic of Srpska

**Abstract:** Creating a land use map with a focus on agricultural land and winter crops was identified as the primary goal of this research. Applying remote sensing methods, selecting, processing and analyzing a multi-temporal series of radar Sentinel-1 and optical Sentinel-2 satellite images, the variables necessary for starting the supervised pixel-base classification were performed. Running machine learning algorithms, the satellite images were classified with an overall accuracy of 0.96 and a Kappa coefficient of 0.95. A map of winter crops for the 2019/2020 production season was created for research area located within the natural-geographical unit Lijevče field. Research has shown that of the winter crops, the largest areas are under winter wheat. The combination of optical and radar satellite imagery gave better results than either optical or radar imagery alone. The use of multi-temporal series of satellite images contributed to greater accuracy and reliability of the classification. The measurement of the spectral distance proved to be useful in the process of defining the optimal aggregation time. The entire process of preparing satellite images and the classification process itself was carried out in the Google environment called Google Earth Engine using its resources that are available, free of charge and thanks to which the process of multi-temporal and multi-sensor classification of the research area was feasible.

**Key words:** classification, remote sensing, vegetation indices, accuracy, Lijevče field.

\* Аутор за кореспонденцију: Даворин Бајић, Универзитет у Бањој Луци, Природно-математички факултет, Младена Стојановића 2, 78000 Бања Лука, Република Српска, Босна и Херцеговина, Е-mail: davorin.bajic@pmf.unibl.org

\* Corresponding author: Davorin Bajić, University of Banja Luka, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Mladena Stojanovića 2, 78000 Banja Luka, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina, E-mail: davorin.bajic@pmf.unibl.org



## УВОД

Информације о начину коришћења земљишта и земљишном покривачу чине базу основу у многим апликацијама намијењеним прије свега планирању, управљању ресурсима, идентификовању промјена у животној средини, идентификовању крчења шума и еколошком предвиђању (Khan et al., 2012). Приступ даљинске детекције представља највећи извор прикупљања информација о земљином покривачу и начину коришћења земљишта (Pu & Gong, 1998). За прикупљање ових информација, односно података могу се користити различите методе даљинске детекције. Метода сателитског осматрања Земљине површине нуди одговарајући приступ с обзиром на покривеност и врсту података коју пружа.

Класификација слике базирана на даљинској детекцији представља прикладан приступ за израду мапа о начину коришћења земљишта и земљишном покривачу, прије свега због предности у погледу трошкова израде, те просторне и временске резолуције (Foody, 2004). Развој даљинске детекције и приступачности производа сателитске технологије, довели су до тога да је даљинска детекција достигла висок ниво примјене у области пољопривреде. Класификација и мапирање усјева важно је са аспекта процјене обима сјетве на некој територији, као и за управљање пољопривредним површинама, те пружа неопходне информације националним агенцијама које доносе и спроводе мјере пољопривредне политике. Мапе врста усјева подразумијевају основу за праћење раста и развоја усјева, те представљају неопходне инпуте за израду модела приноса, нарочито за базне ратарске културе као што су пшеница и кукуруз (Wu, 2014).

Традиционална даљинска детекција и њена примјена у пољопривреди углавном се ослањала на податке изведене из оптичких снимака и то у видљивом и блиско-инфрацрвеном дијелу електромагнетног спектра (Orynbaikyzy et al., 2019). Значајно већи број истраживања заснивао се на оптичким подацима (Belgiu & Csillik, 2018; Vuolo et al., 2018; Conrad et al.,

## INTRODUCTION

Information about land use and land cover form the basis of many applications aimed primarily at planning, resource management, identifying environmental changes, identifying deforestation and environmental forecasting (Khan et al., 2012). The remote sensing approach represents the largest source of information collection on land cover and land use (Pu & Gong, 1998). Various remote sensing methods can be used to collect this information, or data. The method of satellite observation of the Earth's surface offers an appropriate approach considering the coverage and the type of data it provides.

Image classification based on remote sensing represents a suitable approach for creating land use and land cover maps, primarily due to advantages in terms of production costs and spatial and temporal resolution (Foody, 2004). The development of remote sensing and the accessibility of satellite technology products have led to the fact that remote sensing has reached a high level of application in the field of agriculture. Classification and mapping of crops is important from the aspect of assessing the extent of sowing in a territory, as well as for the management of agricultural areas, and provides the necessary information to national agencies that adopt and implement agricultural policy measures. Maps of crop types provide a basis for monitoring crop growth and development, and represent necessary inputs for producing yield models, especially for basic field crops such as wheat and corn (Wu, 2014).

Traditional remote sensing and its application in agriculture mainly relied on data derived from optical images in the visible and near-infrared part of the electromagnetic spectrum (Orynbaikyzy et al., 2019). A significantly larger number of studies were based on optical data (Belgiu & Csillik, 2018; Vuolo et al., 2018; Conrad et al., 2010; Dimitrov et al., 2019; Inglada et al., 2015). Spatial, temporal and spectral resolution has

2010; Dimitrov et al., 2019; Inglada et al., 2015). Просторна, временска и спектрална резолуција временом се увећала, константно побољшавајући резултате класификације (Tricht et al., 2018). Осим класификација на основу оптичких снимака, један број истраживања успјешно је проведен користећи само радарске снимке и информације о фенологији усјева (Bargiel, 2017; Clauss et al., 2018; Kenduiywo et al., 2018; Nasrallah, 2019). Оптички подаци користе видљиви, блиско-инфрацрвени и краткоталасни инфрацрвени дио електромагнетног спектра пружајући драгоцене информације о боји лишћа, садржају воде и укупном здрављу биљака, док радарски подаци зависно од фреквенције и поларизације, пружају сложен приказ структуре и храпавости површине, влажности земљишта и топографије (McNairn & Brisco, 2004). Бројне студије доказале су комплементарност оптичких и радарских података чија комбинација може повећати тачност процеса класификације (McNairn et al., 2009; Qiao et al., 2014; Park & Im, 2016; Mansaray et al., 2017; Kussul et al., 2018).

Покретањем мисије Сентинел-1 (2014 A/2016 B) и Сентинел-2 (2015 A/2017 B) којима управља Европска свемирска агенција (European Space Agency – ESA), повећало се интересовање и број истраживања на тему мапирања усјева базираним на синергији ова два извора података (Sonobe et al., 2017; Tricht et al., 2018; Denize et al., 2019; Sun et al., 2019; Campos-Taberner et al., 2019; Orynbaikyzy et al., 2020; Abubakar et al., 2020).

Вишевременски сателитски снимци утичу на прецизност класификације, али такође представљају специфичан изазов са аспекта претраживања, преузимања, складиштења и комплексности обраде сателитских снимака. Претраживање и преузимање података захтијевно је са аспекта времена потребног за извођење ових радњи. Потребна је адекватна меморија за складиштење велике количине података, затим процесори и радна меморија са високим перформансама који су неопходни за израчунавање и покретање захтијевних алгоритама. Ови проблеми у великој мјери могу

increased over time, constantly improving classification results (Tricht et al., 2018). Apart from classifications based on optical images, a number of studies have been successfully conducted using only radar images and crop phenology information (Bargiel, 2017; Clauss et al., 2018; Kenduiywo et al., 2018; Nasrallah, 2019). Optical data use the visible, near-infrared and short-wave infrared part of the electromagnetic spectrum, providing valuable information about leaf colour, water content and overall plant health, while radar data, depending on frequency and polarization, provide a complex representation of surface structure and roughness, soil moisture and topography (McNairn & Brisco, 2004). Numerous studies have proven the complementarity of optical and radar data, the combination of which can increase the accuracy of the classification process (McNairn et al., 2009; Qiao et al., 2014; Park & Im, 2016; Mansaray et al., 2017; Kussul et al., 2018).

With the launch of the Sentinel-1 (2014 A/2016 B) and Sentinel-2 (2015 A/2017 B) missions operated by European Space Agency (ESA), the interest and number of research on the topic of crop mapping based on the synergy of these two data sources has increased (Sonobe et al., 2017; Tricht et al., 2018; Denize et al., 2019; Sun et al., 2019; Campos-Taberner et al., 2019; Orynbaikyzy et al., 2020; Abubakar et al., 2020).

Multi-temporal satellite images affect the accuracy of the classification, but they also represent a specific challenge in terms of searching, downloading, storing and processing complexity of satellite images. Searching and downloading data is demanding in terms of the time required to perform these actions. Adequate memory is needed to store a large amount of data, then high-performance processors and working memory are necessary to calculate and run demanding algorithms. These problems can largely be overcome by using platforms such as Google Earth Engine (GEE), which is based on cloud technology. GEE is a platform for processing a large

се превазићи коришћењем платформи као што је Google Earth Engine (GEE), а која је базирана на клауд технологији. GEE је платформа за обраду велике количине геоподатака и развијена је за извођење гепросторних анализа на планетарној скали (Gorelick, 2017). Лак, брз и бесплатан приступ скуповима података, отворио је врата континуираном надгледању Земљине површине кроз разумне и са аспекта надгледања прихватљиве просторне и временске резолуције (Zurqani et al., 2018). Рачунања у GEE изводе се помоћу Google инфраструктуре, гдје су анализе аутоматски паралелизоване тако да паралелно могу бити укључени многи компјутерски процесори приликом одређеног рачунања. Ово је од изузетног значаја нарочито за обимне и захтијевне геопросторне анализе. Подаци из других извора се могу користити у GEE, те се могу репројектовати ако је то неопходно (Bajić et al., 2017). У последњих 2–3 године настају многе апликације и студије засноване на GEE платформи у чијем фокусу је истраживање начина коришћења земљишта, те посебно интересантно за ово истраживање студије о класификацији типова усјева (Teluguntla et al., 2018; Poortinga et al., 2019; Paludo et al., 2020; Tassi & Vizzari, 2020; Xinkai et al., 2020; Marszalek et al., 2020; Amani et al., 2020).

Такође, традиционални приступ класификацији усјева са подацима изведеним из даљинске детекције, заснован је првенствено на техникама надзиране и ненадзиране класификације (Palchowdhuri et al., 2018). Аутори у овом раду изводе надзирну пиксел базирану класификацију, која подразумева класификацију сваког пиксела на вишевременском скупу података. Читав процес класификације биће надзиран, почев од прикупљања тренинг података који ће се користити у учењу алгоритма класификације, па до израде карте начина коришћења земљишта са тежиштем на пољопривредном земљишту, односно усјевима озиме пшенице, уљане репице, зоби и јечма.

## ПОДРУЧЈЕ ИСТРАЖИВАЊА И ПОДАЦИ

### Подручје истраживања

Подручје истраживања (Сл. 1) налази се на сјеверу Републике Српске / Босне и Херцеговине (БиХ) у обухвату геопростора Лијевча поља,

amount of geodata and was developed to perform geospatial analyses on a planetary scale (Gorelick, 2017). Easy, fast and free access to data sets has opened the door to continuous monitoring of the Earth's surface through reasonable and from the point of view of monitoring acceptable spatial and temporal resolution (Zurqani et al., 2018). Calculation in GEE are performed using the Google infrastructure, where analyses are automatically parallelized so that many computer processors can be involved in parallel during a particular calculation. This is of exceptional importance, especially for extensive and demanding geospatial analyses. Data from other sources can be used in GEE, and can be reprojected if necessary (Bajić et al., 2017). In the last 2–3 years, many applications and studies based on the GEE platform have been created, the focus of which is research on land use, and especially interesting for this research is the study on the classification of crop types (Teluguntla et al., 2018; Poortinga et al., 2019; Paludo et al., 2020; Tassi & Vizzari, 2020; Xinkai et al., 2020; Marszalek et al., 2020; Amani et al., 2020).

Also, the traditional approach to crop classification with outputs derived from remote sensing is based primarily on supervised and unsupervised classification techniques (Palchowdhuri et al., 2018). In this paper, the authors perform supervised pixel-based classification, which includes the classification of each pixel on a multi-temporal data set. The entire classification process will be monitored, started with the collection of training data that will be used in learning the classification algorithm, and ending with the creation of a land use map with a focus on agricultural land, i.e. crops of winter wheat, rapeseed, oats and barley.

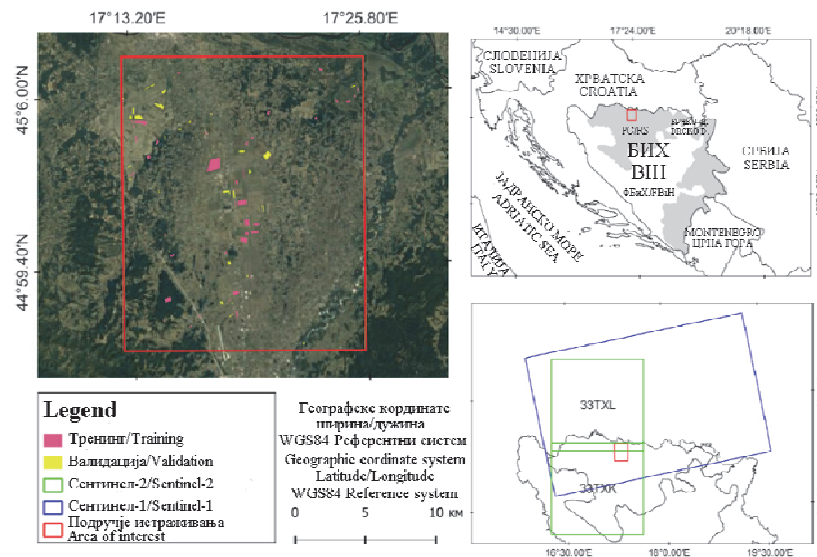
## AREA OF RESEARCH AND DATA

### Area of research

The research area (Fig. 1) is located in the north of Republic of Srpska / Bosnia and Herzegovina (B&H) within the geospace of

које је по физиономском принципу веома јасно издиференцирана физичко-географска структурна јединица.

Lijevče field, which according to the physiognomic principle is a very clearly differentiated physical-geographical structural unit.



Сл. 1. Подручје истраживања  
Fig. 1. Study Area

У физичко-географском смислу Лијевче поље је равница, благо нагнута ка сјеверу, односно сјевероистоку у односу на динарски планински систем и представља један морфогенетски блок. Лијевче поље има облик неправилног, обрнутог троугла, чију основицу представља долина Саве (сјеверна граница дужине од око 24 km), а краке ријека Врбас (источна граница дужине од око 34 km) и морфоструктура изохипса од око 120 m н.в. (западна граница дужина од око 34 km). Површина Лијевча поља износи око 500 km<sup>2</sup> (Трбић, 2004).

Подручје истраживања има умјерено-континенталну климу коју одликује влажна и топла лjeta и хладне зиме са мањом количином падавина. Просјечна годишња температура ваздуха и просјечна годишња количина падавина износи 11.2 °C и 1040 mm, респективно. Просјечна температура најтоплијег мјесеца (јул) износи 24 °C, док просјечна температура најхладнијег мјесеца (јануара) износи 0.3 °C. Истраживани простор одликује континентални плувиометријски режим са највећом количином падавина у сезони лjeta (284 mm) и најмањом у сезони зима (227 mm). Најкишовитији

In the physical-geographical sense, the Lijevče field is a plain, slightly inclined to the north, that is, to the northeast in relation to the Dinaric mountain system, and represents one morphogenetic block. The Lijevče field has the shape of an irregular, inverted triangle, the base of which is the Sava valley (northern border of about 24 km long), and the branches of the Vrbas River (eastern border of about 34 km long) and the isohypse morphostructure of about 120 m above sea level (western border length of about 34 km). The area of Lijevče field is about 500 km<sup>2</sup> (Трбић, 2004).

The research area has a moderate-continental climate characterized by wet and hot summers and cold winters with less precipitation. The average annual air temperature and average annual precipitation amount to 11.2 °C and 1040 mm, respectively. The average temperature of the hottest month (July) is 24 °C, while the average temperature of the coldest month (January) is 0.3 °C. The investigated area is characterized by a continental pluviometric regime with the highest amount of precipitation in the summer season (284 mm) and the lowest in the winter

мјесец је јун у којем се просјечно излучи 109 mm, док је мјесец са најмањом количином падавина фебруар 65 mm (Милосављевић, 1973). Према расположивом природном потенцијалу (пољопривредне површине, употребна вриједност земљишта, повољан положај у односу на саобраћајнице) геопростор Лијевча поља има изнад просјечне природне (плодно земљиште, облик рељефа, клима) и економске услове за развој (Трбић, 2004).

У Таб. 1. приказан је календар сјетве и жетве за ратарске културе на подручју БиХ.

season (227 mm). The rainiest month is June, with an average precipitation of 109 mm, while the month with the least amount of precipitation is February, 65mm (Милосављевић, 1973). According to the available natural potential (agricultural areas, usable value of the land, favorable position in relation to roads), the geospace of Lijevče field has above average natural (fertile soil, landform, climate) and economic conditions for development (Трбић, 2004).

Tab. 1 shows the sowing and harvesting calendar for field crops in B&H.

Таб. 1. Календар сјетве и жетве главних ратарских култура на простору БиХ  
 Tab. 1. Crop calendar for main crops in the B&H

Усјеви / Crops	Сјетва (мјесец) / Sowing (month)	Жетва (мјесец) / Harvest (month)
Пшеница озима / Winter wheat	X, XI	VI, VII
Пшеница јара / Spring wheat	III	VII
Раж / Rye	IX, X	VI, VII
Јечам озими / Winter barley	X	VI, VII
Јечам јари / Spring barley	III	VII
Зоб озима / Winter oats	IX, X	VI, VII
Зоб јара / Spring oats	III	VII, VIII
Кукуруз / Maize	IV, V	IX, X
Просо обично / Millet	IV, V	VIII
Сирак / Sorghum vulgare	IV, V	VIII, IX
Рижа / Rice	IV, V	VIII
Сунцокрет / Sunflower	IV	VIII, IX
Соја / Soybean	IV	VIII, IX
Уљана репица / Rapeseed	IX	VI, VII

Према процјењеним подацима Министарства пољопривреде, шумарства и водопривреде Републике Српске под озимим културама у сезони 2019/2020 у Лијевчу пољу засијано је око 15000 ha. Од засијане површине на пшеницу отпада око 70 %, затим на јечам 15 %, уљану репицу 8.5 %, озиму зоб 6 % и тритикале 0.5 %.

#### Референтни подаци

За истраживање прикупљени су референтни подаци за производну сезону 2019/2020, и то за озиме културе: пшеницу, јечам, уљану репи-

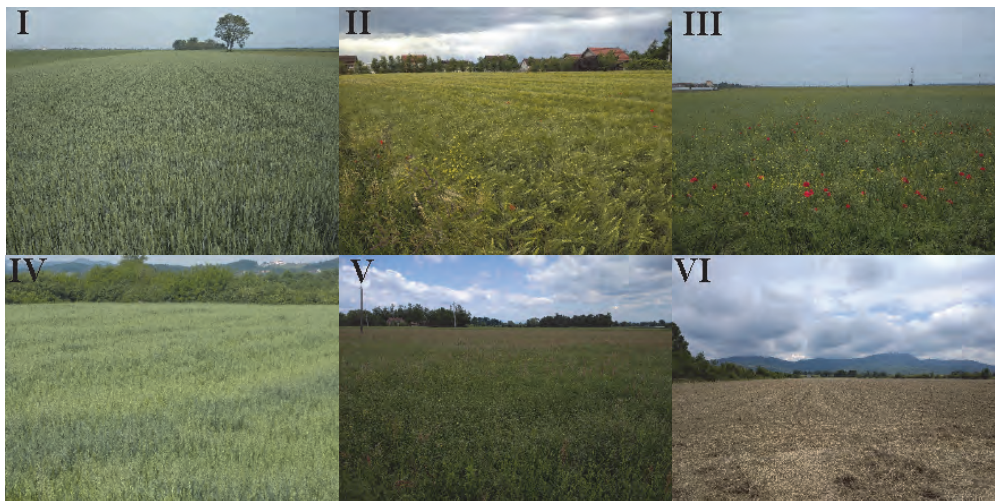
According to the estimated data of the Ministry of Agriculture, Forestry and Water Management of the Republic of Srpska, about 15000 ha were sown under winter crops in the 2019/2020 season in Lijevče field. About 70 % of the sown area is wheat, followed by barley 15 %, oilseed rape 8.5 %, winter oats 6 % and triticale 0.5 %.

#### Reference data

Reference data for the 2019/2020 production season were collected for the research, for winter crops: wheat, barley, oilseed rape,

цу, зоб, затим за оранице и травнате површине, те за водене површине (језера и ријеке), шуме и изграђене површине (урбане површине). За озиме културе, травнате површине и оранице подаци су прикупљени директно на терену уз помоћ GPS-а и дигиталне камере и то на 150 локација, док су за водене површине, шуме и изграђене површине коришћени Google сателитски снимци високе резолуције. На подручју истраживања у једном незнатном удјелу у укупној производњи житарица заступљени су тритикале и јаре културе (јара пшеница, јари јечам и јара зоб), међутим на терену није прикупљен довољан број репрезентативних узорака тако да су свјесно игнорисани у класификацији. С обзиром на њихов незнатан удио у укупној производњи житарица на подручју Лијевча поља (по процјени аутора рада не више од 2–3 %), оне неће значајно утицати на резултат надзиране класификације. На Сл. 2. приказано је шест површина под различитим културама, травом и ораницом са прецизно дефинисаним геопросторним положајем (x, y координатама).

oats, then for arable land and grassy areas, and for water areas (lakes and rivers), forests and built-up areas (urban areas). For winter crops, grasslands and arable land, data was collected directly on the ground with the help of GPS and digital cameras at 150 locations, while for water bodies, forests and built-up areas, high-resolution Google satellite images were used. In the research area, triticale and spring crops (spring wheat, spring barley and spring oats) are represented in an insignificant share of the total grain production, however, a sufficient number of representative samples were not collected in the field, so they were deliberately ignored in the classification. Considering their insignificant share in the total grain production in the area of Lijevo field (according to the author's estimation, no more than 2–3 %), they will not significantly affect the result of the supervised classification. Fig. 2. shows six areas under different crops, grass and arable land with a precisely defined geospatial position (x, y coordinates).



Сл. 2. Озиме културе: I – озима пшеница, II – озими јечам, III – уљана репица, IV – озима зоб, V – травната површина, VI – ораница

Fig. 2. Winter crops: I – winter wheat, II – winter barley, III – rapeseed, IV – winter oats, V – grassland, VI – ploughland

У QGIS (<https://www.qgis.org/en/site/>) апликацији извршена је ручна делинација тренинг парцела на основу Сентинел-2 сателитског снимка, Google сателитских снимака високе

In the QGIS (<https://www.qgis.org/en/site/>) application, manual delineation of the training plots was performed based on the Sentinel-2 satellite image, high-resolution Google Satellite

резулације и уз помоћ фотографија и GPS података (x, y координата) прикупљених на терену.

images and with the help of photos and GPS data (x, y coordinates) collected in the field.

Таб. 2. Број тренинг и валидационих пиксела по класама  
 Tab. 2. Number of training and validation pixels per class

Класа / Class	Kod / Code	Тренинг / Training	Валидација / Validation
Зоб / Oats	1	67	71
Уљана репица / Rapeseed	2	120	100
Трава / Grassland	3	257	245
Шума / Forest	4	165	116
Вода / Water	5	137	119
Пшеница / Wheat	6	208	285
Изграђене површине / Built-up	7	101	139
Ораница / Ploughland	8	208	333
Јечам / Barley	9	130	89

Број тренинг и валидационих пиксела приказан је у Таб. 2. Свакој од 9 класа додјељен је број класе, те су полигони случајним одабиром подијељени у односу тренинг (48 %) / валидација (52 %). За узорковање случајним одабиром издвојено је максимално 20 тачака (пиксела) по полигону, минималног међусобног растојања од 20 m. Овакав приступ се у великој мјери користи у литератури (Tassi & Vizzari, 2020). Овим начином издвојено је укупно 2890 тачака/пиксела, 1393 за тренирање и 1497 тачака за валидацију.

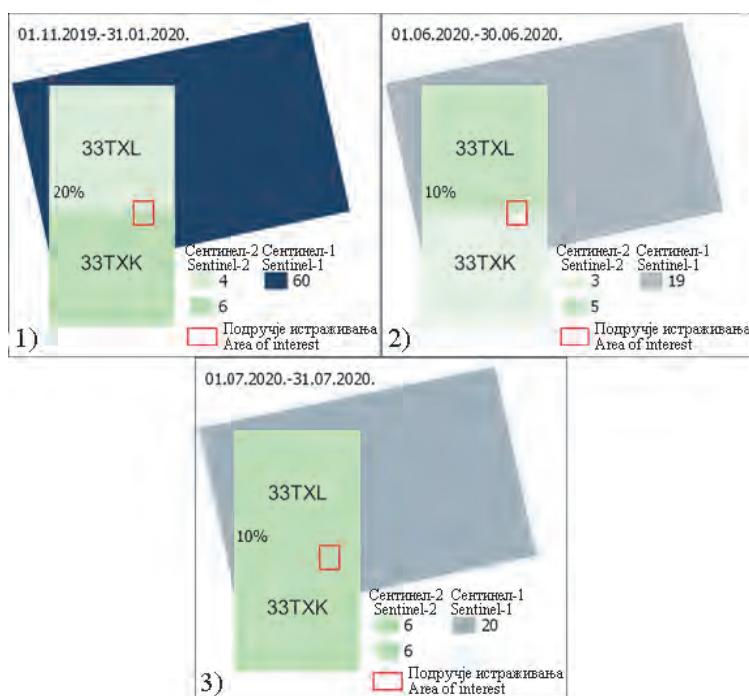
The number of training and validation pixels is shown in Tab. 2. Each of the 9 classes was assigned a class number, and the polygons were randomly selected in the ratio of training (48 %) / validation (52 %). A maximum of 20 points (pixels) per polygon, with a minimum distance of 20 m, were selected for random sampling. This approach is widely used in the literature (Tassi & Vizzari, 2020). In this way, a total of 2890 points/pixels were extracted, 1393 for training and 1497 points for validation.

#### Satellite data

##### Сателитски подаци

У раду су коришћене комбинације више-временских радарских Сентинел-1 (С-1) и оптичких Сентинел-2 (С-2) сателитских снимака за 2019. и 2020. годину. Тачан положај подручја истраживања у односу на захвате С-1 и С-2 снимака приказан је на Сл. 3, на којој је дат и број С-1 и С-2 снимака од којих су израђени композитни скупови података као и проценат облачности (С-2) за сваки период.

Combinations of multi-temporal radar Sentinel-1 (S-1) and optical Sentinel-2 (S-2) satellite images for 2019 and 2020 were used in the paper. The exact location of the research area in relation to the captures of S-1 and S-2 images is shown in Fig. 3, which also shows the number of S-1 and S-2 images from which the composite data sets were made, as well as the percentage of cloudiness (S-2) for each period.



Сл. 3. Положај подручја истраживања у односу на захват (плочице) Сентинел-2 и Сентинел-1 сателита са бројем снимака за сваки период и процентом облачности

Fig. 3. Position of the study area in relation to the coverage (tiles) of Sentinel-2 and Sentinel-1 satellites with the number of images for each period and the percentage of cloud cover

Од спектралних канала у првој фази истраживања коришћени су сви канали сем канала В1 (обалне аеросоли), В9 (водена пара) и В10 (цируси). Касније ће се у даљем истраживању извршити селекција најоптималнијих спектралних канала за сваки временски период. Осим тога, за потребе класификације изведени су и вегетациони индекси из спектралних канала. Сентинел-2 снимак покрива видљиви дио спектра (канал В2, В3 и В4), ивично црвени (канал В5, В6, В7, В8А), блиско инфра-црвени (канал В8) и краткоталасни инфра-црвени спектар (канал В11 и В12). За израду 3 композита од оптичких С–2 снимака нивоа 2А, облачности < 10 % и < 20 %, коришћене су функције маскирања облака и сјенки које су генерисане у Java Script програмском језику и које су израдили програмери GEE заједнице. За потребе истраживања коришћена је Сентинел-1 GRD снимка (Ground Range Detected) која је задржана у линеарној скали (S1\_GRD\_FLOAT), пошто сви кораци припреме захтијевају да подаци буду у линеарној скали. Након припреме С–1 снимака

In the first phase of the research, all channels were used except channels B1 (coastal aerosols), B9 (water vapor) and B10 (cirrus). Later, in further research, the selection of the most optimal spectral channels for each time period will be carried out. In addition, vegetation indices from spectral channels were derived for classification purposes. The Sentinel-2 image covers the visible part of the spectrum (channels B2, B3 and B4), edge-red (channels B5, B6, B7, B8A), near-infrared (channel B8) and short-wave infrared (channels B11 and B12). Cloud and shadow masking functions generated in the Java Script programming language and developed by GEE community developers were used to create 3 composites of level 2A optical S–2 imagery, with cloud cover between < 10 % and < 20 %. For the purposes of the research, Sentinel-1 GRD (Ground Range Detected) footage was used, which was kept in a linear scale (S1\_GRD\_FLOAT), since all preparation steps require the data to be in a linear scale. After



овај сет података је калибрисан на коефицијент повратног распршења изражен у децибелима (dB). Укупно три корака обраде за овај сет података изведени су од стране GEE програмера и ти кораци подразумевају: уклањање топлотне буке, радиометријску калибрацију и корекцију терена.

preparation of S-1 recordings, this data set was calibrated to the backscatter coefficient expressed in decibels (dB). A total of three processing steps for this data set were performed by GEE programmers and these steps include: removal of thermal noise, radiometric calibration and terrain correction.

## МЕТОДЕ

## METHODS

Да би израдили неки скуп података потребно је учинити неколико основних корака, почев од прикупљања референтних података, ручне делинације парцела, дефинисање временских оквира осматрања, филтрирање и оптимизација количине информација неопходних за извођење надзиране класификације, те избор класификатора и покретање алгоритма класификације. Овим корацима, кроз неколико фаза, текао је процес надзирне класификације (Сл. 4).

In order to create a data set, it is necessary to do several basic steps, starting with the collection of reference data, manual delineation of parcels, definition of time frames of observation, filtering and optimization of the amount of information necessary to perform a supervised classification, as well as the selection of a classifier and the start of the classification algorithm. With these steps, through several stages, the supervisory classification process is underway (Fig. 4).



Сл. 4. Радни процес класификације  
 Fig. 4. Workflow of classification

Неопходност константног мјерења тачности класификације захтијева извођење узастопних итерација на истом или различитом скупу података. Цијели процес захтијева огромне инфраструктурне ресурсе, те из тог разлога није погодан за извођење на локалним машинама. Као адекватно и квалитетно алтернативно рјешење у овом случају намеће се GEE окружење. Ово окружење даје могућност лаког извођења изузетно захтијевних процеса. Осим постизања високе прецизности и поузданости резултата класификације, тежило се и оптималној потрошњи ресурса и већој брзини извођења операција. Зато су у ту сврху након што су израђени скупови података по периодима, исти изведени у GEE складиште (Google Earth Engine Assets), те су касније позивани у радни простор GEE. Даље, агрегацијом 3 композита у један сложени скуп података (енгл. Stack) изведен је финални скуп података.

Селекција оптималног временског оквира мјерењем Jeffries-Matusita дистанце

Вријеме агрегације података у мултивременским класификацијама, у значајној мјери одређује исход класификације. Како би се период по период измјерила сепарација између класа, у оквиру GEE израчунате су спектралне дистанце Jeffries-Matusita (JM) и Bhattacharyya (BH). Осим добијања информација о оптималним временским периодима, корисна је информација и у којем је спектралном каналу или вегетационом индексу већа сепарација између класа. У свом раду Hao et al. (2014) примјењују мјерења JM и BH дистанце да би разумјели како се сепарација различитих усјева мијења током сезоне, са циљем избора оптималних временских периода у којима се изводе и рачунају варијабле неопходне за класификацију.

Дистанца JM је мјера просјечне удаљености између двије класе и дефинисана је као:

$$J_{ij} = 2(1 - e^{-B_{ij}}) \quad (1)$$

гдје је  $B_{ij}$  BH удаљеност:

The necessity of constant measurement of classification accuracy requires the performance of successive iterations on the same or different data set. The entire process requires huge infrastructure resources, and for this reason it is not suitable for execution on local machines. As an adequate and high-quality alternative solution in this case, the GEE environment is imposed. This environment gives the possibility of easily performing extremely demanding processes. In addition to achieving high precision and reliability of the classification results, the aim was also to optimize the consumption of resources and speed up the execution of operations. Therefore, for this purpose, after the data sets by period were created, they were exported to the GEE storage-asset (Google Earth Engine Assets), and were later called into the GEE workspace. Further, by aggregating 3 composited into one complex data set (Stack), the final data set was derived.

Selection of the optimal time frame by measuring the Jeffries-Matusita distance

The time of data aggregation in multi-temporal classifications largely determines the outcome of the classification. To achieve this, the spectral distance was calculated within the Jeffries-Matusita (JM) and Bhattacharyya (BH) GEEs, in order to measure the separation between classes period by period. In addition to obtaining information about optimal time periods, information is also useful in which spectral channel or vegetation index has a greater separation between classes. In their paper, Hao et al. (2014) apply JM and BH distance measurements to understand how to separation of different crops changes during the season, with the aim of choosing the optimal time periods in which the variables necessary for the classification are derived and calculated.

The JM distance is a measure of the average distance between two classes and is defined as:

$$J_{ij} = 2(1 - e^{-B_{ij}}) \quad (1)$$

where is  $B_{ij}$  Bhattacharyya is the distance:

$$B_{ij} = \frac{1}{8}(\mu_i - \mu_j)^t \left( \frac{\Sigma_i + \Sigma_j}{2} \right) (\mu_i - \mu_j) + \frac{1}{2} \ln \left( \frac{|\Sigma_i + \Sigma_j|/2}{\sqrt{|\Sigma_i| |\Sigma_j|}} \right) \quad (2)$$

а гдје су  $\mu_i$  и  $\mu_j$  средњи вектори две разматране класе,  $\Sigma_i$  и  $\Sigma_j$  су одговарајуће матрице коваријанце. JM дистанца се креће у вриједности од 0 до 2 повећавајући сепарацију између класа, док већа вриједност  $B_{ij}$  одговара већем просјечном растојању између класа. У случају нормално дистрибуираних класа,  $J_{ij}$  постаје  $B_{ij}$  (Richards & Jia, 2006). Вриједност 0 значи никакву, док вриједност 2 значи потпуну сепарацију између парова класа (Sousa et al., 2003). Резултат мјерења JM спектралне дистанце су 3 временска периода чије су временске серије података преточене у 3 композитна скупа.

#### Израда скупова података даљинске детекције

За потребе класификације осим спектралних канала оптичких снимака, израђено је неколико вегетационих индекса који су коришћени у изради укупно 3 композита. Спектрални индекси изведени из сателитских снимака даљинске детекције нашироко су коришћени за класификацију усјева (Orynbaikyzy et al., 2020). Из С–2 за потребе истраживања израђена су 4 спектрална индекса и то: вегетациони индекс нормализоване разлике (Normalised Difference Vegetation Index – NDVI), водени индекс нормализоване разлике (Normalised Difference Water Index – NDWI), затим вегетациони индекс прилагођен рефлексiji земљишта (Soil Adjust Vegetation Index – SAVI) и индекс израђености (Index-Based Built-up Index – IBI). NDVI први је у свом истраживању предложио Роуз са групом аутора (Rouse et al., 1973). Овај вегетациони индекс најчешће је коришћен и експлоатисан од стране заједнице истраживача у даљинској детекцији. Многа истраживања базирана на овом вегетационом индексу показала су изузетне резултате, између осталих и велики број класификација усјева изведен је захваљујући NDVI индексу (Qiao et al., 2014; Palchowdhuri et al., 2018; Amani et al., 2020). NDWI садржи информације о количини воде у биљкама и у великој мјери се користи за класификацију (Gao, 1996; Sun et al., 2020). Избор вегетационог индекса базирао се на

$$B_{ij} = \frac{1}{8}(\mu_i - \mu_j)^t \left( \frac{\Sigma_i + \Sigma_j}{2} \right) (\mu_i - \mu_j) + \frac{1}{2} \ln \left( \frac{|\Sigma_i + \Sigma_j|/2}{\sqrt{|\Sigma_i| |\Sigma_j|}} \right) \quad (2)$$

and where  $\mu_i$  and  $\mu_j$  are the mean vectors of the two considered classes,  $\Sigma_i$  and  $\Sigma_j$  are the corresponding covariance matrices. The JM distance ranges from 0 to 2, increasing the separation between classes, while a larger value of  $B_{ij}$  corresponds to a larger average distance between classes. In the case of normally distributed classes,  $J_{ij}$  becomes  $B_{ij}$  (Richards & Jia, 2006). A value of 0 means none, while a value of 2 means complete separation between pairs of classes (Sousa et al., 2003). The result of the JM spectral distance measurement in 3 time periods whose time series of data have been transformed into 3 composite sets.

#### Creation of remote sensing datasets

For the purposes of classification, in addition to the spectral channels of the optical images, several vegetation indices were created that were used in the creation of 3 composites. Spectral indices derived from remote sensing satellite imagery have been widely used for crop classification (Orynbaikyzy et al., 2020). From S–2, 4 spectral indices were created for the purposes of research, namely: Normalised Difference Vegetation Index (NDVI), Normalised Difference Water Index (NDWI), the Soil Adjust Vegetation Index (SAVI) and Index-Based Built-up Index (IBI). NDVI was first proposed in research by Rouse with group of authors (Rouse et al., 1973). This vegetation index is most often used and exploited by the remote sensing research community. Many studies based on this vegetation index have shown exceptional results, among others, a large number of crop classifications have been performed thanks to the NDVI index (Qiao et al., 2014; Palchowdhuri et al., 2018; Amani et al., 2020). NDWI contains information about the amount of water in plants and is widely used for classification (Gao, 1996; Sun et al., 2020). The selection of the vegetation index was based on the spectral response of different crops, so eg. SAVI veg-

спектралном одговору различитих усјева, те је тако нпр. SAVI вегетациони индекс прилагођен утицају рефлексije земљишта на основу које се релативно лако могу одвојити прољећне од зимских култура (Palchowdhuri et al., 2018). IBI је изведен из других индекса и користан је за издвајање изграђених површина као и голог земљишта (Xu, 2008).

Осим 3 корака корекције Сентинел-1 сцене изведене од стране GEE програмера, извршена је корекција буке на ивици – граници (енгл. Additional Border Noise Correction), радиометријска корекција терена (енгл. Radiometric terrain normalization), затим примјењен је Гама мап-филтер (енгл. Speckle filtering) према упутствима како је детаљно објашњено и у коду израђено у раду Мулиса и других (Mullissa et al., 2021). За потребе класификације, од C-1 коришћен је интезитет повратног сигнала (dB) вертикално-вертикалне (VV) и вертикално-хоризонталне (VH) поларизације. Након одабира временских периода за које ће се урадити агрегација података у композите, изабране су варијабле од којих ће се израдити 3 композита.

#### Класификацијски алгоритам и мјерење тачности

За потребе израде надзиране пиксел базиране класификације, коришћена је “случајна шума”, алгоритам машинског учења (Random Forest – RF). Класификатор RF користи вишеструко стабло одлуке како би додјелио класификацијске ознаке, те како би смањено пренаученост модела (енгл. Overfitting). Из сваког тренинг податка насумично се узимају узорци, те из добијених насумичних узорака алгоритам израђује „шуму стабала“. У раду је за потребе класификације обучен класификатор RF са параметром од 50 стабала који је примјењен на скуп података за тренинг и валидацију.

Тачност изведене класификације директно је мјерена у GEE, користећи тачке (пикселе) за валидацију. Мјерена је укупна тачност (Overall Accuracy – OA), корисничка тачност (User Accuracy – UA), производна тачност (Producer Accuracy – PA), Капа коефицијент и F-1 резултат (F-1 score). За провјеру тачности кориштена је матрица конфузије (Confusion Matrix), унутар

etation index adopted to the influence of soil reflection, on the basis of which spring crops can be separated from winter crops relatively easily (Palchowdhuri et al., 2018). The IBI built-up index is derived from other indices and is useful for distinguishing built-up areas as well as bare land (Xu, 2008).

In addition to the 3-step correction of the Sentinel-1 scene performed by the GEE programmers, additional border noise correction, radiometric terrain normalization, then Speckle filtering was applied according to instructions as explained in detail and coded in the work of Mullissa and other other authors (Mullissa et al., 2021). For purposes of classification, from S-1, the return signal intensity (dB) of vertical-vertical (VV) and vertical-horizontal (VH) polarization was used. After selecting the time periods for which data aggregation will be done into composites, the variables from which 3 composites will be created were selected.

#### Classification algorithm and fluid measurement

For the purposes of creating a supervised pixel-based classification, a Random Forest (RF) machine learning algorithm was used. RF classifier uses a multiple decision tree to assign classification labels and to reduce overfitting of the model. Samples are taken randomly from each training data, and the algorithm builds a “forest” of trees from the obtained random samples. In this work, a RF classifier with a parameter of 50 trees was trained for the purposes of classification and applied to the data set for training and validation.

The accuracy of the derived classification was directly measured in GEE, using points (pixels) for validation. Overall Accuracy (OA), User Accuracy (UA), Producer Accuracy (PA), Kappa coefficient and F-1 score were measured. To check the accuracy, a Confusion Matrix was used, in which the data on the diagonals represent correctly classified pixels, while the pixels

које подаци на дијагоналама представљају исправно класификоване пикселе, док су пиксели изван дијагонале погрешно класификовани у другу класу. OA класификације дефинисана је као омјер исправно класификованих пиксела насупрот укупног броја пиксела. UA добија се дијелењем броја исправно класификованих пиксела који припадају некој класи са сумом вриједности у редовима те исте класе, док се вриједност PA добија дијелењем броја исправно класификованих пиксела који припадају некој класи са сумом вриједности у колони те исте класе (Dobrinić et al., 2019). Рачунањем Капа коефицијента може се додатно провјерити резултат класификације. Његова вриједност креће се од 0 до 1. Вриједност Капа коефицијента 0 значи да се класификацијом није дошло до бољих резултата који би се остварили случајном класификацијом, док вриједност 1 значи да је класификација без грешке (Landis & Koch, 1977). Ф-1 мјера означава мјеру тачности модела. Користи се када мјере прецизности и одзива не дају довољно јасне резултате. Зависна је од прецизности и одзива и вриједности варирају од 0 до 1, гдје 0 означава лош резултат док 1 значи најбољу могућу тачност модела (Zerrouki & Bouchaffra, 2014).

## РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Резултат мјерења JM спектралне сепарације између озимих култура

У мјерењу JM дистанце коришћене су варијабле изведене из С-2 оптичког сателитског снимка (спектрални канали и вегетациони индекси). Осим тога, фокус је на озимим културама, пошто је дистанца у односу на остале класе (трава, шума, вода, изграђено, оранице) изнад 1.4 и релативно добро се одвајају од озимих култура. Раздвајање класа у оквиру озимих култура представљало је изазов за ауторе рада. У Таб. 3 приказан је резултат мјерења JM спектралне дистанце на основу којих су издвојена 3 временска периода чије су временске серије података преточене у 3 композитна скупа и то за периоде: 1) од 01.11.2019. до 31.01.2020., 2)

outside the diagonal are incorrectly classified into another class. OA of the classification is defined as the ratio of correctly classified pixels against the total number of pixels. UA value is obtained by dividing the number of correctly classified pixels belonging to a class by the sum of the values in the rows of the same class, while the PA is obtained by dividing the number of correctly classified pixels belonging to a class by the sum of the values in the column and of the same class (Dobrinić et al., 2019). The classification result can be additionally checked by calculating the Kappa coefficient. Its value ranges from 0 to 1. The value of the Kappa coefficient 0 means that the classification did not lead to better results than would be achieved by random classification, while the value 1 means that the classification is error-free (Landis & Koch, 1977). F-1 result is a measure of model accuracy. The F-1 measure is a measure of model accuracy. It is used when the precision and responsiveness measures do not give sufficiently clear results. It depends on the accuracy and response and the values vary from 0 to 1, where 0 indicates a poor result while 1 means the best possible accuracy of the model (Zerrouki & Bouchaffra, 2014).

## RESULTS AND DISCUSSION

The result of measuring the JM spectral separation between winter crops

Variables derived from the S-2 optical satellite image (spectral channels and vegetation indices) were used to measure the JM distance. In addition, the focus is on winter crops, since the distance in relation to the other classes (grass, forest, water, built-up, arable land) is above 1.4 and they are relatively well separated from winter crops. The separation of classes within winter crops was a challenge for the authors of the paper. Tab. 3 shows the result of the JM spectral distance measurement, on the basis of which 3 time periods were selected, the time series of which were converted into 3 composite sets for the periods: 1) from 01.11.2019. until 31.03.2020,

од 01.06.2020. до 30.06.2020., 3) од 01.07.2020. до 31.07.2020. 2) from 01.06.2020. until 30.06.2020, 3) from 01.07.2020. until 31.07.2020.

Таб. 3. JM Спектрална дистанца између класа озимих култура  
Tab. 3. JM Spectral distance between classes of winter crops

01.11.2019.–31.01.2020.		Зоб / Oats	Уљана Репица / Rapeseed	Пшеница / Wheat	Јечам / Barley
	Зоб / Oats		1.2619	1.0334	1.174
C–2	Уљана Репица / Rapeseed	1.2619		1.2416	1.2168
S–2	Пшеница / Wheat	1.033	1.1375		1.0095
	Јечам / Barley	1.1745	1.17089	1.0095	
01.06.2020.–30.06.2020.		Зоб / Oats	Уљана Репица / Rapeseed	Пшеница / Wheat	Јечам / Barley
	Зоб / Oats		1.3779	1.348	1.4063
C–2	Уљана Репица / Rapeseed	1.3779		1.2859	1.3862
S–2	Пшеница / Wheat	1.348	1.2859		1.3764
	Јечам / Barley	1.4063	1.3862	1.3764	
01.07.2020.–31.07.2020.		Зоб / Oats	Уљана Репица / Rapeseed	Пшеница / Wheat	Јечам / Barley
	Зоб / Oats		1.3502	1.4006	1.335
C–2	Уљана Репица / Rapeseed	1.3502		1.2796	1.3027
S–2	Пшеница / Wheat	1.335	1.2796		1.3556
	Јечам / Barley	1.3672	1.3027	1.3556	

Са аспекта спектралне сепарације нарочито је занимљив други период, а који се односи на мјесец јун. У првој половини мјесеца јуна јечам углавном сазријева. Процес сазријевања се одражава на резултат сепарације јечма. Ово је изузетно повољан период за одвајање прије свега јечма од пшенице, али и зоби.

#### Резултат селекције варијабли и класификације

Након што је резултат мјерења JM дистанце између класа одредио 3 оптимална временска периода, приступило се одабиру и селекцији варијабли од којих ће се изградити 3 композитна скупа података. Процес избора се одвијао тако што су један по један придруживани спектрални канали (изузев спектралних канала B1 – обалне аеросоли, B9 – водена пара и B10 – цируси),

From the aspect of spectral separation, the second period, which refers to the month of June, is particularly interesting. In the first half of June, barley mostly ripens. The ripening process is reflected in the result of barley separation. This is an extremely favorable period for separating barley from wheat, but also oats.

#### Result of variable selection and classification

After the result of measuring the JM distance between classes determined 3 optimal time periods, the selection of variables was made from which 3 composite data sets that will be built. The selection process took place by joining spectral channels one by one (except for spectral channels B1 – coastal aerosols, B9 – water vapor and B10 – cirrus), vegetation indices and the intensity

вегетациони индекси и интезитет повратног сигнала VV и VH поларизације. Комбинација варијабли која даје најбољи резултат мјерења (ОА и Капа коефицијент) је узета као референтна за период мјерења. Тако да за први период композитни скуп података чине варијабле које су приказане у Таб. 4. Приказан је резултат мјерења појединачно за спектралне канале, затим за придружене вегетационе индексе и интезитет повратног сигнала VV и VH поларизације.

of the return signal of VV and VH polarization. The combination of variables that gives the best measurement result (OA and Kappa Coefficient) was taken as reference for the measurement period. So, for the first period, the composite data set consists of the variables shown in Tab. 4. The result of the measurement is presented individually for the spectral channels, then for the associated vegetation indices and the intensity of the return signal of VV and VH polarization.

Таб. 4. С–1 и С–2 варијабле које чине композит првог временског периода и резултати мјерења тачности  
 Tab. 4. S–1 and S–2 variables that make up the composite of the first time period and accuracy measurement results

Спектрални канали / Spectral channels	B2	B3	B4	B5	B11	B12	NDVI	NDWI	SAVI	IBI	VV	VH
Укупна тачност / Overall accuracy	0.80						0.82				0.83	
Капа коефицијент / Kappa Coefficient	0.77						0.79				0.80	

За први период највећа тачност за спектралне канале измјерена је у комбинацији канала видљивог спектра са каналима ивично-црвеног и краткоталасног блиско-инфрацрвеног канала (Таб. 4).

For the first period, the highest accuracy for spectral channels was measured in the combination of visible spectrum channels with edge-red and short-wave near-infrared channels (Tab. 4).

Таб. 5. С–1 и С–2 варијабле које чине композит другог временског периода и резултати мјерења тачности  
 Tab. 5. S–1 and S–2 variables that make up the composite of the second time period and the results of accuracy measurements

Спектрални канали / Spectral channels	B2	B3	B5	B6	B8	B11	NDVI	NDWI	VV	VH	
Укупна тачност / Overall accuracy	0.80						0.85			0.91	
Капа коефицијент / Kappa Coefficient	0.77						0.82			0.90	

У композиту другог временског периода (Таб. 5) за разлику од првог временског периода, елиминисан је црвени канал из видљивог спектра (B4), затим краткоталасни инфрацрвени канал (B12), вегетациони индекси SAVI и IBI, интезитет повратног сигнала VV поларизације. То је резултирало порастом ОА и Капа коефицијента у односу на први период.

In the composite of the second time period (Tab. 5), unlike the first time period, the red channel from the visible spectrum (B4), then the short-wave infrared channel (B12), the vegetation indices SAVI and IBI, the intensity of the return signal of VV polarization were eliminated. This resulted in an increase in OA and Kappa Coefficient compared to the first period.

Таб. 6. С–1 и С–2 варијабле које чине композит за трећи временски период и резултати мјерења тачности

Tab. 6. S–1 and S–2 variables that make up the composite for the third time period and the results of accuracy measurements

Спектрални канали / Spectral channels	B2	B4	B5	B8	B12	NDVI	NDWI	IBI	VV	VH
Укупна тачност / Overall accuracy	0.81					0.85			0.89	
Капа коефицијент / Kappa Coefficient	0.78					0.82			0.87	

У трећем временском периоду (Таб. 6) елиминисан је ивично-црвени спектрални канал (B6) који је заступљен у првом и другом временском периоду, али је враћен IBI индекс изграђености који није чинио композит другог временског периода. Пад ОА и Капа статистике у трећем временском периоду у односу на други је очекиван. Наиме, у овом периоду (мјесец јул) све озиме културе достижу пуну зрелост и мијењају боју од зелене у вегетативној фази до фазе зрења која се одликује златном бојом. Зато је у овом периоду класификатору знатно теже да раздвоји класе озимих култура. Након што су израђена три скупа података придружена су у један заједнички мултивременски скуп података (енгл. Stack). Наредни корак је подумијевао класификацију овог скупа података примјењујући класификатор RF са параметром од 50 стабала. ОА класификације је 0.96, док Капа коефицијент износи 0.95. Резултат класификације рефлектује се на приличан пораст тачности у односу на појединачне композите. Резултат коначне класификације представљен је у Таб. 7.

In the third time period (Tab. 6), the edge-red spectral channel (B6), which is represented in the first and second time periods, was eliminated, but the IBI built-up index was returned, which did not make up the composite of the second time period. The drop in OA and Kappa statistics in the third time period compared to the second is expected. Namely, in this period (the month of July) all winter crops reach full maturity and change color from green in the vegetative phase to the ripening phase, which is characterized by a golden color. That is why in this period it is much more difficult for the classifier to separate the classes of winter crops. After the three data sets were created, they were joined into one common multi-temporal data set (Stack). The next step included the classification of this data set using the RF classifier with a parameter of 50 trees. The OA of the classification is 0.96, while the Kappa Coefficient is 0.95. The result of the classification is reflected in a considerable increase in accuracy compared to individual composites. The result of the final classification is presented in Tab. 7.

Таб. 7. Резултати мјерења тачности класификације финалног скупа података, класе: зоб – 1, уљана репица – 2, трава – 3, шума – 4, вода – 5, пшеница – 6, изграђено – 7, ораница – 8, јечам – 9

Tab. 7. Results measuring the accuracy of classification for the final data, classes: oats – 1, rapeseed – 2, grassland – 3, forest – 4, water – 5, wheat – 6, built-up – 7, ploughland – 8, barley – 9

Класа / Class	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Сума / Sum	UA (%)
1	47	0	0	0	0	0	0	0	0	47	1
2	0	100	0	0	0	0	0	0	1	101	0.99
3	2	0	245	0	0	1	4	4	12	268	0.91
4	0	0	0	115	0	0	0	0	0	115	1
5	0	0	0	0	119	0	0	0	0	119	1



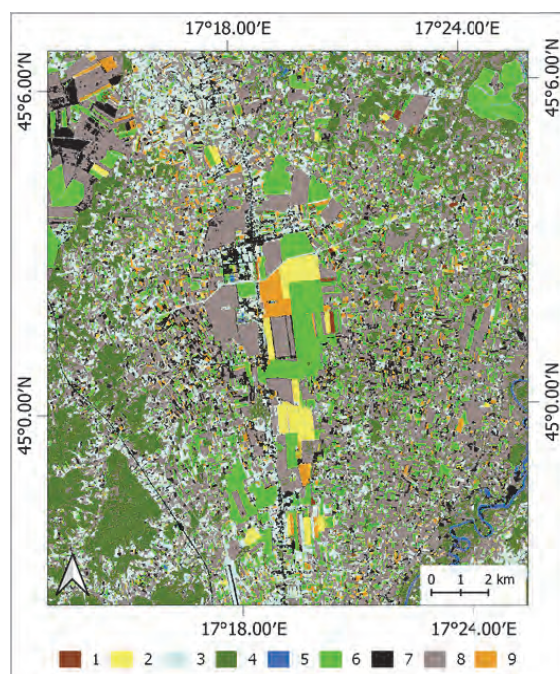
6	21	0	0	0	0	<b>284</b>	0	0	7	312	0.91
7	0	0	0	0	0	0	<b>131</b>	0	0	131	1
8	0	0	0	1	0	0	2	<b>329</b>	0	332	0.99
9	1	0	0	0	0	0	2	0	<b>69</b>	72	0.96
Сума / Sum	71	100	245	116	119	285	139	333	89		
РА (%)	0.66	1	1	0.99	1	0.99	0.94	0.99	0.77		
F-1 (%)	0.80	0.99	0.95	0.99	1	0.95	0.97	0.99	0.86		

Према резултатима приказаним у матрици конфузије (грешака), класификатор је пикселе уљане репице у потпуности раздвојио од осталих класа. Пшеница је са изузетно високом тачношћу издвојена, док је јечам у границама апсолутно прихватљиве тачности (0.86 F-1). Највећа конфузија је између класе зоби и пшенице, што се рефлектује на крајњи резултат тачности класификације зоби који износи 0.66 (РА) и 0.80 (F-1).

Карта класификације подручја истраживања представљена је на Сл. 5. На њој је видљива између осталих класа, просторна дистрибуција озимих култура на подручју истраживања. Јасно се види да у укупној сјетвеној површини у сезони 2019/2020 доминира озима пшеница.

According to the results shown in the confusion (error) matrix, the classifier completely separated the rapeseed pixels from the other classes. Wheat was separated with extremely high accuracy, while barley was within the limits of absolutely acceptable accuracy (0.86 F-1). The biggest confusion is between the oat and wheat class, which is reflected in the final result of the oat classification accuracy, which is 0.66 (PA) and 0.80 (F-1).

The classification map of the research area is presented in Fig. 5. It shows, among other classes, the spatial distribution of winter crops in the research area. It is clear that winter wheat dominates the total sown area in the 2019/2020 season.



Сл. 5. Карта класификације: зоб – 1, уљана репица – 2, трава – 3, шума – 4, вода – 5, пшеница – 6, изграђено – 7, оранице – 8, јечам – 9

Fig. 5. Classification map: oats – 1, rapeseed – 2, grassland – 3, forest – 4, water – 5, wheat – 6, built-up – 7, ploughland – 8, barley – 9

Упечатљиве су велике појединачне површине под пшеницом (више дестина ха па и стотину ха), али и површине под уљаном репицом које се простиру на мањем броју локалитета али углавном на већим површинама (од неколико десетина хектара). Јечам је такође заступљен на читавом подручју истраживања на знатно мањем броју локалитета у односу на пшеницу и углавном на површинама од неколико ха.

## ДИСКУСИЈА

Огромна количина података, изузетни прије свега меморијски капацитети и различити алгоритми машинског учења доступни на GEE платформи кључни су за ово истраживање. Ако се узме у обзир чињеница да се у традиционалним процесима класификација сателитски снимци прво морају преузети, затим обрадити како би се уопште снимци могли употребити даље, јасно је да би на локалним машинама овај процес класификације био тешко изводљив или знатно отежан и успорен. У истраживању за израду 3 композитна скупа података кориштено је 30 С–2 снимака нивоа 2А и 99 снимака С–1 GRD нивоа. Израђени композити извезени су у GEE складиште што је трајало нешто више од једног сата (68 минута), док је покретање RF класификатора и мјерење тачности трајало око 40 секунди. Осим тога предност GEE у односу на традиционалне класификације јесте што пружа могућност извођења различитих шема класификација у неком разумном времену које подразумевају велики број итерација, а све са циљем добијања најбољег могућег резултата оптималном потрошњом GEE ресурса.

Резултатима мјерења JM дистанце успјешно су одређена 3 оптимална временска периода за агрегацију варијабли у композит. Успјешно је повезано вријеме највеће сепарације пшенице и јечма са фазом зријења јечма која је кључна за сепарацију ове двије културе. Добијени резултати у истраживању показују да се комбинацијом С–2 и С–1 сателитских снимака могу извести тачније, прецизније класификације у односу на класификације изведене на основу само једног извора података. Укључивање С–1

Impressive are the large individual areas under wheat (more than a hundred hectares), but also the areas under oilseed rape, which are spread over a smaller number of locations, but mostly over larger areas (of several tens of hectares). Barley is also represented in the entire research area in a significantly smaller number of localities compared to wheat and mostly on areas of several ha.

## DISCUSSION

The huge amount of data, exceptional above all memory capacities and various machine learning algorithms available on the GEE platform are key to this research. If taken into account the fact that in traditional classification process satellite images must first be downloaded, then process, in order to be able to use the images further, it is clear that on local machines this classification process would be difficult or significantly more difficult and slowed down. 30 S–2 satellite images of level 2A and 99 satellite images of S–1 GRD level were used in the research to create 3 composite data sets. The created composites were exported to the GEE assets which took a little more than one hour (68 minutes), while starting the RF classifier and measuring the accuracy took about 40 seconds. In addition, the advantage of GEE compared to traditional classifications is that GEE provides the possibility of performing different classification schemes in a reasonable amount of time, which involve a large number of iterations, all with the aim of obtaining the best possible result with the optimal consumption of GEE resources.

The results of the JM distance measurement successfully determined 3 optimal time periods for the aggregation of variables into a composite. The time of the greatest separation of wheat and barley was successfully linked with the ripening phase of barley, which is crucial for the separation of these cultures. The results obtained in the research show that with the combination of S–2 and S–1 satellite images, more accurate and precise classifications can be performed compared to classifications based on only one data source. The inclusion of the S–1 variable did not significantly increase the accuracy,

варијабли није у знатној мјери повећало тачност, али је у моменту достизања максимума С–2 варијабли, утицала на повећање процента тачности (нпр. у трећем периоду максимално повећање ОА са 0.85 на 0.88, Капа повећање са 0.83 на 0.87). Начином селекције и избором варијабли постигнут је висок ниво тачности. Агрегацијом 3 композита у један скуп података и класификацијом финалног скупа података, достигнут је знатно виши ниво тачности у односу на резултат класификације појединачних композита. Мултивременска серија података у знатној мјери утицала је на повећање тачности класификације (од највеће ОА трећег композита 0.87, Капа 0.85 до ОА 0.96 и Капа 0.95).

### ЗАКЉУЧАК

У истраживању је кориштен GEE за генерисање 3 композита који су придружени у један скуп података и класификовани алгоритмом RF. Општи закључак је да се класификацијом вишевременских С–1 и С–2 снимака са алгоритмом RF могу прецизно класификовати озиме културе на локалном нивоу. GEE окружење омогућава редовно годишње или сезонско ажурирање карте усјева изузетно брзо, ефикасно и прецизно. Осим тога, GEE захваљујући сложеним функцијама које су развили GEE програмери за обраду сателитских снимака, допушта истраживачима да више енергије и времена утроше за усавршавање алгоритма класификације, а мање на процес обраде сателитских снимака.

Резултат истраживања потврдио је претходно изнесене процјене да је озима пшеница доминантна озима култура која се узгаја на подручју Лијевча поља. Аутори рада сматрају да је резултат истраживања примјењив у изради инвентара озимих усјева или неким намјенским апликацијама у којима је процјена засијаних површина под озимим културама јако битан извор информација.

Недостатак у истраживању чини релативно ограничен број тренинг података који је у одређеној мјери неуравнотежен. Ово се нарочито односи на озиме културе, тако да је у

but at the moment of reaching the maximum of the S–2 variable, it influenced the increase in the percentage of accuracy (e.g. in the third period, the maximum increase in OA from 0.85 to 0.88, Kappa increase from 0.83 to 0.87). A high level of accuracy was achieved by the method of selection and the choice of variables. By aggregating 3 composites into one data set and classifying the final data set, a significantly higher level of accuracy was achieved compared to the result of the classification of individual composites. The multi-temporal series of data significantly influenced the increase in classification accuracy (from the highest OA of the third composite 0.87, Kappa 0.85 to the OA 0.96 and Kappa 0.95).

### CONCLUSION

In the research, GEE was used to generate 3 composites that were joined in one data set and classified by the RF algorithm. The general conclusion is that by classifying multi-temporal S–1 and S–2 recordings with the RF algorithm, it is possible to accurately classify winter crops at the local level. The GEE environment enables regular annual or seasonal crop map updates extremely quickly, efficiently and accurately. In addition, GEE, thanks to the complex features developed by GEE programmers for processing satellite images, allows researchers to spend more energy and time on refining the classification algorithm, and less on the processing of satellite images.

The result of the research confirmed the previously stated estimates that winter wheat is the dominant winter crop grown in the area of Lijevče field. The authors of the paper believe that the results of the research are applicable in the creation of an inventory of winter crops or some dedicated applications in which the assessment of areas sown under winter crops is a very important source of information.

A shortcoming in the research is the relatively limited number of training data, which is somewhat unbalanced. This especially ap-

неком наредном истраживању за поузданији резултат класификације неопходно прикупити далеко већи број тренинг података што би pružilo могућност већег и квалитетнијег избора адекватних тренинг података, као и података валидације. Осим тога, класификација је извођена на површински мањем (око 350 km<sup>2</sup>) и хомогеном подручју које се одликује интензивном пољопривредном производњом. Аутори сматрају да је то један од разлога који је утицао на прилично високе резултате тачности класификације.

plies to winter crops, so in some future research, for a more reliable classification result, it is necessary to collect a much larger number of training data, which would provide the possibility of a larger and better selection of adequate training data, as well as validation data. In addition, the classification was performed on a smaller (about 350 km<sup>2</sup>) and homogeneous area characterized by intensive agricultural production. The authors believe that this is one of the reasons that influenced the rather high classification accuracy results.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Abubakar, G. A., Wang, K., Shahtahamssebi, A., Xue, X., Belete, M., Gudo, A. J. A., Shuka, K. A. M., & Gan, M. (2020). Mapping Maize Fields by Using Multi-Temporal Sentinel-1A and Sentinel-2A Images in Makarfi, Northern Nigeria, Africa. *Sustainability*, 12(6), 2539. <https://doi.org/10.3390/su12062539>
- Amani, M., Kakooei, M., Moghimi, A., Ghorbani, A., Ranjgar, B., Mahdavi, S., Davidson, A., Fiset, T., Rollin, P., Brisco, B., & Mohammadzadeh, A. (2020). Application of Google Earth Engine Cloud Computing Platform, Sentinel Imagery, and Neural Networks for Crop Mapping in Canada. *Remote Sensing*, 12(21), 3561. <https://doi.org/10.3390/rs12213561>
- Bajić, D., Adžić, D., & Dekić, R. (2017). GIS-Based spatial-temporal analysis of the biomass production in the Republic of Srpska territory. *Гласник/Herald*, 21, 53–69. <https://doi.org/10.7251/HER2117053B>
- Bargiel, D. (2017). A new method for crop classification combining time series of radar images and crop phenology information. *Remote Sensing of Environment*, 198, 369–383. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.022>
- Belgiu, M., & Csillik, O. (2018). Sentinel-2 cropland mapping using pixel-based and object-based time-weighted dynamic time warping analysis. *Remote Sensing of Environment*, 204, 509–523. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.10.005>
- Campos-Taberner, M., Garcia-Haro, F. J., Martinez, B., Sánchez-Ruiz, S., & Gilabert, M. A. (2019). A Copernicus Sentinel-1 and Sentinel-2 Classification Framework for the 2020+ European Common Agricultural Policy: A Case Study in València (Spain). *Agronomy*, 9(9), 556. <https://doi.org/10.3390/agronomy9090556>
- Clauss, K., Ottinger, M., & Kuenzer, C. (2018). Mapping rice areas with Sentinel-1 time series and superpixel segmentation. *International Journal of Remote Sensing*, 39(5), 1399–1420. <https://doi.org/10.1080/01431161.2017.1404162>
- Conrad, C., Fritsch, S., Zeidler, J., Rücker, G., & Desch, S. (2010). Per-Field Irrigated Crop Classification in Arid Central Asia Using SPOT and ASTER Data. *Remote Sensing*, 2(4), 1035–1056. <https://doi.org/10.3390/rs2041035>
- Denize, J., Hubert-Moy, L., Betbeder, J., Corgne, S., Baudry, J., & Pottier, E. (2019). Evaluation of Using Sentinel-1 and -2 Time-Series to Identify Winter Land Use in Agricultural Landscapes. *Remote Sensing*, 11(1), 37. <https://doi.org/10.3390/rs11010037>
- Dimitrov, P., Dong, Q., Eerens, H., Gikov, A., Filchev, L., Roumenina, E., & Jelev, G. (2019). Sub-Pixel Crop Type Classification Using PROBA-V 100m NDVI Time Series and Reference Data from Sentinel-2 Classifications. *Remote Sensing*, 11(11), 1370. <https://doi.org/10.3390/rs11111370>
- Dobrinić, D., Medak, D., & Katanec, A. (2019). Klasifikacija zemljišnog pokrova iz podataka

- Sentinel satelitskih. *Zbornik radova – 12. simpozij ovlaštenih inženjera geodezije*, 50–55.
- Foody, G. M., & Mathur, A. (2004). Toward intelligent training of supervised image classifications: directing training data acquisition for SVM classification. *Remote Sensing of Environment*, 93(1), 107–117. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.06.017>
- Gao, B. (1996). NDWI-A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*, 58(3), 257–266. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00067-3](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00067-3)
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>
- Hao, P., Wang, L., Niu, Z., Aablikim, A., Huang, N., Xu, S., & Chen, F. (2014). The Potential of Time Series Merged from Landsat-5 TM and HJ-1 CCD for Crop Classification: A Case Study for Bole and Manas Countries in Xinjiang, China. *Remote Sensing*, 6(8), 7610–7631. <https://doi.org/10.3390/rs6087610>
- Inglada, J., Arias, M., Tardy, B., Hagolle, O., Valero, S., Morin, D., Dedieu, G., Sepulcre, G., Bontemps, S., Defourny P., & Koetz, B. (2015). Assessment of an Operational System for Crop Type Map Production Using High Temporal and Spatial Resolution Satellite Optical Imagery. *Remote Sensing*, 7(9), 12356–12379. <https://doi.org/10.3390/rs70912356>
- Kenduiwo, B. K., Bargiel, D., & Soergel, U. (2018). Crop-type mapping from a sequence of Sentinel 1 images. *International Journal of Remote Sensing*, 39(19), 6383–6404. <https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1460503>
- Khan, G. A., Khan, S., Zafar, N., Islam, S., Ahmad, F., Rehman, F., & Ullah, M. (2012). A Review of different Approaches of Land Cover Mapping. *Life Science Journal*, 9(4), 1023–1032.
- Kussul, N., Mykola, L., Shelestov, A., & Skakun, S. (2018). Crop inventory at regional scale in Ukraine: developing in season and end of season crop maps with multi-temporal optical and SAR satellite imagery. *European Journal of Remote Sensing*, 51(1), 627–636. <https://doi.org/10.1080/22797254.2018.1454265>
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159–174. <https://doi.org/10.2307/2529310>
- Mansaray, L. R., Huang, W., Zhang, D., Huang, J., & Li, J. (2017). Mapping Rice Fields in Urban Shanghai, Southeast China, Using Sentinel-1A and Landsat 8 Datasets. *Remote Sensing*, 9(3), 257. <https://doi.org/10.3390/rs9030257>
- Marszalek, M., Lösch, M., Körner, M., & Schmidhalter, U. (2020). Multi-temporal Crop Type and Field Boundary Classification with Google Earth Engine. *Preprints*, 2020040316. <https://doi.org/10.20944/preprints202004.0316.v1>
- McNairn, H., & Brisco, B. (2004). The application of C-band polarimetric SAR for agriculture: a review. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 30(3), 525–542. <https://doi.org/10.5589/m03-069>
- McNairn, H., Champagne, C., Shang, J., Holmstrom, D., & Reichert, G. (2009). Integration of optical and Synthetic Aperture Radar (SAR) imagery for delivering operational annual crop inventories. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 64(5), 434–449. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2008.07.006>
- Миросављевић, П. (1973). *Клима Босне и Херцеговине*. Географски факултет Сарајево.
- Mullissa, A., Vollrath, A., Odongo-Braun, C., Slagter, B., Balling, J., Gou, Y., Gorelick, N., & Reiche, J. (2021). Sentinel-1 SAR Backscatter Analysis Ready Data Preparation in Google Earth Engine. *Remote Sensing*, 13(10), 1954. <https://doi.org/10.3390/rs13101954>
- Nasrallah, A., Baghdadi, N., Hajj, M. E., Darwish, T., Belhouchette, H., Faour, G., Darwich, S., & Mhawej, M. (2019). Sentinel-1 Data for Winter Wheat Phenology Monitoring and Mapping. *Remote Sensing*, 11(19), 2228. <https://doi.org/10.3390/rs11192228>

- Orynbaikyzy, A., Gessner, U., & Conrad, C. (2019). Crop type classification using a combination of optical and radar remote sensing data: a review. *International Journal of Remote Sensing*, 40(17), 6553–6595. <https://doi.org/10.1080/01431161.2019.1569791>
- Orynbaikyzy, A., Gessner, U., Mack, B., & Conrad, C. (2020). Crop Type Classification Using Fusion of Sentinel-1 and Sentinel-2 Data: Assessing the Impact of Feature Selection, Optical Data Availability, and Parcel Sizes on the Accuracies. *Remote Sensing*, 12(17), 2779. <https://doi.org/10.3390/rs12172779>
- Park, S., & Im, J. (2016). Classification of croplands through fusion of optical and SAR time series data. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXIII ISPRS Congress, XLI-B7*, 703–704. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLI-B7-703-2016>
- Palchowdhuri, Y., Valcarce-Diñeiro, R., King, P., & Sanabria-Soto, M. (2018). Classification of multi-temporal spectral indices for crop type mapping: a case study in Coalville, UK. *The Journal of Agricultural Science*, 156(1), 24–36. <https://doi.org/doi:10.1017/S0021859617000879>
- Paludo, A., Becker, W. R., Richetti, J., Silva, L. C. D. A., & Johann, J. A. (2020). Mapping summer soybean and corn with remote sensing on Google Earth Engine cloud computing in Parana state – Brazil. *International Journal of Digital Earth*, 13(12), 1624–1636. <https://doi.org/10.1080/17538947.2020.1772893>
- Poortinga, A., Tenneson, K., Shapiro, A., Nquyen, Q., Aung, K. S., Chishtie, F., & Saah, D. (2019). Mapping Plantation in Myanmar by Fusing Landsat-8, Sentinel-2 and Sentinel-1 Data along with Systematic Error Quantification. *Remote Sensing*, 11(7), 831. <https://doi.org/10.3390/rs11070831>
- Pu, R., & Gong, P. (1998). Predicting Land-Cover Changes with Gray Systems Theory and Multitemporal Aerial Photographs. *Geographic Information Sciences*, 4(1–2), 73–79. <https://doi.org/10.1080/10824009809480506>
- Qiao, C., Daneshfar, B., Davidson, A. M., Jarvis, I., Liu, T., & Fiset, T. (2014). Integration of optical and polymetric SAR imagery for locally accurate crop classification. *2014 IEEE Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 1485–1488. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2014.6946718>
- Richards, J. A., & Jia, X. (2006). *Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction*. Springer Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/3-540-29711-1>
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1973). Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. *Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium*, 1(A).
- Sonobe, R., Yamaya, Y., Tani, H., Wang, X., Kobayashi, N., & Mochizuki, K. (2017). Assessing the suitability of data from Sentinel-1A and 2A for crop classification. *GIScience & Remote Sensing*, 54(6), 918–938. <https://doi.org/10.1080/15481603.2017.1351149>
- Sousa, A. M. O., Pereira, J. M. C., & Silva, J. M. N. (2003). Evaluating the performance of multitemporal image compositing algorithms for burned area analysis. *International Journal of Remote Sensing*, 24(6), 1219–1236. <https://doi.org/10.1080/01431160110114466>
- Sun, C., Bian, Y., Zhou, T., & Pan, J. (2019). Using of Multi-Source and Multi-Temporal Remote Sensing Data Improves Crop-Type Mapping in the Subtropical Agriculture Region. *Sensors*, 19(10), 2401. <https://doi.org/10.3390/s19102401>
- Sun, L., Chen, J., Guo, S., Deng, X., & Han, Y. (2020). Integration of Time Series Sentinel-1 and Sentinel-2 Imagery for Crop Type Mapping over Oasis Agricultural Areas. *Remote Sensing*, 12(1), 158. <https://doi.org/10.3390/rs12010158>
- Tassi, A., & Vizzari, M. (2020). Object-Oriented LULC Classification in Google Earth Engine Combining SNIC, GLCM, and Machine Learning Algorithms. *Remote Sensing*, 12(22), 3776. <https://doi.org/10.3390/rs12223776>
- Teluguntla, P., Thenkabail, P. S., Oliphant, A., Xiong, J., Gumma, M. K., Congalton, R. G., Yadav, K., & Huete, A. (2018). A 30-m land-

- sat-derived cropland extent product of Australia and China using random forest machine learning algorithm on Google Earth Engine cloud computing platform. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 144, 325–340. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2018.07.017>
- Трбић, Г. (2004). *Лијевче поље-климатске одлике*. Географско друштво Републике Српске
- Tricht, K. V., Gobin, A., Gilliams, S., & Piccard, I. (2018). Synergistic Use of Radar Sentinel-1 and Optical Sentinel-2 Imagery for Crop Mapping: A Case Study for Belgium. *Remote Sensing*, 10(10), 1642. <https://doi.org/10.3390/rs10101642>
- Vuolo, F., Neuwirth, M., Immitzer, M., Atzberger, C., & Ng, W. T. (2018). How much does multi-temporal Sentinel-2 data improve crop type classification? *International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation*, 72, 122–130. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.06.007>
- Wu, B., Meng, J., Li, Q., Yan, N., Du, X., & Zhang, M. (2014). Remote sensing-based global crop monitoring: experiences with China's Crop-Watch system. *International Journal of Digital Earth*, 7(2), 113–137. <https://doi.org/10.1080/17538947.2013.821185>
- Xinkai, L., Han, Z., Younglin, S., Benke, L., Changmin, J., Tianqi, L., Sayed, B. H., & Gouling, S. (2020). Large-Scale Crop Mapping From Multisource Remote Sensing Images in Google Earth Engine. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 13, 414–427. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2019.2963539>
- Xu, H. (2008). A new index for delineating built-up land features in satellite imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 29(14), 4269–4276. <https://doi.org/10.1080/01431160802039957>
- Zerrouki, N., & Bouchaffra, D. (2014). Pixel-based or Object-based: Which approach is more appropriate for remote sensing image classification? *2014 IEE Internatioanl Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, 864–869. <https://doi.org/10.1109/SMC.2014.6974020>
- Zurqani, H. A., Post, C. J., Mikhailova, E. A., Schlautman, M. A., & Sharp, J. L. (2018). Geospatial analysis of land use change in the Savannah River Basin using Google Earth Engine. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 69, 175–185. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2017.12.006>

## ТИПОВИ И ПРОМЈЕНЕ ПОВРШИНСКЕ ВЛАЖНОСТИ У РЕПУБЛИЦИ СРПСКОЈ ПРЕМА WATER AND WETNESS БАЗИ ПОДАТАКА

Бранислав Драшковић<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Универзитет у Источном Сарајеву, Пољопривредни факултет, Источно Сарајево, Република Српска

**Сажетак:** У раду су приказане промјене у влажности тла у Републици Српској (РС), које су се догодиле у периоду 2015–2018. Такође, дат је распоред влажних подручја по природним цјелинама и висинским зонама. Коришћена је Copernicus Water and Wetness (WaW) база података, базирана на фотоинтерпретацији сателитских снимка Sentinel-1 и Sentinel-2, резолуције 10 m и 20 m. Влажна подручја су подијељена у четири категорије, на основу регистрованог процентуалног присуства воде и влаге у току године и годишњих доба: стална вода, повремена вода, стално влажно подручје и привремено влажно подручје. Резултати истраживања показују да привремене и сталне воде заузимају 0.48 % територије РС, стално влажна подручја 0.03 %, док највећу територију обухватају привремено влажна подручја која заузимају 1.81 % (влажност од 25 % до 75 %). Два највећа подручја на којима се влажност појављује, а која се разликују и по географском положају и по поријеклу влажности, су: Посавина и Семберија на сјеверу и средње висока и висока крашка поља на југу, у регији Херцеговина. Промјене у влажности тла које су регистроване у периоду 2015–2018. превасходно су антропогеног поријекла и односе се на исушивање мочварних подручја и рибњака. Најпознатији случај је резерват Бардача гдје је већина од некадашњих 11 рибњака претворена током последње деценије у пољопривредно земљиште. До сада није било дужих осматрања влажности земљишта унутар територије РС, па се главни допринос рада овдје може тражити.

**Кључне ријечи:** типови, промјене, влажност, тло, Република Српска, Copernicus, Water and Wetness.

Original scientific paper

## TYPES AND CHANGES OF SURFACE WETNESS IN THE REPUBLIC OF SRPSKA ACCORDING TO COPERNICUS WATER AND WETNESS DATABASE

Branislav Drašković<sup>1\*</sup>

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

**Abstract:** The paper presents the changes in soil moisture in the Republic of Srpska (RS), which occurred in the period 2015–2018. Also, the distribution of wetlands by natural units and altitude zones is given. The Copernicus Water and Wetness (WaW) database has been used, based on the photointerpretation of satellite images Sentinel-1 and Sentinel-2, in resolutions 10 m and 20 m. Wetlands are divided into four categories, based on the registered percentage of water and moisture during the year and seasons: permanent water, intermittent water, permanent wetland and temporary wetland. The results of the research show that temporary and permanent waters occupy 0.48 % of the territory of the RS, permanently wet areas 0.03 %, while the largest territory includes temporarily wet areas which occupy 1.81 % (areas with wetness from 25 % to 75 %). The two largest areas where humidity occurs, and which differ in geographical position and origin of humidity, are: Posavina and Semberija in the north and medium and high karst fields in the south, in the region of Herzegovina. Changes in soil moisture registered in the period 2015–2018 are primarily of anthropogenic origin and relate to the drainage of wetlands and ponds. The most famous case is the Bardača reserve, where most of the former 11 fishponds have been turned into agricultural land over the last decade. There has not been any long-term monitoring of soil moisture at the entire territory of the RS, so the main contribution of this paper can be seen in that aspect.

**Key words:** types, changes, wetness, surface, the Republic of Srpska, Copernicus, Water and Wetness.

\* Аутор за кореспонденцију: Бранислав Драшковић, Универзитет у Источном Сарајеву, Пољопривредни факултет, Вука Караџића 30, 71123 Источно Сарајево, Република Српска, Босна и Херцеговина, Е-mail: branislav.draskovic@pof.ues.rs.ba

\* Corresponding author: Branislav Drašković, University of East Sarajevo, Faculty of Agriculture, Vuka Karadžića 30, 71123 Istočno Sarajevo, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina, E-mail: branislav.draskovic@pof.ues.rs.ba



УВОД

Влажност земљишта игра кључну улогу у динамици вегетације, с обзиром на то да је доступност воде у земљишту ограничавајући фактор за фотосинтезу биљака (Proietti et al., 2019). С тим у вези, карте влажности земљишта пружају непроцјењив ресурс за квантификацију ефеката недостатка падавина на земљиште покривено вегетацијом (Cammalleri et al., 2015). Интеракција влажности земљишта и атмосфере су кључни елементи регионалног климатског система (Leutwyler et al., 2021). Влажна подручја и мочваре су посебно корисне у условима екстремних суша због њихове способности да задрже воду, смање отицање, филтрирају седименте и обезбједе прочишћавање вода. Највећи утицај на мочваре имају промјене хидролошких режима. Отицање је идентификовано као кључни хидролошки параметар који утиче на функцију мочвара (Hartig et al., 1997). Просјечан коефицијент отицања у Босни и Херцеговини (БиХ) износи 0.57 (Avdić et al., 2013).

Према WaW 2018 бази података, подручја унутар категорије стална и повремена вода, обухватају 33257 ha (0.64 %) и 1464 ha (0.03 %), што је укупно 0.67 % територије БиХ (подудар се са CORINE Land Cover 2018 подацима).

Привремено влажне зоне покривају 128680 ha (1286.8 km<sup>2</sup>) или 2.5 %, а стално влажне покривају 5222 ha (52.22 km<sup>2</sup>) или 0.1 % територије државе. CORINE Land Cover (CLC) база података показује да унутрашње мочваре покривају 5242 ha, а тресетишта 697 ha, па према томе, влажна подручја у БиХ покривају укупно 5939 ha (59.39 km<sup>2</sup>) (Drašković et al., 2021).

Највеће зоне влажних површина у БиХ налазе се у крашким пољима западне Босне и на југу у региону Херцеговине. Два су разлога за то: висока количина падавина (више од 1500 mm годишње) и геолошки слојеви код којих доминирају кречњачке стијене, који не могу примити сву воду у подземне пукотине током кишног периода. Од осталих регија са већим привремено влажним зонама истиче се сјеверни дио, регије Посавина и Семберија. У овом случају основни разлог појаве влажности везан је

INTRODUCTION

Soil moisture plays a pivotal role in vegetation dynamics, considering that soil water availability is a crucial limiting factor for plant photosynthesis (Proietti et al., 2019). Consequently, soil moisture maps provide an invaluable resource to quantify the effects of rainfall deficits on vegetated lands (Cammalleri et al., 2015). Soil moisture-atmosphere interactions are key elements of the regional climate system (Leutwyler et al., 2021). Wetlands are especially beneficial under extreme drought or flood conditions for their ability to retain water, reduce runoff, filter sediments, and provide water purification. The greatest impact to wetlands are from changes to hydrologic regimes. Runoff is identified as a key hydrological parameter affecting wetland function (Hartig et al., 1997). The average runoff coefficient in Bosnia and Herzegovina (B&H) is 0.57 (Avdić et al., 2013).

According to the WaW 2018 database, the areas under the category of permanent and temporary water occupy 33257 ha (0.64 %) and 1464 ha (0.03 %), which is a total of 0.67 % of the territory of B&H (matches the CORINE Land Cover 2018 data).

The temporary wet areas cover 128680 ha (1286.8 km<sup>2</sup>) or 2.5 % and permanent wet cover 5222 ha (52.22 km<sup>2</sup>) or 0.1 % of the country's territory. The CORINE Land Cover (CLC) database shows that inland marshes cover 5242 ha and peatbogs 697 ha. On the basis of that, it can be said that the area of wetland in B&H covers 5939 ha (59.39 km<sup>2</sup>) (Drašković et al., 2021).

The largest temporary wet zones within B&H are karst fields on the west Bosnia, and on the south in the region of Herzegovina. There are two main reasons: a large amount of precipitation (more than 1500 mm annually) and geological layers in which limestone rocks predominate that cannot accept all the water during rainy period. Of the other regions with larger temporarily wet zones, the northern part stands out, the regions of Posavina and Semberija. In this case, the main reason for the appearance of humidity is related to the relatively frequent

за релативно честа изливања великих ријека и њихових притока из корита у алувијалне равни (Drašković & Gutalj, 2021).

Промјене у влажности земљишта у односу на вишегодишње просјекe могу бити узроковане антропогеним активностима (исушивање мочвара, изградња вјештачких акумулација, итд.) или природним процесима као што су климатске промјене. Поред ових значајнијих, сталне промјене влажности тла које се дешавају око ријечних токова су уобичајене и не спадају у крупне промјене које битно нарушавају екосистем. С друге стране, варијације у количини падавина, односно плувиометријском режиму и температурама ваздуха, могу битно утицати на типове и промјене влажности земљишта.

За степен влажности тла веома је важан однос падавине/испаривање. Према подацима Републичког хидрометеоролошког завода у периоду 2000–2018. неколико година је забиљежен дефицит влаге у љетњем периоду (2000, 2003, 2012, 2013, 2015. и 2017.). На примјер, током љета 2003. године забиљежена је највећа разлика: 525 mm испаравање, 135 mm падавине.

Разумијевање интеракције између влажности земљишта и падавина лимитирано је мањком директних осматрања у размјерама на којима се јављају повратне информације (Taylor & Ellis, 2006). Иако су суше у основи узроковане недовољним количинама падавина, еволуција дефицита воде од падавина до влаге у земљишту и водотоцима није тренутна и одвија се у сложеним физичким механизмима (Maity et al., 2013). У југоисточној Европи водни ресурси су у директној зависности од климатског режима (Nistor, 2019). Према резултатима пројекта CC-WARE очекује се да ће до 2050. године температура ваздуха у региону порасти, а што ће према Cheval et al. (2017) утицати на аридност територије.

У периоду 2003–2013. забиљежено је пет година када је дошло до појаве јаких или екстремних суша (2003, 2007, 2008, 2011. и 2012.) (Trbić et al., 2014). Највећа повећања температура ваздуха забиљежена су у сјеверозападном и сјевероисточном дијелу РС, гдје су вриједности веће и до 2 °C на годишњем нивоу. На подручју

overflows of large rivers and their tributaries from their beds into the alluvial plains (Drašković & Gutalj, 2021).

The changes in soil moisture, if compared to multi-year averages, can be caused by anthropogenic activities (wetland drainage, construction of artificial reservoirs, etc.) or by natural processes such as climate change. In addition to these significant ones, the constant changes in soil moisture that occur around rivers are common and do not disrupt the ecosystem significantly. On the other hand, the variations in the amount of precipitation or pluviometric regime and air temperatures can significantly affect the types and changes of surface wetness.

The precipitation/evaporation ratio is very important for the degree of soil moisture. According to the Republic Hydrometeorological Institute data in the period 2000–2018, the moisture deficit in the summer period was being recorded for several years (2000, 2003, 2012, 2013, 2015 and 2017). For example, during the summer of 2003, the largest difference was recorded: 525 mm of evaporation, 135 mm of precipitation.

Understanding of interactions between soil moisture and precipitation is limited by a lack of direct observations at spatial scales on which feedbacks occur (Taylor & Ellis, 2006). Though droughts are fundamentally triggered by insufficient precipitation, the evolution of water deficits from precipitation to soil moisture and to streamflows is not instantaneous and is controlled by complex physical mechanisms (Maity et al., 2013). In the South East Europe, the water resources are directly depending to climate regime (Nistor, 2019). According to the results of the CC-WARE project, it is expected that by 2050 the air temperature in the region will rise, which according to Cheval et al. (2017) affect the aridity of the territory.

Over the period 2003–2013, there were five years characterized with extreme droughts (2003, 2007, 2008, 2011 and 2012) (Trbić et al., 2014). The greatest increase in temperature was measured in the northwest and northeast part of RS, where values were up to 2 °C higher per year. In the area of lowland Herzegovina there was a

ниске Херцеговине присутно је благо повећање температура до 1 °C на годишњем нивоу (Bajić & Trbić, 2011). У Семберији температура ваздуха има тенденцију раста током цијеле године, док су трендови падавина сезонски промјенљиви (најизраженији су негативан тренд у сезони лјето и позитиван у јесен). Негативни трендови хидротермичког коефицијента и индекса суше у сезони лјето указују на повећање аридности климе (Popov & Delić, 2019). Повећање учесталости појаве екстремно топлих мјесеци и смањење учесталости појаве екстремно хладних мјесеци указују на тенденцију загријавања на територији источне Херцеговине. На свим станицама у периоду 1991–2016. године смањен је број екстремно влажних мјесеци, а на половини станица повећан број екстремно сушних мјесеци (Popov et al., 2019).

Такође, веома су честе године са великим до катастрофалним поплавама (2001, 2002, 2009, 2010, 2014.). У априлу и мају 2014. забиљежене су рекордне кишне серије (преко 420 mm) у сјеверном дијелу земље, које су условиле катастрофалне поплаве у сливном подручју Врбаса и Босне, те на подручју Семберије (Опрашић et al., 2016). Изражена промјена годишњег распореда падавина уз повећање температуре један је од кључних фактора за појаву суша и поплава на територији БиХ (Avdić et al., 2013).

Током периода 1961–2015. читаву територију БиХ карактерише изражено и значајно ( $p < 0.01$ ) годишње загријавање. Годишњи пораст температуре био је у распону од 0.2–0.5 °C по деценији (Trbić et al., 2017). Дошло је до повећања сушних и влажних година, односно повећања екстремности. У периоду 1961–2010. јасно се издвајају декаде 1981–1990. са највећим бројем сушних и 2001–2010. са највећим бројем влажних година (Ducić et al., 2014).

Најугроженије подручје је долина ријеке Босне са средње високим укупним водним ризиком (укупни водни ризик мјери све ризике везане за воду, скупљањем свих одабраних индикатора из категорија: физичка количина, квалитет, регулаторни и репутациони ризик) (Hofste et al., 2019).

С обзиром на недостатак претходних истраживања у овој области, рад може имати

slight increase in temperature up to 1 °C per year (Bajić & Trbić, 2011). Semberija region recorded increasing temperature tendency throughout the year, whereas the precipitation trends were seasonally variable (the most prominent were a negative trend in summer season and a positive trend in autumn). Negative trends in the hydrothermal coefficient and drought index in the summer season indicate an increase in climate aridity (Popov & Delić, 2019). Increase in the annual occurrence of extremely warm months and decrease in frequency of extremely cold ones indicate that a warming tendency is present over the east Herzegovina region. In the period 1991–2016 at all stations number of extremely wet months was reduced and at half of the stations number of extremely dry months increased (Popov et al., 2019).

In addition, years with large to disastrous floods are very common (2001, 2002, 2009, 2010, 2014). April and May 2014 saw the record of rain series (over 420 mm) in the northern part of the country, which caused disastrous flooding in the catchment area of the Vrbas and Bosna rivers, as well as in the area of Semberija (Oprašić et al., 2016). Pronounced variability in the annual rainfall regime and temperature increases are key factor in the occurrence of more frequent and intense drought in B&H (Avdić et al., 2013).

During the observed 1961–2015 periods, the entire territory of B&H is characterized by prominent and significant ( $p < 0.01$ ) annual warming. The annual temperature increase was in the range of 0.2–0.5 °C per decade (Trbić et al., 2017). There was an increase in dry and wet years, i.e. an increase in extremes. During the period 1961–2010 the 1981–1990 decade had most dry and 2001–2010 decade had most humid years (Ducić et al., 2014).

The most endangered area is the valley of the river Bosna with a medium-high overall water risk (overall water risk measures all water-related risks, by aggregating all selected indicators from the Physical Quantity, Quality and Regulatory & Reputational Risk categories) (Hofste et al., 2019).

Given the lack of previous research in this area, the paper may have a significant role in

значајну улогу у инвентаризацији, мониторингу и управљању влажних подручја РС. То се посебно односи на изазове који су пред нама у погледу мјера заштите од климатских промјена које се према бројним сценаријима најављују.

Циљ истраживања је прецизно утврђивање површине које заузимају различити типови влажности на територији РС, као и дефинисање зона или регија у којима је влажност земљишта најприсутнија. Такође, анализом локалитета највећих промјена влажности по принципу студије случаја биће утврђени могући разлози због којих је дошло до промјена.

#### Подручје истраживања

Република Српска је државни ентитет унутар Босне и Херцеговине, који према подацима Републичког завода за статистику РС из 2012. године, има површину од 24641 km<sup>2</sup> и популацију од око 1.14 милиона становника. Налази се на контакту три велике природне регије: Панонске низије на сјеверу, Динарских планина у централном дијелу и Јадранског мора на југу. С тим у вези се и клима може подијелити на три типа: умјерено-континенталну на сјеверу, планинско-котлинску у централном дијелу и измјењену медитеранску на југу. Најмања количина падавина излучи се на крајњем сјевероистоку БиХ (око 750 mm), док подручје источне Херцеговине прима највише падавина током године (до 2000 mm). Над осталим, већим дијелом земље, излучи се 850 до 1500 mm (Бајић & Трбић, 2016). Рељеф је углавном брдовит и планински. Надморске висине између 500–1500 m заузимају 51.9 % територије.

Генерално, влажност земљишта у РС зависи од типа климе, прије свега од падавина и температура ваздуха, али и од вјетра, влажности ваздуха, типа земљишта, геолошке подлоге итд. Климатски појасеви се отприлике подударају са геоморфолошким појасевима: сјеверним (Посавина), централним (планинско-котлинским) и јужним (зона високог карста). Такође, хетерогеност вегетацијских појасева последица је управо комплекса утицаја наведених абиотичких фактора.

the inventory, monitoring and management of wetlands in the RS. This is especially true of the challenges we face in terms of climate change protection measures that are being announced under a number of scenarios.

The aim of the research is to precisely determine the areas occupied by different types of humidity in the territory of the RS, as well as to define the zones or regions where soil moisture is most present. Also, the analysis of the location of the largest changes in humidity using the case studies will determine the reasons for the changes.

#### Study area

The Republic of Srpska is a state entity within Bosnia and Herzegovina, which, according to the data of the Republic Institute for Statistics of the RS from 2012, has an area of 24641 km<sup>2</sup> and a population of about 1.14 million inhabitants. It is in contact with three major natural regions: the Pannonian Plain in the north, the Dinaric Mountains in the central part and the Adriatic Sea in the south. Regarding relation to this, the climate can be divided into three types: temperate-continental in the north, mountain-valley in the central part and altered Mediterranean in the south. The lowest amount of precipitation occurs in the extreme northeast of B&H (about 750 mm), while the area of eastern Herzegovina receives the most precipitation during the year (up to 2000 mm). Above the rest of the country, precipitation ranges from 850 to 1500 mm (Bajić & Trbić, 2016). The relief is mostly hilly and mountainous. Altitudes between 500–1500 m occupy 51.9 % of the territory.

In general, soil humidity in the RS changes depending on the type of climate, primarily on precipitation and air temperature, but also on wind, air humidity, soil type, geological base, etc. The climatic zones roughly coincide with the geomorphological zones: northern (Posavina), central (mountain-valley) and southern (zone of high karst terrain). Also, the heterogeneity of vegetation is a consequence of the complex influence of the mentioned abiotic factors.

Три биогеографска региона у РС, према актуелном просторном плану РС, су: 1. континентални биогеографски регион – простире се у сјеверном дијелу, са низијама и брежуљцима и са високим утицајем Панонске низије; 2. алпски биогеографски регион – покрива централни дио БиХ и РС са високим планинама Динарског подручја; 3. медитерански биогеографски регион – простире се у јужном дијелу, гдје се осјећа значајан утицај медитеранске климе. Континентални биогеографски регион обухвата површину од 11211.3 km<sup>2</sup> територије РС (45.5 %), алпски (планински) 10100.2 km<sup>2</sup> (40.1 %), а медитерански 3329.8 km<sup>2</sup> (13.5 %). Ова подјела ће бити корисна за анализу влажности тла по појединим регионима, с циљем утврђивања утицаја појединих фактора на појаву влаге на површини.

Према CLC 2018 бази података водна тијела у РС покривају 167.10 km<sup>2</sup>, а влажна подручја 16.67 km<sup>2</sup>. У периоду 2000–2018. ове класе су повећале просторни обухват за 26.04 %, односно 5.57 % (Drašković et al., 2020).

## МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДЕ

Методе мјерења влажности земљишта могу се подијелити у двије групе: директне и индиректне. Директном методом се непосредно мјери количина воде у земљишту, а индиректне методе одређују влажност земљишта на основу промјене одређених физичких особина земљишта које зависе од његове влажности (Otočec, 1991).

Директне методе влажности земљишта у РС до сада су углавном биле базиране на *in situ* истраживањима педолога, агронома, хидролога, хидрогеолога и сл. Таква истраживања односила су се на појединачне локалитете и на ограничене временске периоде, прије свега због захтјевности ресурса који су потребни. Истовремено, индиректна истраживања влажности тла на територији РС методом даљинске детекције су до сада била ријетка. Међутим, са појавом некомерцијалних сателита различити подаци су постали доступни без ограничења. Тако је Европска свемирска агенција (European

The three biogeographical regions in RS, according to the current spatial plan of RS, are: 1. continental biogeographical region – it covers the northern part, with lowlands and hills and with a high influence of the Pannonian lowlands; 2. Alpine biogeographical region – covers the central part of B&H and the RS with the high mountains of the Dinaric area; 3. Mediterranean biogeographical region – covers the southern part, with the significant influence of the Mediterranean climate. The continental biogeographical region covers the area of 11211.3 km<sup>2</sup> of the territory of the RS (45.5 %), alpine (mountainous) 10100.2 km<sup>2</sup> (40.1 %), and Mediterranean 3329.8 km<sup>2</sup> (13.5 %). This division will be useful for the analysis of soil moisture by individual regions, in order to determine the influence of individual factors on the occurrence of moisture on the surface.

According to CLC 2018, water bodies cover 167.10 km<sup>2</sup> and wetlands 16.67 km<sup>2</sup> in the RS. In the period 2000–2018 these classes increased their areas with 26.04 % and 5.57 % respectively (Drašković et al., 2020).

## MATERIALS AND METHODS

Soil moisture measurement methods can be divided into two groups: direct and indirect. The direct method measures the amount of water directly in the soil and indirect methods determine the soil moisture on the basis of changes in certain physical properties of the soil that depend on its humidity (Otočec, 1991).

So far, direct soil moisture methods in the RS have been mainly based on *in situ* research by pedologists, agronomists, hydrologists, hydrogeologists, etc. Such research was related to individual sites and limited time periods, primarily due to the complexity of the required resources. At the same time, indirect studies of soil moisture in the territory of RS by remote sensing have been rare by now. However, due to the launching of non-commercial satellites, various data have become available without restriction. Thus, the European Space Agency (ESA) launched

Space Agency – ESA) лансирала Sentinel-1 и Sentinel-2 сателите, који омогућавају снимке високе резолуције, путем којих се могу пратити бројни геофизички параметри. Европски програм Copernicus Land Monitoring System (CLMS) омогућава информације из домена праћења стања и промјена у животној средини и њеним компонентама.

На основу сателитских снимака високе резолуције (High Resolution – HR) до веома високе резолуције (Very High Resolution – VHR), укључујући ESA сателите, урађено је ажурирање и картирање промјена на високорезолуцијским слојевима (High Resolution Layers – HRL) “Imperviousness” и “Forest”, као и картирање слојева, “Grassland and Grassland Changes” и “Water and Wetness” за 39 држава чланица Европске агенције за животну средину (European Environment Agency, EEA–39) (Copernicus Land Monitoring Service, 2020).

HRL WaW са референтном годином 2018. је потпуно произведен у пројекцијама ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) и LAEA (Lambert Azimuthal Equal Area) од стране конзорцијума етаблираних европских провајдера услуга. Састоји се од производа WaW 2018 у пуној просторној резолуцији од 10 m x 10 m (умјесто оригиналне резолуције 20 m x 20 m продукције WaW 2015). Главни производ је класификовани слој, који садржи дефинисане класе сталних вода, привремених вода, стално влажних, привремено влажних и сувих површина, добијених према појави присутности воде и влажности у периоду 2012–2018. Допуњен је индексом вјероватноће воде и влажности, производом који је углавном намијењен експертима (Copernicus Land Monitoring Service, 2020).

Индекс вјероватноће воде и влажности (Water and Wetness Probability Index – WWPI) слој је додатни производ за експерте и указује на појаву воде и/или влажних површина (са засићеним садржајем влаге у земљишту) у већем дијелу године, током низа година. Индекс је изведен из слојева подршке добијених из сезонских композита у којима је сваки пиксел у датом слоју класификован као „суво“, „влажно“ или „(отворена) вода“. На основу истих сезон-

Sentinel-1 and Sentinel-2 satellites, which enable high-resolution images, through which various geophysical parameters can be monitored. The European program Copernicus Land Monitoring System (CLMS) provides information in the field of monitoring the state and changes in the environment and its components.

Based on High-Resolution (HR) to Very High Resolution (VHR) satellite imagery, including ESA’s satellites an update and change mapping of the High Resolution Layers (HRL) “Imperviousness” and “Forest”, as well as a mapping of “Grassland and Grassland Change”, and “Water and Wetness” for the EEA–39 countries has been done (Copernicus Land Monitoring Service, 2020).

The HRL WaW with reference year 2018 has been fully produced in the ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) and in LAEA (Lambert Azimuthal Equal Area) projection by a consortium of well-established European service providers. It comprises the WAW product for 2018 in full spatial resolution of 10 m x 10 m (instead of the original 20 m x 20 m resolution of the WAW 2015 production). The main product is a classified layer, which contains defined classes of permanent water, temporary water, permanent wet, temporary wet, and dry areas, derived from water and wetness occurrences in the period 2012–2018. It is complemented by the Water and Wetness Probability Index (WWPI), a product mainly dedicated to expert users (Copernicus Land Monitoring Service, 2020).

The Water and Wetness Probability Index (WWPI) layer is an additional product for expert users and indicates the occurrence of water and/or wet areas (with saturated soil moisture content) during a prolonged part of the year over a number of years. The index is derived from support layers calculated from seasonal composites in which each pixel in a given layer is classified as “dry”, “wet” or “(open) water”. Based on the same seasonal composites as applied for the classification of water and wetness, the WWPI is derived

ских композита који се примјењују за класификацију воде и влажности, WWPI је изведен за сваку „колону“ пиксела у низу. WWPI се израчунава према броју ВОДА и ВЛАЖНОСТ појава, посљедњи са тежинским фактором од 0.75 (ова вриједност је потврђена након анализе резултата рационализације), подијељен са укупним бројем валидних запажања (збир ВОДА, ВЛАЖНО и СУВО појаве). Добијени производ спаја појаву воде и влажности као индекс на скали између 0 (само суво) до 100 (само вода) (Langanke, 2016). На тај начин могуће је добити преглед и динамику варијабилности појаве вода и влажних површина унутар једне године или годишњих доба. Композитни снимци годишњих доба су изведени из снимака које покривају временски период од три мјесеца, док су годишњи композитни снимци изведени из снимака за свако годишње доба унутар одређене године.

Према Упутству за коришћење WaW базе података (Copernicus Land Monitoring Service, 2020) дефиниције појединих класа влажности су:

- Сува површина (увијек суво или углавном суво са малим садржајем влажности или воде, нпр. < 25 % влаге): пијесак, бетон и асфалт, стијене, итд.;
  - Стална вода (највећи однос вода/укупни садржај > 85 % воде, класификовано као стална водна површина): природна језера, вјештачке акумулације (рибњаци, резервоари), природне акумулације (сталне водне површине унутрашњих или приобалних влажних земљишта), ријеке, канали, итд.;
  - Привремена вода (однос између 25–85 % воде, са варирајућим степеном влажности): подручја са привременом водом која су у вези са сталним водним тијелима, привремена природна и вјештачка језера, периодичне ријеке, плавна подручја, итд.;
  - Стално влажна површина (> 75% влаге): трстици, тресетишта, унутрашње мочваре, итд.;
  - Привремено влажна површина (25–75 % влаге): земљишта која мијењају влажност, повремене мочваре, итд.
- for each “column” of pixels in the stack. The WWPI is calculated according to the number of WATER and WET occurrences, the latter with a weighting factor of 0.75 (this value was confirmed after the analysis of the streamlining results), divided by the total number of valid observations (sum of WATER, WET and DRY occurrences). The resulting product assembles the water and wet occurrence as an index on a scale between 0 (only dry observations) to 100 (only water observations) (Langanke, 2016). In this way, it is possible to get an overview and dynamics or variability of the occurrence of water and wetlands within one year or seasons. Composite images of the seasons are derived from images that cover a period of three months, while annual composite images are derived from images for each season within a given year.

According to WaW User Manual (Copernicus Land Monitoring Service, 2020) definition of water and wetness classes are:

- Dry (always dry or mostly dry with minor instances of wet or water, i.e. < 25 %): sand, bedrock, sealed surfaces, etc.;
- Always water (the highest ratio of the water/total instance, > 85 %, are classified as permanent water surfaces): permanent inland lakes (natural), artificial ponds (permanent fishponds, reservoir), natural ponds (permanent open water surfaces of inland or coastal wetlands), rivers, channels, etc.;
- Temporary water surfaces (ratio between 25 % to 85 %, water/total instances, with varying degrees of wetness): temporary water surfaces associated to permanent water bodies, temporary natural lakes and temporary artificial lakes, intermittent rivers, flood areas, etc.;
- Always wet surfaces (areas with > 75 % wet/total instances): reeds, peat land, inland wetlands, etc.;
- Temporary wet surfaces (areas with 25 % to 75 % wet/total instances and minor instances of water): including areas of changing soil moisture, Intermittent wetlands, etc.

Пан-европски слојеви високе резолуције омогућавају информације о специфичним карактеристикама типова површинске покривности и комплементарни су са картирањем покривности и намјеном површина као што је CLC база података (D'amico & Corsini, 2019). Оптичка класификација је примијењена на композите за сваки EEA дио коришћењем динамичког прагу заснованог класификатора. Стога је неколико спектралних индекса израчунато и убачено за сваки композит. За детекцију воде коришћени су спектрални индекси као што су NDWI (Normalized Difference Water Index) и његова модификована верзија mNDWI (Modified Normalized Difference Water Index), као и NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). За издвајање појаве влажности изабрани су динамички појединачни индекси и прагови из класификатора за сваку локацију. Сви тематски слојеви за 2018. добијени су из мултитемпоралних података Sentinel-2 сателитских снимака од ESA и пружају намјенске информације о актуелним условима животне средине и трендовима промјена, у просторној резолуцији од 10 m, 20 m и 100 m (Copernicus Land Monitoring Service, 2020).

WAWCSL (WaW Consistency Support Layer) је растерски слој подршке конзистентности који приказује вриједности разлике између референтних слојева из 2015. и 2018. године у просторној резолуцији од 10 m (Сл. 1). Овај слој омогућили су провајдери услуга као додатни слој подршке за информисање корисника о разликама између два статусна слоја из 2015. и 2018. године под утицајем повећаног квалитета и резолуције улазних података. Стога је развијена намјенска процедура која раздваја „техничке разлике“ (због промјене просторне резолуције са 20 m на 10 m) између примарних HRL производа Water and Wetness 2015. и 2018. и стварних промјена у класама вода и влажност. Слој подршке конзистентности је заснован на пуној Sentinel-2 временској серији. Стога је извршена линеарна регресија на композитима 2018. и 2015. mNDWI индекса који на нивоу пиксела показују да ли су фенолошке криве на одређеној локацији стабилне или имплицирају било какав тренд, дајући на тај начин индикацију (праг) је ли уочена разлика

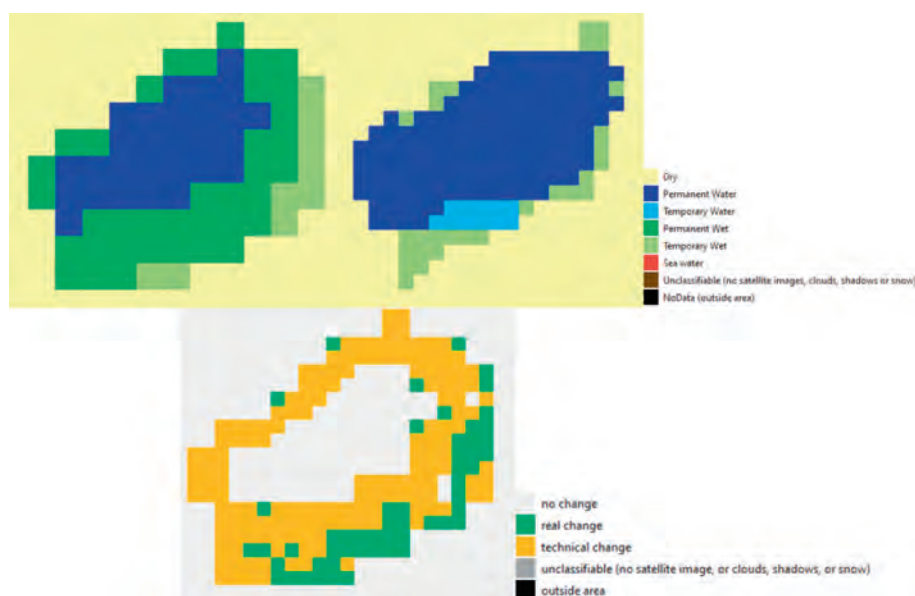
Pan-European high-resolution layers provide information on specific land cover characteristics and are complementary to land cover/land use mapping such as in the CLC datasets (D'amico & Corsini, 2019). The optical classification was applied on the composites for each EEA tile using a dynamical threshold-based classifier. Therefore, several spectral indices were computed and stacked for each composite. For water detection, spectral indices such as the Normalised Difference Water Index (NDWI) and its modified version Modified Normalized Difference Water Index (mNDWI), as well as the Normalised Difference Vegetation Index (NDVI) were used. For wetness extraction, individual indices and thresholds were chosen dynamically from the classifier for each site. All thematic layers for 2018 are derived from multi-temporal Sentinel-2 satellite data from the ESA and provide dedicated information on current environmental conditions and change trends in 10 m, 20 m and 100 m spatial resolution (Copernicus Land Monitoring Service, 2020).

The WAWCSL (WaW Consistency Support Layer) is a raster displaying a measure of difference between the 2015 and 2018 reference layers in 10 m spatial resolution (Fig. 1). This layer was provided by the Service Providers as an additional support layer to inform users where the differences between the two status layers of 2015 and 2018 are influenced by the increased quality and resolution of input data. Thus, a dedicated workflow has been developed that separates “technical differences” (due to the shift in spatial resolution from 20 m to 10 m) between the primary HRL Water and Wetness products 2015 and 2018 and actual changes in class of water and wetness. The Consistency Support Layer is based on the full Sentinel-2 time series. Therefore, a linear regression was performed on the mNDWI composites 2018 and 2015, which indicate on pixel-level whether the phenology curves at a particular location are stable or imply any trend, thereby providing an indication (threshold) if an observed difference is like-



стварна или је настала због промјене резолуције (Copernicus Land Monitoring Service, 2020).

ly to be real or due to the resolution change (Copernicus Land Monitoring Service, 2020).



Сл. 1. Горе лијево – WaW 2015, горе десно – WaW 2018, доле – слој подршке конзистентности (Copernicus Land Monitoring Service, 2020)

Fig. 1. Upper left – WaW 2015, upper right – WaW 2018, down – consistency support layer (Copernicus Land Monitoring Service, 2020)

Да би се анализирао утицај надморске висине на распоред влажних подручја кориштен је европски дигитални модел висина (EU DEM v1.1.) резолуције 25 m. Модел је преузет са званичне странице Copernicus Land Monitoring Service (доступно на <https://land.copernicus.eu/>). Територија РС је подијељена на 4 висинске зоне: 0–500 m, 500–1000 m, 1000–1500 m и изнад 1500 m, затим су израчунате влажне површине унутар сваке од њих.

Поред тога, обрађени су подаци из CLC базе података, која има нешто слабију резолуцију (25 ha) и не пружа тако прецизне информације, али има дужи низ осматрања. CLC дефинише копнене мочваре (шифра 4.1) (European Environment Agency, 2019) као подручја поплављена или подложна поплавама током већег дијела године слатком, бочатом или стајаћом водом са специфичном вегетацијом која се састоји од ниских жбунова, полудрвенстих или зељастих врста. Укључује ободну вегетацију језера, ријека, еутрофних мочвара, вегетацију транзиционих каљуга и тресећих блатишта и

Digital elevation model (EU-DEM v1.1.) with a spatial resolution of 25 m has been used for distribution of wetness areas by altitude zones. The model was downloaded from the official Copernicus Land Monitoring Service web site (available at <https://land.copernicus.eu/>). The territory of the RS is divided into four altitude zones: 0–500 m, 500–1000 m, 1000–1500 m and over 1500 m, and then the wet areas inside each of them were calculated.

In addition, a CLC database will be processed, which has a slightly lower resolution (25 ha) and does not provide such accurate information, but has a longer time series of observations. CLC defines inland wetlands (code 4.1) (European Environment Agency, 2019) as areas flooded or liable to flooding during the great part of the year by fresh, brackish or standing water with specific vegetation coverage made of low shrub, semi-ligneous or herbaceous species. Includes water-fringe vegetation of lakes, rivers, and brooks and of fens and eutrophic marshes, vegetation of

извора, високо олиготрофне и јако киселе заједнице које се углавном састоје од сфагнума који расте на тресету и добија влагу из травнатих или покривених блатишта.

Главни фактори који утичу на класификације земљишног покривача на нивоу пиксела су прецизност и калибрација сензора, тачност геолокације, атмосферски поремећаји, слични спектрални прикази различитих објеката, квалитет референтних података и перформансе алгоритма уопште. Сваки производ земљишног покривача подразумева последицу ових непрецизности и начина на који се оне шире дуж ланца обраде, што коначно утиче на поузданост резултирајуће класификације. Неизвјесности које произилазе из улазних података и како ове непрецизности утичу на резултат класификације обично је тешко и скупо процијенити, пошто би то захтјевало праћење грешке детектора кроз све процедуре које се примјењују на податке. Стога се занемарују у даљој процјени неизвјесности. Слој повјерења који се испоручује са производом комбинује више параметара квалитета и обраде и садржи информације које показују индекс повјерења по пикселу при резолуцији од 10 m. За прорачун, слој повјерења користи вјероватноћу воде (1) и влажности (минимално 3) од децембра 2015. до децембра 2018. године (Copernicus Land Monitoring System, 2020).

## РЕЗУЛТАТИ

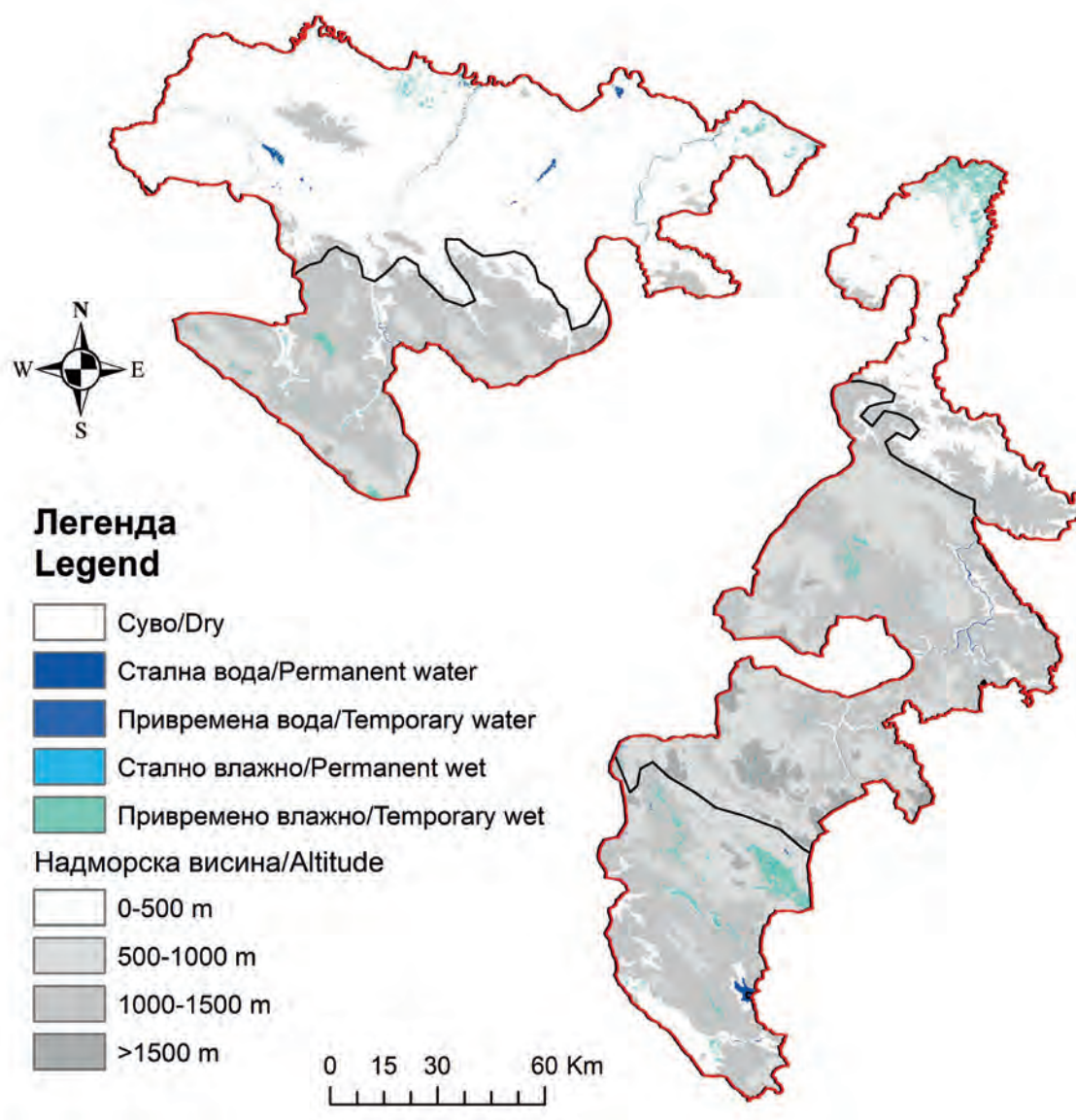
Према WaW 2018 бази података зоне које припадају категорији стална и повремена вода обухватају 11295 ha (0.46 %) и 534 ha (0.02 %), што је укупно 0.48 % територије РС. Привремено влажна подручја заузимају 44546 ha (445.46 km<sup>2</sup>) или 1.81 % док стално влажна подручја обухватају 768 ha (7.68 km<sup>2</sup>) или 0.03 % територије РС (Таб. 1, Сл. 2).

transition mires and quaking bogs and springs, highly oligotrophic and strongly acidic communities composed mainly of sphagnum growing on peat and deriving moistures of raised bogs and blanket bogs.

The main influencing factors to impact land cover classifications on a pixel level are the sensor precision and calibration, geolocation accuracy, atmospheric disturbances, similar spectral signatures of different objects, quality of the reference data and the algorithm performance in general. Any land cover product is a function of these imprecisions and how they are propagated along the processing chain finally impacting the reliability of the resulting classification. The uncertainties arising from the input data and how these imprecisions affect the classification result is usually difficult and costly to assess, since this would require tracing the detector error through all procedures applied to the data. We therefore neglect these from the further estimation of uncertainties. The confidence layer provided with the product combines multiple quality and processing-based parameters and contain information showing the per-pixel confidence index at 10 m pixel resolution. For the calculation, the confidence layer uses the water (1) and wetness (minimum of 3) probabilities from December 2015 to December 2018. (Copernicus Land Monitoring System, 2020).

## RESULTS

According to the Water and Wetness 2018 (WaW 2018) database, the zones of permanent and temporary water cover 11295 ha (0.46 %) and 534 ha (0.02 %), which is a total of 0.48 % of the RS territory. Temporary wetlands cover 44546 ha (445.46 km<sup>2</sup>) or 1.81 %, while permanent wetlands cover 768 ha (7.68 km<sup>2</sup>) or 0.03% of the RS territory (Tab. 1, Fig. 2).



Сл. 2. Просторна дистрибуција влажних подручја у РС  
Fig. 2. Spatial distribution of wetlands in the RS

Мало мање прецизна база података WaW 2015 приказује да привремено влажна подручја заузимају 3.32 %, а стално влажна 0.02 % територије РС. Сталне и повремене воде обухватају 0.42 % и 0.13 % или укупно 0.55 % територије РС (Таб. 1). Ради повећања просторне резолуције са 20 m на 10 m и смањења минималне картографске јединице са 1 ha у 2015. на 0.03 ha у 2018. ове двије базе података нису потпуно упоредиве и подаци могу значајно да се разликују.

A little bit less accurate WaW 2015 database shows that temporarily wet areas occupy 3.32 % and permanent wet 0.02 % of the RS territory. Permanent and temporarily water cover 0.42 % and 0.13 % or a total of 0.55 % of the RS territory (Tab. 1). In order to increase the spatial resolution from 20 m to 10 m and reduce the minimum cartographic unit from 1 ha in 2015 to 0.03 ha in 2018 these two databases are not completely comparable, and the data may differ significantly.

Таб. 1. Типови WaW класа у РС за 2015. и 2018. годину  
 Tab. 1. Types of WaW classes in the RS for 2015 and 2018

		Суво / Dry	Стална вода / Permanent water	Привремена вода / Temporary water	Стално влажно / Permanent wet	Привремено влажно / Temporary wet
2018	P (km <sup>2</sup> )	24042.63	123.81	5.57	8.31	451.66
	P (%)	97.61	0.50	0.02	0.03	1.83
2015	P (km <sup>2</sup> )	23689.81	103.18	31.68	5.27	818.41
	P (%)	96.11	0.42	0.13	0.02	3.32

Разлике у резолуцији између WaW 2015 и WaW 2018 доводе до двије врсте регистрованих промјена: техничких и реалних. Техничке се односе на промјене због преласка са резолуције од 20 m на резолуцију од 10 m, док су реалне промјене оне које су се стварно догодиле, односно које нису настале као резултат техничке обраде података.

Реалне промјене влажности на територији РС износе 37.9 km<sup>2</sup>, а техничке 745.3 km<sup>2</sup>. На територији цијеле БиХ реалне промјене износе 58.9 km<sup>2</sup>, а техничке 1087.9 km<sup>2</sup>. Промјене које су се догодиле на конкретним локацијама забиљежене су углавном у Посавини: мочвара Бардача, подручја рибњака Саничани, Сијековац, рибњак код Прњавора, пољопривредне површине јужно од Градишке и ниски терени око ријечних токова. Од влажних зона у Херцеговини, промјена скоро да није било. Врло мале промјене су забиљежене на територији Гатачког поља или око водних акумулација, што се може сматрати нормалном флукуацијом влажности земљишта у зависности од варијација плувиометријског режима. Такође, малих промјена у влажности било је на Гвозном пољу код Калиновика, Гласиначком крашком пољу код Сокоца као и дуж и око тока ријеке Дрине. Око 71 % свих реалних промјена догодиле су се у сјеверном биогеографском региону.

Према WWPI бази података око 67 % појављивања влажности припада мањој вјероватноћи од 11–30 %, што значи да ће се у 10 година бар 1–3 године појавити вода или влажна површина (Таб. 2). То су зоне крашких поља источне Херцеговине, Семберија, Посавина око Бардаче и ушћа Босне до границе са Брчко

Differences in resolution between WaW 2015 and WaW 2018 lead to two types of registered changes: technical and real. Technical changes refer to changes registered due to the transition from there solution of 20 m to the resolution of 10 m, while real changes are those that actually occurred, i.e. which did not occur as a result of technical data processing.

Real changes in surface wetness on the territory of the RS are 37.9 km<sup>2</sup>, and technical ones are 745.3 km<sup>2</sup>. On the territory of the entire B&H, real changes amount to 58.9 km<sup>2</sup>, and technical changes to 1087.9 km<sup>2</sup>. Changes that have occurred at specific locations have been recorded mainly in the region of Posavina: the Bardača swamp, the areas of the Saničani pond, Sijekovac, the pond near Prnjavor, agricultural areas south of Gradiška and low lands around the river courses. Among the wetlands in Herzegovina, there has been almost no change. Very small changes have been recorded at the territory of Gatačko field or around water accumulations, which can be considered a normal fluctuation of soil moisture depending on variations in the pluviometric regime. Also, there have been minor changes in humidity on Gvozno field near Kalinovik, Glasinac karst field near Sokolac, as well as along and around the Drina River. Around 71 % of all real changes have occurred in the northern biogeographical region.

According to the WWPI database, about 67 % of the occurrence of wetness belongs to a lower probability of 11–30 % which means that in 10 years at least 1–3 years, water or a wet surface will appear (Tab. 2). These are the zones of the karst fields of Eastern Herzegovina, Semberija, Posavina around Bardača and the mouth of Bosnia to the border with the Brčko District, Podraško

Дистриктом, Подрашко поље код Мркоњић Града, дио Купрешког поља (општина Рибник), Гласиначко поље, итд.

polje near the municipality of Mrkonjić Grad, part of Kupreško field (municipality of Ribnik), Glasinačko field, etc.

Таб. 2. Вјероватноћа појаве влажности у РС  
Tab. 2. Wetness probability in the RS

WWPI %	1–10	11–20	21–30	31–40	41–50	51–60	61–70	71–80	81–90	91–100	Укупно / Total
P (km <sup>2</sup> )	0.87	217.67	177.35	42.65	12.74	9.99	10.71	12.08	14.7	90.31	589.07
P (%)	0.15	36.95	30.11	7.24	2.16	1.7	1.82	2.05	2.49	15.33	100.00

Када је ријеч о вертикалној зоналности, WaW 2018 показује да се привремено влажна подручја највише појављују унутар зоне 0–500 m (61.6 %) којој припадају алувијалне равни Саве и Дрине, затим унутар зоне 500–1000 m (33.8 %), док се од 1000–1500 m појављују мало (3.8 %), а изнад 1500 m скоро никако (0.8 %). С друге стране, стално влажна подручја се највише појављују у зони 500–1000 m, прије свега захваљујући средње високим и високим крашким пољима: Гатачко, Невесињско и др. (Таб. 3).

When it comes to vertical zoning, WaW 2018 shows that temporarily wetlands occur mostly within the zone 0–500 m (61.6 %) along to alluvial plains of the Sava and Drina, then within the zone 500–1000 m (33.8 %), while from 1000–1500 m appear little (3.8 %) and above 1500 m almost none (0.8 %). On the other hand, permanent wet areas mostly appear in the zone of 500–1000 m, primarily due to medium-high and high karst fields: Gatačko, Nevesinjsko and others (Tab. 3).

Таб. 3. Вертикална зоналност влажних подручја у РС  
Tab. 3. Vertical zonation of wet classes in the RS

Влажна подручја / Wet areas	0–500 m		500–1000 m		1000–1500 m		> 1500 m	
	P (km <sup>2</sup> )	P (%)	P (km <sup>2</sup> )	P (%)	P (km <sup>2</sup> )	P (%)	P (km <sup>2</sup> )	P (%)
Привремено влажна / Temporary wet	274.8	61.6	150.5	33.8	17.1	3.8	3.7	0.8
Стално влажна / Permanent wet	3.6	46.8	3.7	48.6	0.3	4.4	0.0	0.0

Анализа влажности по биогеографским регионима (Таб. 4) показује да најмање влажних подручја има централни алпски регион гдје привремена влажна подручја заузимају 0.7 %, слиједи сјеверни континентални који заузима 2.09 % територије, док највише влажности има јужни медитерански регион гдје привремено влажна подручја заузимају 4.2 % територије. Томе највише доприносе крашка поља која у кишном периоду године не могу примити сву воду у подземне канале па долази до изливања воде на површини. Сјеверни континентални регион има нешто већу влажност око алувијалних равни ријека, посебно у Посавини и Семберији.

Analysis of wetness by biogeographical regions (Tab. 4) shows that there is the least amount of wetlands in the central alpine region, where temporarily wet areas occupy 0.7 % of the territory, followed by the northern continental with 2.09 %, while the southern Mediterranean region is the most humid one, with 4.2 %. The karst fields contribute the most to this, as they cannot receive all the water in the underground channels during the rainy period of the year, so water spills on the surface. The northern continental region has slightly higher humidity around the alluvial plains of rivers, especially in Posavina and Semberija. In the central alpine

У централном алпском региону, који је и „најзеленији“ и који има највеће нагибе терена, влага се врло мало појављује на површини. Значајан проценат влаге се утроши на транспирацију. Према Оторепес (1991), у шуми се око једна четвртина воде (падавина) задржи у круни и на гранама док три четвртине доспијевају у земљиште. У зависности од врсте шуме задржавање (интерцепција) падавина износи: јелове шуме 32 %, мијешане 27 %, широколисне 20 %, борове шуме 15 %.

region, which is also the “greenest” and has the highest slopes, very little moisture appears and retains on the surface. Significant percentage of the moisture is used for transpiration. According to Otoresep (1991), about one quarter of the water (precipitation) in a forest is retained in the crown and on the branches while three quarters reach the soil. Depending on the type of forest, the interception of precipitation is: fir forest 32 %, mixed forest 27 %, deciduous forest 20 %, pine forest 15 %.

Таб. 4. WaW класе према биогеографским регионима РС  
Tab. 4. WaW classes by biogeographical regions in the RS

Региони / Regions	Сјеверни Континентални / Continental		Централни Алпски / Alpine		Јужни Медитерански / Mediterranean	
	P (km <sup>2</sup> )	P (%)	P (km <sup>2</sup> )	P (%)	P (km <sup>2</sup> )	P (%)
Суво / Dry	10793.09	97.38	9885.26	99.07	3124.87	95.12
Стална вода / Permanent water	52.97	0.48	20.41	0.20	19.11	0.58
Привремена вода / Temporary water	4.03	0.04	0.25	0.00	0.68	0.02
Стално влажно / Permanent wet	2.41	0.02	2.52	0.03	2.68	0.08
Привремено влажно / Temporary wet	231.15	2.09	69.44	0.70	137.96	4.20

Према CLC бази података о промјенама, у периоду од 2000. до 2018. године, влажна подручја (4.1) су смањила површину за 395 ha (3.95 km<sup>2</sup>). Међу њима, унутрашње/копнене мочваре (4.1.1) биле су најугроженије од других типова земљишног покривача, прије свега од водних тијела (5.1.2) са 208 ha, ненаводњаваних ораница (2.1.1) са 156 ha и транзицијске шуме/шикаре (3.2.4) са 17 ha. На подручјима са већом количином падавина воде су се изливале преко мочварних предјела, док је дио мочвара претворен у пољопривредно земљиште.

Интерпретацијом ових промјена, које су картографски потврђене путем WaW базе података и других сателитских снимака и спектралних индекса, може се закључити да је дио мочвара претворен у рибњаке, а дио у обрадиво земљиште. Разлози за пренамјену простора леже у тежњи за већом продуктивношћу и економским профитом.

According to the CLC Change database, in the period from 2000 to 2018 the area of wetlands (4.1) was reduced for 395 ha (3.95 km<sup>2</sup>). Among them, inland marshes (4.1.1) were most endangered by other land cover types, primarily with water bodies (5.1.2) with 208 ha, non-irrigated arable land (2.1.1) with 156 ha and transitional woodland/shrub (3.2.4) with 17 ha. In areas with higher rainfall, water spilled over wetlands, while part of the wetland was converted to agricultural land.

By interpreting these conversions, which are cartographically confirmed through the WaW database and other satellite images and spectral indices, it can be concluded that a part of the wetland has been turned into fishponds and another part into arable land. The reasons for the new purpose of this areas lie in the pursuit of higher productivity and economic profit.

Примјер промјена влажности:  
Студије случаја Бардача  
и Саничани

Example of wetness changes:  
Case Studies Bardača  
and Saničani

Као подручје гдје су забиљежене највеће промјене односно губици влажних површина у РС, узет је примјер заштићеног подручја Бардача. „То је специфичан аквални комплекс који карактерише плитка издан, која је у директној зависности од количине падавина и водостаја Саве, Врбаса и њихових притока, те мијења аквалне карактеристике и утиче на укупну просторно-функционалну организацију“ (Mandić, 2011, стр. 73).

Мочварни комплекс Бардача је 2007. године проглашен Рамсарским подручјем број 1658. Састоји се од 11 језера смјештених између ријека Саве и Врбас, сјевероисточно од Бањалуке у близини мјеста Србац. Бардача представља јединствено природно богатство за РС. Укупна површина резервата Бардача је 670 ха и значајна је првенствено као станиште за преко 170 различитих врста птица, од којих су неке ендемски примјерци (Јавна установа Воде Српске, 2017). Према актуелном просторном плану РС подручје Бардаче обухвата 3500 ха.

CLC база података о промјенама показује да су губици посебно забиљежени током периода 2006–2012. године када је око резервата Бардача извршена конверзија дијела водних подручја у ненаводњавану обрадиву површину (2.1.1) у износу од 418 ха.

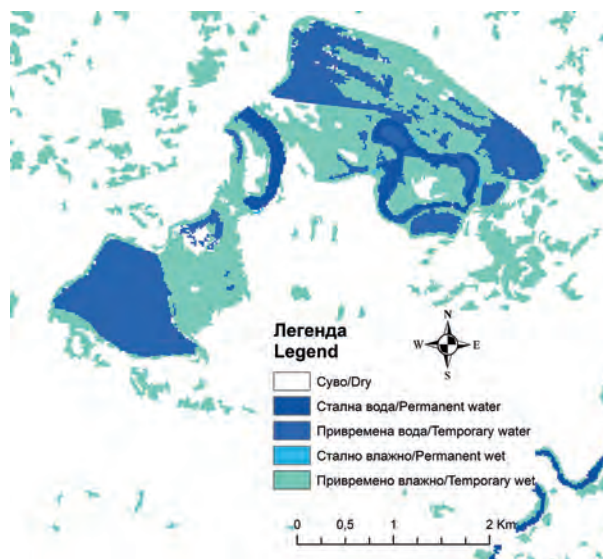
На територији резервата Бардача база података о промјенама (WAWCSL) регистровала је у периоду 2015–2018. године реалне промјене у износу од 321 ха и техничке 237 ха (Сл. 3 и Сл. 4). Промјене су у вези са смањењем влажних подручја конверзијом у пољопривредно земљиште. У истом периоду на широј територији око рибњака Саничани забиљежено је 494 ха реалних промјена и 230 ха техничких промјена.

The example of the Bardača protected area was taken as the area where the greatest changes or losses of wetlands were recorded in the RS. “It is a specific water complex characterized by a shallow outlet, which is directly dependent on the amount of precipitation and the water level of the Sava, Vrbas and their tributaries, and it changes the characteristics of the water and affects the overall spatial-functional organization” (Mandić, 2011, pp. 73).

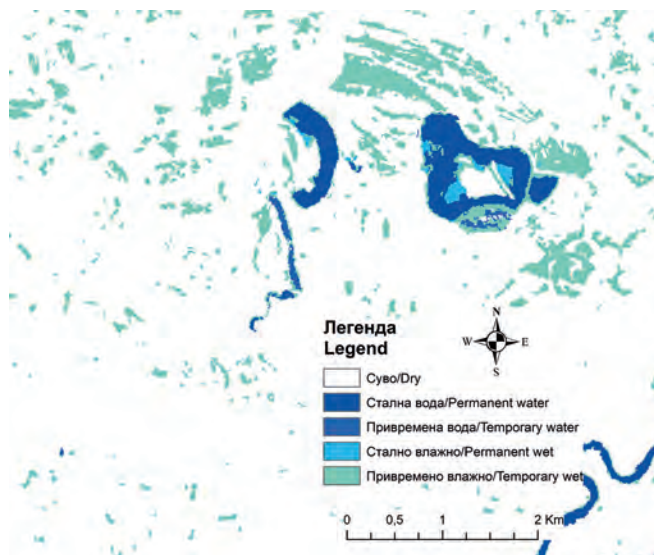
The Bardača wetland complex was declared Ramsar site number 1658 in 2007. It consists of 11 lakes located between the Sava and Vrbas rivers, northeast of Banja Luka near Srbac. Bardača is a unique natural resource for RS. The total area of the Bardača reserve is 670 ha and is important primarily as a habitat for over 170 different bird species, some of which are endemic (Јавна Установа Воде Српске, 2017). According to the current spatial plan of the the RS the Bardača area covers 3500 ha.

The CLC Change database shows that losses were particularly recorded during the period 2006–2012. when a part of water areas around the Bardača reserve was converted into non-irrigated arable land (2.1.1) in the amount of 418 ha.

At the territory of the Bardača protected area, the database on changes (WAWCSL) registered real changes in the period of 2015–2018 in the amount of 321 ha and technical changes in the amount of 237 ha (Fig. 3 and Fig. 4). The changes are related to the reduction of wetlands that have been converted into agricultural land. In the same period, 494 ha of real changes and 230 ha of technical changes were recorded in the wider area around the Saničani fishpond.



Сл. 3. Зона око Бардаче према WaW 2015.  
Fig. 3. Bardača area according to WaW 2015.



Сл. 4. Зона око Бардаче према WaW 2018.  
Fig. 4. Bardača area according to WaW 2018.

„Обзиром да је деградација овог простора бржа од реализације планираних активности заштите и развоја, неопходно је сагледавање потенцијала, ограничења, актера и могућих корака у циљу постизања развојне равнотеже уз активно укључивање локалне заједнице“ (Mandić, 2011, стр. 89).

Око 60 km југозападно од Бардаче налази се рибњак Саничани, са 35 језера и површином од 1300 ha један је од највећих и најстаријих рибњака у РС са преко 100 година постојања.

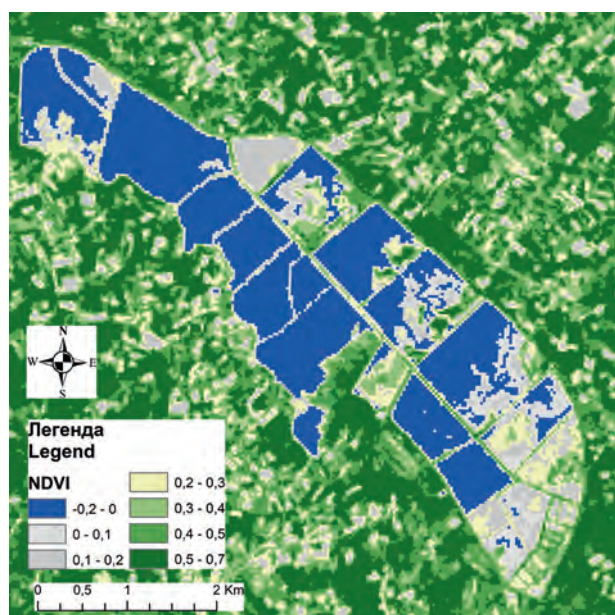
„Considering that the degradation of the area is faster than the implementation of planned activities of protection and development, it is necessary to view the potentials, constraints, active participants and possible steps in order to achieve the development balance along with the active involvement of local communities“ (Mandić, 2011, pp. 89).

About 60 km southwest of Bardača, there is a fishpond Saničani. With its 35 lakes, it covers about 1300 hectares and is one of the largest fishponds in RS, and also one of the oldest, because it is

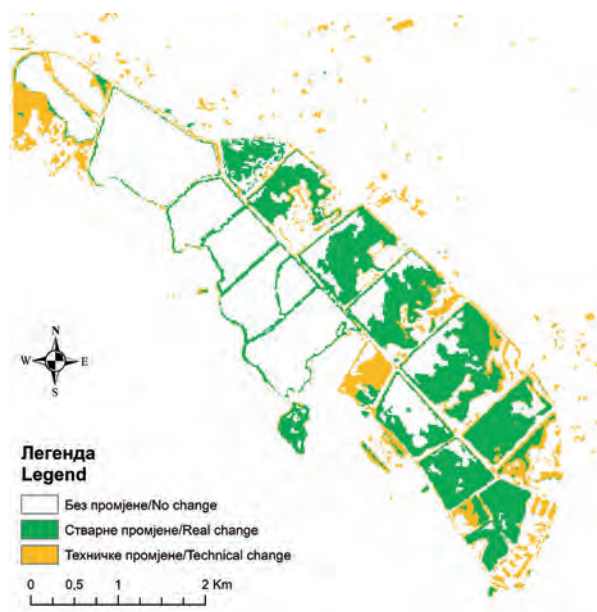


За разлику од Бардаче, овдје се промјене односе на прелазак из једног типа влажности у стално водно тијело.

over 100 years old. Unlike Bardača, these are the changes from one type of humidity to a permanent water surface.



Сл. 5. Рибњак Саничани према NDVI промјенама  
Fig. 5. Fishpond Saničani by NDVI changes



Сл. 6. Рибњак Саничани према WaWCSL промјенама  
Fig. 6. Fishpond Saničani by WaWCSL changes

На Сл. 5 приказан је NDVI спектрални индекс добијен са сателитског снимка из маја 2016. године (доступно на <https://earthexplorer.usgs.gov/>), док су на Сл. 6 приказане техничке и стварне промјене на рибњаку Саничани за

Fig. 5 shows the NDVI spectral index obtained from the satellite image from May 2016 (available at <https://earthexplorer.usgs.gov/>), while Fig. 6 shows the technical and real changes at fishpond Saničani for the peri-

период 2015–2018. године. Из слика се види да су промјене настале као резултат проширења капацитета рибњака.

## ДИСКУСИЈА

Као што резултати истраживања показују, привремено влажна подручја заузимају знатно већу територију у односу на стално влажна. Око 4 % територије у медитеранском биогеографском региону заузимају влажна подручја, у континенталном око 2 %, а у алпском региону 0.7 %. Имајући у виду узроке појавности влажности, може се закључити да се у источној Херцеговини влажно тло, поред високе количине падавина, углавном појављује захваљујући геолошкој подлози и рељефу крашких поља која представљају депресије без могућности већег површинског отицања. На равничарском сјеверу најзначајнији фактори појаве влажности су близина великих ријека и низак ниво издани. Централни планинско-котлински регион има мање влажних подручја због рељефа, високог коефицијента отицања и бујне вегетације.

Промјене у влажности износе 8.4 % у односу на влажна подручја РС. Међутим, интересантно је анализирати географски положај промјена и с тим у вези начине коришћења простора као узрочнике промјена. Дакле, највеће промјене догодиле су се на сјеверу, у региону Посавине (71 %), гдје су узроци промјена влажности тла биле антропогене активности као што су исушивање мочвара ради стварања обрадивог земљишта, формирање рибњака и промјене тока равничарских ријека. С друге стране, врло мало промјена влажности било је унутар крашких поља источне Херцеговине. То наводи на закључак да за промјене које су настале као последица климатских промјена не постоје јасни докази. Иако је подручје Херцеговине у цијелој БиХ највише изложено климатским промјенама (повећање температура до 20 % и смањење падавина до 20 %) (Опрашић et al., 2016) то се није одразило на евентуално смањење влажних подручја.

Иако је пренамјеном употребе мочварних подручја повећана привредна активност, на

od 2015–2018. It can be seen from the figures that the changes are the result of expanding the capacity of the pond.

## DISCUSSION

As it is shown by the results of the research, temporarily wet areas occupy a much larger territory compared to permanently wet ones. About 4 % of the territory in the Mediterranean biogeographic region is occupied by wetlands, in the continental region about 2 %, and in the Alpine region 0.7 %. Having in mind the causes of surface wetness, it can be concluded that, in eastern Herzegovina, moist soil, in addition to high rainfall, occurs mostly due to the geological layers and relief of karst fields that are depressions without the possibility of high runoff value. In the flat northern region, the most significant factors in the occurrence of humidity are the proximity of large rivers and the low level of groundwater. The central mountain-valley region has less humid areas due to the relief and high coefficient of runoff and lush vegetation.

The changes in humidity is 8.4 % of the total wet areas of RS. However, it is interesting to analyse the geographical location of change and related land use as a cause of change. Thus, the largest changes occurred in the north, in the Posavina region (71 %), where these moisture changes were caused by anthropogenic activities such as draining wetlands to create arable land, forming ponds and changing the course of lowland rivers. On the other hand, very few changes in humidity occurred within the karst fields of eastern Herzegovina. This leads to the conclusion that there is no clear evidence that this kind of changes is the result of climate change. Although the area of Herzegovina is the region of B&H which is most exposed to climate change (increasing temperatures by up to 20 % and reducing precipitation by up to 20 %) (Oprašić et al., 2016), this did not affect the possible reduction of wet areas.

Although the conversion of wetlands has increased economic activity, thus endangering the biodiversity of wetlands and pond vegetation (reeds, rushes, water nuts, water lilies) is endan-

тај начин је угрожен биодиверзитет мочварне и барске вегетације (трска, рогоз, водени орашак, лопоч, локвањ). Такође, угрожавају се орнитолошка станишта за бројне врсте птица. Водни екосистеми постају рањиви и осјетљиви на различите типове загађења, јер су изгубили вегетацијски биофилтер. Вода постаје непогодна за пиће, повећава се процес еутрофизације и појава „цвјетања воде” због присуства алги. Ти процеси неминовно доприносе смањењу еколошког капацитета влажних подручја. С тим у вези угрожава се концепт одрживог развоја јер се по цијену деградације заштићене природне средине покушава остварити додатни профит.

#### ЗАКЉУЧАК

Према WaW бази података за 2018. годину, унутар РС забиљежено је 0.46 % територије категоризоване као стална вода и 0.02 % као привремена вода. Привремено влажна подручја обухватају 1.81 % територије РС, а стално влажна 0.03 %. У односу на 2015. годину осим сталних вода, све остале категорије забиљежиле су смањење, посебно привремено влажна подручја која обухватају скоро двоструко мању територију (са 3.32 % на 1.83 % РС). Ове промјене могу бити техничке, због промјене резолуције двије базе података (прелазак са 20 m на 10 m) и реалне промјене које су углавном антропогеног поријекла. Да се ради о промјенама које су узроковане људским активностима говоре и њихови локалитети и намјена: резерват Бардача код Српца, рибњаци Саничани, Сијековац, рибњак код Приједора и др. Остале промјене односе се на мања подручја око доњих токова Саве, Дрине, Врбаса, Босне и других ријека због повременог изливања и мијењања правца тока.

Када је ријеч о биоегеографским регионима односно доминантним природним и регионалним цјелинама, највише влажних подручја забиљежено је у регији Херцеговина, посебно на подручју средње високих и високих крашких поља. У кишном периоду геолошки слојеви не могу примити сву воду па се она појављује на површини. Други регион богат влажним под-

gered. Ornithological habitats for many bird species are endangered as well. In this way, aquatic ecosystems become vulnerable and sensitive to different types of pollution, because they have lost their vegetation biofilter. Water becomes unfit for drinking, the process of eutrophication increases and the appearance of “water blooms” due to the presence of algae. These processes inevitably contribute to the reduction of the ecological capacity of wet areas. In this regard, the concept of sustainable development is being jeopardized because at the cost of degrading the protected natural environment, attempts are being made to make additional profits.

#### CONCLUSION

According to the WaW for 2018, within the RS, 0.46 % of the territory categorized as permanent water and 0.02 % as temporary water was recorded. Temporarily wet areas cover 1.81 % of the RS territory, and permanent wet ones 0.03 %. Compared to 2015, except for permanent water, a decrease was recorded in all other categories, especially the temporarily wet areas that cover almost twice the size of the territory (from 3.32 % to 1.83 % RS). These changes can be technical, due to changes in the resolution of two databases (transition from 20 m to 10 m) and real ones that are mostly of anthropogenic origin. The fact that these changes were caused by human activities is also indicated by their localities and purpose: the Bardača reserve near Srbac, the Saničani fishponds, Sijekovac, the fishpond near Prijedor and others. Other changes are related to smaller areas around the lower reaches of the Sava, Drina, Vrbas, Bosna and other rivers due to occasional overflows and changes in flow direction.

When it comes to biogeographical regions or dominant natural and regional units, the most wetlands were recorded in the region of Herzegovina, especially in the area of medium-high and high karst fields. During the rainy season, the geological layers cannot receive all the water, so it appears on the sur-

ручјима је сјеверни, и односи се на Посавину и Семберију. У овом случају ради се о алувијалним равнима ријека и ниској издани, па се влажна подручја појављују на равничарском терену на више мјеста. Најмање влажних подручја има централни планинско-котлински односно алпски биogeографски регион, превасходно због стрмих нагиба терена, високог коефицијента отицања и бујне вегетације. Влажна подручја се појављују само спорадично, на равном терену, унутар котлина и депресија мањих крашких поља.

face. Another region rich in wetlands is the north, and refers to the regions of Posavina and Semberija. In this case, it is the alluvial plains of rivers and low level of groundwater, so wetlands appear on the plains in several places. The central mountain-valley region i.e. Alpine biogeographical region has the least wetlands, primarily due to the steep slopes of the terrain, high coefficient of runoff and lush vegetation. Wetlands appear only sporadically, on flat terrain, within valleys and depressions of small karst fields.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Avdić, S., Cupać, R., Tais, M., Drešković, N., Trbić, G., Jakšić, B., Muharemović, A., Husika, A., Rajčević, B., Stojanović, B., Crnogorac, Č., Bajić, D., Stefanović, Đ., Vojinović, Đ., Stojisavljević, D., Arnautović Aksić, D., Hadžić E., Kupusović, E., Popović, G., ... Jagodić, Z. (2013). *Second National Communication of Bosnia and Herzegovina under UNFCCC*. UNDP. [https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/ba/BiH\\_SNCBiH\\_EN.pdf](https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/ba/BiH_SNCBiH_EN.pdf)
- Bajić, D., & Trbić, G. (2011). Application of GIS And Regression Models in Modeling Temperature Changes on the Example of Republika Srpska. *Гласник/Herald*, 14, 91–99. <https://doi.org/10.7251/HER1014091B>
- Bajić, D., & Trbić, G. (2016). *Climate Atlas of Bosnia and Herzegovina*. Faculty of Natural Sciences and Mathematics of the University of Banja Luka. [http://www.unfccc.ba/klimatski\\_atlas/klimatski\\_atlas.pdf](http://www.unfccc.ba/klimatski_atlas/klimatski_atlas.pdf)
- Cammalleri, C., Micale, F., & Vogt, J. (2015). On the value of combining different modelled soil moisture products for European drought monitoring. *Journal of Hydrology*, 525, 547–558. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.04.021>
- Cheval, S., Dumitrescu, A., & Birsan, M-V. (2017). Variability of the aridity in the South-Eastern Europe over 1961–2050, *Catena*, 151, 74–86. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.11.029>
- Copernicus Land Monitoring Service. (2020). *Water and Wetness 2018*. User Manual. <https://land.copernicus.eu/user-corner/technical-library/water-wetness-2018-user-manual.pdf>
- Drašković, B., Ponosov, A., Zhernakova, N., Gutalj, M., & Miletić, B. (2020). Land cover types and changes in land use in Republic of Srpska (Bosnia and Herzegovina) over the period 2000–2018. *Journal of the Geographical Institute "Jovan Cvijić" SASA*, 70(1), 81–88. <https://doi.org/10.2298/IJGI2001081D>
- Drašković, B., & Gutalj, M. (2021). Inland water in Bosnia and Herzegovina. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 834, 012058. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/834/1/012058>
- Drašković, B., Ponosov, A. I., & Zhernakova, N. (2021). Temporary and permanent wet zones in Bosnia and Herzegovina. In D. Kovacevic (Ed.), *Proceedings of the XII International Scientific Agricultural Symposium "Agrosym 2021"* (pp. 797–801). University of East Sarajevo, Faculty of Agriculture.
- Ducić, V., Burić, D., Trbić, G., & Cupać, R. (2014). Analysis of Precipitation and Draughts on BiH Territory Based Upon Standardized Precipitation Index (SPI). *Гласник/Herald*, 18, 53–70. <https://doi.org/10.7251/HER1814053D>
- D'amico, Q., & Corsini, N. (2019). *HRL Water and Wetness 2015*. Final Validation report. <https://land.copernicus.eu/user-corner/technical-library/hrl-water-and-wetness-2015-validation-report/view>
- European Environment Agency. (2019). *CORINE Land Cover Nomenclature Guidelines*. <https://land.copernicus.eu/user-corner/technical-library/water-wetness-2018-user-manual.pdf>

- land.copernicus.eu/user-corner/technical-library/corine-land-cover-nomenclature-guidelines/html
- Hartig, E. K., Grozev, O., & Rosenzweig, C. (1997). Climate change, agriculture and wetlands in Eastern Europe: Vulnerability, adaptation and policy. *Climatic Change*, 46, 101–121. <https://doi.org/10.1023/A:1005304816660>
- Hofste, R., Kuzma, S., Walker, S., Sutanudjaja, E. H., Bierkens, M. F. P., Kuijper, M. J. M., Sanchez, M. F., Beek, R. V., Wada, Y., Rodríguez, S. G., & Reig, P. (2019). *Aqueduct 3.0: Updated Decision-Relevant Global Water Risk Indicators*. Technical Note. <https://www.wri.org/research/aqueduct-30-updated-decision-relevant-global-water-risk-indicators>
- Јавна установа Воде Српске. (2017). План управљања обласним ријечним сливом (дистриктом) ријеке Саве Републике Српске (2017–2021). <http://www.voders.org/upravljajnje-vodama/planski-dokumenti/>
- Langanke, T. (2016). *Copernicus Land Monitoring Service—High Resolution Layer Water and Wetness*. Product specifications document. <https://land.copernicus.eu/user-corner/technical-library/hrl-water-wetness-technical-document-prod-2015>
- Leutwyler, D., Imamovic, A., & Schär, C. (2021). The Continental-Scale Moisture–Precipitation Feedback in Europe with Parameterized and Explicit Convection. *Journal of Climate*, 34(13), 5303–5320. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-20-0415.1>
- Maity, R., Ramadas, M., & Govindaraju, R. S. (2013). Identification of hydrologic drought triggers from hydroclimatic predictor variables. *Water Resource Research*, 47(7), 4476–4492. <https://doi.org/10.1002/wrcr.20346>
- Mandić, M. (2011). Settlement Network in the Terms of Sustainable Development of Bardaca. *Гласник/Herald*, 14, 71–89. <https://doi.org/10.7251/HER1014071M>
- Nistor, M. M. (2019). Climate change effect on groundwater resources in South East Europe during 21st century, *Quaternary International*, 504, 171–180. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.05.019>
- Oprašić, S., Avdić, S., Selmanagić Bajrović, A., Muharemović, A., Prašović, S., Trbić, G., Husika, A., Krajinović, B., Stojanović, B., Zorić, B., Bajić, D., Vojinović, Đ., Arnautović Aksić, D., Zahirović, E., Krečinić, E., Omerčić, E., Kupusović, E., Tica, G., Čustović, H., ... Federal Hydrometeorological Service. (2016). *Third National Communication Bosnia and Herzegovina under UNFCCC*. UNDP. <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/ba/TNC-Report-ENG.pdf>
- Otorepec, S. (1991). *Agrometeorologija*. Naučna knjiga.
- Popov, T., & Delić, D. (2019). Recent Climate Change in the Semberija Region – Impact on Agricultural Production. *Гласник/Herald*, 23, 35–58. <https://doi.org/10.7251/HER1923035P>
- Popov, T., Gnjato, S., & Trbić, G. (2019). Extreme Temperature and Precipitation Months in the East Herzegovina Region. *Гласник/Herald*, 23, 73–94. <https://doi.org/10.7251/HER1923073P>
- Proietti, C., Anav, A., Vitale, M., Fares, S., Fornasier, M. F., Screpanti, A., Salvati, L., Paoletti, E., Sicard, P., & De Marco, A. (2019). A New Wetness Index to Evaluate the Soil Water Availability Influence on Gross Primary Production of European Forests. *Climate*, 7(3), 42. <https://doi.org/10.3390/cli7030042>
- Taylor, C. M., & Ellis, R. J. (2006). Satellite detection of soil moisture impacts on convection at the mesoscale, *Geophysical Research Letters*, 33(3), L03404. <https://doi.org/10.1029/2005GL025252>
- Trbić, G., Bajić, D., Popov, T., & Oprašić, S. (2014). Drought Issues in Bosnia and Herzegovina. *Гласник/Herald*, 17, 103–120. <https://doi.org/10.7251/HER1714103T>
- Trbić, G., Popov, T., & Gnjato, S. (2017). Analysis of air temperature trends in Bosnia and Herzegovina. *Geographica Panonica*, 21(2), 68–84. <https://doi.org/10.5937/GeoPan1702068T>

## ХАРВИЈЕВО БАЛТИМОРСКО ПРЕУМЉЕЊЕ И НАЦРТ КРИТИЧКЕ ГЕОГРАФИЈЕ

Млађен Трифуновић<sup>1\*</sup>

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

**Сажетак:** Промјене теоријско-методолошких парадигми током развоја научника релативно су честа појава. Међутим, промјена коју доживљава Дејвид Харви доласком у Балтимор јесте сасвим друге природе. Аутор рада тврди да наведена промјена има све елементе преумљења (метаноје). Преумљење подразумијева и појаву критичко-рефлексивног прочишћења са изразитим етичким елементима. У раду се издвајају и анализирају три темељна аспекта Харвијевог преумљења – преумљење у вези односа теорије и методологије науке, дискурзивно-епистемолошко преумљење и преумљење у вези питања истине, односно друштвене правде. У завршном дијелу рада на основу ових елемената извршена је и интерпретација и демонстрација Харвијевог начина анализе односа просторних форми и друштвених процеса, која и чини суштину критичке географије.

**Кључне ријечи:** Дејвид Харви, Балтимор, преумљење, истина, методологија, епистемологија, филозофија простора, просторне форме, друштвена правда.

Original scientific paper

## HARVEY'S BALTIMORE CONVERSION (METANOIA) AND OUTLINE OF CRITICAL GEOGRAPHY

Mladen Trifunović<sup>1\*</sup>

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

**Abstract:** Changes in theoretical-methodological paradigms during the scientific development are a relatively common phenomenon. However, the change experienced by David Harvey upon his arrival in Baltimore is of a completely different nature. The author argues that the mentioned change has all the elements of conversion. Conversion also implies the appearance of a critical-reflexive purification with distinct ethical elements. The paper singles out and analyzes three fundamental aspects of Harvey's conversion – conversion regarding the relationship between theory and methodology of science, discursive-epistemological conversion and conversion regarding the issue of truth, that is, social justice. In the final part of the paper, based on these elements, the interpretation and demonstration of Harvey's way of analyzing the relationship between spatial forms and social processes, which constitutes the essence of critical geography, was carried out.

**Key words:** David Harvey, Baltimore, metanoia, truth, methodology, epistemology, philosophy of space, spatial forms, social justice.

\* 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

КАНТОВА СЈЕНА НАД ГЕОГРАФИЈОМ И  
ЗАБЛУДЕ ПОЗИТИВИСТИЧКОГ  
РАСВЈЕТЉАВАЊА

KANT'S SHADOW OVER GEOGRAPHY  
AND THE MISTAKES OF ITS  
POSITIVISTIC ILLUMINATION

Прелиставајући хронике које биљеже еволуцију научне мисли и прате појединчани развој научника, лако се увјерити да су теоријски прекрети и нови методолошки правци, заправо, много чешћи од онога што би се могло назвати конзистенцијом научног пута. То је потпуно у складу са принципом људског искуства, које како примјеђује Керју (Carew, 2019) позивајући се на Хегела, почива на неумитној заблуди или, можда боље речено, инхерентној недовољности и партикуларности људскога мишљења. Оно што у наведеним хроникама и хрестоматијама нећемо експлицитно прочитати јесте то да у свим тим путевима и странпутицама научника итекако постоји конзистенција и то конзистенција научног стремљења ка истини. Ово је стремљење, без обзира на заблуде и мотиве који се при том налазе, јесте основа научног духа. Могло би се, стога, тврдити да су научне (али и све друге) заблуде ту тек ради истине.

Једна од најзначајнијих и најтврдокорнијих заблуда у географској науци која је проистекла из императива истине, у чему и треба тражити разлоге њене дубоке укоријењености, јесте позитивистичка онтологија објективизма. Тражећи начине ослобађања од непоузданости чулне перцепције која суштински није могла довести до општег важења, односно формулисања законитости, модерна наука врши једно изокретање стварности, умећући математички идеализоване форме на мјесто чулних објеката (Soffer, 1990). На тај начин се оно што је производ апстракције конкретног (геометријски облици, кретање, итд.) поставља, уз одговарајућу, на бази мјерљивости формирану методологију истраживања, за основни предмет истраживања, док се преко конкретних објеката навлачи мрена „ствари по себи“.

Потенцијална епистемолошко-методолошка идеализација и геометризација у оквиру географске науке заустављена је Кантовом поставком да географија заправо не може бити наука, јер је природа географске спознаје таква

Flipping through the chronicles that record the evolution of scientific thought and follow the individual development of scientists, it is easy to see that theoretical reversals and new methodological directions are, in fact, much more common than the consistency of the scientific path. This is completely in accordance with the principle of human experience, which, as Carew (2019), with reference to Hegel, notes, rests on the inexorable fallacy or, perhaps better said, the inherent insufficiency and particularity of human thinking. What we will not explicitly read in the mentioned chronicles is that in all those paths and detours of scientists there is definitely consistency, and that is the consistency of the scientific pursuit of truth. This striving, regardless of the misconceptions and motives involved, is the basis of the scientific spirit. It could therefore be argued that scientific (as well as all other) fallacies are only there for the sake of truth.

One of the most significant and stubborn misconceptions in geographical science that arose from the imperative of truth, and in that imperative we should look for the reasons for its deep rootedness, is the positivist ontology of objectivism. Searching for ways to get rid of the unreliability of sensory perception, which essentially could not lead to general validity, that is, the formulation of scientific laws, modern science makes a twist of reality, inserting mathematically idealized forms in the place of sensory objects (Soffer, 1990). In this way, what is the product of the abstraction of the concrete (geometric shapes, movement, etc.) is placed, with an appropriate research methodology based on measurability, as the basic object of research, while the veil of “things in themselves” is drawn over concrete objects.

Potential epistemological-methodological idealization and geometrization within geographical science was stopped by Kant's position that geography cannot actually be a science because the nature of geographical knowledge is

да увијек остаје локална, односно ограничена само на опис објеката. Њена синтеза, како то назива Кант, није логичка него физичка (Schaefer, 1953; Трифунович & Гњато, 2018). Другим ријечима, позиција ексцепционализма јесте да при проучавању географских феномена, због њихове просторне јединствености, није могуће извршити валидан „пренос“ закључака са једног проучаваног мјеста на неко друго. Они, будући да имају просторно-локациони јединствени идентитет, не нуде основу за синтезу у неки универзални принцип. Кантовска географија је, према томе, осуђена на опис локалитета, она је идиографска по својој природи и за њу, дакле, важи принцип ексцепционализма.

Фасцинатна је чињеница да је сјена коју на географију баца кантовска епистемологија и онтологија простора још увијек довољно дубока и седамдесетих година двадесетог вијека, дакле готово два вијека касније, када Дејвид Харви пише *Explanation in Geography* (1969) (у даљем тексту *Explanation*). Према његовим ријечима (Harvey, 2001) основни мотив писања тог дјела јесте покушај да се нађе одговор на, за њега, тада централно питање географске науке – теоријско превазилажење ексцепционализма. За Харвија је то тада значило ослањање на, како каже, „Филозофску традицију позитивизма и покушај да се формулише теоријско-методолошка основа која би географији осигурала мјесто у квантитативној револуцији“ (Harvey, 2001, стр. 4).

Излазак из лавиринта ексцепционализма, из хетерогености мјеста, из релативно неисцрпне просторне диференцијације и обиља природних феномена, позитивистичка географија, као што је познато, нашла је у идеализацији и хомогенизацији простора по узору на физикалне науке.

Идеализацијом просторних форми обављено је, тек, пола посла. Уколико се, пак, и дозволи претпоставка да се материјални објекти могу свести на декартовску формулу која им за суштину придаје екстензију (*res etensa*), као њихову општу форму која обезбјеђује објективност њиховог проучавања, отвара се питање концепције друштва, односно човјека.

such that it always remains local, that is, limited only to the description of objects. The type of its synthesis, as Kant calls it, is not logical but physical in nature (Schaefer, 1953; Трифунович & Гњато, 2018). In other words, the position of exceptionalism is when studying geographical phenomena, due to their spatial uniqueness, it is not possible to make a valid “transfer” of conclusions from one studied place to another. They, since they have a unique spatial–locational identity, do not offer a basis for synthesis into some universal principle. Kant’s geography is, therefore, condemned to the description of localities, it is idiographic by its nature and, therefore, the principle of exceptionalism applies to it.

It is a fascinating fact that the shadow cast on geography by Kantian epistemology and ontology of space is still deep enough even in the 1970s, that is, almost two centuries later, when David Harvey writes *Explanation in Geography* (1969) (hereinafter *Explanation*). According to his words (Harvey, 2001), his main motive for writing that work was an attempt to find an answer to what was, for him, the central question of geographical science at the time – theoretical overcoming of exceptionalism. For Harvey, this meant relying on, as he says, “The philosophical tradition of positivism and an attempt to formulate a theoretical-methodological basis that would ensure geography a place in the quantitative revolution” (Harvey, 2001, pp. 4).

The exit from the labyrinth of exceptionalism, from the heterogeneity of places, from the relatively inexhaustible spatial differentiation and abundance of natural phenomena, positivist geography, as it is known, found in the idealization and homogenization of space following the example of the physical sciences.

The idealization of spatial forms is only half the work done. If, on the other hand, the assumption that material objects can be reduced to a Cartesian formula that gives them extension (*res etensa*) as their essence, as their general form that ensures the objectivity of their study, is allowed, than the question of the conception of society, i.e. man, opens up.



Наведени методолошки поступак редукције у оквиру природних наука, потребно је аналогно примијенити и у домену друштвених проучавања, односно у области друштвене праксе, људског дјеловања у свим његовим облицима и односима, те значењима која се тим дјеловањем креирају. Према Soffer (1990) природно-научна рационалност апстрахује од субјекта како вриједности, мотиве, интересе личне и друштвене праксе, тако и значења која посредујући објекти, односно предмети и друштвени односи неизбежно добијају у оквиру те праксе. Овакав расцијеп, који је по Harvey (1973) у суштини расцијеп филозофије од методологије науке доводи до тога да се чињенице посматрају одвојено од вриједности, објекти од субјеката. На тај начин методологија, која се отргнула од филозофије, поставља кључну тезу да предмети могу посједовати идентитет независно од људске перцепције и дјеловања. Успостављањем ове нове позитивистичке онтологије природе, наука се, заправо, своди на методологију која преузима улогу филозофије, а сва остала филозофска питања (смисла, вриједности, правде) бивају одбачена као ирелевантна.

#### ОД „ДУХА” ЕКСЦЕПЦИОНАЛИЗМА КА ПРЕУМЉЕЊУ И КРИТИЧКОЈ ГЕОГРАФИЈИ

Како се испоставило, географија се заиста укључила у квантитативну револуцију базирану на позитивистичкој идеализацији проучаваних објеката и њиховој онтолошки базираној методолошкој редукцији на мјерљивост. Географија је добила нови замах, а њена научност и апликативност нису довођене у питање. Судећи по томе могло би се сасвим јасно тврдити да је Харвијев пројекат у оквиру *Explanation* доживио успјех, те да је он имао све разлоге да буде задовољан оним што је урадио. И све би то било управо тако да, помало парадоксално, друштвена стварност током седамдесетих година прошлог вијека није готово сваки дан Харвију упорно показивала да је таква концепција географије недовољна. И управо у истој години када је Харви предао *Explanation*

The aforementioned methodological procedure of reduction within the natural sciences should be applied analogously in the domain of social studies, that is, in the field of social practice, human action in all its forms and relationships, and the meanings that are created by that action. According to Soffer (1990), natural-scientific rationality abstracts from the subject both the values, motives, interests of personal and social practice, as well as the meanings that mediating objects, that is, things and social relations inevitably acquire within that practice. Such a split, which according to Harvey (1973) is essentially a split of philosophy from the methodology of science, leads to the fact that facts are viewed separately from values, and objects from subjects. In this way, the methodology, which broke away from philosophy, puts forward the key thesis that objects can have an identity independent of human perception and action. By establishing this new positivist ontology of nature, science is actually reduced to a mere methodology that assumes the role of philosophy, and all other philosophical questions (meaning, values, justice, etc.) are dismissed as irrelevant.

#### FROM THE “SPIRIT” OF EXCEPTIONALISM TOWARDS CONVERSION AND CRITICAL GEOGRAPHY

As it turned out, geography really joined the quantitative revolution based on the positivist idealization of the studied objects and their ontologically based methodological reduction to measurability. Geography gained new momentum, and its scientificity and applicability were not questioned. Judging by this, it could be clearly argued that Harvey’s *Explanation* project was a success, and that he had every reason to be satisfied with what he had done. And all of this would be exactly so if, somewhat paradoxically, the social reality during the 1970s did not persistently show Harvey almost every day that such a conception of geography is insufficient. And in the very same year that Harvey submitted the *Explanation* to the publisher for printing, tectonic changes occurred

издавачу на штампање, догађају се тектонске промјене које су показале да *Explanation* онако како их је он замислио, у ствари могу мало тога да објасне (Harvey, 2001). Пресељење у Балтимор (на универзитет Џонс Хопкинс) 1969. године, дакле само годину дана послје кулминације насилних немира који су трајали током шездесетих година прошлог вијека, био је кључни мотив, односно позив стварности на који Харви није остао имун. Тај је позив био и позив професионалне савјести, јер се показало да је један од главних узрока наведених немира био, заправо, деградирајући социјално-просторни оквир живота и рада претежно афроамериканца (ANON, 1967). А управо је оптимални просторни развој прокламован као главни циљ просторних наука, посебно у оквиру регионалног приступа и просторног планирања градова. Умјесто борбе против „сабласти“ ексцепционализма, те настојања да се теоријски заснује квантитативна парадигма у географији, Балтимор се Харвију показује као једна врста живе и стварне географске лабораторије пред којом категорије квантитативне географије нису ништа друго до празне „бескрвне“ апстракције.

Немогућност квантитативног приступа, узетог самог за себе, да објасни разлоге балтиморског „синдрома“ и укаже на могућа рјешења навело је Харвија на нужност промјене географске парадигме. Међутим, у његовом случају та промјена, аутор се усуђује тврдити, није била само пука промјена у „научном“ приступу. Харви у Балтимору, заправо, доживљава неку врсту научне, дакле методолошке, филозофске али и личне и професионалне трансформације. Ту врсту промјене, аутор се усуђује тврдити и аргументовати, најбоље описује патристички термин *метаноја* (μετανοια), односно *преумљење* (у даљем тексту, у духу српског језика, аутор ће користити израз преумљење). Овај се феномен дефинише на различите начине, али већина дефиниција указује да се код преумљења ради о промјени која је резултат неке врсте рефлексивног прочишћења, а које у себи обухвата негативно-рефлексивни и позитивно-рефлексивни моменат (Berkhof, 1939; Lampe, 1961; Sremac, 2008). Први рефлексивни

that showed that the *Explanation*, as he conceived it, could in fact explain little (Harvey, 2001). Moving to Baltimore (to Johns Hopkins University) in 1969, just one year after the culmination of the brutal and violent riots that lasted throughout the 1960s, was a key event, that is, a call from reality that Harvey could not remain immune to. That call was also a call to one's own professional conscience, because it turned out that one of the main causes of the aforementioned unrest was, in fact, the degrading social-spatial living and working conditions of predominantly African Americans (ANON, 1967). And precisely the optimal spatial development has been proclaimed as the main goal of spatial sciences, especially within the regional approach and spatial planning of cities. Instead of the cabinet's fight against the "specter" of exceptionalism, and the effort to theoretically base a quantitative paradigm in geography, Baltimore appears to Harvey as a kind of living and real geographical laboratory in front of which the categories of quantitative geography are nothing but empty "bloodless" abstractions.

The impossibility of a quantitative approach, taken by itself, to explain the causes of the Baltimore "syndrome" and indicate possible solutions, led Harvey to the necessity of changing the geographical paradigm. However, in his case, that change, author dare to claim, was not just a mere change in the "scientific" approach. In Baltimore, Harvey, in fact, experienced a kind of scientific, therefore methodological, philosophical, but also personal and professional transformation. That kind of change, author dare to claim and argue, is best described by the patristic term *metanoia* (μετανοια). In the following text, author will use the term conversion. In its cognitive and spiritual-experiential meaning. This phenomenon is defined in different ways, but most definitions indicate that in the case of conversion, it is a change that is the result of some kind of reflexive purification, which includes a negative-reflexive and a positive-reflexive moment (Berkhof, 1939; Lampe, 1961; Sremac, 2008). The first reflective moment is negation, i.e. self-critical assessment

моменат јесте негација, односно самокритичка оцјена претходног исуства и праксе као недо-вољне и недорасле, а други, позитивни, означава квалитативну промјену, прелазак на један виши ниво мишљења, осјећања и дјеловања који је базиран на чврстом увјерењу и вољи да се ствари поправе. Тако се преумљење, између осталог, може схватити и као прекид са претходним модусом схватања стварности као такве, њеног доживљавања и дјеловања у њој. Како напомиње Sremac (2008, стр. 287) преумљење се манифестује као „dugoročna i sveobuhvatna промена појединца на bolje... Оно није побожна идеја, već се dokazuje као realni duhovni preporod u stvarности ljudskog života“. Преумљење, према томе, не треба схватити само као одређену врсту интелектуалног преокрета који води ка неком индивидуалитичком и контемплативном начину живота. Суштина преумљења налази се, заправо, у изласку из апстрактног разумијевања или, боље речено, из увријезаних предрасуда и категорија које стоје између нас и свијета, те у преласку у конкретну „живу“ стварност нашег духовног и социјалног бића на коју не можемо остати имуни и коју настојимо поправљати. Због тога Berkhof (1939) наглашава да преумљење, осим интелектуалног елемента, садржи и емотивни, али и вољни. Без вољног елемента догађај преумљења би остао само једна епизода, а не животни процес. Посматрано из хоризонта научне егзистенције, ово би значило да је научно дјеловање преваходно усмјерено на друго људско биће или друштво у цјелини, те да је укупни научни поступак, од методологије истраживања до конкретних закључака, заправо треба бити усмјерен на откривању механизма и процеса помоћу којих одређене друштвене групе настоје да задрже и увећавају своје позиције моћи на рачун већине. Преумљењем идеја истине зато нужно обухвата и идеју правде, о чему ће више бити ријечи у трећем дијелу рада.

Да се, у Харвијевом случају, заправо, не ради тек о промјени методолошког полазишта јасно указују његова свједочења о том периоду која се налазе у различитим публикацијама писаним у распону од више од пола вијека. Најупечатљивије свједочење о доживљеном

of the previous experience and practice as insufficient and immature, and the second, positive, signifies a qualitative change, a transition to a higher level of thinking, feeling and action, which is based on firm conviction and the will to improve things. Thus, conversion, among other things, can be understood as a break with the previous mode of understanding, experiencing, therefore living reality as such. As Sremac (2008, pp. 287) notes, conversion manifests itself as “a long-term and comprehensive change of an individual for the better... It is not a pious idea, but proves itself as a real spiritual rebirth in the reality of human life”. Conversion, therefore, should not be understood only as a certain kind of intellectual turn that leads to some individualistic and contemplative way of life. The essence of conversion is, in fact, in getting out of the abstract understanding or, rather, from the established prejudices and categories that stand between us and the world, and in the transition to the concrete “living” reality of our spiritual and social being, which we cannot remain immune and which we strive to improve. That’s why Berkhof (1939) emphasizes that, apart from the intellectual element, conversion also contains an emotional as well as a voluntary one. Without the voluntary element of the event, conversion would have remained only an episode, not a life long process. Observed from the horizon of scientific existence, this would mean that scientific activity is primarily aimed at another human being and society as a whole, and that the entire scientific procedure, from research methodology to concrete conclusions, should actually be aimed at discovering mechanisms and processes using which certain social groups strive to maintain and increase their positions of power at the expense of the majority. Through conversion, the idea of truth therefore necessarily includes the idea of justice, which will be discussed more in the third part of the paper.

That, in Harvey’s case, it is not just a matter of changing the methodological starting point is clearly indicated by his testimonies about that period, which are found in various publications written over a span of more than half a century. The most impressive detail about the

и живљеном преумљењу (ако се изузме његов укупни научни ангажман) налази се у ауто-биографском осврту на властиту академску каријеру (Harvey, 2022) гдје, између осталог, описује како је тада лично учествовао, заправо спавао пред вратима сједишта Црних пантера у Балтимору којима је пријетила ликвидација од стране полиције. Такође, веома су рјечити пасажии из Харвијеве књиге *Social Justice and the City* (1973) која представља једну врсту свједочења о властитом преумљењу које је дато у форми научно-методолошке исповијести, наравно исповијести која се не задовољава само да призна заблуде, него их тачно лоцира, даје њихове разлоге и нуди корективе, односно нове увиде. Овдје ће бити издвојене само неке од њих који су, аутор сматра, довољни да потврде тезу о Харвијевом преумљењу и укажу на важност преумљења у научном дјеловању. Како је виђено у претходном сегменту, преумљење по дефиницији означава преокретање које има негативно-рефлексивни моменат који је могућ само као евалуација претходног из хоризонта новодостигнутог вишег степена спознаје. Код Харвија је та критичка свијест, како према монопољу квантитативне парадигме, тако и према својој улози у њој веома присутна и јасна. У једном од интервјуа, описујући период рада на књизи *Explanation*, изјављује да је „...био сам толико заокупљен радом на књизи да уопште нисам примјећивао колико се заправо свијет око мене рушио... Схватио сам да напосто морам поново размислити о многим стварима које сам узимао здраво за готово током шездесетих година“ (Harvey, 2001, стр. 5). Из цитата је очигледно да је „предбалтиморски“ Харви сматрао да научно истраживање треба да иде од апстрактног (претходно разрађене квантитативне методологије, теорије науке и онтологије која је тежила ка универзалној „објективности“, без обзира о којем се процесу, историјском периоду и друштвеној стварности ради) ка конкретном, односно стварном при чему би се стварност покоравала и „укалупљивала“ универзалним категоријама. Очигледно је да овакав вид истраживања обезличава стварност, више скривајући процесе, него што их разот-

experienced and lived conversion (if his entire overall scientific engagement is excluded) is found in the autobiographical review of his own academic career (Harvey, 2022) where, among other things, he describes how he personally participated in the Baltimore events at the time, actually sleeping in front of the door of the Black Panthers headquarters in Baltimore, who were threatened with liquidation by the police at that time. Also, passages from Harvey’s book *Social Justice and the City* (1973), which represents a kind of testimony about one’s own conversion given in the form of a scientific-methodological confession, of course a confession that is not content only to admit errors, but precisely locates them, gives their reasons and offers correctives, i.e. new insights. Here it will be singled out only some of them, which, the author believes, are sufficient to confirm thesis about Harvey’s conversion and indicate the importance of conversion to scientific activity. As seen in the previous segment, conversion by definition means a reversal that has a negative-reflexive moment that is possible only as an evaluation of the previous one from the horizon of a newly reached higher level of cognition. In Harvey’s case, this critical awareness, both towards the monopoly of the quantitative paradigm, and towards his role in it, is very present and more than clear. In one of the interviews, describing the period of work on the book *Explanation*, he declares that “... I was so engrossed in the work on the book that I did not even notice how much the world around me was collapsing... I realized that I simply had to rethink many things that I had taken for granted during the sixties” (Harvey, 2001, pp. 5). It is obvious from the quote that the “pre-Baltimore” Harvey believed that scientific research should proceed from the abstract (previously elaborated quantitative methodology, theory of science and ontology that tended towards universal “objectivity”, regardless of the process, historical period and social reality works) towards the concrete, whereby reality would obey and be “molded” by universal categories. It is obvious that this type of research actually depersonalizes reality

крива. Једино критичка самосвијест научника, односно рефлексивни одмак може, сматра Harvey (1973, стр. 149) „довести до адаптације теоријско-методолошких убјеђења, њихове промјене и прилагођавања процесима који се истражују, да би се могло директно сусрети са стварним проблемима“. Саморефлексивна и рефлексивна пракса нису чест случај у научним истраживањима првенствено због инерције до које доводи уходаност и функционалност разрађеног методолошког поступка који се при том и изучава као један од темељних аспеката образовања. Она постаје саморазумљива навика, коју није нимало једноставно довести у питање. Преумљење у науци захтијева баш то да се та саморазумљивост преиспита, а то значи да се преиспита и наша позиција у истраживачком процесу који се, углавном, састоји у томе да механички спроводимо утврђену истраживачку процедуру. Учинити такву промјену значи ићи против одређене научне традиције у којој се методологија успоставља, против самих себе који практикујемо ту методологију и против академске заједнице чија се постигнућа базирају на тој методологији. За Harvey (1973, стр. 146) је први корак на том путу „излазак из наше зоне сигурности који доводи до тога да наш претходни научни ангажман изгледа пресимплификовано и недорасло, чему се највише противи наш интелектуални понос.“

Кључни спознајни (интелектуални) елемент преумљења састојао се у снажном инсистирању на разлици између филозофије и методологије науке. За Харвија је улога коју методологија треба да има, заправо, њена изворна улога у научном истраживању, а то је да осигура кључне истраживачке поступке. Она треба да адекватно служи ономе што он назива филозофском перспективном смисла дјеловања која укључује друштвену одговорност и потрагу за смислом и друштвеном истином. Главна идеја, дакле, јесте настојање да се удруже етички аспекти друштвене правде и географска методологија (Harvey, 2022).

Савлађивање интелектуалног поноса, научничког нарцизма и ризик остављања сигурне истраживачке позиције, те улазак у нову

by hiding processes rather than exposing them. According to Harvey (1973, pp. 149), only the critical self-awareness of the scientist, i.e. the reflective attitude, “can lead to the change of theoretical-methodological convictions, their modification to the processes being researched, in order to be able to face real problems directly”. Self-reflection and reflective practice are not a common case in scientific research, primarily due to the inertia that leads to the routine and functionality of an elaborate methodological procedure, which is also studied as one of the fundamental aspects of education. It becomes a self-evident habit, which is not at all easy to question. Conversion in science requires precisely that this self-understanding needs to be reexamined, and this means that our position in the research process, which mainly consists of mechanically carrying out the established research procedure, must also be reexamined. To make such a change means to go against a certain scientific tradition in which the methodology is established, against ourselves who practice that methodology and against the academic community whose achievements are based on that methodology. For Harvey (1973, pp. 146), the first step on that path is to “get out of our safety zone, which makes our previous scientific engagement seem oversimplified and immature, which is most opposed by our intellectual pride”.

The key cognitive (intellectual) element of conversion consisted in a strong insistence on the difference between philosophy and the methodology of science. For Harvey, the role that methodology should play is, in fact, its original role in scientific research, which is to provide key research procedures. It should adequately serve what he calls a philosophical perspective on the meaning of action, which includes social responsibility and the search for meaning and social truth. The main idea, therefore, is an effort to combine ethical aspects of social justice with geographical methodology (Harvey, 2022).

Overcoming intellectual pride, scientific narcissism and the risk of leaving a secure re-

област, као иницијални елементи наведеног преумљења, захтијевају и велики ангажман који је немогућ без вољног момента који се базира на увјерењу у смисао тог новог пута. Мотивациони аспект било које промјене мора бити присутан, а Харвијево балтиморско преумљење треба бити посматрано управо из визуре промјене мотивације његових истраживања. У периоду прије доласка у Балтимор фокус Харвијевог научног ангажмана био је на објашњењу стварности као главном задатку научног дјеловања, што је видљиво и из наслова његове кључне књиге из тог периода (*Explanation*). Међутим, објашњење стварности сада за Харвија постаје само дио пута, односно једна етапа која је у функцији главног циља. Да би илустровао ту промјену Harvey (1973, стр. 148) се позива на једну другу, али сличну веома инструктивну епизоду из историје географске науке подсјећајући да су фундаменталне и прилично револуционарне формулације Аугуста Леша у области локационих теорија произашле из „његовог осјећаја стварне дужности... не да објасни нашу отужну стварност, него да је поправи“.

#### ВРСТЕ ПРЕУМЉЕЊА И НАЦРТ НОВЕ ГЕОГРАФИЈЕ

У овом сегменту рада биће извршена систематизација елемената Харвијевог научно-истраживачког преумљења, и урађена краћа анализа њиховог конкретног значења за теорију и праксу географије. Потребно је напоменути да су ови елементи издвојени у сврху једноставнијег приказа Харвијевог учења, док се, у суштини, они налазе систематски повезани и не могу стајати сами за себе, него тек у међусобној повратној спрези.

– Преумљење у вези односа методологија – филозофија.

Изолованост, недодирљивост и самодовољност квантитативно засноване методологије је потребно вратити, како је речено, у оквир филозофије, односно филозофског става. Harvey (2022) филозофска перспектива подразумева методологију као дио ширег комплекса

search position, as well as entering a new field, as the initial elements of the aforementioned conversion, also require a great commitment that is impossible without a voluntary moment based on the belief in the meaning of that new path. The motivational aspect of any change must be present, and Harvey's change of mind in Baltimore should be viewed precisely from the perspective of a change in the motivation of his research. In the pre-Baltimore period of Harvey's scientific involvement, the focus was on the explanation of reality as the main task of scientific activity, which is evident from the title of his key book from that period (*Explanation*). However, the explanation of reality now becomes for Harvey only a part of the road, that is, a stage that serves the main goal. To illustrate this change, Harvey (1973, pp. 148) refers to another, but similar, very instructive episode in the history of geographical science, reminding that August Lesch's fundamental and quite revolutionary formulations in the field of locational theory arose out of "his sense of the real duties ... not to explain our sad reality, but to fix it".

#### TYPES OF CONVERSION AND DRAFT OF THE NEW GEOGRAPHY

In this part of the paper, the elements of Harvey's conversion will be systematized, and the brief analysis of their concrete meaning for geographic theory and practice will be made. It should be noted that these elements were singled out for the purpose of a simpler presentation of Harvey's teachings, while in essence, they are systematically connected and cannot stand on their own, but only in mutual feedback.

– Conversion regarding the relationship between methodology – philosophy

As seen, the isolation, untouchability and self-sufficiency of the quantitatively based methodology must be returned to the framework of philosophy, that is, a philosophical attitude. Harvey (2022) philosophical perspective implies methodology as part of a broader complex of the idea of research, which also

идеје истраживања, а која укључује и питања вриједности, смисла и одговорности научног истраживања. Habermas (1972) рјечником речено, људски интерес не подразумејева само инструментализацију научног истраживања. Он, такође, треба да садржи херменеутички, али првенствено и еманципацијски елемент. До развоја научне мисли долази, не по инерцији, него спајањем концепата идеја, категорија и релација. Како је могуће знати да је такав нови научни систем напреднији од претходног? Критеријум је наравно стварност. Према Harvey (1973) поуздан критериј је очигледна недораслост претходног, односно супериорност новонасталог модела при сусрету са стварним проблемима.

– Епистемолошко-дискурзивно преумљење  
Овај сегмент је кључан за разумијевање Харвијеве нове критичке географије. Категоријални апарат треба посматрати из перспективе историчности и друштвене условљености његовог настанка и промјене.

Значења теоријских концепција и научних категорија не могу бити посматрана као априорна, универзална и саморазумљива, дакле одвојена од друштвених услова. Знање се мијења сходно унутрашњим принципима који владају у структурама поједних наука, али те промјене не могу бити посматране независно од процеса и односа унутар друштва у цјелини чији је наука неодвојиви дио. За Harvey (2001) те промјене су заправо рефлексије друштвених кретања, интереса и мотива. Оне се дакле производе и „пуне“ значењима сходно владајућој друштвено-економској пракси. У склопу овога, за географску науку је веома битно схватити врсте и начине промјене у области онтологије простора.

Дакле, главно питање (Harvey, 1973) није у томе да ли неки појам означава „истину“ или „лаж“ (у смислу нпр. силогистичког апарата, дакле посматрано апстрактно од цјелине неког процеса или структуре), него је кључно питање на који начин они бивају произведени (који друштвени услови их производе) и који ефекат они производе у пракси (чему они практично служе).

includes issues of value, meaning and responsibility of scientific research. In Habermas (1972) vocabulary, human interest does not imply only the instrumentalization of scientific research. It should also contain a hermeneutic, but primarily an emancipatory element. The development of scientific thought occurs, not by inertia, but by combining the concepts of ideas, categories and relations. How is it possible to know that such a new scientific system is more advanced than the previous one? The criterion is of course reality. According to Harvey (1973), a reliable criterion is the obvious inadequacy of the previous one, that is, the superiority of the newly created model when dealing with real problems.

– Epistemological-discursive conversion  
This segment is crucial to understanding Harvey's new critical geography. The categorical apparatus should be viewed from the perspective of historicity and social conditioning of its origin and change.

The meanings of theoretical concepts and scientific categories cannot be viewed as a priori, universal and self-evident, thus separated from social conditions. Knowledge changes according to the internal principles that govern the structures of individual sciences, but these changes cannot be observed independently of the processes and relationships within society as a whole, of which science is an inseparable part. According to Harvey (2001), these changes are actually reflections of social movements, interests and motives. They are therefore produced and “filled” with meanings according to the prevailing socio-economic practice. For geographic science, within this segment of its transformation, it is very important to understand the types and ways of changing the meaning of categories in the field of ontology of space.

Therefore, (Harvey, 1973), the main question is not whether a term denotes “truth” or “false” (in the sense of, for example, a syllogistic apparatus, therefore viewed abstractly from the whole of a process or structure), but it is crucial the question of how they are produced (what social conditions produce them) and what effect they produce in practice (what they practically serve).

Харви, на основу управо те релације између друштвеног кретања и научне појмовне апаратуре и врши подјелу теорија на оне које су критичке и које доводе до промјене (револуционарне), оне чија је активност усмјерена на одржавање *statusa quo* и оне контрареволуционарне, које имају за циљ да се у оквиру друштвене науке и стварности унесе стање конфузије, дезоријентације и опште релативности.

– Преумљење у вези концепције истинитости

Харвијева концепција истине одређеног модела објашњавања стварности није базирана на питању да ли тај модел одсликава стварност. Она не подразумијева, односно не подразумијева само концепцију *adaequatio rei et intellectus*, него је првенствено базирана на идеји друштвене правде. Истина позитивистичке теорије јесте тек почетна фаза једне заиста релевантне географске теорије и праксе. Резултати до којих се долази на основу позитивистичког поступка (Harvey, 1973) представљају почетну идентификацију проблема. Тамо гдје се емпиријски позитивизам завршава, ту географија као средство у функцији друштвене правде и промјене заправо почиње. Њена истина је другачије природе од истине позитивизма. Док употреба нпр. фон Тиненове теорије показује начин формирања урбаног гета, Harvey (1973, стр. 138) сматра да циљ географије (науке) треба бити „да се уклоне узроци формирања гета и све негативне посљедице, које проистичу из гетоизације маргинализованих друштвених група“. Новом концепцијом истине у географији, претходна, дакле позитивистичка истина, бива инкорпорирана као дио дијалектичког кретања ка истини базираној на концепцији друштвене правде.

Да би се практично показало шта, у ствари, значи ово Харвијево преумљење у географији биће урађена краћа анализа једног његовог става у вези односа између друштвених процеса и њихових просторних форми који, аутор сматра, представља срж и главни изазов који се поставља пред географску науку уопште.

Просторне форме је погрешно посматрати као мртве објекте унутар којих се одвијају друштвени процеси. Њих треба анализирати на начин да те форме “садрже” друштвене процесе

Harvey, based on this very relationship between the social movement and the scientific conceptual apparatus, divides theories into those that are critical and lead to change (revolutionary), those whose activity is aimed at maintaining the *status quo*, and those that are counter-revolutionary, which aim to a state of confusion, disorientation and general relativity is introduced into social sciences and reality.

– Conversion regarding the conception of truth

Harvey’s conception of the truth of a certain model of explaining reality is not based on the question of whether that model reflects reality. It does not imply only the concept of *adaequatio rei et intellectus*, but is primarily based on the idea of social justice. The truth of the positivist theory is only the initial phase of a truly relevant geographical theory and practice. According to, the results arrived at on the basis of the positivist procedure (Harvey, 1973) represent the initial identification of the problem. Where empirical positivism ends, geography, as a tool in the function of social justice and change, actually begins. Its truth is of a different nature than the truth of positivism. While the use of e.g. von Thünen’s theory shows the way of urban ghetto formation, Harvey (1973, pp. 138) believes that the goal of geography (science) should be “to remove the causes of ghetto formation and all negative consequences resulting from the ghettoization of marginalized social groups”. With the new conception of truth in geography, the previous, therefore positivist truth, is incorporated as part of the dialectical movement towards truth based on the conception of social justice.

In order to demonstrate what, in fact, this Harvey’s conversion means practically in geographical research, a short analysis of one of his statements regarding the relationship between social processes and their spatial forms will be done, which, it is argued, represents the core and the main challenge that is posed to geographical science in general.

Spatial forms are there seen not as inanimate objects within which the Introduction social process unfolds, but as things which “contain” social



на исти начин на који су друштвени процеси, у ствари, просторни. Проблем најбољег начина усклађивања међусобног прожимања и дјеловања друштвених процеса и просторних форми које се појављују усљед људске праксе јесте заправо „проблем саме људске праксе, а не проблем некакве стварности по себи“ (Harvey, 1973, стр. 11).

Интерпретацију наведеног текста потребно је започети анализом значења најдубљих, односно темељних категорија које, у ствари, усмјеравају или детерминишу смисао цијелог пасажа. Кључну категорију могуће је препознати по томе што она носи темељну онтолошку важност, без које није могуће замислити постојање било какве релације. У овом (као и у свим осталим случајевима) та је категорија просторност. Први корак јесте, дакле, покушај да се разоткрију њена различита значења. На тај начин ће, сматра Харви, многи проблеми који се појављују у разматрању односа просторних форми и друштвених процеса нестати (Harvey, 1973). Такође, овакав приступ подразумијева и укључивање осталих елемената наведеног преумљења, попут епистемолошко-дискурзивног, али и методолошког и верификационог. Онтолошка анализа концепције просторности наравно да подразумијева и категоријалну, а резултати те анализе неизбјежно упућују и на одабир адекватне методологије и, како ће се видјети, критеријума верификације.

Овдје није мјесто да се дају различите концепције просторности присутне кроз историју њиховог филозофског разматрања, али ће, у пар реченица, бити показано како различита тумачења усмјеравају комплетно истраживање у дијаметрално различитим правцима. То ће бити учињено преко анализе појма садржавања (односно бивања/у) које је и иначе, а и у самом цитату, означено као кључна функција просторности. У оквиру физикалне концепције апсолутне просторности (која кореспондира са нашим свакодневним поимањем појма простор) садржавање се разумијева аналогно начину на који некаква посуда садржи предмет – попут нпр. јабука у посуди. Темељна карактеристика ове онтологије јесте да је простор, заправо, празан

processes in the same manner that social processes are spatial processes in the same manner that social processes are spatial. How best to portray the interpenetration between social process and spatial form that arises out of human practice is “itself a problem for human practice to overcome rather than a problem which attaches to the properties of reality itself” (Harvey, 1973, pp. 11).

The interpretation of the mentioned text must be started by analyzing the meaning of the deepest, which is, fundamental categories that, in fact, direct or determine the meaning of the entire passage. The key category can be recognized by the fact that it carries fundamental ontological importance, without which it is impossible to imagine the existence of any relationship. In this (as in all other cases) that category is spatiality. The first step is, therefore, to try to unravel its various meanings. In this way, according to Harvey, many problems that appear in considering the relationship between spatial forms and social processes will disappear (Harvey, 1973). Also, this approach implies the inclusion of other elements of the aforementioned conversion, such as epistemological-discursive, but also methodological and verification. The ontological analysis of the conception of spatiality naturally also implies a categorical one, and the results of that analysis inevitably point to the selection of an adequate methodology and, as it will seen, verification criteria.

This is not the place to give different conceptions of spatiality present throughout the history of philosophy, but it will be shown in a few sentences how different interpretations direct the complete research in diametrically different directions. This will be done through the analysis of the concept of containing (that is, being/in), which is otherwise, and in the quote itself, marked as a key function of spatiality. Within the physical conception of absolute spatiality (which corresponds to our everyday understanding of the concept of space), content is understood analogously to the way a container holds an object – like, for example, an apple in a crate. The fundamental

односно хомоген и апсолутан. Другим ријечима, он се посматра као одријешен од релација са оним шта се у њему налази. Просторна анализа у оквиру ове концепције углавном подразумијева лоцирање одређеног географског „објекта” или процеса, различита мјерења у оквиру еуклидовске геометрије везана за форме објекта (димензије, удаљености, површине...). Према Harvey (1973) еуклидовска геометрија јесте веома битна и релевантна приликом репрезентације размјештаја објеката у физикалном простору. Она је „природна геометрија саобразна начинима на који функционишу инжињерство и грађевина” (Harvey, 1973, стр. 29). Међутим, важно је напоменути да се при томе ни форма објекта, а нити његова локација не стављају у функционалну зависност са другим елементима окружења (Трифуновић, 2020). Оваква онтологија простора приликом интерпретације друштвених процеса, у ствари, скрива социјалну природу просторности. Она је наизглед неутрална, тј. „мртва“ позадина друштвених кретања, прикривајући његову друштвену произведеност и утицаје које „садржавање“ у одређеном простору има на друштвене процесе.

Насупрот физикалној парадигми, у којој је простор нека врста транспарентног медија представљања објеката, појам садржавања може бити схваћен и тако да се простор интерпретира у каузално-системској вези са оним што садржава. Антички извори просторне мисли, на које се потребно враћати, упућују и на друго тумачење односа просторних форми и друштвених процеса чувајући битну разлику између физикално-локационог аспекта просторности ( $\tau\acute{o}\upsilon\varsigma$ ) и онтолошко-релационог ( $\tau\acute{o}\pi\omicron\varsigma$ ) (Трифуновић, 2020). Ово друго значење односа садржаваоца и садржаног (топос) изражено је преко Аристотеловог термина  $\pi\epsilon\rho\iota\epsilon\chi\epsilon\iota\nu$  (Trifunović, 2020), што би у преводу означавало својство садржаваоца да својим дјеловањем омогућава садржаном његову функционалну активност, односно омогућава његово постојање, одвијање и манифестацију. Садржавање на начин топоса, дакле није ограничено само на некакво просто физикално садржавање, него је мишљено онтолошки. Оно се односи на све оно што постојање садржава-

characteristic of this ontology is that space is, in fact, empty, homogeneous and absolute. In other words, space is seen as freed from relations with what is in it. Spatial analysis within this concept mainly involves locating a specific geographical “object” or process, various measurements within Euclidean geometry related to object forms (dimensions, distances, surfaces...). According to Harvey (1973) Euclidean geometry is very important and relevant when representing the arrangement of objects in physical space. It is a “natural geometry consistent with the ways in which engineering and construction work” (Harvey, 1973, pp. 29). However, it is important to note that neither the form of the object nor its location are placed in functional dependence with other elements of the environment (Трифуновић, 2020). Such an ontology of space when interpreting social processes, in fact, hides the social nature of spatiality. It is apparently neutral, i.e. a “dead” background of social movements, concealing its social production and the effects that its “containment” in a certain space has on social processes.

Contrary to the physical paradigm, in which space is a kind of transparent medium for the representation of objects, the concept of containing can also be understood so that space is interpreted in a causal-systemic connection with what it contains. Ancient sources of spatial thought, which need to be returned to, point to another interpretation of the relationship between spatial forms and social processes, preserving the essential difference between the physical-locational aspect of spatiality ( $\tau\acute{o}\upsilon\varsigma$ ) and the ontological-relational ( $\tau\acute{o}\pi\omicron\varsigma$ ) (Трифуновић, 2020). This second meaning of the relationship between the container and the contained (topos) is expressed through Aristotle’s term  $\pi\epsilon\rho\iota\epsilon\chi\epsilon\iota\nu$  (Trifunović, 2020), which in translation would mean the characteristic of the container that through its action enables the contained its functional activity, i.e. enables its existence, unfolding and manifestation. Topological

ног захтијева или доноси са собом (Трифуновић, 2020). Према томе, да би се одговорило на питање одређене просторне форме неког друштвеног процеса, нужно је разматрати тај друштвени процес у цјелини. Свака дјелатност која је просторна има неколико аспеката. Она, између осталог, укључује у себе захтјев да се изврши одређена конструкција тзв. материјалних објеката, планира и направи њихов просторни распоред, те за то служи наведена физикална концепција просторности. Међутим, шта је са различитим друштвеним односима, значењима, смислом? Која врста просторности њих садржава? Како се она показује? Харвијев одговор на ова питања води преко анализе урбаних цјелина, односно архитектурних елемената, при чему се разликује физикално-материјални аспект од симболичког или значењског аспекта просторности (Harvey, 1973).

Сваки архитектонски или просторно-урбанистички захват носи са собом и одређени концепт, одређену идеју, односно поруку која долази са визуелним идентитетом објекта, начином конфигурације, распоредом, бојама, материјалима. Другим ријечима, просторност схваћена на начин топоса, поред осталог, садржава и симболичке, односно значењске елементе на којима, заправо, почива култура.

Разумјети просторну форму, дати њену евалуацију, за Харвија, значи разумјети креативна значења која су јој инхерентна, а посебно њену карактеристику медијалности, односно способност да преноси различита симболичка значења којима је могуће манипулисати. Због тога друштвена просторност „садржава“ на сасвим другачији начин. Она је „комплексна, хетерогена можда чак и диконтинуална и за сигурно другачија од физикалног простора у којем планери и инжињери уобичајено дјелују“ (Harvey, 1973, стр. 34).

Овакав приступ, наравно, подразумијева и једну другу врсту методолошко-истраживачког апарата, него што је то случај кад се ради о истраживању у оквиру садржавања из визуелне физикалне концепције просторности.

Географија, дакле, мора постати нека врста интерпретационе теорије, односно хермене-

containing, therefore, is not limited only by the physical aspect, but is meant essentially. It refers to everything that the existence of the contained requires or brings with it (Трифуновић, 2020). Therefore, in order to answer the question of a specific spatial form of a social process, it is necessary to consider that social process as a whole. Every activity that is spatial has several aspects, i.e. includes the requirement to carry out a specific construction of so-called material objects, plan and make their spatial layout, etc. and that is what the mentioned physical conception of spatiality serves us. However, what about different social relations and meanings? What kind of spatiality does it contain? How does it show? Harvey's answer to these questions leads through the analysis of urban units, that is, architectural elements, whereby the physical-material aspect differs from the symbolic meaning aspect of spatiality (Harvey, 1973).

Every architectural or spatial-urban intervention carries with it a certain concept, a certain idea, that is, a message that comes with the visual identity of the object, the type of configuration, layout, colors, materials. In other words, spatiality, understood in the manner of a topos, also contains symbolic, that is, the meaningful elements on which, in fact, culture rests.

To understand the spatial form, to give its evaluation, for Harvey, means to understand the creative meanings that are inherent in it, and especially its characteristic of medi-ality, that is, the ability to convey different symbolic meanings that can be manipulated. Therefore, social spatiality “contains” in a completely different way. It is “complex, heterogeneous, perhaps even discontinuous, and certainly different from the physical space in which planners and engineers usually operate” (Harvey, 1973, pp. 34).

This approach, of course, implies a different type of methodological-research apparatus than research with the view of the physical conception of spatiality.

Therefore, geography must become a kind of interpretative theory, that is, hermeneutics

утике простора. Она треба истраживати симболичку страну просторних форми, налазити обрасце реаговања појединих друштвених група на одређена значења које просторне форме инхерентно посједују. Под утицајем Харвија дошло је до развоја методологије истраживања утицаја просторног симболизма на људски живот и рад (Castree, 2007).

Међутим, уколико се изврши повратак на концепцију садржавања чији је онтолошки карактер означен термином топос и уколико се направи синтеза са Харвијевим тумачењима друштвене просторности, онда се легитимно може закључити да друштвена активност (хетерогена природа фактора и улога појединих друштвених група) може различито утицати на карактеристике тог садржавања. То отвара питање критеријума верификације појединих врста просторног садржавања, те начина на који се може управљати процесима који одређују карактер садржавања. Преумљење у вези питања истинитости Харвију омогућава да утврди тај критеријум преко појма друштвене правде (Harvey, 1973), а посредно да дође и до критеријума квалитативног разликовања теорија које се баве односом просторних форми и друштвених процеса на оне које су револуционарне, које одржавају *status quo* и на контрареволуционарне теорије.

#### ЗАКЉУЧАК

Балтиморско преумљење Дејвида Харвија и његов значај у науци могуће је сагледати и према величини „еха“ који се створио као реакција на његове радове (и обимом научне продукције која је потом настала), посебно на књигу *Social Justice and the City* (1973). Харви је овом књигом географију увео у ред кључних друштвених наука без које тзв. просторни окрет (енгл. spatial turn) осамдесетих година прошлог вијека, као још увијек доминантна парадигма друштвених и хуманистичких наука, не би био могућ. Посебно је битна критичка димензија тог преокрета помоћу којег се, иза вела наводне вриједносне неутралности квантитивно-позитивистичког приступа, показала и тамна страна

of space. It should explore the symbolic side of spatial forms, find patterns of reaction of certain social groups to specific meanings that spatial forms inherently possess. Under the influence of Harvey, there was a development of the research methodology of the influence of spatial symbolism on human life and work (Castree, 2007).

If a return is made to conception of containing, whose ontological character is denoted by the term topos, and if a synthesis with Harvey's interpretations of social spatiality has been done, then it can be legitimately concluded that social activity (heterogeneous nature of factors and the role of certain social groups) can differently affect the characteristics of that containing. This raises the question of criteria for verification of certain types of spatial containing, and the way in which the processes that determine the character of containing can be managed. Verificational conversion allows Harvey to determine that criterion through the concept of social justice (Harvey, 1973) and indirectly to arrive at a criterion for qualitatively distinguishing theories that deal with the relationship between spatial forms and social processes into: those that are revolutionary, those that maintain the *status quo* and those that are counter-revolutionary.

#### CONCLUSION

David Harvey's Baltimore conversion and his importance in science can be seen by the size of the "echo" that was created as a reaction to his works (and the volume of scientific production that followed), especially to his book *Social Justice and the City* (1973). With this book, Harvey introduced geography to the ranks of key social sciences, without which the so-called the spatial turn of the 1980s, as the still dominant paradigm of social sciences and humanities, would not have been possible. Especially important is the critical dimension of that reversal, through which, behind the veil of the supposed value neutrality of the quantitative-positivist approach, the dark side

повезаности просторности, моћи и експлоатације. Ма колико Харвијева промјена парадигме била комплексна, ма колико је она лутала, њен је извор веома једноставан и може се свести на питање смисла научног ангажмана. Оно револуционарно код Харвија јесте управо то што је питање друштвене правде постало кључно питање, како теоријско-методолошког, тако и практичног дјеловања. Из тог центра развила се и онда и одређена епистемологија коју бисмо могли назвати епистемологијом брижности базиране на еманципацијском интересу за друштво у цјелини. На овај начин географска наука, заправо, доживљава своје теоријско и практично (не и методолошко) заокружење бивајући извучена, како из вриједносног вакуума у који је запала, тако и из лавиринта различитих теоријских сабласти које су њену научност и друштвену релевантност доводиле у питање.

То је заправо темељни резултат „балтиморског“ преумљења и критичке географије Дејвида Харвија.

of the connection between spatiality, power and exploitation was revealed. No matter how complex Harvey's paradigm shift was, no matter how wandering it was, its source is very simple and can be reduced to the question of the meaning of scientific engagement. What is revolutionary about Harvey is precisely that the issue of social justice has become a key issue, both theoretical and methodological, as well as practical. From that center, a certain epistemology developed, which we could call the epistemology of care based on the emancipatory interest in society as a whole. In this way, geographical science actually experiences its theoretical and practical (not methodological) integrity, being pulled out both from the value vacuum into which it fell, and from the labyrinth of various theoretical specters that questioned its scientificity and social relevance.

It is actually a fundamental result of the "Baltimore" conversion and critical geography of David Harvey.

#### ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- ANON. (1967). National Advisory Commission on Civil Disorders. *Report*. <https://www.ojp.gov/ncjrs/virtual-library/abstracts/national-advisory-commission-civil-disorders-report>
- Berkhof, L. (1939). *Manual of Christian Doctrine*. Eerdmans Publishing Company.
- Carew, J. (2019). Hegel's Phenomenology: On the Logical Structure of Human Experience. *Open Philosophy*, 2(1), 462–479. <https://doi.org/10.1515/opphil-2019-0033>
- Castree, N. (2007). David Harvey: Marxism, Capitalism and the Geographical Imagination. *New Political Economy*, 12(1), 97–115. <https://doi.org/10.1080/13563460601068859>
- Habermas, J. (1972). *Knowledge and Human Interests*. Beacon Press.
- Harvey, D. (2022). Reflection on an academic life. *Human Geography*, 15(1), 14–24. <https://doi.org/10.1177/19427786211046291>
- Harvey, D. (1969). *Explanation in Geography*. Edward Arnold.
- Harvey, D. (1973). *Social Justice and the City*. Basil Blackwell.
- Harvey, D. (2001). *Spaces of capital: Towards critical geography*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203821695>
- Lampe, G. W. H. (1961). *A Patristic Greek lexicon*. Clarendon. Oxford.
- Schaefer, F. K. (1953). Exceptionalism in Geography: A Methodological Examination. *Annals of the Association of American Geographers*, 43(3), 226–249. <https://doi.org/10.2307/2560876>
- Soffer, G. (1990). Phenomenology and Scientific Realism: Husserl's Critique of Galileo. *The Review of Metaphysics*, 44(1), 67–94.
- Sremac, S. (2008). Protestant conversion and Orthodox "preumljenje": Influence of conversion / "preumljenje" On Changes in Personality. *Evangelical Journal of Theology*, 2(2), 283–296.
- Trifunović, M. (2020). Definition of Spatial Thinking. From Concepts to Conceptions. *Гласник/*

*Herald*, 24, 77–89. <https://doi.org/10.7251/HER2024077T>

Трифунувић, М. (2020). *Просторно мишљење у геонаукама – основне концепције, модели психокогнитивног развоја и методологија истраживања*. Географско друштво Републике Српске.

Трифунувић, М., & Гњато, Р. (2018). Обществена географија између идејним, идеолошким и практичким захтевима. *Вестник Асоцијације руских географова-ошествоведова (АРГО)*, 7, 80–90.



## ПРИМЕНА ГИС-А У ПРОЦЕНИ ПОТЕНЦИЈАЛА СОЛАРНЕ ЕНЕРГИЈЕ У ОПШТИНИ КУРШУМЛИЈА

Дајана Тешић<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Нови Сад, Србија

**Сажетак:** Загађење животне средине и глобално загревање актуелне су теме последњих неколико деценија. Соларна енергија је најраспрострањенији обновљиви извор енергије и није ограничен у времену и простору. Стога, постоји велика потреба за инсталирањем производних погона који користе обновљиве изворе енергије, а нарочито соларну енергију. Одабир најпогодније локације за инсталацију соларних постројења је основни предуслов за економски оправдану инвестицију. У Србији је највећи потенцијал соларне енергије у источном, јужном и југоисточном делу земље, те је за истраживано подручје изабрана општина Куршумлија. У овом раду применом географских информационих система (ГИС), извршена је идентификација погодних локација за примену соларне енергије у општини Куршумлија. За анализу потенцијала соларне енергије у општини Куршумлија изабрано је 5 фактора: соларна радијација, нагиб терена, начин коришћења земљишта, експозиција терена и удаљеност од путева. У анализи фактора је коришћена Analytic Hierarchy Process (АНП) метода како би се одредила важност сваког фактора. Након тога је извршено преклапање слојева помоћу алага Weighted Overlay Method (WOM) у ArcGIS Pro софтверу. Резултати ове анализе указују на то да је укупно 19 % истраживаног подручја изузетно погодно за изградњу соларних електрана, 46 % површине спада у умерено погодна подручја за изградњу, док је 20.4 % подручја маргинално погодно. Преосталих 14.6 % подручја су заштићена подручја која су искључена из анализе. Резултати овог рада могу користити соларним комуналним предузећима, енергетским компанијама и креаторима политике да одаберу потенцијална места за изградњу соларних електрана.

**Кључне речи:** соларна енергија, ГИС, обновљиви извори енергије, АНП анализа, Куршумлија.

Original scientific paper

## APPLICATION OF GIS IN SOLAR ENERGY POTENTIAL ASSESSMENT IN KURŠUMLIJA MUNICIPALITY

Dajana Tešić<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Novi Sad, Serbia

**Abstract:** Environmental pollution and global warming have been ongoing topics for the last few decades. Solar energy is the most widespread renewable energy source and is not limited in time and space. Therefore, there is a great need to install generating plants that use renewable energy sources, especially solar energy. Choosing the most suitable location for the installation of solar plants is a basic precondition for an economically justified investment. In Serbia, the greatest potential of solar energy is in the eastern, southern and southeastern part of the country, therefore the municipality of Kuršumljia was chosen for the study area. In this paper, the identification of suitable locations for the application of solar energy in the municipality of Kuršumljia was performed using geographic information systems (GIS). For the analysis of the potential of solar energy in the municipality of Kuršumljia, 5 factors were selected: solar radiation, terrain slope, land use, aspect and distance from roads. The Analytic Hierarchy Process (АНП) method was used to determine the importance of each factor. The layers were then overlaid using the Weighted Overlay Method (WOM) tool in the ArcGIS Pro software. The results of this analysis indicate that a total of 19 % of the investigated area is extremely suitable for the construction of solar power plants, 46 % of the area belongs to moderately suitable areas for construction, while 20.4 % of the area is marginally suitable. The remaining 14.6 % of the areas are protected areas that were excluded from the analysis. The results of this work can be used by solar utility companies, energy companies and policy makers to select potential sites for the construction of solar power plants.

**Key words:** solar energy, GIS, renewable energy sources, АНП analysis, Kuršumljia.

\* Аутор за кореспонденцију: Дајана Тешић, Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Атанасија Гереског 3, 21000 Нови Сад, Србија. E-mail: dajanatesic2@gmail.com

\* Corresponding author: Dajana Tešić, University of Novi Sad, Faculty of Science, Atanasija Gereskog 3, 21000 Novi Sad, Serbia. E-mail: dajanatesic2@gmail.com

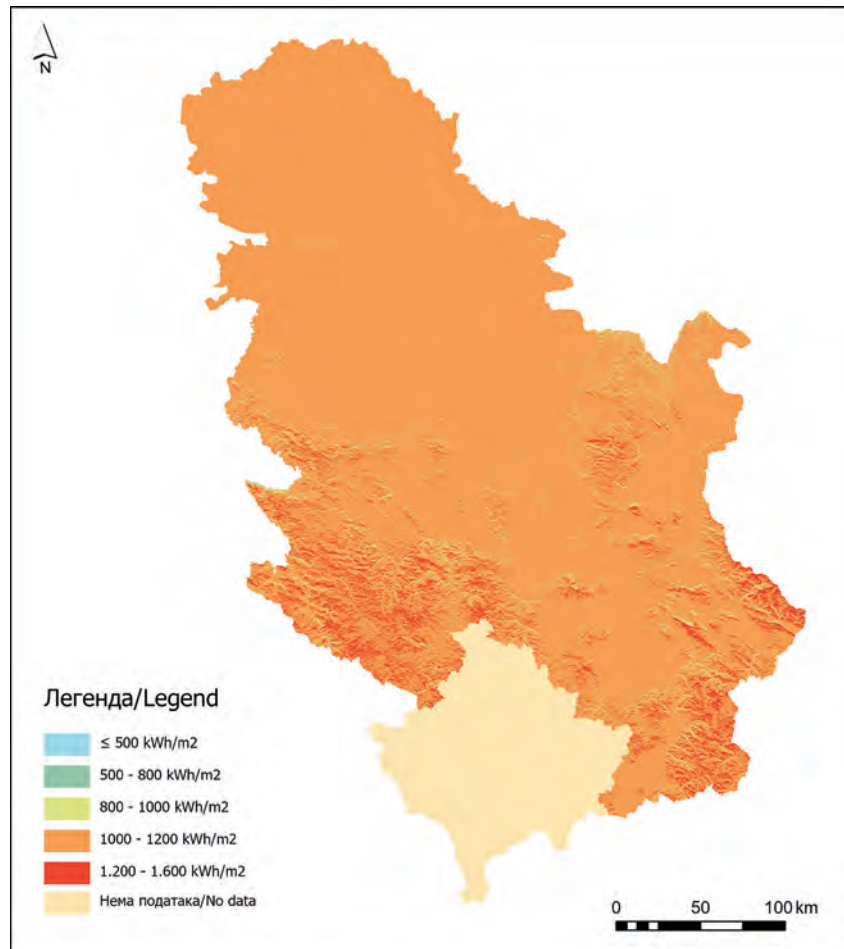


УВОД

Обновљиви извори енергије као неисцрпни извори енергије све више добијају на значају у свету, с обзиром на све веће глобалне потребе за енергијом. Сунчева енергија представља један од коришћенијих видова обновљивих извора енергије. Међународна агенција за енергију (International Energy Agency – IEA) прогнозира да је да би соларна енергија могла да буде извор четвртине енергије у светској електро мрежи до 2050. године (International Energy Agency, 2020). Према извештају SolarPower Europe (2020), свет је на добром путу. Енергија сунца представља један од енергетских потенцијала Републике Србије, који се може користити за производњу топлотне или електричне енергије. Интензитет сунчеве радијације у Србији је међу највећима у Европи и износи између 1500 и 2200 часова годишње. Посматрано на годишњем нивоу, просечан интензитет сунчевог зрачења износи око 1200 kWh/m<sup>2</sup>/годишње, у централном делу износи око 1400 kWh/m<sup>2</sup>/годишње у северозападном делу Србије, док је та вредност у југоисточној Србији око 1550 kWh/m<sup>2</sup>/годишње (Стратегија развоја енергетике Републике Србије до 2025. године са пројекцијама до 2030. године, 2015). Будући да погон за производњу фотонапонске електричне енергије ради током четири годишња доба, подручје истраживања одабрано је на основу годишњег кумулативног сунчевог зрачења (Choi et al., 2013). Најбољи услови за кориштење соларне енергије су у јужном делу земље, нарочито у градовима као што су Врање, Куршумлија и Ниш. На Сл. 1 је приказано просечно соларно зрачење у различитим деловима Србије.

INTRODUCTION

Renewable energy sources as inexhaustible energy sources are becoming increasingly important in the world, given the growing global energy needs. Solar energy is one of the most used types of renewable energy sources. The International Energy Agency (IEA) has predicted that solar energy could be the source of a quarter of the world's electricity grid by 2050 (International Energy Agency, 2020). According to a report by SolarPower Europe (2020), the world is on the right track. Solar energy is one of the energy potentials of the Republic of Serbia, which can be used for the production of heat or electricity. The intensity of solar radiation in Serbia is among the highest in Europe and amounts to between 1500 and 2200 hours a year. Observed annually, the average intensity of solar radiation is about 1200 kWh/m<sup>2</sup>/year, in the central part it is about 1400 kWh/m<sup>2</sup>/year in the northwestern part of Serbia, while in Southeast Serbia it is about 1550 kWh/m<sup>2</sup>/year (Стратегија развоја енергетике Републике Србије до 2025. године са пројекцијама до 2030. године, 2015). Since the plant for the production of photovoltaic electricity operates during four seasons, the research area was selected on the basis of annual cumulative solar radiation (Choi et al., 2013). The best conditions for the use of solar energy are in the southern part of the country, especially in cities such as Vranje, Kuršumlija and Niš. In Fig. 1 is shown the average solar radiation in different parts of Serbia.



Сл. 1. Просечно соларно зрачење у Републици Србији  
 Fig. 1. Average solar radiation in the Republic of Serbia

ГИС алати су изузетно погодни за процену потенцијала соларних система за производњу електричне енергије (Choi et al., 2013). Carrión et al. (2008) предложили су систем за доношење одлука за одређивање оптималног положаја соларне електране с обзиром на утицај на животну средину применом ГИС-а и АНР методе. Charabi и Gastli (2010) анализирали су могућности соларне енергије кроз ГИС процену потенцијала изградње соларног енергетског система у Оману. Janke (2010) је идентификовао места са великим потенцијалом за коришћење обновљивих извора енергије у Колораду користећи вишекритеријумско моделирање у ГИС-у. Такође, у многим радовима су коришћени геоинформациони системи за комбиновање соларног потенцијала са нпр. расположивошћу земљишта утврђеним на основу услова нагиба, начином коришћења земљишта и удаљеношћу

GIS tools are extremely suitable for assessing the potential of solar systems for electricity generation (Choi et al., 2013). Carrión et al. (2008) proposed a decision-making system for determining the optimal position of a solar power plant with respect to environmental impact using GIS and AHP methods. Charabi and Gastli (2010) analyzed the possibilities of solar energy through a GIS assessment of the potential of building a solar energy system in Oman. Janke (2010) identified sites with great potential for the use of renewable energy sources in Colorado using multicriteria modeling in GIS. Also, in many works, geoinformation systems were used to combine the solar potential with e.g. the availability of land determined on the basis of slope conditions, the manner of land use and the distance from roads. Ćurić and Durlević

од саобраћајница. Ćurić и Durlević (2019) у свом истраживању су користили ГИС технологије за израчунавање потенцијала соларне енергије у општини Врање користећи тематске слојеве нагиба терена, експозиције рељефа, начина коришћења земљишта, заштићена подручја, близину саобраћајница и близину насеља. Коришћење ГИС-а за вредновање потенцијалних локација соларних постројења, од велике је важности при доношењу одлука на регионалном и локалном нивоу, а поред сунчевог зрачења од великог значаја је узети у обзир економске, еколошке, техничке, социјалне и факторе изградње (Choi et al., 2019).

У Републици Србији је ситуација са искориштавањем соларне енергије мање повољна. С обзиром на недовољно развијено тржиште и услове за развој обновљивих извора енергије у Србији од велике је важности истражити опције за коришћење обновљивих извора енергије. У овом раду ће бити истражени потенцијали коришћења соларне енергије у општини Куршумлија. Главни циљ овог рада је да се, помоћу географских информационих система и досадашњих искустава коришћења обновљивих извора енергије, одреди потенцијал соларне енергије на подручју општине Куршумлија, те да се подстакне припрема конкретних планова кориштења расположивих енергетских потенцијала, како у општини, тако и на простору читаве Републике Србије.

#### ИСТРАЖИВАНО ПОДРУЧЈЕ

Општина Куршумлија се налази у јужном делу Србије и припада Топличком округу (Сл. 2). Површина општине износи 952 km<sup>2</sup>, од чега шуме заузимају 57.1 % територије. Смештена је на ободу Куршумлијске котлине, на југоисточним падинама Копоника и северозападним падинама Радан планине. Територија општине Куршумлија смештена је у централном и горњем току реке Топлице, као и у сливовима њених притока Косанице и Бањске. Граничи се са општинама Блаце, Брус, Медвеђа, Лепосавић и Подујево, где се налазе два превоја – Преполоц и Мердаре. На територији читаве општине, према подацима пописа из 2011. го-

(2019) in their research used GIS technologies to calculate the potential of solar energy in the municipality of Vranje using thematic layers of terrain slope, aspect, land use, protected areas, proximity to roads and proximity to settlements. The use of GIS to evaluate potential locations of solar plants is of great importance in decision-making at the regional and local level, and in addition to solar radiation it is important to take into account economic, environmental, technical, social and construction factors (Choi et al., 2019).

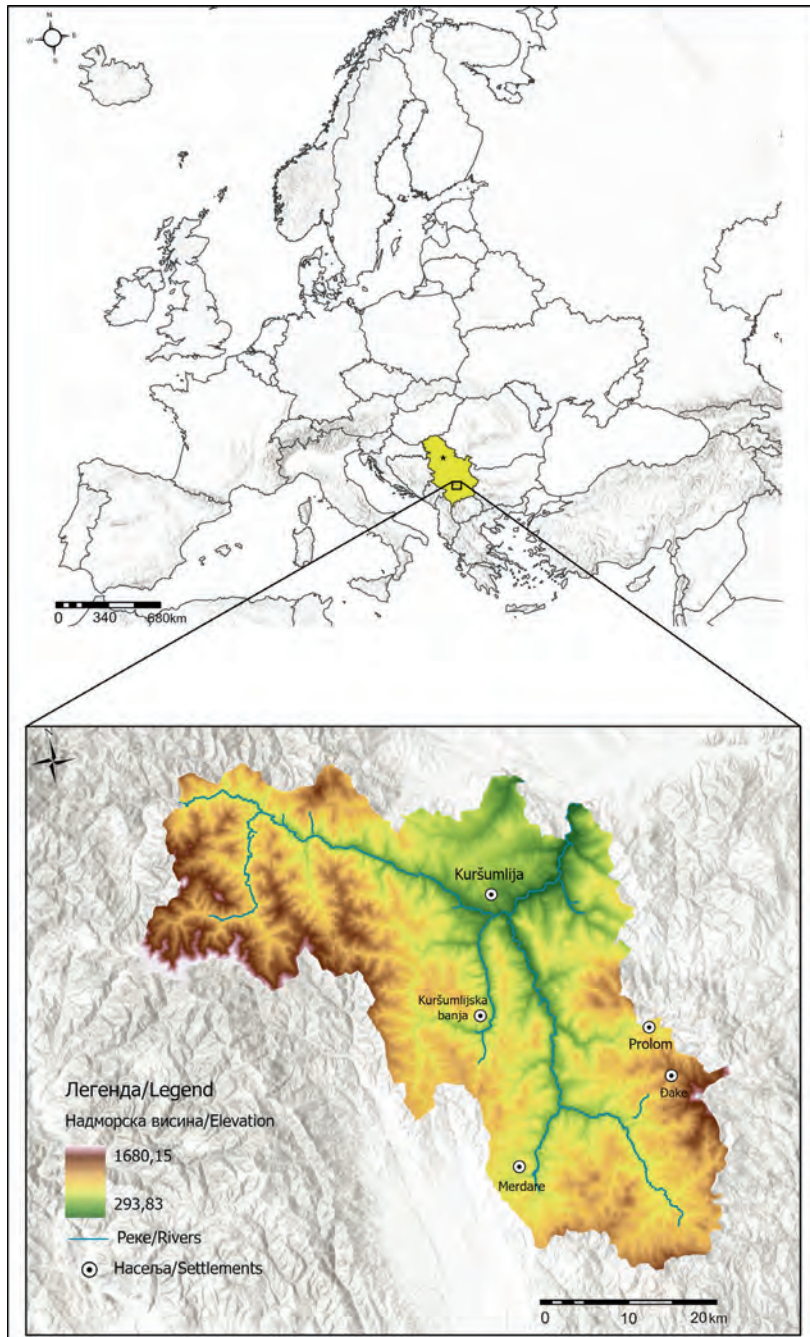
In the Republic of Serbia, the situation with the use of solar energy is less favorable. Given the underdeveloped market and conditions for the development of renewable energy sources in Serbia, it is of great importance to explore options for the use of renewable energy sources. This paper will explore the potentials of using solar energy in the municipality of Kuršumljia. The main goal of this paper is to determine the potential of solar energy in the municipality of Kuršumljia, using geographic information systems and previous experiences of using renewable energy sources, and to encourage the preparation of specific plans for the use of available energy potentials, both in the municipality and throughout Republic of Serbia.

#### STUDY AREA

The municipality of Kuršumljia is located in the southern part of Serbia and belongs to the Toplica district (Fig. 2). The area of the municipality is 952 km<sup>2</sup>, of which forests occupy 57.1 % of the territory. It is located on the edge of the Kuršumljia valley, on the southeastern slopes of Kopaonik and the northwestern slopes of Radan mountain. The territory of the municipality of Kuršumljia is located in the central and upper course of the river Toplica, as well as in the basins of its tributaries Kosanica and Banjska. It borders the municipalities of Blace, Brus, Medveđa, Leposavić and Podujevo, where there are two passes – Prepolac and Merdare. On the territory of the entire municipality, according to

дине, живи 19213 становника, смештених у једном градском и 89 сеоских насеља. Читава територија општине има јако повољне услове за производњу соларне енергије, јер је просечно годишње соларно зрачење веће него у осталим деловима Србије. До изградње прве соларне електране 2012. године, овај огроман потенцијал општине Куршумлија уопште није био искориштен.

the data from the 2011 census, there are 19213 inhabitants, located in one urban and 89 rural settlements. The entire territory of the municipality has very favorable conditions for the production of solar energy, because the average annual solar radiation is higher than in other parts of Serbia. Until the construction of the first solar power plant in 2012, this huge potential of the municipality of Kuršumljia was not used at all.



Сл. 2. Положај истраживаног подручја  
Fig. 2. Location of the study area

ПОДАЦИ И МЕТОДЕ

У овом раду су за анализу потенцијалних локација за изградњу соларних електрана коришћени геоинформациони системи. Како би се изабрале најпогодније локације за коришћење соларне енергије, потребно је утврдити факторе који утичу на одрживост соларних електрана на истраживаном подручју. Тренутно у Србији не постоје прописи који прецизирају услове терена за изградњу соларних електрана, стога су одабрани фактори овог истраживања изабрани на основу мишљења стручњака и претходних истраживачких студија. У овом истраживању, за креирање карте погодности за инсталацију соларних електрана у општини Куршумлија, изабрани су следећи предиспонирајући фактори: нагиб, експозиција, начин коришћења земљишта, удаљеност од постојеће инфраструктуре, као и годишња количина сунчевог зрачења истраживаног подручја. Иако је свако подручје различито по карактеристикама, за уградњу фотонапонских (PV) постројења могу се анализирати наведени фактори (Merouni et al., 2018).

Подаци о инсолацији подручја истраживања су изведени из ASTER глобалног дигиталног модела елевације (DEM, резолуција 30 m) коришћењем алата Area Solar Radiation. Нагиб терена представља веома важан фактор када се анализира погодна локација за инсталирање соларних електрана. Најприкладнији су терени са изузетно благим нагибом, ради лакше приступачности током изградње електрана и смањеног ризика од могућих несрећа чије шансе расту са нагибом терена (Ćurić & Durlević, 2019). Карта експозиције терена приказује оријентацију терена у односу на сунце. Република Србија се налази на северној хемисфери, где је на јужним експозицијама изложеност терена сунчевом интензитету највећа, па је јужни правац експозиције најпогоднији за изградњу соларних електрана (Ćurić & Durlević, 2019). База података Corine Land Cover коришћена је за потребе добијања карте коришћења земљишта. Подручја попут шума, заштићених подручја, мочвара, река и језера су неприкладна за из-

DATA AND METHODS

In this paper, geoinformation systems were used for the analysis of potential locations for the construction of solar power plants. In order to select the most suitable locations for the use of solar energy, it is necessary to determine the factors that affect the sustainability of solar power plants in the study area. Currently in Serbia there are no regulations that specify the terrain conditions for the construction of solar power plants, so the selected factors of this research were chosen based on the opinion of experts and previous research studies. In this study, the following predisposing factors were selected to create a map of suitability for the installation of solar power plants in the municipality of Kuršumlija: slope, aspect, land use, distance from existing infrastructure, and annual amount of solar radiation in the study area. Although each area is different in characteristics, the above factors can be analyzed for the installation of Photovoltaic (PV) plants (Merouni et al., 2018).

The insolation data of the study area were derived from the ASTER global digital elevation model (DEM, 30 m resolution) using the Area Solar Radiation tool. The slope of the terrain is a very important factor when analyzing a suitable location for the installation of solar power plants. The most suitable terrains are with an extremely slight slope, for easier accessibility during the construction of power plants and reduced risk of possible accidents whose chances increase with the slope of the terrain (Ćurić & Durlević, 2019). The aspect map shows the orientation of the terrain in relation to the sun. The Republic of Serbia is located in the northern hemisphere, where the exposure of the terrain to solar intensity is greatest at the southern exposures, so the southern direction of the aspect is the most suitable for the construction of solar power plants (Ćurić & Durlević, 2019). The Corine Land Cover database was used to obtain a land use map. Areas such as forests, protected areas, wetlands, rivers and lakes are unsuitable for the construction of solar

градњу соларних електрана (Yousefi et al., 2018). Такође, врло је важно да соларне електране буду доступне за изградњу, па је неопходно узети у обзир удаљеност до путне мреже (Choi et al., 2019). Неотежан приступ транспортној мрежи смањује оперативне трошкове изградње (Zoghi et al., 2017). Помоћу алата Euclidean Distance у софтверу ArcGIS Pro је израчуната удаљеност од путне мреже у истраживаном подручју. Подаци о заштићеним подручјима на територији општине Куршумлија су преузети из Светске базе података о заштићеним подручјима. Различитим класама тематских слојева додељене су вредности оцењивања које одговарају њиховом релативном доприносу лакшем постављању соларних електрана. У овом истраживању, значајност критеријума је заснована на мишљењу стручњака, литератури и локацијама коришћења соларне енергије у Србији. Вредности оцена су изведене кроз АНП приступ.

АНП приступ који је установио Saaty (1980), је најчешће коришћена метода за квантификавање тежине према мишљењу стручњака. Укупне тежине и важност сваког улазног параметра добијају се помоћу матрице упоређивања у пару (Choi et al., 2019). На почетку АНП процеса дефинише се циљ и бирају алтернативе и критеријуми. После тога се генерише матрица упоређивања у пару (A). Релативна важност два критеријума мери се према нумеричкој скали од 1 до 9 (Saaty, 1980).

$$A = \begin{matrix} & 1 & a & b \\ 1/a & 1 & c & \\ 1/b & 1/c & 1 & \end{matrix} \quad (1)$$

Потребно је нормализовати матрицу (A) дељењем елемената сваке колоне збиром елемената исте колоне како би се израчунала значајност сваког критеријума. Просек редова нове матрице даје тражене релативне тежине критеријума (Merrouni et al., 2018). Прикупљени подаци су затим обрађени у софтверу ArcGISPro преко алата WOM.

power plants (Yousefi et al., 2018). Also, it is very important that solar power plants are available for construction, so it is necessary to take into account the distance to the road network (Choi et al., 2019). Easy access to the transport network reduces the operating costs of construction (Zoghi et al., 2017). Using the Euclidean Distance tool in the ArcGIS Pro software, the distance from the road network in the study area was calculated. Data on protected areas in the municipality of Kuršumlija were obtained from the World Database on Protected Areas. Different classes of thematic layers have been assigned evaluation values that correspond to their relative contribution to easier installation of solar power plants. In this study, the weight of the criteria is based on the expert's opinion, literature and solar utilization sites in Serbia. Rating values were derived through the AHP approach.

The AHP approach established by Saaty (1980) is the most commonly used method for quantifying weight according to experts. The total weights and importance of each input parameter are obtained using a pairwise comparison matrix (Choi et al., 2019). At the beginning of the AHP process, the goal is defined and alternatives and criteria are chosen. After that, a pairwise comparison matrix (A) is generated. The relative importance of the two criteria is measured according to a numerical scale from 1 to 9 (Saaty, 1980).

$$A = \begin{matrix} & 1 & a & b \\ 1/a & 1 & c & \\ 1/b & 1/c & 1 & \end{matrix} \quad (1)$$

It is necessary to normalize the matrix (A) by dividing the elements of each column by the sum of the elements of the same column in order to calculate the significance of each criterion. The average rows of the new matrix give the required relative weights of the criteria (Merrouni et al., 2018). The collected data were then processed in ArcGIS Pro software through the WOM tool.

РЕЗУЛТАТИ

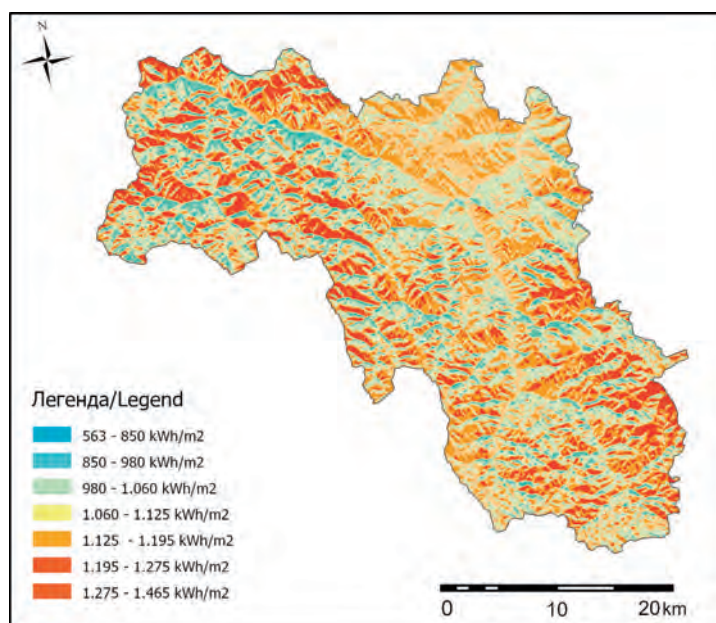
Соларна радијација

Соларна радијација се може израчунати помоћу алата Area Solar Radiation у софтверу ArcGIS Pro. Резултати су исказани у kWh/m<sup>2</sup> у било којој тачки или подручју за одређено време. Овај алат користи DEM као основу за израчунавање соларне радијације на истраживаном подручју. На истраживаном подручју највећи ниво соларне радијације (1275–1465 kWh/m<sup>2</sup>) имају западни и југоисточни делови општине Куршумлија (Сл. 3).

RESULTS

Solar Radiation

Solar radiation can be calculated using the Area Solar Radiation tool in ArcGIS Pro software. Results are expressed in kWh/m<sup>2</sup> at any point or area for a given time. This tool uses a DEM as a basis for calculating solar radiation in the study area. In the investigated area, the western and southeastern parts of the municipality of Kuršumlija have the highest level of solar radiation (1275–1465 kWh/m<sup>2</sup>) (Fig. 3).



Сл. 3. Соларна радијација  
Fig. 3. Solar radiation map

Нагиб терена

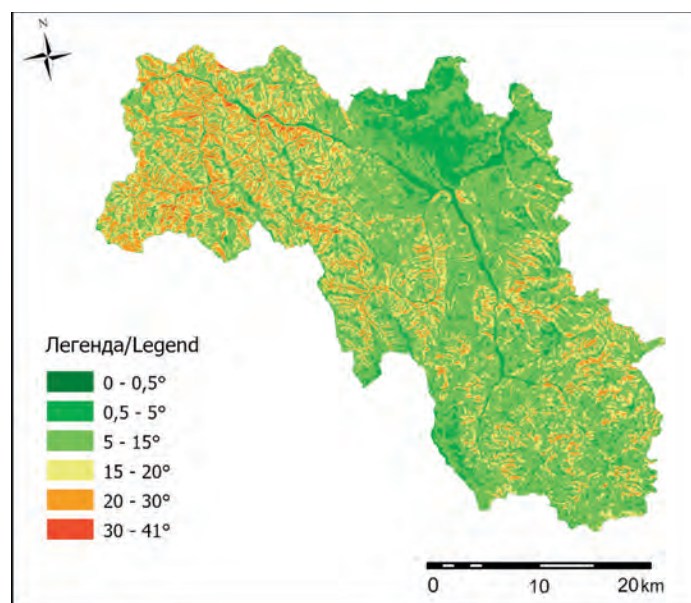
Aly et al. (2017) истичу да у литератури не постоји консензус у вези са прихваћеним процентом нагиба за PV постројења. Нагиб у овом истраживању је генерисан помоћу DEM и алата Slope у софтверу ArcGIS Pro. Због неприступачности током изградње и отежаног одржавања електрана, треба избегавати високе нагибе. Стога је долинама и стрмом земљишту са нагибом већим од 5 процената додељена најмања оцена. На територији општине Куршумлија, погодан нагиб терена се налази у долинама река. Најпо-

Slope

Aly et al. (2017) point out that there is no consensus in the literature regarding the accepted percentage of slope for PV plants. The slope in this study was generated using DEM and Slope tools in ArcGIS Pro software. Due to inaccessibility during construction and difficult maintenance of power plants, high slopes should be avoided. Therefore, valleys and steep land with a slope greater than 5 percent were given the lowest grade. On the territory of the municipality of Kuršumlija, a suitable slope of the terrain is located in the river valleys.

вољнији нагиб терена је  $0.5\text{--}3^\circ$ , који је најбоље оцењен због стабилности соларних електрана, а који се налази у северном делу општине (Сл. 4). На равним теренима са нагибом испод  $0.5^\circ$ , вода се често задржава након значајних падавина, како због нагиба, тако и због специфичне геолошке подлоге (Ćurić & Durlević, 2019). У многим истраживањима се препоручује да за изградњу соларне електране нагиб терена треба да буде  $10^\circ$  или мање (Choi et al., 2019; Al Garni & Awasthi, 2017; Yousefi et al., 2018).

The most favorable slope of the terrain is  $0.5\text{--}3^\circ$ , which are best rated due to the stability of solar power plants located in the northern part of the municipality (Fig. 4). On flat terrains with a slope below  $0.5^\circ$ , water is often retained after significant precipitation, both due to the slope and due to the specific geological base (Ćurić & Durlević, 2019). Many studies recommend that for the construction of a solar power plant, the slope of the terrain should be  $10^\circ$  or less (Choi et al., 2019; Al Garni & Awasthi, 2017; Yousefi et al., 2018).



Сл. 4. Нагиб терена  
Fig. 4. Slope map

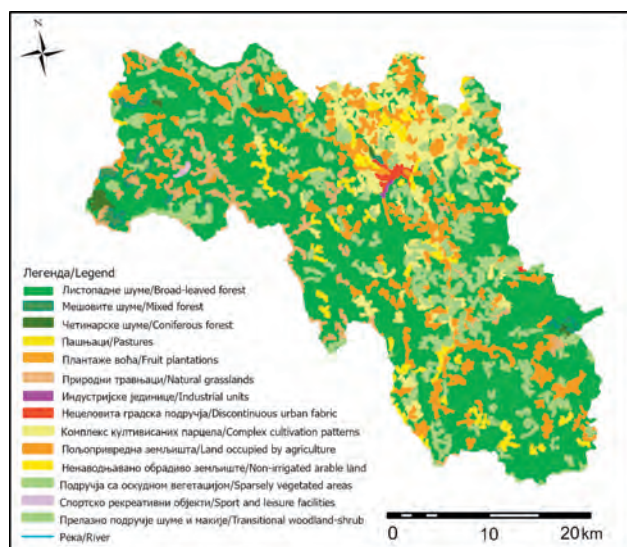
#### Начин коришћења земљишта

Начин коришћења земљишта зависи од међусобних утицаја природних и антропогених фактора. У овом истраживању информације о коришћењу земљишта добијене су из Corine Land Cover базе података. Најприкладнија подручја за изградњу соларних електрана су ненаводњавана обрадива земљишта која су углавном заступљена у северном делу општине (Сл. 5). Овој класи, као и подручјима са оскудном вегетацијом су додељене највише оцене. Велики део општине је под листопадним шумама (65%), те је неопходно заштитити екосистеме од антропогеног утицаја (Ćurić & Durlević, 2019). Из наведених разлога подручјима са шумском вегетацијом је додељена ниска оцена значајности.

#### Land use

The way of land use depends on the mutual influences of natural and anthropogenic factors. In this study, land use information was obtained from the Corine Land Cover database. The most suitable areas for the construction of solar power plants are non-irrigated arable land, which is mainly present in the northern part of the municipality (Fig. 5). This class, as well as areas with sparse vegetation, were awarded the highest marks. A large part of the municipality is under deciduous forests (65%), so it is necessary to protect ecosystems from anthropogenic impact (Ćurić & Durlević, 2019). For these reasons, areas with forest vegetation were assigned a low weight.





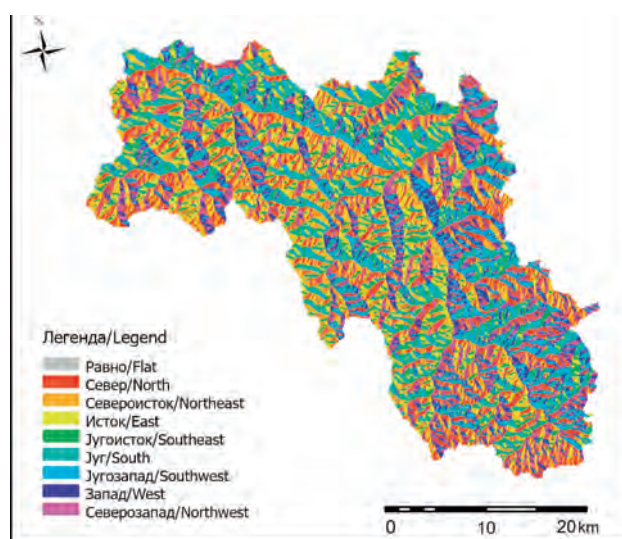
Сл. 5. Начин коришћења земљишта  
Fig. 5. Land use map

#### Експозиција терена

Експозиција терена је такође битан фактор при планирању изградње соларних електрана. На јужним експозицијама рад соларних панела је много ефикаснији у поређењу са осталим правцима. Разлог томе јесте то што јужне падине на северној хемисфери имају више сунчаних сати у односу на друге правце. Стога су падине у јужним правцима оцењене високом оценом 5. Јужни, југозападни и југоисточни правци заступљени су у већим деловима општине (Сл. 6).

#### Aspect

The aspect is also an important factor in planning the construction of solar power plants. Solar panels are much more efficient at the southern exposures compared to other directions. The reason for that is that the southern slopes in the northern hemisphere have more hours of sunshine compared to other directions. Therefore, the slopes in the southern directions were rated high 5. The southern, southwestern and southeastern directions are represented in larger parts of the municipality (Fig. 6).



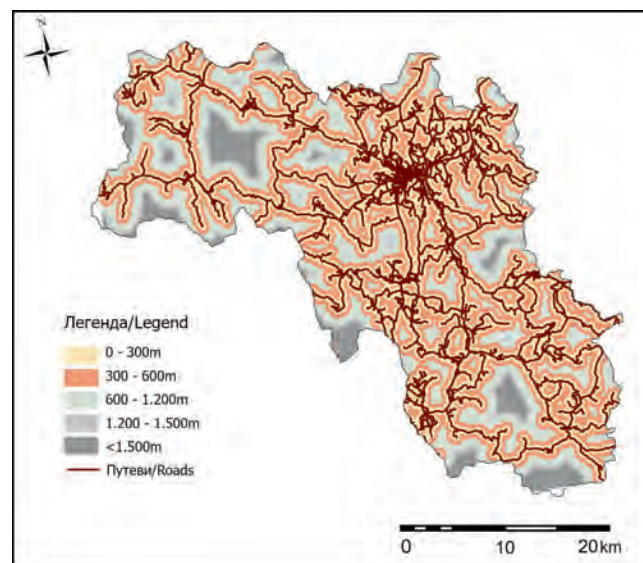
Сл. 6. Карта експозиције терена  
Fig. 6. Aspect map

## Удаљеност од путева

Путеви играју једну од пресудних улога у одабиру погодних подручја за изградњу PV постројења. Близина путева је пожељан економски фактор јер се избегавају додатни трошкови, као што је нпр. изградња нове инфраструктуре (Khemiri et al., 2018). Такође, пожељно је да се PV постројења налазе у близини путева вишег ранга ради веће приступачности. У истраживаном подручју, направљене су зоне удаљености око путева на сваких, 300, 600, 1200 и 1500 m удаљености (Сл. 7). На територији општине Куршумлија процењује се да је већина подручја изузетно повољно, тј. на удаљености мањој од 600 m. Међутим, ове зоне треба комбиновати са локацијама оцењеним са високим оценама из других карата како би се свеобухватније посматрао простор за примену сунчеве енергије (Ćurić & Durlević, 2019).

## Distance from roads

Roads play one of the crucial roles in selecting suitable areas for the construction of PV plants. Proximity to roads is a desirable economic factor because additional costs are avoided, such as e.g. construction of new infrastructure (Khemiri et al., 2018). Also, it is desirable that PV plants are located near higher-ranking roads for greater accessibility. In the study area, distance zones were created around the roads at each, 300, 600, 1200 and 1500 m distances (Fig. 7). On the territory of the municipality of Kuršumljia, it is estimated that most of the areas are extremely favorable, ie. at a distance of less than 600 m. However, these zones should be combined with locations rated with high scores from other maps in order to observe the space for the application of solar energy more comprehensively (Ćurić & Durlević, 2019).



Сл. 7. Удаљеност од путева

Fig. 7. Road distance map

## Заштићена подручја

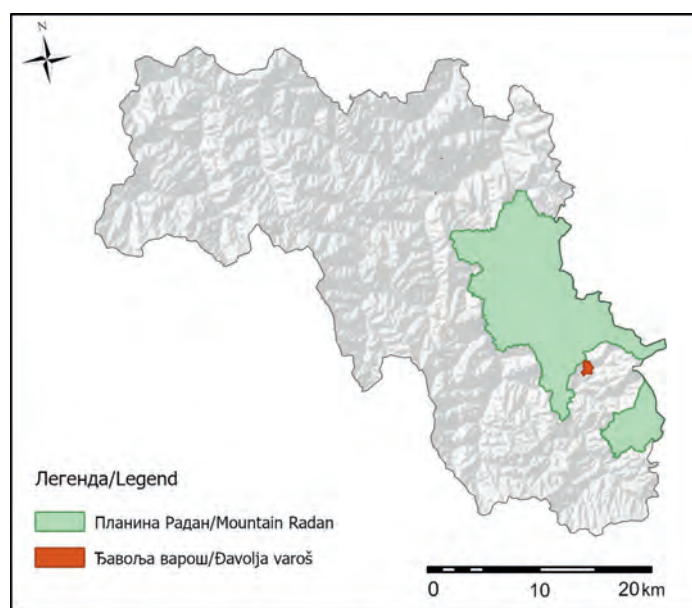
На заштићена подручја могу лоше утицати људске активности, попут изградње постројења за производњу соларне енергије. Ова подручја је потребно посебно размотрити пре постављања нових пројеката у њиховој близини и све док одређена удаљеност око њих не буде искључена са мапа погодности. Због својих

## Protected areas

Protected areas can be adversely affected by human activities, such as the construction of solar power plants. These areas need to be considered separately before setting up new projects in their vicinity and until a certain distance around them is excluded from the benefit map. Due to their ecological values,

еколошких вредности, заштићена подручја се сматрају неприкладним за изградњу соларних електрана (Zoghi et al., 2017). Заштићена подручја у овом истраживању ће се сматрати непогодним за изградњу соларних електрана. На територији општине Куршумлија постоје два типа заштићених подручја: планина Радан која је заштићена као природно добро од изузетног значаја и Ђавоља Варош која је специјални резерват природе (Сл. 8).

protected areas are considered unsuitable for the construction of solar power plants (Zoghi et al., 2017). The protected areas in this study will be considered unsuitable for the construction of solar power plants. There are two types of protected areas on the territory of the municipality of Kuršumljia: Mount Radan, which is protected as a natural asset of exceptional importance, and Đavolja Varoš, which is a special nature reserve (Fig. 8).



Сл. 8. Заштићена подручја  
Fig. 8. Protected areas

Синтезна карта

Synthesis map

Коришћењем ГИС технологије, наведене тематске карте су искоришћене за израду карте погодности за примену PV електрана у општини Куршумлија. Претходне студије су пружиле важне информације за упоређивање значајности и оцењивање параметара од стране стручњака. Резултати упоређивања указују на то да критеријум соларне радијације добија највећу значајност од 0.39, а следи критеријум нагиба са тежином једнаком 0.28 (Таб. 1). Збир свих значајности износи 1 (Khemiri et al., 2018).

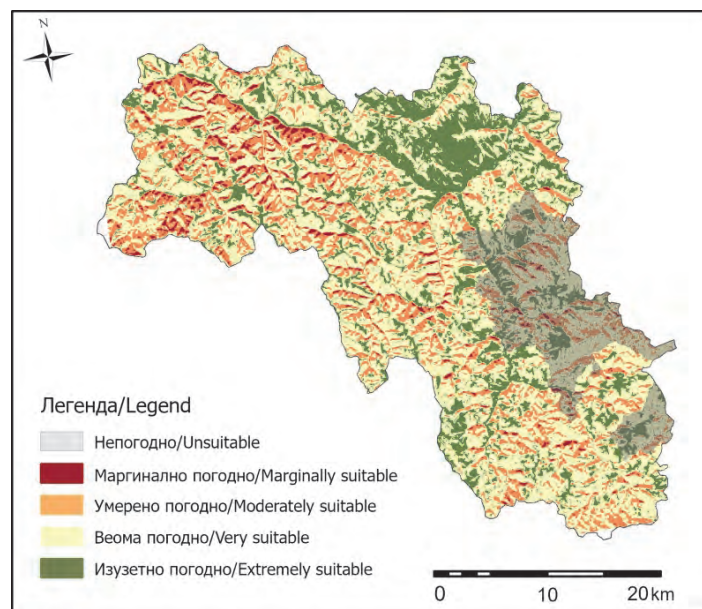
Using GIS technology, the thematic maps were used to create a map of suitability for the application of PV power plants in the municipality of Kuršumljia. Previous studies provided important information for weighting and rating the parameters by experts. The results of the comparison indicate that the criterion of solar radiation gained the highest significance of 0.39, followed by the criterion of slope with a weight equal to 0.28 (Tab. 1). The sum of all significance is 1 (Khemiri et al., 2018).

Таб. 1. Значајност фактора  
Tab. 1. Significance of factors

Фактори / Factors	Значајност / Weight
Соларна радијација / Area Solar Radiation (C1)	0.39
Нагиб / Slope (C2)	0.28
Начин коришћења земљишта / Land use (C3)	0.21
Експозиција / Aspect (C4)	0.07
Удаљеност од путева / Distance to roads (C5)	0.06

Добијене вредности су груписане у пет класа: непогодне, маргинално погодне, умерено погодне, јако погодне и изузетно погодне (Сл. 9).

The obtained values are grouped into five classes: unsuitable, marginally suitable, moderately suitable, very suitable and extremely suitable (Fig. 9).



Сл. 9. Синтезна карта  
Fig. 9. Synthesis map

Добијена синтезна карта указује на то да се најпогоднија подручја налазе у северним и северозападним деловима истраживаног подручја, као и деловима општине уз долине река. На основу површина добијених из ГИС-а утврђено је да је 181.1 km<sup>2</sup> истраживаног подручја јако погодно и изузетно погодно за изградњу електрана. Подручја високе погодности за изградњу електрана чине 19 % подручја, док умерено погодна подручја заузимају 436.2 km<sup>2</sup> (46 %) истраживаног подручја. Заштићена подручја су означена као непогодна и заузимају 139 km<sup>2</sup> (14.6 %) општине Куршумлија.

The obtained synthesis map indicates that the most suitable areas are located in the northern and northwestern parts of study area, as well as parts of the municipality along the river valleys. Based on the areas obtained from GIS, it was determined that 181.1 km<sup>2</sup> of the investigated area is very suitable and extremely suitable for the construction of power plants. Areas of high suitability for the construction of power plants make up 19 % of the area, while moderately suitable areas occupy 436.2 km<sup>2</sup> (46 %) of the study area. Protected areas are marked as unsuitable and occupy 139 km<sup>2</sup> (14.6 %) of the municipality of Kuršumlija.

ДИСКУСИЈА

Највећа несигурност при процени инсталације соларног система долази из података о сунчевом зрачењу. Побољшавањем података о сунчевом зрачењу и стављањем истих на увид јавности може се помоћи инвеститорима да донесу ефикасне и сигурне одлуке. Стварање синтезне карте соларног потенцијала општине Куршумлија може допринети развоју стратегија за искоришћавање соларног потенцијала и на тај начин помоћи развоју обновљивих извора енергије. У Србији су се у протеклих 40 година изузетно ретко финансирали истраживања у области процене природних ресурса соларног зрачења (Гбурчик et al., 2004). Национални центар за сунчево зрачење укинут је 1988. године, а 1991. су престала и сва мерења сунчевог зрачења. Подаци су тешко доступни јер не постоје базе података (Гбурчик et al., 2004).

Процењено сунчево зрачење у Србији износи око 1500–2200 kWh/m<sup>2</sup> што је око 30 % више него у Средњој Европи. Количина добијене енергије сунца у току вегетационог периода креће се од 4.9 kWh/m<sup>2</sup> на западу, до 5.7 kWh/m<sup>2</sup> на југоистоку Србије. Најниже вредности у Србији подударају се са највећим вредностима у Аустрији и Немачкој, које предњаче у коришћењу сунчеве енергије (Gburčik et al., 2006). Нема тачних података колико се енергије у Србији добија из обновљивих извора енергије. На доминантно коришћење конвенционалних извора енергије имају утицај значајне резерве лигнита и мрког угља (Petrović et al., 2014). Значајан напредак је остварен у погледу хидро и ветропотенцијала, док су други облици обновљивих извора енергије још увек недовољно искоришћени. До сада у Србији је изграђено око 21 MW соларних електрана. Наведене соларне електране су капацитети малих снага. За инвеститоре и планере је највећи изазов да одреде погодна географска подручја за соларне електране и инсталирају их на одговарајућем месту. Иновације у мапирању соларног зрачења могу допринети брзом расту тржишта соларне енергије. Прецизне карте погодних подручја за инсталирање соларних електрана биће све

DISCUSSION

The greatest uncertainty in estimating the installation of a solar system comes from solar radiation data. Improving solar radiation data and making it available to the public can help investors make efficient and secure decisions. Creating a synthesis map of the solar potential of the municipality of Kuršumlija can contribute to the development of strategies for the use of solar potential and thus help the development of renewable energy sources. In the past 40 years, research in the field of assessment of natural solar radiation resources has been extremely rarely funded in Serbia (Гбурчик et al., 2004). The National Solar Radiation Center was abolished in 1988 and in 1991, all measurements of solar radiation stopped. Data are difficult to access because there are no databases (Гбурчик et al., 2004).

The estimated solar radiation in Serbia is about 1500–2200 kWh/m<sup>2</sup>, which is about 30 % more than in Central Europe. The amount of solar energy obtained during the vegetation period ranges from 4.9 kWh/m<sup>2</sup> in the west to 5.7 kWh/m<sup>2</sup> in southeastern Serbia. The lowest values in Serbia coincide with the highest values in Austria and Germany, which lead in the use of solar energy (Gburčik et al., 2006). There is no exact data on how much energy is obtained in Serbia from renewable energy sources. The dominant use of conventional energy sources is influenced by significant reserves of lignite and brown coal (Petrović et al., 2014). Significant progress has been made in terms of hydro and wind potential, while other forms of renewable energy are still underutilized. About 21 MW of solar power plants have been built in Serbia so far. These solar power plants are low power capacities. The biggest challenge for investors and planners is to determine suitable geographical areas for solar power plants and install them in the appropriate place. Innovations in solar radiation mapping can contribute to the rapid growth of the solar energy market. Accurate maps of suitable areas for installing solar power plants will be increasingly important as investors

важније јер инвеститори траже уверење да ће послови бити заиста профитабилни. Због тога је проналажење правог места за инсталирање система соларне енергије веома важно (Charabi & Gastli, 2010). Развој обновљивих извора енергије би требало да допринесе бржем развоју постојећих привредних грана и делатности. Значајна инвестициона средства ће послужити као основа за економски прогрес читаве земље, а ГИС технологије ће омогућити значајно ефикаснији процес одлучивања и планирања који на дужи рок обезбеђује услове за већу запосленост, пораст стандарда и боље укупне услове живота (Стратегија развоја енергетике Републике Србије до 2025. године са пројекцијама до 2030. године, 2015).

Добијени подаци указују да су северни и северозападни делови истраживаног подручја најпогоднији за инсталацију соларних електрана. Западни делови нису погодни, највише због стрмих нагиба терена и шумског земљишта које се сматра непогодним за инсталацију соларних електрана. Резултати показују да је 19 % површине општине јако и изузетно погодно, а чак 46 % површине умерено погодно за изградњу соларних електрана. Због веома високог процента погодне територије (65 %), на терену би требало измерити додатне факторе како би се додатно повећала поузданост резултата. Иако се улога ГИС-а у последњем периоду све више користи за процену соларне енергије, и даље постоји јаз између карата повезаних са соларном енергијом које су генерисали истраживачи и њихове практичне употребе у пројектовању и управљању системима соларне енергије од стране инжењера, планера и дизајнера. Сходно томе, потребни су већи напори како би се овај јаз смањио повећањем применљивости и практичности будућих резултата (Choi et al., 2019). Ово истраживање може послужити као основа за даље унапређење методологије. У идеалном случају, финансијери великих енергетских пројеката на подручју општине, узимали би у обзир зоне погодности за изградњу соларних електрана као важан извор за будуће пројекте у регионалном планирању и развоју.

seek reassurance that the business will be truly profitable. That is why finding the right place to install a solar energy system is very important (Charabi & Gastli, 2010). The development of renewable energy sources should contribute to the faster development of existing industries and activities. Significant investment funds will serve as the basis for economic progress of the entire country, and GIS technologies will enable a significantly more efficient decision-making and planning process that provides conditions for higher employment, higher standards and better overall living conditions (Стратегија развоја енергетике Републике Србије до 2025. године са пројекцијама до 2030. године, 2015).

The obtained data indicate that the northern and northwestern parts of the investigated area are the most suitable for the installation of solar power plants. The western parts are not suitable, mostly due to the steep slopes of the terrain and forest land, which is considered unsuitable for the installation of solar power plants. The results show that 19 % of the area of the municipality is very and extremely suitable, and as much as 46 % of the area is moderately suitable for the construction of solar power plants. Due to the very high percentage of suitable territory (65 %), additional factors should be measured in the field to further increase the reliability of the results. Although the role of GIS has been increasingly used to estimate solar energy, there is still a gap between solar-generated maps generated by researchers and their practical uses in the design and management of solar energy systems by engineers, planners and designers. Consequently, greater efforts are needed to reduce this gap by increasing the applicability and practicality of future results (Choi et al., 2019). This research can provide as a basis for further improvement of the methodology. Ideally, financiers of large energy projects in the municipality would consider convenience zones for the construction of solar power plants as an important source for future projects in regional planning and development.

ЗАКЉУЧАК

Соларна енергија је енергија будућности. Осим што је овај облик енергије присутан у неограниченим количинама, велика је предност то што енергија сунца не загађује околину. У погледу примања сунчевог зрачења, Србија има јако велики потенцијал за инсталацију великих соларних електрана, нарочито источни и југо-источни делови земље.

У овом раду је анализиран соларни потенцијал општине Куршумлија. Помоћу географских информационих система добијене су погодне локације за изградњу PV соларних електрана. Добијене вредности јако и изузетно погодног земљишта (19 %) су довољне да шира примена соларне енергије у општини Куршумлија буде еколошки оправдана и економски прихватљива. Такође, потребно је извршити процену утицаја на животну средину како би се испунили сви еколошки критеријуми. С обзиром на растући значај обновљивих извора енергије, примењене методе истраживања могу помоћи у циљу искориштавања соларног потенцијала, како у општини Куршумлија, тако и на целој територији Републике Србије. Постепен прелазак са необновљивих на обновљиве изворе енергије у општини Куршумлија има вишеструке предности, као што су допринос економском расту, смањење емисије угљен диоксида, побољшање здравља грађана и заштита животне средине. У питању су чисти и економски оправдани извори енергије који доносе енергетску независност и побољшање квалитета ваздуха.

CONCLUSION

Solar energy is the energy of the future. Apart from the fact that this form of energy is present in unlimited quantities, the great advantage is that the energy of the sun does not pollute the environment. In terms of receiving solar radiation, Serbia has a very large potential for the installation of large solar power plants, especially the eastern and southeastern parts of the country.

In this paper, the solar potential of the municipality of Kuršumljia is analyzed. With the help of geographic information systems, suitable locations for the construction of PV solar power plants have been obtained. The obtained values of highly and extremely suitable land (19 %) are sufficient for the wider use of solar energy in the municipality of Kuršumljia to be environmentally justified and economically acceptable. Also, it is necessary to perform an environmental impact assessment in order to meet all environmental criteria. Given the growing importance of renewable energy sources, the applied research methods can help in order to exploit the solar potential, both in the municipality of Kuršumljia and in the entire territory of the Republic of Serbia. The gradual transition from non-renewable to renewable energy sources in the municipality of Kuršumljia has multiple advantages, such as contributing to economic growth, reducing carbon dioxide emissions, improving the health of citizens and protecting the environment. These are clean and economically justified energy sources that bring energy independence and improved air quality.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Al Garni, H. Z., & Awasthi, A. (2017). Solar PV power plant site selection using a GIS-AHP based approach with application in Saudi Arabia. *Applied Energy*, 206, 1225–1240. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.10.024>
- Aly, A., Jensen, S. S., & Pedersen, A. B. (2017). Solar power potential of Tanzania: Identifying CSP and PV hot spots through a GIS multicriteria decision making analysis. *Renewable Energy*, 113, 159–175. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.05.077>
- Carrion, A. J., Estrella, A. E., Dols, F. A., Toro, M. Z., Rodriguez, M., & Ridaio, A. R. (2008). Environmental decision-support systems for evaluating the carrying capacity of land areas: Optimal site selection for grid-connected photovoltaic power plants. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*,

- 12(9), 2358–2380. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2007.06.011>
- Charabi, Y., & Gastli, A. (2010). GIS assessment of large CSP plant in Duqum, Oman. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(2), 835–841. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.08.019>
- Choi, Y., Choi, Y., Suh, J., Park, H. D., Jang, M., & Go, W. R. (2013). Assessment of Photovoltaic Potentials at Buguk, Sungsan and Younggwang Abandoned Mines in Jeollanam-do, Korea. *Journal of the Korean Society of Mineral and Energy Resources Engineers*, 50(6), 827–837. <https://doi.org/10.12972/ksmer.2013.50.6.827>
- Choi, Y., Suh, J., & Kim, S. M. (2019). GIS-Based Solar Radiation Mapping, Site Evaluation, and Potential Assessment: A Review. *Applied Sciences*, 9(9), 1960. <https://doi.org/10.3390/app9091960>
- Ćurić, V., & Durlević, U. (2019). Natural and Energy Potentials of Solar Energy Within the Vranje Municipality. *Proceedings Of The International Conference On Renewable Electrical Power Sources – ICREPS*, 7(1), 151–156.
- Гбурчик, П., Јовић, В., Тодоровић, Д., Срдановић, В., Гбурчик, В., Вучинић, Ж., Вратоњић, Б., & Гргур, Б. (2004). *Студија енергетског потенцијала Србије за коришћење сунчевог зрачења и енергије ветра*. Министарство науке и заштите животне средине Републике Србије.
- Gburčik, P., Gburčik, V., Gavrilov, M., Srdanović, V., & Mastilović, S. (2006). Complementary Regimes of Solar and Wind Energy in Serbia. *Geographica Pannonica*, 10, 22–25. <https://doi.org/10.5937/GeoPan0610022G>
- International Energy Agency. (2020). *World Energy Outlook 2020*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/557a761b-en>
- Janke, J. R. (2010). Multicriteria GIS modeling of wind and solar farms in Colorado. *Renewable Energy*, 35(10), 2228–2234. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2010.03.014>
- Khemiri, W., Yaagoubi, R., & Miky, Y. (2018). Optimal placement of solar photovoltaic farms using analytical hierarchical process and geographic information system in Mekkah, Saudi Arabia. *AIP Conference Proceedings*, 2056(1), 020025. <https://doi.org/10.1063/1.5084998>
- Merrouni, A. A., Elalaoui, F. E., Mezrhab, A., Mezrhab, A., & Ghennioui, A. (2018). Large scale PV sites selection by combining GIS and Analytical Hierarchy Process. Case study: Eastern Marocco. *Renewable Energy*, 119, 863–873. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.10.044>
- Petrović, M., Bolić, A., Sjenar, Z., Madeško, M., Kalčo, M., Alomerović, A., Njogo, A., Rodić, A., & Ademović, A. (2014). *Студија изводљивости о могућностима коришћења solarne енергије за потребе добијања toplotne i električne енергије на подручју grada Bijeljine i opštine Bogatić*.
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill.
- Solar Power Europe (2020). *Global Market Outlook for Solar Power 2020-2024*. <https://resources.solarbusinesshub.com/images/reports/259.pdf>
- Стратегија развоја енергетике Републике Србије до 2025. године са пројекцијама до 2030. године, Службени гласник Републике Србије бр. 101 (2015).
- Yousefi, H., Hafeznia, H., & Yousefi-Sahzabi, A. (2018). Spatial Site Selection for Solar Power Plants Using a GIS-Based Boolean-Fuzzy Logic Model: A Case Study of Markazi Province, Iran. *Energies*, 11(7), 1648. <https://doi.org/10.3390/en11071648>
- Zoghi, M., Ehsani, A. H., Sadat, M., Amiri, M. J., & Karimi, S. (2017). Optimization solar site selection by fuzzy logic model and weighted linear combination method in arid and semi-arid region: A case study Isfahan-IRAN. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68(2), 986–996. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.014>





**МОГУЋНОСТИ И ОГРАНИЧЕЊА РЕВИТАЛИЗАЦИЈЕ РУРАЛНИХ ПОДРУЧЈА –  
ПРИМЈЕР ПРОСТОРА ЗМИЈАЊА****Мира Мандић<sup>1\*</sup>, Драгица Делић<sup>1</sup> и Бојан Гарић<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Универзитет у Бањој Луци, Природно-математички факултет, Бања Лука, Република Српска

**Сажетак:** У руралном простору Босне и Херцеговине (БиХ) / Републике Српске (РС) шире се подручја проблемског карактера. Њихова генеза је дуга и условљена првенствено факторима друштвено-географског карактера. Вишедеценијска перцепција руралних подручја као искључиво простора пољопривреде, те мање значајних за савремени развој, нужно се мора мијењати у правцу интегралног приступа њиховој валоризацији, тиме и диверзификацији њихове привреде. Потребне савременог друштва мијењају поглед на рурални простор, његову валоризацију и укупну просторно-функционалну организацију у чему је и шанса потенцијалне ревитализације. Да би рурални простор развио нове функције потребна су инфраструктурна улагања и очуван демографски потенцијал. У актуелним приликама ова два фактора представљају највеће развојно ограничење. У раду су анализирани географски фактори простора дијела западне БиХ / РС, генеза проблема и заостајања за просјечним националним развојем. У фокусу рада је историјско-географска област Змијања посматрана као дио проблемског подручја. Предлажу се потенцијални приступи валоризацији и просторно-функционалној организацији посматраног простора у циљу његове ревитализације. Рад има теоријски, аналитички и апликативни карактер.

**Кључне ријечи:** рурални простор, проблемска подручја, рурални развој, ревитализација, Змијање.

Review scientific paper

**POSSIBILITIES AND LIMITATIONS TO REVITALIZATION OF RURAL AREAS –  
THE STUDY CASE OF ZMIJANJE****Mira Mandić<sup>1\*</sup>, Dragica Delić<sup>1</sup> and Bojan Garić<sup>1</sup>**<sup>1</sup>University of Banja Luka, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Banja Luka, Republic of Srpska

**Abstract:** Problem areas have become a growing issue in the rural regions of Bosnia and Herzegovina (B&H) / the Republic of Srpska (RS). The long-lasting genesis of these areas has been determined by different social-geographical factors. Rural areas have been perceived as agricultural soil for decades but it has become crucial to adopt an integral approach to valorization and diversification of the rural economy. Revitalization has become attainable as the needs of modern society have caused a shift in the perception of rural areas, their valorization and spatial-functional organization. It takes infrastructure investments and preserved demographic potential in order to develop rural areas. Currently, these two factors represent greatest limitations to growth. The paper analyzes geographical factors of parts of west B&H / RS and the genesis of the problem of falling behind the average national growth. The focus is on the historical-geographical region of Zmijanje observed as a part of a problem area. Approaches to valorization and spatial-functional organization are proposed with an aim to revitalize the target area. The nature of the paper is theoretical, analytical and applicative.

**Key words:** rural area, problem area, rural development, revitalization, Zmijanje.

\* Аутор за кореспонденцију: Мира Мандић, Универзитет у Бањој Луци, Природно-математички факултет, Младена Стојановића 2, 78000 Бања Лука, Република Српска, Босна и Херцеговина, Е-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

## УВОД

Поимање руралности, положај и функције руралних подручја у перцепцијама националног развоја хоролошки и хронолошки су промјењиви. Из тог разлога произашле су и различите политике руралног развоја. До 70-их година прошлог вијека, основна функција руралног простора била је пољопривреда. Други аспекти валоризације условљени су геопросторним ресурсима за којима савремени развој исказује потребу. Процеси модернизације (индустријализација, урбанизација, технолошки и културни развој) диференцирају рурална подручја на мање и више интегрисана у савремене развојне токове, односно у мањој или већој интеракцији са урбаним постором. Урбаноцентрични поглед на свијет поставља урбано као референтну тачку (Lukić, 2010) у односу на коју се просторно, економски, функционално, културно и инфраструктурно позиционирају рурална подручја хетерогена по разним елементима геосистема и њихових структура. Рурална подручја мање интегрисана у савремене развојне процесе и урбане системе касне за просјеком националног развоја и дефинишу се као подручја изражене руралности. Таквих подручја има и у развијеним земљама. Природна богатства потребна савременом технолошком развоју и инфраструктурни системи одлучујући су фактори развојне диференцијације руралног простора. Нарастајуће потребе за ресурсима руралних подручја (храна, вода, руде, друге сировине, енергенти, простор за одмор, итд.), глобална доступност и умреженост мијењају перцепцију руралних подручја као простора искључиво пољопривредне намјене потенцирајући интегрални приступ валоризацији и руралном развоју. Европска унија (ЕУ) је бројним стратешким документима и програмима развоја дефинисала дугорочне циљеве којима се претпоставља постизање одрживог руралног развоја и већи степен интеграције урбано-руралног простора. Циљеви, приоритети и мјере руралног развоја дефинисани су на Међународној конференцији у Потсдаму 2000. године RURAL 21 у правцу одрживог развоја. Потенцира се полицентрични развој и смањивање разлика у степену развијености. Овај концепт представља основу

## INTRODUCTION

The idea of rurality and the position and functions of rural areas tend to be historically and chronologically variable in terms of national development. Therefore, different policies of rural development have emerged. Agriculture had been the primary function of rural areas up until the 1970s. Other aspects of valorization have been conditioned by geospatial resources necessary for modern development. Processes of modernization (industrialization, urbanization, technological and cultural development) differentiate rural areas into those more or less integrated in modern development, i.e. more or less interactive ones in terms of urban areas. Urban-centric perception of the world regards urban areas as referential points (Lukić, 2010) for spatial, economic, functional, cultural and infrastructural positioning of rural areas which are heterogeneous in terms of geosystems and their structure. Rural areas which are less integrated in modern development processes and urban systems fall behind the average national growth and are defined as extremely rural areas. Such areas exist even in developed countries. It is the natural resources essential for modern technological development and infrastructure systems that determine differentiation of rural areas. The growing needs for rural area resources (food, water, ores, raw materials, energy sources, leisure-time areas, etc.), global availability and networking change the perception of rural areas as primarily agricultural soil and impose an integral approach to valorization and rural development. The European Union (EU) has designed many strategic documents and programs which define long term goals targeting sustainable rural development and better integration of urban-rural areas. Goals, priorities and measures of rural development were defined at the RURAL21 international conference held in Potsdam in 2000. The focus was on the polycentric development and mitigation of development disparity. This

за Територијалну агенду, кровни документ стратешког развоја ЕУ који потенцира одрживи концепт кроз просторну кохезију, инфраструктурни развој, јачање локалних капацитета, повезивање и дјеловање локалних акционих група, брендирање природних и локалних специфичности, одговорнији однос према ресурсима, културном наслеђу и животној средини (Teritorijalna agenda, 2011). Рурални простор посматра се као простор диверзификоване привреде која једино може омогућити социо-економску одрживост, тиме и стабилност миграционих кретања и демографску одрживост. Наведени циљеви подржани су разним програмима и фондовима развоја: Council of Rural Area 2000, INTERREG, ESPON, ECOVAST, LEADER, PHARE, SAPARD, CARDS, Smart village. Руралне политике у ЕУ заснивају се на побољшању пољопривредне конкурентности кроз реструктуирање породичних фарми и мјере националних политика, кредитирање, субвенције, правне, економске, еколошке и друге мјере „Заједничке аграрне политике“, те унапријеђења квалитета живота и диверзификације економије у руралним подручјима. Најновији приступи укључују информатичке технологије и савремене апликације у пружању услуга становништву и промоцији потенцијала руралних подручја кроз пројекат “Smart village” (Паметна села).

Колико се руралне средине могу прилагодити савременој економији и диверзификацији активности у руралним подручјима питање је на које одговор могу дати само комплексне анализе укупних потенцијала руралних подручја. Из праксе је видљиво да неки простори могу извршити релативно брзу трансформацију структуре економије, а други то не могу. Унутрашњи фактори (материјални, просторни и нематеријални – институционални, културни), те екстерни (глобализација, индустријализација, урбанизација, климатске промјене, природни хазарди, итд.), утичу на просторно реструктуирање, демографску мобилност, промјену стила живота, трансформацију начина производње и могу се одвијати у два различита правца: раста и стагнирања (Lu et al., 2019). У савременим условима развоја екстерни фактори су доминантни те развојно диференцирају просторно-географски врло слична подручја. Кумулативно са унутрашњим нема-

concept represents the basis for the Territorial Agenda, a crucial document for the strategic development of EU, which underlines the concept of sustainability through spatial cohesion, development of infrastructure, improvement of local capacities, networking of local action groups, branding natural and local specificities, a more responsible treatment of resources, national heritage and environment (Teritorijalna agenda, 2011). Rural areas are regarded as areas of diverse economy, which might provide socio-economic sustainability and stabilize migration and demographic sustainability. All these goals have been supported by different programs and funds as follows: Council of Rural Area 2000, INTERREG, ESPON, ECOVAST, LEADER, PHARE, SAPARD, CARDS, Smart village. EU rural policies are based on the enhancement of agricultural competition via reconstruction of family farms, measures of national policies, loans, subventions, and legal, economic and ecological measures of the “Joint agrarian policy”, improvement of life quality and diversification of rural economy. More recent approaches include information technologies and modern applications for providing services and promotion of rural potential via the “Smart village” project.

To what extent can rural areas adjust to the modern economy and diversification of activities is a question which might be answered only through complex analyses of rural potentials. There has been practical knowledge that some areas may easily transform the structure of their economy and some cannot. Internal factors (material, spatial and intangible – institutions, culture) as well as external ones (globalization, industrialization, urbanization, climate changes, natural hazards, etc.) have a great impact on spatial restructuring, demographic mobility, lifestyle change and production transformation, and there are only two final results: growth and stagnation (Lu et al., 2019). In terms of modern development, external factors are crucial and they differentiate areas which share spatial and

теријалним факторима дефинишу могућности адаптације на савремене друштвене промјене. Степен развијености и укључености у савремене развојне процесе највише се испољава кроз демографске и функционалне капацитете насеља као средишта насељености, људске активности и друштвене организације кроз чију се ефикасност и структуру испољавају и наведени фактори. Дакле, у циљу препознавања развојних потенцијала и одабира адекватних подстицајних мјера нужна је физичко-географска и насеобинска диференцијација руралних подручја. Дефинисање критеријума за издвајање насеља одређених типолошких карактеристика, представља основу за анализу демографских, функционалних и просторних карактеристика насеобинске стварности из које произлазе слабости и могућности у просторно-функционалном реорганизовању руралних подручја. Типологија насеља, као мјеста концентрације становништва и активности, у савременим условима један је од корисних инструмената за спровођење социо-економских развојних програма, односно референтни оквир за креирање националних и регионалних развојних политика (Fertner, 2012). Из тог разлога свака типологија насеља мора имати своју сврху, те се сходно томе врши одабир параметара и критеријума адекватних за одређену типологију. Динамика развојних процеса имплицира нове приступе типологијама. Различито испољавање развојних процеса у простору диференцира рурална подручја на веће и мање просторне цјелине сличних развојних карактеристика. У регионализацији ЕУ и EUROSTAT-а рурална подручја су обухваћена најнижим нивоима територијалног организовања LAU 1 и LAU 2, односно NUTS 4 и NUTS 5. То су подручја која имају густину насељености мању од 150 ст./km<sup>2</sup> и 50000 становника. Због насеобинских прилика у БиХ ови параметри су много нижих вриједности (густина насељености БиХ 2013. године 47 ст./km<sup>2</sup>). Подручја испод просјечне густине насељености, веће просјечне старости, изложена емиграционим кретањима, слабе инфраструктурне опремљености и других неповољних демографских и социо-економских показатеља обухватају половину територије БиХ те у смислу социо-економске диференцијације

geographical properties. Along with internal intangible factors, external factors define the possibility to adapt to modern social changes. The degree of development and integration in modern development processes is most evident in demographic and functional capacities of settlements, which are centers of human activity and social organization where all these factors emerge. Hence, it is crucial to design the physical-geographical differentiation of rural areas in order to recognize the development potentials and select adequate incentives. Clearly defined criteria for typological differentiation of settlements are the basis for the analyses of demographic, functional, and spatial properties of settlements crucial for the assessment of options and limitations to the spatial-functional reorganization of rural areas. The typology of settlements, which represent points where the population and activities concentrate, is a functional tool for socio-economic development programs and a referential framework for the design of national and regional development policies (Fertner, 2012). Therefore, each settlement typology must have its purpose and adequate parameters and criteria. Dynamics of development implies new approaches to typology. It is the variation of development processes in a space that differentiates rural areas into smaller and larger spatial units with similar development properties. The regionalization of the EU and EUROSTAT classifies rural areas as LAU 1 and LAU 2, i.e. NUTS 4 and NUTS 5. In other words, those are areas with the population density less than 150 people/km<sup>2</sup> and the total population fewer than 50000. Due to the current state of affairs, these parameters in B&H are much lower (In 2013, population density was 47 people/km<sup>2</sup>). Half of B&H territory includes areas affected with poor population density, aging population, emigrations, inadequate infrastructure, and other unfavorable demographic and socio-economic indicators, which is why these areas may be regarded as problem areas in terms of socio-economic differentiation of

простора и развојних процеса могу се сматрати проблемским подручјима. Подручја наведених карактеристика у Хрватској (побрдски простор Западне Славоније, Кордун, Банија, Лика и Сјеверна Далмација) сличних су физичко-географских карактеристика и антропогеографских процеса проблемским подручјима западне БиХ са којима се граниче. Ова подручја у Хрватској су у статусу тзв. подручја под посебном скрби државе са дефинисаним посебним политикама функционалне организације (Lukić, 2010). Слабо насељена депопулациона подручја која касне за просјеком националног социо-економског развоја карактеришу исток и југ Србије те дио Подриња. Посљедњих година Србија развија програм повратка младих на село. Уз помоћ државе проводи се обнова инфраструктуре и напуштених сеоских домаћинстава у циљу демографске и привредне ревитализације. Институционални систем подржава одрживост малих руралних домаћинстава која се баве непољопривредном економијом (Bogdanov, 2007). Тенденција константног ширења подручја проблемског карактера у руралном простору земаља бивше СФР Југославије, озбиљан је развојни проблем којем новонастале земље различито приступају. Поједина подручја се граниче формирајући проблемске регионе, чија је ревитализација дјелимично условљена инфраструктурним развојем и активностима у прекограничном простору, чиме је нужно потенцирање трансграничне сарадње (Мандић et al., 2018). БиХ има проблемска подручја на источној граници (Србија), западној (Хрватска) и јужној (Хрватска и Црна Гора).

За покретање развоја проблемских подручја потребан је институционални приступ и посебне мјере развојних политика успостављених на националном нивоу. Специфичност политичко-административног уређења БиХ „спушта“ мјере на ентитетске институције, иако се поједини аспекти (приступ европским развојним фондовима, увозно-извозне политике, итд.) због надлежности морају посматрати на националном нивоу. Тиме се не искључује нити маргинализује значај локалних иницијатива, покренутих на нижем нивоу административно-територијалне организације које се заснивају на локалним потенцијалима и акционим друштвеним групама које непосредно

space and development processes. In Croatia, such areas (hilly terrain of West Slavonia, Kordun, Banija, Lika, and North Dalmatia) share similar physical-geographical properties and anthropogenic processes with the bordering problem areas in west B&H. Still, the Croatian government gave them the status of areas of special state concern with clearly defined policies of functional organization (Lukić, 2010). In Serbia, poorly populated areas which are behind the average national socio-economic growth are located in east and south Serbia and parts of Podrinje. Recently, a program has been initiated to bring the young population back to the country. There are government funds to refurbish the infrastructure and abandoned farms with an aim to revitalize population and economy. Institutions support sustainability of small rural households involved in the non-agricultural economy (Bogdanov, 2007). The tendency of constant spreading of problem rural areas in former SFR Yugoslavia is a serious development issue treated from different perspectives, depending on the newly-formed country. Some areas are located along the borderline and they form problem regions, the revitalization of which is partly conditioned by infrastructure and cross-boundary activities, which is why it is pertinent to focus on cross-boundary cooperation (Мандић et al., 2018). In B&H, problem areas are located in the east (bordering with Serbia), west (bordering with Croatia) and south (bordering with Croatia and Montenegro).

In order to initiate the development of problem areas, it takes the institutional approach and specific development policies at national level. A very specific political and administrative organization of B&H “relocates” the measures to the entity levels despite the fact that some aspects (access to EU funds, export-import, etc.) must be addressed at national level. It would not minimize the relevance of local initiatives started at lower levels of administrative-territorial organization, which are based on local potentials and

дјелују на унапријеђењу просторне организације и квалитета живота, тиме и одрживости руралних заједница.

#### МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДЕ

У раду су коришћене релевантне методе географске науке. Дескриптивно-аналитичком и компаративном методом представљена је перцепција руралних подручја (Harrington & O'Donoghue, 1998; Cloke, 2006; Lukić, 2010). Карактер руралних политика посматран је кроз стратешке документе, политике и програме руралног развоја земаља ЕУ: INERREG; ESPON 2002; Територијална агенда, Заједничке аграрне политике, Паметна села и друге, те могућности њихове примјене у РС (Gnjato et al., 2012). Компаративном анализом студија случаја третираних у географској науци добијен је увид у стање руралних подручја БиХ и окружења – проблеме развојне диференцијације руралних подручја и организовања (Bogdanov, 2007; Lukić, 2010; Мандић et al., 2018; Mandić & Živković, 2014; Mandić & Delić, 2021). Теоријски погледи на референтне политике и могућности њихове примјене анализирани су из научне литературе (Fertner, 2012; Lu et al., 2019). Генетичка или развојна метода коришћена је при утврђивању карактера и праваца развојних процеса и њихових просторних посљедица на које указују резултати компаративно-статистичких анализа демографских и других показатеља из пописа становништва и студија развоја: Пописи становништва из 1961, 1991. и 2013. године, Стратегија развоја јединица локалних самоуправа РС из 2017. године, Студија „Рурални интегрални развој подручја кањона Врбаса и платоа Мањаче“ из 2009. године, Просторни план Града Бања Лука од 2011. године и Извјештај о хуманом развоју за Босну и Херцеговину за 2013. годину. Промјене у просторној дисперзији становништва и величини насеља те формирање проблемских подручја у РС (Mandić & Živković, 2014; Mandić & Delić, 2021), насеобинским процесима у простору Змијања и потенцијалима простора (Gatarić, 2012; Гатарић & Иванишевић, 2016; Гатарић, 2018; Гарић, 2018) праћене су на основу

action groups which directly improve spatial organization, life quality and sustainability of rural communities.

#### MATERIALS AND METHODS

Relevant geographical methods were used in the paper. The descriptive-analytical and comparative methods were used to represent the perception of rural areas (Harrington & O'Donoghue, 1998; Cloke, 2006; Lukić, 2010). Properties of rural policies were analyzed via strategic documents, and policies and programs of rural development of EU: INTERREG, ESPON 2002, Territorial agenda, Joint agrarian policy, Smart village, etc. and their potential application in RS was considered (Gnjato et al., 2012). The comparative analysis of geographical case studies provided an insight into the current condition of B&H rural areas – problems of differentiation and organization of rural areas (Bogdanov, 2007; Lukić, 2010; Мандић et al., 2018; Mandić & Živković, 2014; Mandić & Delić, 2021). Theoretical perspective on referential policies and their potential application were analyzed from the relevant body of work (Fertner, 2012; Lu et al., 2019). Genetic or development method was used to estimate the nature and directions of development processes and their spatial consequences as suggested by comparative-statistical analysis of demographic and other indicators from population census and development studies: 1961, 1991 and 2013 population census, 2017 Strategy of development of local self-government units in RS, 2009 study “Rural integral development of the Vrbas canyon and Manjaca plateau”, 2011 Banja Luka City spatial plan and 2013 Report on human growth for Bosnia and Herzegovina. Changes in the spatial dispersion of population and the size of settlements and formation of problem areas in RS (Mandić & Živković, 2014; Mandić & Delić, 2021), settlement processes in Zmijanje and potential of the target area (Gatarić, 2012; Гатарић & Иванишевић, 2016; Гатарић, 2018; Гарић,

званичне статистике и наведене научне литературе. Резултати анализе су синтетизовани, статистички обрађени и табеларно и картографски приказани. Предмет анализе руралног потенцијала, развојних процеса и перспективе представља простор географско-историјске области Змијање посматран кроз насеобински систем. Развојни процеси, актуелно стање насеобинских прилика, социо-економског развоја и просторно-функционалне организације анализирани су на основу статистичких показатеља и резултата теренског рада, а потенцијална валоризација компаративном анализом просторно-планске и стратешке документације, те научних истраживања (Гатарих, 2018). Компаративном анализом пописа становништва, за период 1961–2013. године, утврђена је константна депопулација са последицама у функционалном капацитету насеља, привредним активностима и слабљењу просторно-функционалних веза и односа. С обзиром да Змијање није самостална административна јединица, демографске промјене посматране су на нивоу насеља, а други показатељи развоја издвајани из јединица локалне самоуправе (ЈЛС) којима припадају. Анализом геопросторних потенцијала предложена је комплекснија валоризација посматраног простора, облици друштвеног организовања, дефинисане мјере и актери у циљу повећања активности у простору Змијања и његове демографске и функционалне ревитализације. Змијање је посматрано као егземплар у ширем простору РС сличних географских карактеристика и друштвених процеса.

## РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Простор БиХ по више критеријума је доминантно рурални (око 85 % територије). Са временом развојни процеси индустријализације и урбанизације у другој половини 20. вијека, државне реформе и иницијативе (аграрна реформа, колонизација, техничке интервенције у простору, инфраструктурна изградња), одразили су се на социо-економски развој, карактер и динамику миграција. Развојном диференцијацијом постепено су формирана просперитетнија и мање просперитетна рурална подручја.

2018) were monitored based on official statistics and cited scientific literature. Results of the analysis were synthesized, statistically processed and displayed in tables and graphs. The subject of the analysis of rural potential is the geographical-historic area of Zmijanje and its settlement system. Development processes, current state of settlement system, socio-economic development and spatial-functional organization were analyzed on the basis of statistical indicators and results of field work, whereas potential valorization was considered through comparative analysis of spatial plans and strategic documents and scientific research (Gatarich, 2018). The comparative analysis of population census (1961–2013) found a constant depopulation affecting the functional capacities of settlements, economic activities, and spatial-functional relations. Given that Zmijanje is not an independent administrative unit, demographic changes were observed at the level of settlements. Other indicators of development were singled out from their units of local self-government (LGU). The analysis of geospatial potentials suggested a more complex valorization of the target area, new forms of social organization, measures and participants, all in order to increase activities in the Zmijanje area and achieve demographic and functional revitalization. Zmijanje was observed as an example of phenomena of similar geographical properties and social processes in a wider RS space.

## RESULTS AND DISCUSSION

Several criteria suggest that B&H is a predominantly rural area (around 85 % of territory). Socio-economic development and migration dynamics were affected by the modern development processes of industrialization and urbanization in the second half of 20th century, and state reforms and initiatives (agrarian reform, colonization, technical interventions, infrastructure construction). Differentiation eventually resulted in more and less prosperous rural areas. The 1992–1995



Ратна деструкција у периоду 1992–1995. године интензивирала је већ започету атрофију дијела руралних подручја и кључни је фактор руралне депопулације. Транзицијом друштвеног система у социјалистичким земљама, тако и у БиХ, промијењена је власничка структура, организација производње и ланчане везе у систему привређивања доприносећи кризи социјалне и демографске одрживости (Mandić & Delić, 2021).

Рурална подручја БиХ 2013. године настају преко 50 % становника у око 640000 домаћинстава. Доминантност малих посједа, низак степен модернизације и тржишне оријентације, висока старост радне снаге, слаба развијеност прехранбених индустрија и либерализација увоза, неповољно утичу на социо-економску одрживост руралних подручја и низак удио пољопривреде у БДП-у БиХ (око 8 %). Према подацима Националног извјештаја о хуманом развоју у БиХ из 2013. године, БиХ увози око 50 % потребне хране, иако је екоклиматски погодна за структурирану пољопривредну производњу. Ово потврђује низак ниво искоришћености земљишног потенцијала. Наведени показатељи јасно потврђују да рурални простор не испуњава основну функцију – потребни ниво пољопривредне производње.

Анализа демографских и социо-економских показатеља развоја на нивоу ЈЛС РС, а према критеријумима Стратегије развоја локалне самоуправе у Републици Српској, потврђује развојне разлике у бројним индикаторима на основу којих се ЈЛС диференцирају на развијене, средње развијене, неразвијене и изразито неразвијене. Од укупно 64 ЈЛС карактеристике неразвијености имају 33, од чега 19 нема насеља урбаног карактера. Њихова административна средишта изузетно су малог функционалног капацитета за покретање развоја и не могу задовољити основне потребе становништва (рад, образовање, здравство, снабдјевање). На простору неразвијених и изразито неразвијених ЈЛС није се развило ни једно насеље демографског капацитета до 10000 становника, регионалног или субрегионалног значаја. Укупно заузимају 34 % површине РС,

war destruction only intensified the earlier atrophy of some rural areas and it was the key factor of rural depopulation. Transition of social systems in Socialist countries, including B&H, changed the ownership structure, organization of production and commercial chains, leading to the crisis of social and demographic sustainability (Mandić & Delić, 2021).

More than 50 % of the population lived in 640000 households in B&H in 2013. Small farms, poor modernization, lack of market orientation, aging labor force, insufficient food industry, and liberal import have a negative effect on the socio-economic sustainability of rural areas and low ration of agriculture in B&H GDP (around 8 %). According to the data of the National Report on Human Development in B&H from 2013, B&H imports about 50 % of the necessary food, although it is eco-climatically suitable for structured agricultural production. This confirms the low level of utilization of land potential. All those indicators clearly suggest that rural areas do not perform their primary role – agricultural production.

The analysis of demographic and socio-economic indicators of development at the RS LGU level conducted in line with criteria from the Strategy of development of local self-government in the Republic of Srpska corroborated growth disparities in many indicators resulting in differentiation into developed, medium developed, undeveloped and extremely undeveloped of LGU. Out of 64 LGU, 33 are undeveloped and 19 completely lack urban settlements. Their administrative centers share small functional capacities for growth initiatives and cannot meet the basic needs of the population (work, education, health care, supplies). In the territory of undeveloped and extremely undeveloped LGU, there are no settlements with the population up to 10000 that might be regionally or sub regionally relevant. These LGUs cover 34 % of RS territory, with 16 % of the total population, around 22 people/km<sup>2</sup> population

са 16 % становништва, насељености око 22 ст./km<sup>2</sup> са удјелом од 25 % насеља у гашењу (мање од 10 становника), високом стопом негативног природног прираштаја, 50 % удјела самачких и двочланих домаћинстава (Mandić & Delić, 2021) и другим социо-економским показатељима који су неповољнији од просјека РС. Неразвијена (проблемска) подручја која заостају за просјеком националног развоја, имају и неке развијене ЈЛС. То су подручја удаљена од општинског урбаног средишта и неинтегрисана у развијеније окружење. Карактерише их једноставна привредна структура, висока незапосленост, лоша инфраструктура, мала густина насељености, константна емиграција и депопулација. Змијање је примјер проблемског подручја иако је највећим дијелом смјештено на административној територији Града Бања Лука, најзначајнијег развојног средишта РС. Подручја проблемског карактера чине више од 60 % територије РС и насељава их трећина становништва. Тренд укупних демографских кретања дугорочно посматрано угрожава њихову одрживост. Хоролошка анализа система насеља РС посматраног кроз 6 нивоа централитета, заснованог на функционалном капацитету, указује на велике насеобинске разлике. У проблемским подручјима нема насеља прва два ранга централитета већ само једно урбано средиште трећег ранга. У хијерархији насеља проблемских подручја 30 средишта ЈЛС је шестог ранга централитета, од којих је већина на граници урбаности или нема урбани карактер (Mandić & Živković, 2014). Простор ових ЈЛС представља развојну периферију. Просторна дисперзија урбаних средишта периферије има малу гуштину, 1 урбано насеље на 1157 km<sup>2</sup>, док је у простору пријелазних карактеристика и развојне осовине РС (перипанонски простор) 1 урбано средиште на 827.6 km<sup>2</sup> простора. Компарацијом социо-економске развијености простора и развоја насеобинског система уочљива је њихова међусобна условљеност. Не маргинализујући утицај природно-географских фактора и чињеницу да се већина неразвијених ЈЛС налази у планинско-котлинском и субмедитеранском простору, може се закључити да развој

density, 25 % of settlements almost empty (fewer than 10 people), extremely negative birth rates, and 50 % of single or two-member households (Mandić & Delić, 2021) and other socio-economic indicators which are worse than RS average. Undeveloped (problem) areas left behind the national average still have some developed LGUs. These are areas distant from the urban municipal center and not integrated into a more developed environment. Their basic properties are simple economic structure, unemployment, poor infrastructure, small population density, constant emigration and depopulation. Zmijanje is an example of a problem area despite the fact that most of its territory is located in the city of Banja Luka territory, which is the most significant development center of RS. Problem areas make more than 60 % of RS territory and are populated by one third of the total population. Long-term demographic migrations are threatening the sustainability of problem areas. Horological analysis of the RS settlement system, observed through 6 levels of centrality based on functional capacities, indicated large settlement differences. There are no first or second ranked settlements and only one urban center is ranked third among all the problem areas. The hierarchy of settlements in problem areas suggests that 30 centers of LGUs are ranked 6 and most of them are on the verge of urbanity or are not urban at all (Mandić & Živković, 2014). The area of these LGUs represents development periphery. The spatial dispersion of peripheral urban centers is poor (1 urban settlement per 1157 km<sup>2</sup>). On the other hand, in the area of transitional properties and development axis of RS (peri-Pannonian area) there is one urban center per 827.6 km<sup>2</sup>. Comparison of socio-economic development of some space and the development of the system of settlements implies that these two are mutually conditional. Without an intent to minimize the relevance of natural-geographical factors and the fact that most undeveloped LGUs are located in highland and sub-Mediterranean

руралних подручја више зависи од близине и функционалних капацитета урбаног средишта и могућности њихове интеракције него од геопросторних потенцијала сеоских насеља и њима припадајућих територија. С тога је у изабраном примјеру простора Змијања, акценат стављен на анализу процеса у насеобинском систему.

Просторни обухват  
и карактеристике  
истраживаног простора

Просторни обухват Змијања име више тумачења од стране различитих аутора: Шабановић, Х., Скарић, В., Кочић, П., Карановић, М., Нишкановић, М., Васић, М., Микић, Ђ., Вулин, М., што је последица сложеног историјско-географског развоја, културе, административних граница и статуса који је Змијање имало у ранијим историјским периодима. У средњем вијеку је жупа Земљаник (Земуник), у турском периоду од средине 16. вијека била нахија Змијање, на прелазу 19. у 20. вијек је под аустро-угарском управом и бори се да сачува раније стечену аутономију. Иако су границе средњовјековне жупе Земљаник и нахије Змијање сличне, нису подударне, те се у историјским изворима различито наводе.

Комплексност географског положаја: смјештај у приграничном простору Турског Царства, физичко-географска сложеност и затвореност простора којим води траса римског пута од Јадрана ка Панонској низији, доминантност хришћанског православног становништва, утицала је на добијање одређеног облика аутономије укључивањем становништва у ред мартолога (хришћани у војној служби одржавања реда у пограничном простору) (Vasić, 1962) и укупну просторну организацију. Ситно сточарство и ограничени услови земљорадње утицали су на регионалну мобилност становништва и примарно обликовали насеобинске прилике у форми разбијених, углавном патронимичних насеља проистеклих из породичних задруга (Гатарих, 2018). Специфичност друштвеног положаја утицала је на формирање и очува-

areas, we may infer that development of rural areas is more dependent on the vicinity and functional capacities of urban centers than on the geospatial potentials of rural settlements and their territories. Hence, in our case study of Zmijanje, the focus is on the analysis of processes within the system of settlements.

Spatial coverage  
and properties  
of the target area

The spatial coverage of Zmijanje have been accounted for by many authors: Šabanović, H., Skarić, V., Kočić, P., Karanović, M., Niškanović, M., Vasić, M., Mikić, Đ., and Vulin, M., and the reason for different perceptions has been a complex historical-geographical situation, culture, administrative boundaries and the status of Zmijanje throughout the course of history. Back in the Middle Ages, the area was known as Zemljanik parish (Zemunik), during the Ottoman period from middle 16th century it was Zmijanje nahija, in the turn of 19th century it was under the Austro-Hungarian rule fighting for its previously won autonomy. Despite the fact that boundaries of Zemljanik parish and Zmijanje nahija were similar, they did not match completely which caused different interpretations in different historical sources.

Complexity of geographical position: location in the sub-bordering areas of the Ottoman Empire, complex physical-geographical properties and enclosed space, the Roman road connecting the Adriatic Sea and Pannonia, and the dominance of Orthodox Christian population enabled a specific form of autonomy and the population were included among martolozi (military Christians maintaining order in the bordering areas) (Vasić, 1962) and affected the spatial organization. Extensive cattle breeding and limited agrarian conditions affected the regional mobility of the population and primarily shaped the dispersed patronymic settlements originating from family farms (Гатарих, 2018). Specific

ност културног идентитета, али и промјене граница Змијања. Савремено поимање Змијања у ширем смислу, како га дефинише Петар Кочић, обухвата простор између ријеке Сане и планине Дмитор на западу, Врбаса на истоку, Бање Луке и јужних обронака планине Козаре на сјеверу и Мркоњић Града с планином Лисином и Црном ријеком на југу. Административна граница Змијања у турском периоду повремено се мијењала, па се краћи период у Змијање убраја: насеље Подрашница, простор до Млиништа и ушћа Пливе у Врбас на југу; насеља са десне обале Врбаса: Крмине, Боцац и Агино село, на сјеверу до Јакуповаца и обода планине Козаре, што представља најшире поимање Змијања. Уже поимање Змијања како га дефинише Мирослав Нишкановић чине села: Ситница, Горње Ратково, Доње Ратково, Стражице, Соколово, Дујаковци, Лусићи, Локвари и Стричићи (Нишкановић, 1978), укупне површине 219.87 km<sup>2</sup>.

Историјско-географска област Змијања постала је предмет интересовања и изучавања више истраживача почетком 20. вијека после Кочићевог говора у Босанском сабору о аграрном питању и праву сељаштва. Специфичност друштвене организације и аутентичне културе заинтересовала је познатог географа Јована Цвијића који подстиче друге истраживаче у антрополошким и етнолошким истраживањима Змијања. Један вијек касније Змијање се препознаје и развојно реферише на основу етнолошких специфичности, иако не престају савремена студиозна историјска (Микић, 2005) и антропогеографска истраживања (Гатарић, 2018).

За потребе рада, Змијање је посматрано у границама средњовјековне жупе Земљаник, најтипичнијих етнокултурних одлика Змијања, не укључујући десну обалу Врбаса и перипанонски простор на сјеверу, те у физичко-географском смислу представља компактан простор. У административном смислу до грађанског рата припадало је ЈЛС Бања Лука, Мркоњић Град, Сански Мост и Кључ. Дејтонским споразумом 1995. го-

social rank had an impact on formation and preservation of cultural identity but also on the changes in Zmijanje boundaries. The modern idea of Zmijanje, as defined by Petar Kočić, covers the area between the Sana River and the Dmitor Mountain in the west, the Vrbas River in the east, Banja Luka and southern Kozara slopes in the north, and Mrkonjić Grad, the Lisina Mountain and Crna Rijeka in the south. During the Ottoman rule, the borderline changed and Zmijanje included the following: Podrašnica, Mlinište, the mouth of the Pliva into the Vrbas in the south; settlements on the right Vrbas bank: Krmine, Bočac and Agino selo, in the north all the way to Jakupovci and the Kozara Mountain, which still is the extended perception of Zmijanje. A more narrow perception of Zmijanje was given by Miroslav Niškanović and it cover the following villages: Sitnica, Gornje Ratkovo, Donje Ratkovo, Stražice, Sokolovo, Dujakovci, Lusići, Lokvari and Stričići (Нишкановић, 1978), covering the surface of 219.87 km<sup>2</sup>.

The historic-geographical region of Zmijanje became of great interest for scientists in the early 20th century after Kočić gave speech on agrarian issues and rights of peasants at Bosanski sabor. Specific social organization and authentic culture caught the attention of Jovan Cvijić, a famous geographer, who initiated other researchers to investigate Zmijanje. A century later, Zmijanje was recognized based on ethnological specificities, even though there are pending modern studies from historic (Микић, 2005) and anthropogeographic points of view (Гатарић, 2018).

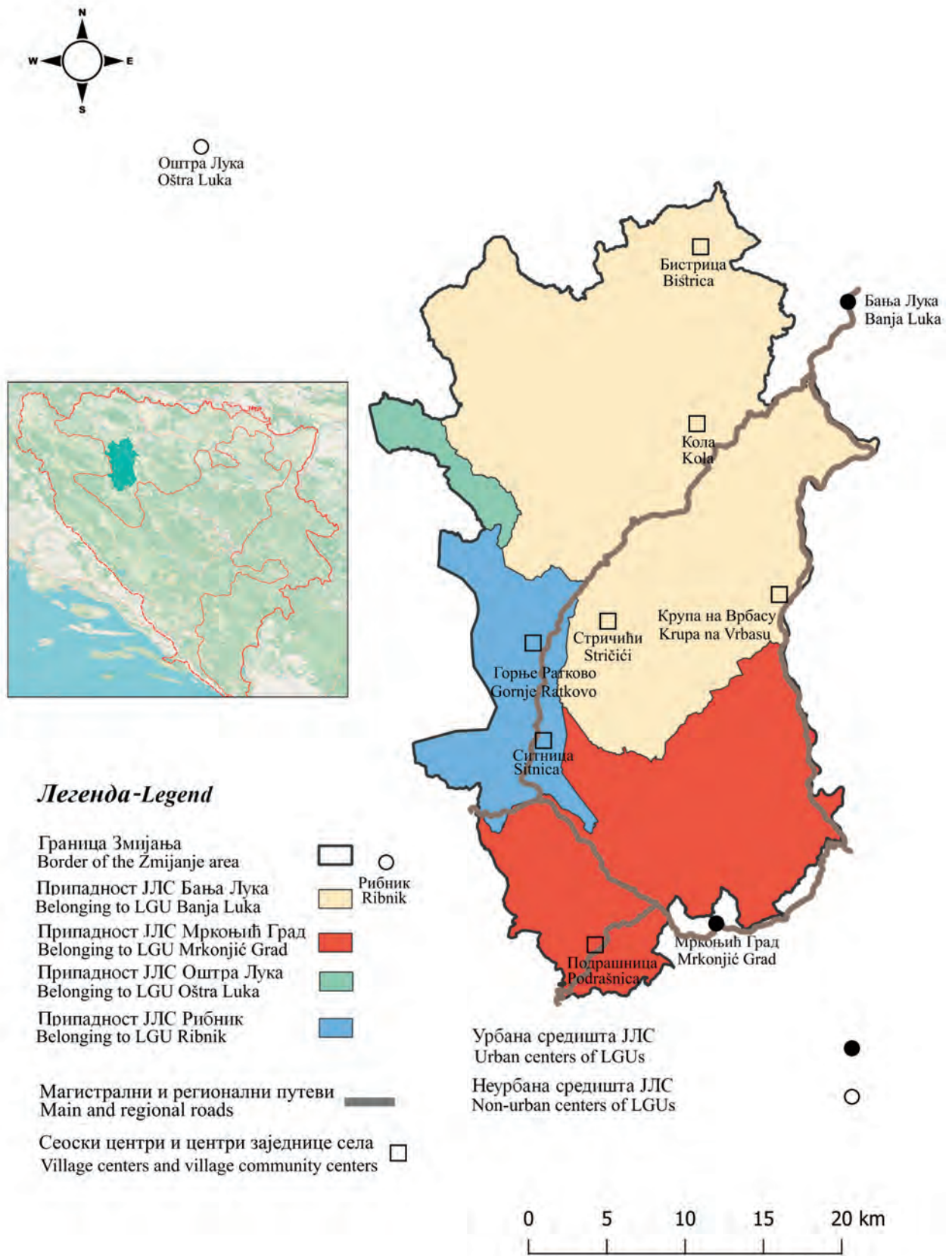
For the purpose of the paper, Zmijanje is regarded within the boundaries of medieval Zemljanik parish, and most typical ethnic and cultural properties, as a compact physical-geographical unit, without the right Vrbas bank and peri-Pannonian space in the north. From the administrative point of view, up until the civil war Zmijanje was a part of LGUs of Banja Luka, Mrkonjić Grad, Sanski Most and Ključ. The 1995 Dayton Agreement divided Zmijanje by the entity borderline.

дине је подијељено ентитетском линијом. Дио пријератне општине Кључ, са градом Кључем, ушао је у састав Федерације БиХ и припала су му насеља Змијања: Доње Ратково и Доње Соколово. Остала насеља припојена су новоформираној општини Рибник (8 насеља). Новоформираној општини Оштра Лука припала су насеља Доња Козица и Хазићи, издвојена из општине Сански Мост. Већина насеља остала је у оквиру ЈЛС Бања Лука и Мркоњић Град. У ширем смислу Змијање обухвата 47 насеља укупне површине 1092.72 km<sup>2</sup> (простор у РС) те је у раду посматрано као јединствена планска регија, руралног проблемског карактера (Сл. 1 и Таб. 1).

У појединим сегментима ЈЛС којима Змијање припада посматране су у цјелини јер развој простора овиси од укупних потенцијала и развојних иницијатива припадајућих ЈЛС. Историјско-географска област Змијања заузима сјеверозападни дио РС. Дио је ширег простора западне Босне (Босанска крајина) који у физичко-географском смислу карактерише сложена морфофизиономија крашких облика рељефа, специфично кретање воде и хидролошки феномени, структура биосистема и релативна оскудност обрадивог земљишта произашлих из геолошке грађе и надморске висине простора. Природни услови дефинисали су структуру пољопривредне производње са тежиштем на сточарству, углавном ситном, те мањем броју пољопривредних култура. Природно-географска условљеност и сложеност историјско-географског развоја, који је у простору потврђен бројним остацима материјалне културе из свих историјских периода, дефинишу Змијање простором специфичног географског идентитета. У физичко-географском смислу, Змијање је област која се простире на планини и платоу Мањача и Перипанонском ободу. Са југа и истока окружена је планинама динарског система вишим од Мањаче која представља средишњи простор Змијања. Планина Мањача пружа се у правцу сјевер – југ дужином 18 km и најимпозантнија је просторна цјелина Змијања.

Parts of the earlier pre-war Ključ municipality, including Ključ town now belonged to the B&H Federation with the following settlements of Zmijanje: Donje Ratkovo and Donje Sokolovo. Other settlements belonged to the newly-formed municipality of Ribnik (8 settlements). The newly-formed municipality of Oštra Luka covered the settlements of Donja Kozica and Hazići, former parts of Sanski Most municipality. Most settlements remained parts of Banja Luka and Mrkonjić Grad LGUs. In a broader sense, Zmijanje covers 47 settlements and 1092.72 km<sup>2</sup> (territory in RS) and the paper observed it as a unique planning region and a rural problem area. (Fig. 1 and Tab. 1).

Some segments of LGUs of which Zmijanje is a part, were observed as a whole because the development of the area depends on the total potentials and development initiatives of their LGUs. The historic-geographical area of Zmijanje covers north-west parts of RS. It is a part of a wider region of west Bosnia (Bosanska krajina), which is physically-geographically characterized by complex morpho physiognomy of karst relief, specific water flows, hydrological phenomena, biosystem structure and relatively poor arable soil resulting from the geological background and altitude. It was the natural conditions that defined the structure of agricultural production focusing on cattle breeding and few types of crops. Zmijanje is defined as an area of specific geographical identity due to natural and geographical conditions and complex historic and geographical development, the traces of which might be found in different remains of intangible heritage from all historic periods. In physical and geographical points of view, Zmijanje is an area covering Manjača mountain and plateau and peri-Pannonian rim. In the south and east, it is surrounded by Dinaric Mountains higher than Manjača, which represents the central Zmijanje space. The Manjača Mountain stretches in north-south direction 18 km long and is the largest spatial unit of Zmijanje.



Сл 1. Административно-територијална и просторно-функционална организација Змијања  
Fig. 1. Administrative-territorial and spatial-functional organization of Zmijanje

Рељеф Змијања је брдски и брдско-планински и изграђен је од доломитско-кречњачких стијена. Због геолошке грађе и ерозивних процеса формирани су крашки облици рељефа (шкрапе, вртаче, јаме, пећине, крашка поља). Тла су плитка, дубине неколико центиметара. Најнижа тачка у проучаваном простору је уз ријеку Бањица (335 m), а највиша је врх Велика Мањаћа (1239 m). Клима има прелазне карактеристике умјерено-континенталне и планинске климе, са довољно атмосферских падавина релативно равномјерно распоређених у току године и доста снијега зими чија висина повремено узрокује прекид у саобраћајном комуницирању. Геолошка грађа условљава слабо развијену површинску мрежу водотокова и честу несташицу воде. Наведени фактори физичко-географске средине утицали су на насеобинску организацију, структуру и обим пољопривредне производње.

Смјештај између Јадранског мора и Панонске низије утицао је на континуитет транзитности Змијања још од римског периода. Посматрани простор је касно укључен у мрежу савремених саобраћајница, тек крајем 20. вијека, а нека сеоска насеља су међусобно саобраћајно повезана тек у 21. вијеку што је један од фактора просторне дисперзије и иселјавања становништва.

Демографске и насеобинске  
карактеристике истраживаног  
простора

Обзиром на природне услове и константан демографски раст, простор Змијања и његовог окружења био је аграрно пренасељен почетком 20. вијека. Континуирани губитак становништва почиње у Другом свјетском рату и наставља се послје рата колонизацијом у Војводину, каснијим планским иселјавањем, радним миграцијама према већим урбаним средиштима и иностранству. У периоду 1945–1948. године, у оквиру аграрне реформе и колонизације Војводине, са простора Змијања и Босанске Краји-

The hilly and mountain relief of Zmijanje is composed of dolomite and limestone rocks. The geological forms and erosion resulted in the karst relief (funnel-shaped holes, cracks, cavities, caves, karst fields). The soil is shallow, only a few centimeters deep. The lowest point within the target area is next to the Banjica River (335 m), and the highest point is the Velika Manjača peak (1239 m). Climate is transitional and it varies from moderate-continental to mountain climate. Precipitation is sufficient and relatively well-distributed all year long, and large amounts of snow may cause traffic interruptions in the winter. Geological forms caused poorly elaborate surface water stream networks and frequent disturbance of water supplies. All these physical-geographical factors affected the organization of settlements, and the structure and quantity of agricultural production.

The location between the Adriatic Sea and Pannonia has had a large impact on the transit communication at Zmijanje ever since the Roman period. It was only in the late 20th century that the observed area was included in the traffic network, with some villages waiting until the 21st century, which is one of the factors of spatial dispersion and population emigration.

Demographic  
and settlement properties  
of the target area

Given the natural conditions and constant demographic growth, Zmijanje and its neighboring areas were overcrowded in the early 20 century from the agrarian point of view. A continuous population decline started in WWII and continued after the war when most of the population left to Vojvodina as a part of a planned labor emigration to larger urban centers and foreign countries. During the 1945–1948 periods, 8259 households from Zmijanje and Bosanska Krajina were displaced due to the

не исељено је 8259 домаћинстава. Планским исељавањем због формирања војног полигона Мањача (1957–1975) исељено је готово 5000 становника и угашена су насеља Радманићи и Шљивно, и дијелови насеља Добрња и Вилуси (Гатарић, 2018). У процесу динамичне индустријализације и урбанизације БиХ 60-их и 70-их година прошлог вијека, на простору Змијања није се развило ниједно урбано насеље. Због просторне удаљености и слабе саобраћајне повезаности са најближим урбаним средиштима (Бања Лука, Мркоњић Град, Кључ и Сански Мост) изостали су њихови позитивни развојни утицаји (Сл. 1). Административно-територијална реорганизација БиХ крајем 60-их година 20. вијека довела је до укрупњавања ЈЛС. Насеља Змијања (Крупа на Врбасу) и непосредног окружења (Бронзани Мајдан, Бараћи) изгубила су административну функцију те су смањена и улагања у њихов развој. Њихово функционално слабљење посредно је утицало на поједина насеља Змијања. У недостатку развојног средишта социо-економско преструктурирање становништва одвијало се исељавањем. Динамична деаграризација и дерурализација манифестују се у сенилизацији, смањеној привредној активности и појави социјалног угара, те заостајањем у укупном развоју. Посматрани простор, у односу на просјек БиХ, релативно касно је интегрисан у савремене развојне процесе, што потврђује успорена динамика електрификације која је у појединим насељима завршена крајем 80-их година. Саобраћајну инфраструктуру углавном су чинили макадамски путеви. Саобраћајна доступност била је значајан фактор социо-економског развоја и праваца и карактера миграција становништва које су доминантно дивергентне (Гатарић & Иванишевић, 2016). Територијално разрјеђивање у мрежи насеља имало је негативне посљедице по демографски, социо-економски и просторни развој (Gatarić, 2012).

agrarian reform and Vojvodina colonization. During the construction of the Manjača military training grounds (1957–1975), almost 5000 people were displaced, ending in complete shutdown of Radmanići and Šljivno and partial shutdown of Dobrnja and Vilusi settlements (Gatarić, 2018). Not a single urban settlement was founded in Zmijanje during the dynamic processes of industrialization and urbanization of B&H in the 1960s and 1970s. The spatial distance and poor traffic connections with the nearest urban centers (Banja Luka, Mrkonjić Grad, Ključ, Sanski Most) stopped the positive development effects of those processes (Fig. 1). The administrative-territorial reorganization of B&H in the late 1960s resulted in the merging of LGUs. Settlements of Zmijanje (Krupa na Vrbasu) and the direct vicinity (Bronzani Majdan, Baraći) lost their administrative functions and the investments declined. The deterioration of functions indirectly affected some settlements. Given that there was no development center, the socio-economic restructuring inferred the population displacement. The dynamic deagrarianization and deruralization were manifested through population aging, decreased commercial activities, and occurrence of social fallow and stagnation of development. When compared to the B&H average, the target area was relatively late in terms of integration in modern development processes, which was evident from the slow dynamics of electrical installation that did not end until late 1980s in some villages. The road infrastructure mostly consisted of macadam roads. Traffic communications were a pertinent factor of socio-economic development and population migrations which were predominantly divergent (Gatarić & Иванишевић, 2016). Territorial dilution of the network of settlements has a negative impact on demographic, socio-economic and spatial development (Gatarić, 2012).



МИРА МАНДИЋ, ДРАГИЦА ДЕЛИЋ И БОЈАН ГАРИЋ  
MIRA MANDIĆ, DRAGICA DELIĆ AND BOJAN GARIĆ

Таб. 1. Административно-територијална организација и насељеност простора Змијања 2013. године  
Tab. 1. Administrative-territorial organization and population of Zmijanje area in 2013

Јединица локалне самоуправе / Local self-government unit	Насеље / Settlement	Број насеља и удио (%) у укупном броју насеља / Number of settlements and share (%) in the total number of settlements	Број становника и удио (%) у укупном броју становника / Number of inhabitants and share (%) in the total number of inhabitants	Просјечна величина насеља / Average size of the settlement
Бања Лука / Banja Luka	Бистрица, Борковићи, Вилуси, Голеша, Добрња, Дујаковци, Зеленци, Кмећани, Кола, Кола Доња, Крупа на Врбасу, Локвари, Лусићи, Мелина, Обровац, Павићи, Перван Горњи, Перван Доњи, Рекавице, Стричићи, Суботица, Чокори, Шљивно, Радманићи / Bistrica, Borkovići, Vilusi, Goleši, Dobrnja, Dujakovci, Zelenci, Kmećani, Kola, Kola Donja, Krupa na Vrbasu, Lokvari, Lusići, Melina, Obrovac, Pavići, Pervan Gornji, Pervan Donji, Rekavice, Stričići, Subotica, Čokori, Šljivno, Radmanići	24 51 %	10434 66.2 %	434.7
Мркоњић Град / Mrkonjić Grad	Горњи Граци, Густовара, Дабрац, Доњи Граци, Дубица, Котор, Ораховљани Подбрдо, Подрашница, Ступари, Сурјан, Тријебово, Шеховци / Gornji Graci, Gustovara, Dabrac, Donji Graci, Dubica, Kotor, Orahovljani Podbrdo, Podrašnica, Stupari, Surjan, Trijebovo, Šehovci	13 27.6 %	3954 25.1 %	304.1
Рибник / Ribnik	Горње Ратково, Горње Соколово, Доње Ратково, Љубине, Ситница, Стражице, Чађавица, Доње Соколово / Gornje Ratkovo, Gornje Sokolovo, Donje Ratkovo, Ljubine, Sitnica, Stražice, Čađavica, Donje Sokolovo	8 17.2 %	1102 7.0 %	137.5
Оштра Лука / Oštra Luka	Доња Козица, Хазиићи / Donja Kozica, Hazići	2 4.2 %	265 1.7 %	132.5

Грађански рат 1992–1995. године оставио је велике посљедице у физичкој деструкцији и демографском егзодусу простора Змијања. Насеља Доње Ратково и Горње и Доње Соколово имала су највећи обим иселавања становништва, подијељена су ентитетском линијом при чему је Доње Соколово остало без становништва. Слични процеси карактеришу и дио насеља непосредног окружења, као и много шири простор западне БиХ, па заједно са Змијањем чине проблемску регију која се обзиром на географску структуру и генезу развојних проблема може третирати сличним мјерама и интегрално. Студија „Рурални интегрални приступ развоја подручја кањона Врбаса и платоа Мањаче“ обједињује ЈЛС Бању Луку, Мркоњић Град и Рибник у комплекснијем приступу ревитализацији, али се споро имплементира.

Компаративна анализа мреже насеља указује да највише насеља припада ЈЛС Бања Лука. Ова насеља су веће просјечне величине од других насеља (око просјека РС). Од укупно 40 типично руралних насеља ЈЛС Бања Лука 24 насеља припадају простору Змијања. Укупно обухватају 571.74 km<sup>2</sup> или 52.3 % површине Змијања и 66.2 % становништва. Остале три ЈЛС са 47.7 % површине, имају већи удио у броју насеља Змијања него у становништву (Таб. 1). Имају уситњену мрежу насеља из које произлази ограничен функционални капацитет. По дефинисаним критеријумима развијености ЈЛС РС, Бања Лука и Мркоњић Град спадају у развијене. Рибник је неразвијена, а Оштра Лука изразито неразвијена локална заједница. Немају насеља урбаног карактера што представља ограничавајући фактор њиховог развоја. Припадност историјско-географске области Змијања ЈЛС различитог степена развијености диференцира могућности ревитализације. Друштвени процеси покренути унутрашњим и вањским факторима кумулативно су испољени константном депопулацијом и слабљењем мреже насеља (Таб. 2).

The 1992–1995 Civil war left huge consequences through physical devastation and demographic exodus from the Zmijanje area. Settlements of Donje Ratkovo and Gornje and Donje Sokolovo suffered the largest decrease in population as the entity borderline completely left Donje Sokolovo without its inhabitants. Similar processes occurred in other settlements, as well as in a wider area of west B&H, which makes the region, along with Zmijanje, a problem area in terms of geographical issues and development problems that must be treated by joint measures. The “Rural integral approach to development of the Vrbas canyon and Manjača plateau” study covers LGUs of Banja Luka, Mrkonjić Grad and Ribnik and represents a complex integral approach to revitalization. Yet, the implementation of the study is very slow.

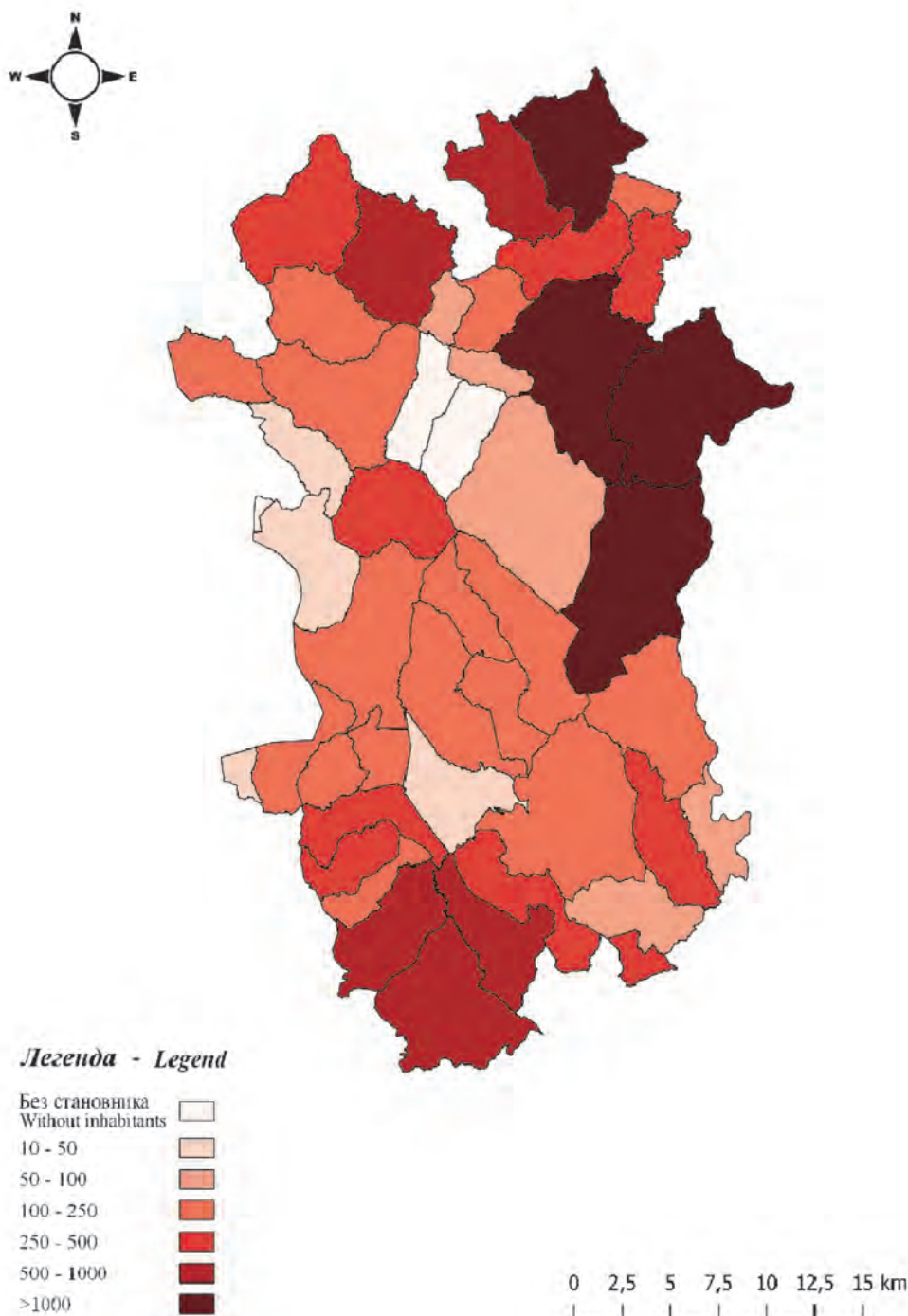
A comparative analysis of the network of settlements suggests that most settlements belong to the Banja Luka LGU. These settlements are on average larger than other settlements (around the RS average). Out of 40 typically rural settlements in the Banja Luka LGU, 24 belong to the Zmijanje area. These settlements cover the surface of 571.74 km<sup>2</sup> or 52.3 % of Zmijanje surface and include 66.2 % of total Zmijanje population. Other three LGUs cover 47.7 % of the territory and share a larger ratio in the number of settlements in comparison with the population (Tab. 1). The network of settlements is dispersed, which further narrows the functional capacities. In line with the defined criteria of development of LGUs in RS, Banja Luka and Mrkonjić Grad are considered well-developed. Ribnik is undeveloped, and Oštra Luka is an extremely undeveloped LGU. There are no urban settlements, which complicates the development. The fact that the historic-geographical area of Zmijanje shares different levels of development complicates any options for revitalization. Social processes triggered by internal and external factors are cumulatively evident in constant depopulation and deterioration of the network of settlements (Tab. 2).

Таб. 2. Промјене у просјечној величини насеља и броју становника Змијања у периоду 1961–2013.  
 Tab. 2. Changes in the average size of the settlement and the number of inhabitants in the Zmijanje area in the period 1961–2013

Година / Year	Насеља без становника / Settlements without inhabitants	11–50 становника / inhabitants	51–100 становника / inhabitants	101–250 становника / inhabitants	251–500 становника / inhabitants	501–1000 становника / inhabitants	>1001 становника / inhabitants	Укупан број становника / Total number of inhabitants	Просјечна величина насеља / Average size of the settlement
1961.	0	0	0	1	8	16	22	52233	1111
1991.	2	0	1	10	13	13	8	29167	620
2013.	3	4	5	16	10	5	4	15755	335

Демографски максимум простор Змијања је имао 1961. године (45 насеља), а само два насеља 1991. године (насеља Котор и Чађавица). На попису 2013. године сва насеља су у депопулацији која је износила 54 % демографског капацитета 1991. године, односно 69.9 % мање становништва у односу на 1961. годину. Депопулација се одразила на промјене у величини насеља. Преко 1000 становника имала су 1961. године 22 насеља (46.8 %), а 2013. године само 4 насеља (8.5 %). У односу на просјек РС Змијање има мање угашених и патуљастих насеља, али су насеља мање просјечне величине (Сл. 2). Мрежа доминантно примарних села није се развила у систем са довољно сеоских центара и центара заједнице села. Доминира разбијени тип ниско-планинских и средње-планинских села што отежава успостављање инфраструктуре и ефикасније просторно-функционалне организације. Доминантност малих насеља величине до 250 становника, мала густина насељености (14.4 ст./km<sup>2</sup>), те велики удио старе популације, ограничавајући су фактори демографске одрживости и ревитализације простора. На простору ужег Змијања удио младе популације у 2013. години је 11.3 %, а старе 34 %. Величином преко 1000 становника издвајају се насеља Бистрица, Кола, Крупа, на Врбасу и Рекавице у чему велику улогу има њихов саобраћајно-географски положај.

Zmijanje reached its demographic maximum in 1961 (45 settlements), and had only two settlements in 1991 (Kotor and Čađavica). The 2013 population census showed that all the settlements were suffering from depopulation (54 % of demographic capacities in 1991 or 69.9 % fewer inhabitants when compared to 1961). Depopulation also affected the settlement size. In 1961, 22 settlements covered more than 1000 people (46.8 %) and in 2013 it was only 4 settlements (8.5 %). In comparison with the RS average values, Zmijanje has less tiny and deserted settlements, but these settlements are under the average size (Fig. 2). The network of dominantly primary villages did not grow into a system that might have enough central villages and country communities. The dispersed low-highland and mean-highland village types are predominant, which disables the construction of infrastructure and the design of a more efficient spatial-functional organization. Other limiting factors to demographic sustainability and revitalization are small settlements up to 250 inhabitants, poor population density (14.4 people/km<sup>2</sup>), and a large ratio of the aging people. The narrow Zmijanje area had the young population ratio of 11.3 % in 2013, and the ratio of the old population was 34 %. Settlements of Bistrica, Kola, Krupa na Vrbasu and Rekavice had a population larger than 1000 due to their favorable transitional position.



Сл. 2. Просторни обухват Змијања и величина насеља  
 Fig. 2. Spatial coverage of Zmijanje and the size of the settlement

Змијање посматрано у ужем смислу (10 насеља) или његово просторно језгро има највећу депопулацију: 9825 становника 1961. године, а 1177 становника 2013. године, у чијој основи су примарни социо-економски разлози. Густина насељености износи само 5.3 ст./км<sup>2</sup>. Низак

The core area of Zmijanje (10 settlements) suffered the largest depopulation: 9825 people in 1961 and 1177 people in 2013, caused primarily by socio-economic circumstances. Population density is only 5.3 people/km<sup>2</sup>. Poor infrastructure and inadequate invest-

степен инфраструктурних и других улагања у посматрани простор довео је до формирања проблемске регије у дијелу западне Крајине која је много шира од посматраног простора и ЈЛС којима припада. С обзиром на то да значајнијих инфраструктурних улагања није било у постпописном периоду, процес емиграције становништва је настављен, што демографске прилике и одрживост чине још неповољнијим.

Сточарство (значајан удио трансхумансе) је доминатна грана привреде која је у континуираном опадању. Социо-економској одрживости Змијања нужно су потребни нови извори прихода. Диверзификација сеоске (руралне) привреде у пракси се најефикасније одвија развојем туристичке понуде (Teritorijalna agenda, 2011) кад постоје природно-географске и културно-историјске претпоставке које Змијање поседује, али тек у почетним облицима валоризације. Мала насељеност, наглашена старост становништва и неповољна образовна структура чине основне препреке осавремењавању структуре привреде. Потенцијална ревитализација могућа је кроз већи степен самоорганизовања локалне заједнице као што су задруге различитог типа (сточарске и воћарске производње, пчеларства, произвођача млијека, итд.). Укључивање интересних група локалне средине: завичајна удружења, планинари, спелеолози, удружења за заштиту животне средине, спортски клубови, фолклорна, ловачка и друга друштва, могу допринијети туристичкој промоцији и развоју туризма. Због вишедеценијског одласка на рад у иностранство, много је повратника старије доби са различитим животним навикама, искуствима, значајним средствима и контактима који представљају значајну основу за покретање туризма и различитих облика приватног предузетништва. Иако је етнокултура (обичаји, змијањски вез, народни сабори) основна културна одредница Змијања, углавном се практикује кроз културну манифестацију „Кочићеви дани“ и не доприноси значајније покретању културног, едукативног, сеоског и других облика туризма. Појединачни примјери одржавања и презентовања етнокултуре („Кочићево огњиште“ у Стричићима, „Змијањска кућа“ у Ситници) имају етномузејски карактер. Комплекснијом валоризацијом и промоцијом

ments made the area a problem region located in west Krajina, which is a wider space than our target area and LGUs mentioned. Given the lack of large investments in the post-census period, the process of population emigration continued and demography and sustainability became even more threatened.

Stock breeding (a large ratio of transhumance) is a dominant branch of the economy which keeps declining. New income sources are vital for the socio-economic sustainability of Zmijanje. Diversification of rural economy is practically most efficient when the tourist offers increases (Teritorijalna agenda, 2011) and when there are natural-geographical and cultural-historic foundations. These actually exist in the Zmijanje area but valorization is still at the starting point. Small population density, aging and poor education are primary backsets to modernization of the economy. Potential revitalization is attainable through a larger degree of self-organization of the local community (different types of cooperatives: stock-breeders, bee-keepers, fruit-growing, milk farms, etc.). Tourist promotion development might be encouraged through the engagement of local interest groups: hikers, cavers, environmentalists, sport clubs, folklore clubs, hunters, etc. Decades of diaspora emigration resulted in many old inhabitants returning to Zmijanje, who share different habits, experiences, funds and contacts and who may be initiators for different types of small businesses and tourist activities. Even though ethnocultural (customs, Zmijanje embroidery, folk gatherings) is the primary cultural determinant of Zmijanje it is mostly capitalized on through the “Kočićeви dani” local even and does not trigger cultural, educational, country, or any other type of tourism. Individual examples of presentation of ethnocultural („Kočićevo ognjište” in Stričići, “Zmijanjska kuća” in Sitnica) are more of museum exhibitions. A more complex valorization and promotion of cultural and historic heritage: Zmijanje embroidery (intangible UNESCO heritage), traditional crafts, monu-

културно-историјског наслеђа, змијањског веза (нематеријална баштина на листи UNESCO-а), традиционалних заната, споменика, језика и личности могуће је организовати различите тематске радионице, манифестације, такмичења, школе у природи (Гарић, 2019). Разноликост природне основе погодује излетничком туризму, оснивању кампова, вожњи бицикла, јахању, зимском туризму и различитим спортско-рекреативним активностима. Комплекснија туристичка понуда укључила би сеоска домаћинства обједињавајући пољопривреду, традиционалне занате и кућну радиност са угоститељством и смјештајем туриста и тиме подржала социо-економску и демографску одрживост простора. Једини активни облици туристичке валоризације, осим активности посвећених књижевнику и народном трибуну Петру Кочићу, је излетнички туризам (камп Велика Грета у Лусићима, језеро Мањача, Мачкића камен и пећина у Доњем Раткову, Рекавице и рекреативни центар на Чокорским пољима). Крупа на Врбасу туристички је најперспективније насеље Змијања (средњовјековни манастир, воденице, ексклузивно викенд насеље). Почетна туристичка валоризација је парцијална и углавном резултат индивидуалних иницијатива.

Туристичка организација Града Бања Лука не укључује Змијање у туристичку понуду. Изузетак је манифестација „Кочићев збор“ коју посјети 40000–50000 посјетилаца, углавном поријеклом са Змијања. Туристичка валоризација римских споменика, средњовјековних градина и некропола, цркава, пећина и очуваних пејсажа у потпуности је изостала. Иако регистровано, културно наслеђе Змијања није довољно заштићено и промовисано. Развојна агенција Града Бања Лука вреднује само дио Мањачког платоа с вјештачким језером као туристичко-рекреативним комплексом, али га не интегрише са локалном заједницом у циљу одрживости руралног подручја. Ограничавајући фактор туристичке валоризације и очувања животне средине представљају активности на војном полигону „Мањача“.

Слаба саобраћајна повезаност и отежано водоснабјевање насеља и потенцијалних туристичких локалитета отежавају могућност

ments, language and important people, might be organized in thematic workshops, manifestations, competitions and schools in nature (Гарић, 2019). The diversity of natural background is favorable for excursion tourism, different camps, cycling, back-riding, winter tourism, and other recreational activities. An elaborate tourist offer might include country households, which could join agriculture, traditional crafts, board and lodging in order to improve socio-economic and demographic sustainability of the area. Apart from activities dedicated to a famous author Petar Kočić, there is only excursion tourism (Velika Greda camp in Lusići, the Manjača Lake, Mačkića kamen, Donje Ratkovo cave, Rekavice and Čokorska polja recreation center). Krupa na Vrbasu is the most promising settlement of Zmijanje from the tourism point of view (medieval monastery, mills, a deluxe weekend settlement). The initial tourist valorization has been partial and was initiated mostly by enthusiastic individuals.

The tourist organization of the Banja Luka city does not include Zmijanje in its tourist offer. An exception is “Kočićev zbor”, an event visited by 40000–50000 people, mostly from Zmijanje. The tourist valorization of Roman monuments, medieval buildings and necropolis, churches, caves and preserved scenery is completely neglected. Despite the fact that it is registered, the cultural heritage of Zmijanje is not adequately protected and promoted. The Development Agency of the city of Banja Luka only registered a part of Manjača plateau and an artificial lake as a tourist and recreational complex but they did not integrate it with the local community in order to achieve sustainability of the rural area. Activities at the “Manjača” military training ground are yet another limiting factor to tourist valorization and environment protection.

Poor roads and difficult water supply infrastructure further complicate any tourist valorization and functional integration with the surrounding areas. The 411 Čađavica – Banja

туристичке валоризације, покретање привредних активности и функционално интегрисање с окружењем. Регионални пут 411 Чађавица – Бања Лука са одвајањима за Мркоњић Град и Кључ од виталног је значаја за интегрисање простора Змијања и његову транзитност. Ова траса спаја Панонску низију и приморје, те Змијање има могућност укључивања у транзитни туризам. Само насеља уз регионалне саобраћајнице које повезују Бању Луку, Шипово, Рибник, Босански Петровац и Дрвар имају редован јавни превоз. Мрежа друштвене инфраструктуре (основне школе и амбуланте) је у атрофији због депопулације и укупних социо-економских прилика што се додатно негативно одражава на демографску одрживост. У мрежи насеља доминирају села примарног карактера. Мали број је насеља која би могла бити микроразвојни нуклеуси (Гатарих, 2018). Због саобраћајног положаја и постојеће друштвене инфраструктуре Бистрица, Кола, Крупа на Врбасу, Ситница, Стричићи, Горње Ратково и Подрашница у функцији су сеоских центара и центара заједнице села. Да би успјешно остваривали функцију микроразвојних нуклеуса неопходна је подршка разним мјерама на локалном, регионалном и ентитетском нивоу (економске, социјалне, правне, кадровске, инфраструктурне), те саобраћајно интегрисање са гравитирајућим насељима.

С аспекта планирања, Град Бања Лука, за разлику од других ЈЛС којима Змијање припада, има најкомплекснију просторно-планску документацију и стратегије развоја, препознаје поједине потенцијале Змијања, али не конкретизује њихово стављање у функцију развоја и потребне претпоставке, већ су интервенције парцијалне. Примарна функција простора, пољопривреда, није подржана комплексним мјерама које би подигле производњу на виши ниво и омогућиле снабдјевање урбаног тржишта Бање Луке на обострану корист. Поједина насеља имају значајан агропотенцијал, механизацију и облике друштвеног организовања (Доњи и Горњи Граци, Подрашница). У најтежем положају су насеља Доња Козица и Хаџићи, јер административно

Luka regional road with an exit to Mrkonjić Grad and Ključ is vital for the integration and transit role of Zmijanje. This road connects the Pannonia and the Adriatic coast, which makes it an opportunity for Zmijanje to be a part of transit tourism. Only settlements located along regional roads to Banja Luka, Šipovo, Ribnik, Bosanski Petrovac and Drvar have regular public transportation. The social infrastructure network (primary schools, dispensary) is atrophic due to depopulation and socio-economic circumstances, all of which negatively affects demographic sustainability. Primary type of villages dominates the settlements network. There are only few settlements which might be classified as development micro-nuclei (Гатарих, 2018). Due to their road position and the existing social infrastructure, Bistrica, Kola, Krupa na Vrbasu, Sitnica, Stričići, Gornje Ratkovo and Podrašnica function as central villages and central communities. In order to successfully perform the function of development micro-nuclei, it is vital for these settlements to get support via different local, regional and entity measures (economic, social, legal, human resources, infrastructure) and to be integrated with their central settlements via roads.

From the spatial planning point of view, the city of Banja Luka, unlike other LGUs to which Zmijanje belongs, has the most complex spatial-planning documentation and development strategies. The city does recognize the potential of Zmijanje but it does not do anything to capitalize on the resources and use them for the area's growth. There are only partial activities. Agriculture, a primary function of the area, is not supported by adequate measures that might boost the production and enable supplies for the urban Banja Luka market to mutual satisfaction. There are settlements with large agro potentials, machines and tools and forms of social organization (Donji and Gornji Graci, Podrašnica). Donja Kozica and Hadžići are at the most difficult position because they are

припадају изразито неразвијеној ЈЛС Оштра Лука, функционално и инфраструктурно неинтегрисана са простором посматраним у раду. Окружују их насеља сличних развојних карактеристика.

### ЗАКЉУЧАК

Приступу социо-економском, политичком и културном поимању значаја руралних подручја у простору бивше СФРЈ посљедњих седам деценија манифестовали су се у развоју и организацији руралног простора и друштва из чега је произашао и карактер укупне трансформације. Примјењивани су различити модели организовања руралног друштва од руског социјалистичког средином 20. вијека до западноевропских модела без аналитичког приступа могућностима адаптације и очекиваних развојних ефеката примјењених мјера (формирање сеоских задруга, национализација, колективизација, аграрна реформа, колонизација, земљишни максимум, тржишна оријентација, диверзификација руралне привреде). Кроз наведене фазе трансформације, углавном с негативним посљедицама, прошао је и простор Змијања. У колективној свијести рурална подручја су углавном посматрана као простор архаичног начина живота и привређивања, антрополошки и етнокултуролошки социјални простор нужне модернизације, оријентисане ка урбаном као референтној тачки, на основу које се одређује степен позитивне трансформације и развоја. У том смислу Змијање се третира као традиционални и неразвијен простор. „Питање како се рурално конструише постало је важније од питања шта је рурално“ (Harrington & O, Donoghue, 1998, стр. 180), па у пракси има различите социо-економске, инфраструктурне, функционалне, организационе и друге карактеристике од земље до земље овисно о степену развоја. Дакле, руралност је социјални конструкт (Cloke, 2006). У савременим условима перцепција руралног, као простора слободе, одмора и здравог начина живота, повећава његову привлачност и туристичку валоризацију омогућавајући диверзификацију привреде. Промјена социјалног конструкта и перцепције погодности

administrative parts of an extremely undeveloped Oštra Luka LGU, which is spatially and functionally disintegrated from our target area. These two settlements are surrounded by villages of similar development issues.

### CONCLUSION

Studies of socio-economic, political and cultural perception of rural areas in former SFR Yugoslavia over the last seven decades resulted in development and organization of rural space and society and ended in the complete transformation. Different models of organization of rural society have been applied, ranging from the Russian Socialist model in mid-20th century to west European models with no analytical approach to adaptation and no expected growth effects resulting from the applied measures (village cooperatives, nationalization, collectivization, agrarian reforms, colonization, soil maximum ownership, market orientation, and diversification of rural economy). Zmijanje went through all these phases of transformation, suffering from mostly negative consequences. The collective idea of rural areas is an archaic space, anthropologically and ethno-culturally social space urgent to be modernized and urban-oriented, upon which the level of positive transformation and development is determined. In this regard, Zmijanje is treated as a traditional and undeveloped area. „The question of how to construct rural has become more important than the question of what is rural at first place” (Harrington & O, Donoghue, 1998, pp. 180), so there are practically different socio-economic, infrastructural, functional, organizational and other properties depending on the country and the level of development. Rurality is a social construct (Cloke, 2006). In the modern age, the perception of rural space as a space of freedom, leisure, and healthy lifestyle makes it more appealing and results in tourist valorization, which enables the diversification of the economy. Shifts in social construct and



живота у руралним подручјима последица су проживљених вањских фактора (индустријализације, урбанизације, глобализације, контроле урбаног друштва, еколошких ризика, COVID-а, потребе за миром, итд.) и надвладавају његове недостатке. Савремене технологије све више оријентишу поједине професије на рад на даљину што руралним подручјима отвара нове могућности. Може се закључити да је перцепција руралних подручја последица друштвених процеса и односа према животним вриједностима. С тога се на одређеном степену економског, социјалног и културног развоја мијења однос према значају руралног простора и његова просторна и друштвена организација.

У промијењеној перцепцији руралног и одговорнијем односу према геопотенцијалима руралног простора и становништву које га настањује је и перспектива потенцијалне ревитализације проблемских подручја РС укључујући и Змијање. Ефекти развоја овисе о приступу валоризацији, вредновању геопотенцијала и покретању активности, те одражавају просторно-функционалну и социјалну организацију, у коначном могућност одрживости. Мјере ревитализације морају бити комплексне, системске, институционално подржане и брзе због динамике депопулације и потенцијалних ризика по вриједност постојећих геосистема на којима се заснива могућност развоја. Од изузетне је важности да покренуте активности доринесе свим аспектима одрживости руралног простора и друштва. У супротном рурални простор би само добио функцију одмора од урбане презасићености. Демографске карактеристике и процеси, неизграђеност инфраструктуре и маргинализација значаја изучаваног простора представљају највећа развојна ограничења. Објективно сагледавање предности (очувана животна средина и екосистеми, култура и традиција, мали број насеља без становника, релативна близина највећег развојног средишта РС, комплексност потенцијалне валоризације простора, различита удружења, бројна дијаспора која је у сталном контакту са простором Змијања) чине солидну основу за покретање разних активности и диверзификацију привреде у циљу

perception of commodities in rural areas are consequences of external factors (industrialization, urbanization, globalization, urban society control, ecological risks, COVID, time for leisure, etc.) and they overcome the shortcomings of space. Modern technologies are more and more oriented towards distant working, which open new possibilities for rural areas. We may infer that the perception of rural areas is a consequence of social processes and treatment of some life values. Therefore, the perception of rural space, its relevance and spatial and social organization change as humanity achieves a specific level of economic, social and cultural development.

The options for potential revitalization of problem areas in RS, including Zmijanje, lies in the altered perception of the rural and a more responsible treatment of geopotentials and population of rural areas. Development effects depend on the approach to valorization of geopotential and the initiative of different activities, and they reflect the spatial-functional and social organization, and, finally, the sustainability. Measures of revitalization must be complex, systemic, supported by institutions, and fast due to dynamics of depopulation and potential risks in terms of the existing geosystems upon which the future development is based. It is extremely important that activities make a contribution to all aspects of sustainability of rural space and society. Otherwise, rural space would only become leisure time and a break from urban overcrowding. Demographic characteristics and processes, poor infrastructure and marginalization of the target area are the greatest limitations to development. A solid foundation for different activities and diversification of economy with an aim to achieve socio-economic and demographic sustainability lies in the objective perception of advantages (preserved environment and ecosystems, culture and tradition, few completely deserted settlements, relative vicinity of the largest center of RS, complex potential valorization of the area, different associations

социо-економске и демографске одрживости. Институционална подршка упућена младима на селу, малом подузетништву у пољопривреди, занатској производњи и туризму, за које постоје реалне претпоставке, поставља се као нужност. Улагања у саобраћајну инфраструктуру доприносе дневној мобилности становништва и задовољавању основних животних потреба те су приоритетног значаја. Издвајање и стимулисање локалних центара, као носилаца функционалне организације и услуга у посматраном простору, нужан је корак у развоју ЈЛС и заустављању процеса депопулације подручја Змијања. У раду издвојени локални центри немају потребни потенцијал за властиту дугорочну одрживост те ни покретања развоја насеља која им гравитирају. С тога је потребно брзо дјеловање „прелазним мјерама“ до успостављања њихове снажније функционалне и инфраструктурне основе. У условима слабе насељености, недостатка радних мјеста и неразвијене инфраструктуре нужни су нови облици функционалног организовања (мобилне службе услуга у здравству, култури, снабдјевању, рад на даљину, покретање малог предузетништва, интегрисање заинтересованих друштвених група, јавног и приватног сектора) што се поставља као задатак институцијама ЈЛС. Наведене аспекте требало би узети у обзир приликом доношења развојних стратегија ревитализације Змијања и других проблемских подручја.

and diaspora who keep constant contact with Zmijanje). Institutional support for the young people in the country, as well as for the small entrepreneurs, crafts and tourism is a necessity. Investments in road infrastructure contribute to daily population mobility and meet the basic needs, which is why they are a priority. Loans and incentives for local centers, which are carriers of functional organization and services in the target area, are crucial for the development of LGUs and the blockage of the process of depopulation in Zmijanje. The paper singles out local centers which have no potential for long term self-sustainability and development of settlements to which they are central points. Therefore, it is pertinent to act quickly with some “transitional measures” until a stronger functional and infrastructural foundations are set. Under the conditions of poor population density, lack of job vacancies and inadequate infrastructure, new forms of functional organization are necessary (mobile services in the fields of health care, culture, supplies, distance working, small entrepreneurship, integration of social groups, public and private sectors), which is a task set before the institutions of LGUs. All these aspects should be taken into account while adopting development strategies for the revitalization of Zmijanje and other problem areas.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Bogdanov, N. (2007). *Mala ruralna domaćinstva u Srbiji i ruralna nepoljoprivredna ekonomija*. Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije. UNDP.
- Cloke, P. (2006). Conceptualizing rurality. In P. Cloke, T. Mardsen, & P. Mooney (Eds.), *Handbook of Rural Studies* (pp. 18–28). London, United Kingdom: SAGE. <https://dx.doi.org/10.4135/9781848608016.n2>
- Fertner, C. (2012). Downscaling European urban-rural typologies. *Geografisk Tidsskrift-Danish Journal of Geography*, 112(1), 77–83. <https://doi.org/10.1080/00167223.2012.707805>
- Гарић, Б. (2019). Елементи културног наслеђа Змијања у функцији развоја туризма. У Ј. Лукић (Ур.), *Zbornik radova 12. Naučno-stručne konferencija Studenti u susret nauci – StES 2019* (стр. 25–44). Univerzitet u Banjoj Luci; Studentski parlament Univerziteta u Banjoj Luci. <https://doi.org/10.7251/STESPN1219025G>
- Gatarić, D. (2012). Spatial and demographic changes in the settlement network of Zmijanje. *Bulletin Of The Serbian Geographical Society*, 92(2), 153–162. <https://doi.org/10.2298/GSGD1202153G>
- Гатарић, Д. (2018). *Насеља Змијања – Антропогеографска проучавања*. Географски факултет. Универзитет у Београду.

- Гатарих, Д., & Иванишевић, М. (2016). Конвенгентне и дивергентне дневне миграције становништва Змијања. *Демографија*, 13, 139–144.
- Gnjato, R., Popović, S., Popović, G., & Trbić, G. (2012). Sustainable Rural Development and Environment of Republika Srpska. *Гласник/Herald*, 15, 53–79. <https://doi.org/10.7251/HER1115053G>
- Harrington, V., & O'Donoghue, D. (1998). Rurality in England and Wales 1991: a replication and extension of the 1981 rurality index. *Sociologia Ruralis*, 38(2), 178–203. <https://doi.org/10.1111/1467-9523.00071>
- Li, Y., Westlund, H., & Liu, Y. (2019). Why some rural areas decline while some others not: An overview of rural evolution in the world. *Journal of Rural Studies*, 68, 135–143. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2019.03.003>
- Lukić, A. (2010). О теоријским приступима руралном простору. *Хрватски географски гласник*, 72(2), 49–75. <https://doi.org/10.21861/hgg.2010.72.02.03>
- Mandić, M., & Delić, D. (2021). Development problems and differentiation of rural areas of the Republic of Srpska. *Geopolitics and Ecogeodynamics of regions*, 7(3), 228–238. <https://doi.org/10.37279/2309-7663>
- Mandić, M., & Živković, M. (2014). Problematic areas of the Republic of Srpska within the context of demographic changes. *Zbornik Matice srpske za društvene nauke*, 148, 767–776. <https://doi.org/10.2298/ZMSDN1448767M>
- Мандић, М., Живковић, М., & Папић, Д. (2018). Диференијација руралног простора Босне и Херцеговине у контексту одрживости руралних геосистема у условима климатских промјена. *Скуп*, 9(1), 38–54. <https://doi.org/10.7251/SKP180901039M>
- Микић, Ђ. (2005). *Нахија Змијање*. Историјски институт.
- Нишкановић, М. (1978). Прилог проучавању становништва Змијања, О пореклу становништва Горњег и Доњег Раткова и Стражица. *Гласник Земалског музеја у Босни и Херцеговини, Нова серија – Етнологија*, 33, 15–16.
- Територијална agenda Европске уније до 2020. године. (2011). Инженјерска комора Србије, Матична секција планера.
- Vasić, M. (1962). Етничка кретања у Босанској Крајини у XVI вијеку. *Годишњак Друштва историčара Босне и Херцеговине*, XIII, 233–249.

## ГРАФИЧКО ДИЗАЈНИРАЊЕ ВОЈНЕ ТОПОГРАФСКЕ КАРТЕ РАЗМЕРА 1:25000

Марија Стојановић<sup>1</sup>, Марко Симић<sup>1</sup> и Драгољуб Секуловић<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Војногеографски институт „Генерал Стеван Бошковић“, Београд, Србија

<sup>2</sup>Универзитет „Унион – Никола Тесла“, Факултет за пословне студије и право, Београд, Србија

**Сажетак:** Дизајнирање и картирање представљају веома важан део рада у области развоја картографије. Топографска карта (ТК) је графички приказ у размери, који приказује хоризонталне и вертикалне топографске карактеристике неког дела Земљине површине, систематски уцртана на равну површину. Користи се за представљање карактеристика земљишта у погледу рељефа, хидрографије, вегетације, насељених места и комуникација и имају најразличитију примену од информисања и оријентације до многих других сфера људског деловања. Најширу примену у Србији има војна топографска карта размера 1:25000 (ТК25). Карту чине четири категорије елемената: математички, географски, допунски и елементи оформљења карте. У раду су обрађени ови сегменти, а нарочито физичко-географски и друштвено-географски елементи карте: када се дају, у којој мери, на који начин и визуелно приказани како изгледају на ТК наведене размере.

**Кључне речи:** дизајнирање, топографска карта, садржај карте, графичко представљање.

Review scientific paper

## GRAPHIC DESIGN OF MILITARY TOPOGRAPHIC MAPS SCALE 1:25000

Marija Stojanović<sup>1</sup>, Marko Simić<sup>1</sup> and Dragoljub Sekulović<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Institute of Military Geography “General Stevan Bošković”, Belgrade, Serbia

<sup>2</sup>University “Union – Nikola Tesla”, Faculty of Business Studies and Law, Belgrade, Serbia

**Abstract:** Designing and mapping represent a very important part of work in the field of cartography development. A topographic map (TM) is a scaled graphic representation that shows the horizontal and vertical topographic features of a part of the Earth’s surface, systematically drawn on a flat surface. It is used to represent the features of the land in terms of contour, hydrography, vegetation, settlements, and communications and has a wide variety of applications from information and orientation to many other spheres of human activity. The military topographic map with a scale of 1:25000 (TM25) is the most widely used in Serbia. The map is made up of four categories of elements: mathematical, geographical, supplementary, and map design elements. These segments, especially the physical-geographical and social-geographical elements of the map, are processed in the paper: when they are given, to what extent, in what way, and visually shown how they look on the TM of the specified scale.

**Key words:** design, topographic map, map content, graphic representation.

\* Аутор за кореспонденцију: Драгољуб Секуловић, Универзитет „Унион – Никола Тесла“ у Београду, Факултет за пословне студије и право, Јурија Гагарина 149А, 11070 Београд, Србија, Е-mail: sekulovicdr@yahoo.co.uk

\* Corresponding author: Dragoljub Sekulović, “Union – Nikola Tesla” University in Belgrade, Faculty of Business Studies and Law, Jurija Gagarina 149A, 11070 Belgrade, Serbia, E-mail: sekulovicdr@yahoo.co.uk

## УВОД

У савременом друштву суштина картографије се променила. Из науке о стварању и коришћењу карата постепено се трансформише у темељну науку о методама представљања, моделовања, истраживања и спознавања околног простора. Због чињенице да се наука о картографији променила, променио се и предмет картографије, укључујући облик интеракције с корисником. Картографија се усредсређује на приказивање и визуелну перцепцију околног простора кроз картографско дело у облику фигуративно-симболичког метричког модела. Метрички модел фигуративног знака је карта која је информативни производ и има низ корисних својстава и функција (Banković et al., 2021). Дизајнирање и картирање веома је важан део рада у области развоја картографије. Топографска картографија развија систем ТК чији је предмет моделовање хидрографије, природног изгледа – рељефа, покривености – вегетацијског покривача, комуникативности, насељености, привредне активности (приказ привредних објеката), као и међусобног односа елемената садржаја топографског простора.

Карте се користе на различите начине у зависности од сврхе и задатака који се реализују њиховим коришћењем. Такви задаци се могу реализовати на различитим нивоима перцепције карте. Корисник примењује различите менталне операције, добијајући информације које се односе на локацију објеката, њихове атрибуте и просторну ситуацију (Żyszkowska, 2017). Најширу примену имају ТК25, које приказују хоризонталне и вертикалне топографске карактеристике неког дела Земљине површине, систематски уцртане на равну површину. Користе се за приказивање природних и културних карактеристика одређеног подручја, као што су рељеф, хидрографија, вегетација, комуникације, насељена места. Могу се користити у разне сврхе, као што су планирање и управљање инфраструктуром, праћење ресурса, експлоатација, демографска анализа, рекреативне активности и војно планирање (Kent & Hopfstock, 2018). Карту чине четири групе

## INTRODUCTION

In modern society, the essence of cartography has changed. From the science of creating and using maps, it gradually transforms into a fundamental science of methods of representation, modeling, research, and knowledge of the surrounding space. Because the science of cartography has changed, the subject of cartography, including the form of interaction with the user, has also changed. Cartography focuses on the presentation and visual perception of the surrounding space through a cartographic work in the form of a figurative-symbolic metric model. The metric model of a figurative sign is a map that is an informational product and has several useful properties and functions (Banković et al., 2021). Designing and mapping is a very important part of the work in the field of cartography development. Topographic cartography develops a TM system, the subject of which is the modeling of hydrography, natural appearance – contour, coverage – vegetation cover, communication, population, economic activity (display of economic objects), as well as the mutual relationship of the elements of the content of the topographic space.

Maps are used in different ways depending on the purpose and tasks that are realized by using them. Such tasks can be realized at different levels of map perception. The user applies various mental operations, obtaining information related to the location of objects, their attributes, and their spatial situation (Żyszkowska, 2017). The most widely used is TM25, which shows horizontal and vertical topographic features of a part of the Earth's surface, systematically drawn on a flat surface. They are used to show the natural and cultural characteristics of a certain area, such as contours, hydrography, vegetation, communications, and settlements. They can be used for a variety of purposes, such as infrastructure planning and management, resource monitoring, exploitation, demographic analysis, recreational activities, and military planning (Kent & Hopfstock, 2018). The map consists of four groups of elements: mathe-

елемената: математички, географски, допунски и елементи оформљења карте. Није могуће представити све елементе стварности који се налазе на одређеном подручју које се картира, те је приликом конструисања карте неопходно дефинисати критеријуме на основу којих ће се вршити одабир елемената који ће бити представљени на карти, односно неопходно је применити картографско генералисање. Картографско генералисање је стваралачки процес уопштавања, који се примењује при пројектовању и састављању садржаја ТК. Обухвата проучавање географске средине, систематизацију географских података, процену с обзиром на тип, намену и размер карте, одабирање или обједињавање и њихово графичко приказивање, уз већи или мањи степен упрошћавања (Sekulović & Drobñjak, 2013). Приликом генерализације користе се класична средства генералисања као што су селекција, поједностављење, агрегација или померање, и њима се директно манипулише елементима на карти (Bereuter & Weibel, 2017).

Добро дизајнирана карта повезана је с њеном способношћу да прикаже односе који чине семантичка својства (метричка, тополошка и естетска) приказаног подручја (Blana & Tsoulos, 2022). ТК је сложен приказ, а њен основни садржај су географски елементи карте који се у зависности од намене карте и размере приказују у одређеној мери. Радом су обрађени физичко-географски и друштвено-географски елементи ТК 1:25000: када се дају, у којој мери, на који начин и визуелно приказани како изгледају.

#### МАТЕМАТИЧКИ ЕЛЕМЕНТИ КАРТЕ

Математички елементи карте обухватају картографску пројекцију у којој је израђена карта, размер карте и геодетску основу. Картографска пројекција је математичка могућност да се сферна површина Земље прикаже на равнот површини, односно карти, у датој размери (Markoski, 2018). Она одређује прелаз од површине елипсоида на раван, дајући истовремено

mathematical, geographical, supplementary, and map design elements. It is not possible to present all the elements of reality that are located in a certain area that is being mapped, so when constructing the map it is necessary to define the criteria based on which the elements that will be presented on the map will be selected, it is necessary to apply cartographic generalization. Cartographic generalization is a creative process, which is applied when designing and compiling the contents of TM. It includes the study of the geographic environment, the systematization of geographic data, the assessment concerning the type, purpose, and scale of the map, selection or unification, and their graphic display, with a greater or lesser degree of simplification (Sekulović & Drobñjak, 2013). When generalizing, classic means of generalization such as selection, simplification, aggregation, or displacement are being used, and they directly manipulate the elements on the map (Bereuter & Weibel, 2017).

A well-designed map is related to its ability to show the relationships that make up the semantic properties (metric, topological, and aesthetic) of the displayed area (Blana & Tsoulos, 2022). TM is a complex representation, and its basic content are the geographical elements of the map, which, depending on the purpose of the map and scale, are displayed to a certain extent. The physical-geographical and social-geographical elements of TM 1:25000 are processed in the paper: when they are given, to what extent, in what way, and visually shown how they look.

#### MATHEMATICAL ELEMENTS OF THE MAP

The mathematical elements of the map include the cartographic projection in which the map was created, the scale of the map, and the geodetic base. Cartographic projection is the mathematical possibility to show the spherical surface of the Earth on a flat surface, i.e. a map, on a given scale (Markoski, 2018). It determines the transition from the surface of the ellipsoid to the plane surface, giv-

закон распореда при том насталих деформација. Изражава аналитичку зависност између координата тачака на Земљином елипсоиду и равни и тиме детерминише обавезан редослед радова у рачунању и конструкцији математичке основе карте, изражене одговарајућим системом координатних линија. Таква координатна мрежа је обавезна основа сваке карте (Peterca et al., 1974). Размер представља однос дужине на карти и одређене хоризонталне дужине у простору, изражава се нумерички као релација броја 1 и броја који означава колико пута су елементи из природе умањени, да би се приказали на карти (Ivanov, 2018). Главни размер очуван је само у тачки, линији или линијама нултих деформација. По њему се конструише размерник и означава се у редакцијским елементима карте.

ТК издања Војногеографског института (ВГИ) у Београду израђују се у конформној Универзалној Трансферзалној Меркаторовој (UTM) пројекцији меридијанских зона. Ова пројекција се стандардно користи за састављање ТК широм света. Представља модификацију претходно развијене Гаус-Кригерове пројекције, с фиксном размером од 0.9996 на средњим меридијанима у шестостепеним зонама пројекције (Peđzich, 2015).

Координатни систем је дефинисан именом, јединицама које користи, смером и редоследом оса, а чини скуп условљених фиксних линија које служе за једнозначно одређивање положаја тачке на некој равни, математички задатој кривој површи или у простору уопште. Основне карактеристике UTM координатног система су шестостепенске дужинске зоне; суседне зоне се преклапају у појасу од 400000 m; као мерна јединица користи се метар; условна вредност апсцисе (екватора) је за северну хемисферу 0 m, а за јужну 10000000 m, тако да све апсцисе имају позитивну вредност; условна вредност ордината је 500000 m, тако да све ординате имају позитивну вредност; правоугле координате се јединствено одређују за све зоне. Формуле за трансформацију координата из једне зоне у другу су јединствене и конвергенција меридијана не прелази 5° (Sekulović et al., 2010). Циљ система обележавања површина и тачака

ing at the same time the law of distribution of the resulting deformations. It expresses the analytical dependence between the coordinates of the points on the Earth's ellipsoid and the plane surface and there by determines the mandatory sequence of works in the calculation and construction of the mathematical basis of the map, expressed by the appropriate system of coordinate lines. Such a coordinate network is the mandatory basis of every map (Peterca et al., 1974). The scale represents the ratio of the length on the map and certain horizontal lengths in space, it is expressed numerically as the ratio of the number 1 and the number that indicates how many times elements from nature are reduced to be displayed on the map (Ivanov, 2018). The main scale is preserved only in the point, line, or lines of zero deformations. According to it, the scale is constructed and marked in the editorial elements of the map.

TM published by the Military Geographical Institute (MGI) in Belgrade are made in conformal Universal Transfer Mercator (UTM) projection of meridian zones. This projection is used as a standard for the compilation of TM all over the world. It represents a modification of the previously developed Gauss-Krieger projection, with a fixed scale of 0.9996 on the intermediate meridians in the six-degree projection zones (Peđzich, 2015).

The coordinate system is defined by the name, the units it uses, the direction and order of the axis, and it forms a set of conditioned fixed lines that serve to unambiguously determine the position of a point on a plane, mathematically defined curved surface, or in space in general. The basic characteristics of the UTM coordinate system are six-degree longitude zones; neighboring zones overlap in a zone of 400000 m; the meter is used as a unit of measurement; the conditional value of the abscissa (equator) is 0 m for the northern hemisphere, and 10000000 m for the southern hemisphere, so that all abscissas have a positive value; the conditional value of the ordinate is 500000 m so that all ordinates have a positive value; rectangular coordinates are determined uniquely for all zones. Formulas for transforming coordinates from one zone to another are unique and the meridian convergence

јесте да омогући једнозначно обележавање ма које површине или тачке на целој Земљи, искључујући свако описно објашњавање где се та тачка налази. Овај систем идентификације мреже представља стандард који се примењује на свим војним картама чланица НАТО (North Atlantic Treaty Organisation) (Talhofer et al., 2021). Систем садржи три степена обележавања. Први и други степен означавају површине, а трећи положај тачака унутар тих површина.

Геодетску основу чине тачке државне триангулације свих редова, полигонометријске тачке, репери геометријског нивелмана и тачке одређене глобалним позиционим системом (ГПС). Апсолутне висине се односе на средњи ниво Јадранског мора, одређен према мареографу у Трсту.

#### ПРИКАЗ ГЕОГРАФСКИХ ЕЛЕМЕНАТА НА ТК25

Картографски дизајн може се сматрати начином комуникације. Карте представљају средство за документовање и објашњавање наших искустава, као и за представљање и преношење одређеног погледа на свет на корисника карте (Roth, 2021). Такође, представља најкомплекснији аспект картографије и за циљ има да све елементе карте представи кориснику као целину (Ahnlén, 2017). На конструисање и обликовање карте утичу односи научно-технолошких, техничких и ликовних карактеристика. Картографски дизајн доприноси естетском квалитету карте и богатству у погледу садржаја, односно количини информација које се преносе картом и њиховом тачношћу.

Основни садржај карте чине њени географски чиниоци. Заступљени су у целини на ТК и зависно од размере и намене карте зависи у којој мери ће бити приказани. У географске чиноце спадају математичко, физичко и друштвено-географски елементи. У физичко-географске сврставају се хидрографија, рељеф и вегетација, а у друштвено-географске комуникације, насељена места, објекти и географски називи. Приказ географских података зависи од размере

does not exceed 5° (Sekulović et al., 2010). The goal of the surface and point marking system is to enable unambiguous marking of any surface or point on the entire Earth, excluding any descriptive explanation of where that point is located. This grid identification system is the standard used on all military maps of NATO (North Atlantic Treaty Organisation) members (Talhofer et al., 2021). The system contains three marking levels. The first and second degrees indicate surfaces, and the third is the position of points within those surfaces.

The geodetic basis consists of state triangulation points of all orders, polygonometric points, geometric leveling rapiers and points determined by the global positioning system (GPS). Absolute heights refer to the mean level of the Adriatic Sea, determined according to the tide gauge in Trieste.

#### DISPLAY OF GEOGRAPHIC ELEMENTS AT TM25

Cartographic design can be considered as a way of communication. Maps are a means of documenting and explaining our experiences, as well as representing and conveying a certain worldview to the user of the map (Roth, 2021). Also, it represents the most complex aspect of cartography and aims to present all map elements to the user as a whole (Ahnlén, 2017). The construction and design of the map are influenced by the relations of scientific-technological, technical, and artistic characteristics. Cartographic design contributes to the aesthetic quality of the map, and richness in terms of content, i.e. the amount of information conveyed by the map and its accuracy.

The basic content of the map consists of its geographical factors. They are represented in their entirety on TM and depending on the scale and purpose of the map, it depends on the extent to which they will be displayed. Geographic factors include mathematical, physical, and social-geographical elements. Hydrography, contour and vegetation are classified as physical-geographical, and communications, settlements, objects, and geographical names are classified as social-geographical elements. The display of geographic



карте. Адаптација детаљног скупа података за представљање у мањим размерама назива се генерализација карте. Генералисање је нужно, јер за разлику од атрибутских података који су присутни само у бази података, симболија и визуелно присутни елементи директно преузети с размере 1:25000 могу до те мере да оптерете карту 1:50000 да постане практично неупотребљива с аспекта штампаног производа. Зато, неопходна је редукација и додатно уобличавање садржаја како би одштампани лист карте као и визуални приказ имали одговарајућу употребну вредност (Marković et al., 2014). Сврха генерализације је да се направи добра ТК, у којој се балансирају захтеви за тачност, садржај информација и читљивост.

### Хидрографија

Хидрографска мрежа је важан елемент природног пејзажа и значајан је елемент садржаја сваке ТК. Приказ хидрографских објеката заснива се на линеарном знаку, који омогућава да се на карти прикаже локација, величина и облик ових објеката. Под хидрографијом подразумевају се сви објекти који садрже воду или имају за циљ коришћење и снабдевање водом. Ту спадају: мора, језера, реке, канали, баре, рибњаци, локве, мочваре, потоци, извори, бунари, црпке, водоводи, чесме и др., као и објекти који су изграђени за пловидбене, економске и друге сврхе. Због тога је представљање ових објеката веома значајно.

Да би се лакше изучавала хидрографија и њен приказ у картографији, хидрографски елементи су подељени у три групе: објекти за водоснабдевање, водени токови и водене површине са свим припадајућим елементима. Под објектима за водоснабдевање подразумевају се сви они објекти из којих се добија вода за пиће (чесме, извори, бунари), они у којима се сакупља површинска вода (цистерне, резервоари, басени) и оне којима се вода преноси на неку удаљеност (црпке, водоводи, тунели за воду, аквадукти). Приказивање извора и бунара зависи од њихове важности. У водом богатим подручјима и у насељима важни су

data depends on the scale of the map. Adapting a detailed data set to represent it at a smaller scale is called map generalization. Generalization is necessary because, unlike attribute data that is only present in the database, symbology and visually present elements taken directly from the 1:25000 scale can overload the 1:50000 map to such an extent that it becomes practically unusable from the point of view of the printed product. Therefore, reduction and additional formatting of the content is necessary so that the printed map sheet, as well as the visual representation, have an appropriate use value (Marković et al., 2014). The purpose of generalization is to make a good TM, in which the requirements for accuracy, information content, and readability are balanced.

### Hydrography

The hydrographic network is an important element of the natural landscape and it is a significant element of the content of each TM. The display of hydrographic objects is based on a linear sign, which allows the location, size, and shape of these objects to be displayed on the map. Hydrography refers to all objects that contain water or have the purpose of using and supplying water. These include seas, lakes, rivers, canals, ponds, puddles, swamps, streams, springs, wells, pumps, water pipes, fountains, etc., as well as objects that were built for navigation, economic and other purposes. That is why the presentation of these objects is very important.

To facilitate the study of hydrography and its presentation in cartography, hydrographic elements are divided into three groups: water supply facilities, water courses, and water surfaces with all associated elements. Water supply facilities include all those facilities from which drinking water is obtained (fountains, springs, wells), those in which surface water is collected (cisterns, reservoirs, basins), and those through which water is transported over a certain distance (pumps, water pipes, water tunnels, aqueducts). The display of springs and wells depends on their importance. In water-rich areas and settlements, public wells and those where

јавни бунари и они на којима се трајно мери водостај подземне воде, као и бунари изван насеља јер су добри оријентирни. У крајевима оскудним водом, нпр. красу, од значаја је сваки извор или бунар (Lovrić, 1986). Суви водотоци (сушице) и подземни водотоци приказују се испрекиданом линијом како би се нагласила њихова повременост (Сл. 1).

Под текућим водама или воденим токовима се подразумевају хидрографски елементи као што су потоци, реке, канали, рукавци. На ТК25 се приказују све текуће воде чија је дужина већа од 250 m, односно у крајевима који су сиромашнији водом и краћи токови или када представљају препреку, односно када се на њима јасније изражавају карактеристични морфолошки облици терена. На ТК 1:25000 реке и канали који су ужи од 5 m приказују се једном, пуном (стални токови) или испрекиданом (токови повремено без воде) линијом плаве боје.

the groundwater level is permanently measured are important, as well as wells outside the settlements because they are good landmarks. In areas with scarce water, every source or well is important (Lovrić, 1986). Dry watercourses (droughts) and underground watercourses are shown with a broken line to emphasize their occasionality (Fig. 1).

Flowing waters or watercourses mean hydrographic elements such as streams, rivers, canals, and backwaters. TM25 shows all flowing waters whose length is greater than 250 m, i.e. in regions with poorer water and shorter flows or when they represent an obstacle, i.e. when they more clearly express the characteristic morphological forms of the terrain. On 1:25000 TM, rivers and canals that are narrower than 5 m are shown with a single, solid (permanent flows) or broken (flows occasionally without water) blue line.



Сл. 1. Хидрографски елементи на карти ТК25 НК34-6/4-1-3 Бујковац (Војногеографски институт, 2017а)

Fig. 1. Hydrographic elements on map TM25 NK34-6/4-1-3 Бујковац (Војногеографски институт, 2017а)

Реке и канали који су ширине од 5 m до 10 m приказују се дуплом линијом, док се реке и канали који су шири од 10 m дају у размери, као полигон. У овом случају, реке и канали исцрта-

Rivers and canals that are 5 m to 10 m wide are shown with a double line, while rivers and canals that are wider than 10 m are given to scale, as a polygon. In this case, rivers and canals

вају се обалом реке/канала, а кроз средину реке се даје хидрографска линија. У стајаће воде или водене површине спадају: мора, језера, баре, локве, мочваре, рибањаци. Као основа за њихово представљање користи се обална линија. Под обалном линијом се подразумева линија по којој се непосредно додирује копно и вода. У зависности да ли се ради о стајаћим водама насталим природним путем или дејством човека, обална линија се представља по средњем, односно највишем водостају.

Језера се представљају тако да се са карте могу добити информације о облику, величини, дубини и разуђености обала. Слично као код водених токова, код сталних језера обалска линија се даје пуном, а код периодичних испрекиданом линијом. Локве и баре на ТК представљају се без детаља о дубини (Љешевић & Бакрач, 2013). Крајњи изглед водених површина на карти је реалан приказ из природе, полигон светло плаве боје, уоквирен тамно плавом обалском линијом, чију је површину могуће измерити са карте.

#### Рељеф

Сагледавање квантитативних и квалитативних особина земљишта с ТК класичан је начин процене и представља озбиљан и дуготрајан посао, чији резултати искључиво зависе од искуства и знања о ТК и њеној намени. Рељеф је скуп неравнина на површини Земље. У географији се за његово проучавање и картирање користе два модела: топографски, који рељеф посматра као површину, и геоморфолошки, који ову површину представља као дељиву на форме (Самсонов, 2011). За разлику од већине других елемената садржаја општих географских и топографских карата, њега карактеришу не дводимензионалност, већ тродимензионалност слике. Игра светлости и сенке на површини Земље, промена њене висине и стрмине (нагиба) стварни су, видљиви и могу се пренети у облику слике помоћу графике. Ту настаје проблем репродукције неправилности, који се састоји у тражењу визуелног ефекта тродимензионалности на равној слици (Востокова et al., 2002). Између ових модела

are drawn along the bank of the river/canal, and a hydrographic line is given through the middle of the river. Standing water or water bodies include seas, lakes, puddles, swamps, and ponds. The coastal line is used as the basis for their representation. The coastline is the line along which land and water directly touch. Depending on whether it is stagnant water created naturally or by human action, the coastline is represented by the middle or by the highest water level.

Lakes are presented in such a way that information on the shape, size, depth, and spread of the shores can be obtained from the map. Similar to the case of water courses, for permanent lakes the shoreline is given as a solid line, and for periodic lakes as a dotted line. Puddles and ponds on TM are presented without details about the depth (Љешевић & Бакрач, 2013). The final appearance of the water surfaces on the map is a realistic representation of nature, a light blue polygon, framed by a dark blue coastline, the surface of which can be measured from the map.

#### Contour

Observing the quantitative and qualitative properties of terrain with TM is a classic method of assessment and represents a serious and long-term job, the results of which depend exclusively on experience and knowledge about TM and its purpose. Contour is a set of bumps on the Earth's surface. In geography, two models are used for its study and mapping: topographic, which considers contour as a surface, and geomorphological, which presents this surface as divisible into forms (Самсонов, 2011). Unlike most other elements of the content of general geographic and topographic maps, it is characterized not by two-dimensionality, but by three-dimensionality of the image. The play of light and shadow on the Earth's surface, and the change in its height and slope (inclination) are real, visible, and can be conveyed in the form of an image using graphics. This is where the problem of reproduction of irregularities arises, which consists in searching for the visual effect of three-dimensionality on a flat image (Востокова et al., 2002). There is

нема контрадикторности, они се међусобно допуњују. Представљање земљишних облика класичним ТК је тежак, комплексан и дуготрајан процес.

Приказ рељефа треба да обезбеди стварање реалног просторног утиска, о: облицима неравнина; распореду појединих облика и њиховим везама; карактеру и степену рашчлањености површи Земље и могућност квалитативне и квантитативне оцене рељефа (Sekulović et al., 2015). На ТК25 рељеф се приказује разним геодетским тачкама: нивелманске тачке, тригонометријске тачке, истакнути објекти као тригонометријске тачке, коте и ГПС тачке; изохипсама и неким карактеристичним рељефним облицима: вртаче, јаруге, природни и вештачки усеци, пећине, површински копови и слично.

Представљање рељефа методом изохипси најпрецизнији је и најтежи начин приказивања Земљине топографске површине. Картографским представљањем треба остварити следеће услове (Miladinović, 2017):

- С довољном детаљношћу и тачношћу морају бити изражени сви елементарни облици рељефа и задржане њихове карактеристичне особине;
- На карти треба да се јасно истичу орографске тачке (врхови и седла) и орографске линије (вододелнице, водосливнице, линије прелома и подножја);
- Изохипсама се морају верно приказати правци и стрмине нагиба и њихове промене;
- Распоредом изохипси и обликом савијања треба да се задрже типичне црте рељефа; и
- Рељеф мора бити усклађен с осталим елементима садржаја карте.

Основне изохипсе на ТК25 дају се са еквилидистанцијом од 10 m. Свака пета основна изохипса даје се задебљаном линијом и назива се главна, на овим изохипсама врши се означавање висина бројчаним подацима на одговарајућим местима ради лакшег читавања висина с карте. Поред њих исцртавају се и помоћне изохипсе и то испрекиданом линијом, ако означавају половину еквилидистанције или непрекидном тачкастом линијом на четвртини

no contradiction between these models, they complement each other. Representation of landforms by classic TM is a difficult, complex, and long-term process.

The presentation of the contour should ensure the creation of a realistic spatial impression, about: shapes of unevenness; the arrangement of individual forms and their connections; the character and degree of breakdown of the Earth's surface, and the possibility of a qualitative and quantitative assessment of the contour (Sekulović et al., 2015). On TM25, the relief is displayed with various geodetic points: leveling points, trigonometric points, prominent objects such as trigonometric points, elevations, and GPS points; contour lines, and some characteristic contour forms: sinkholes, ravines, natural and artificial cuts, caves, surface mines and the like.

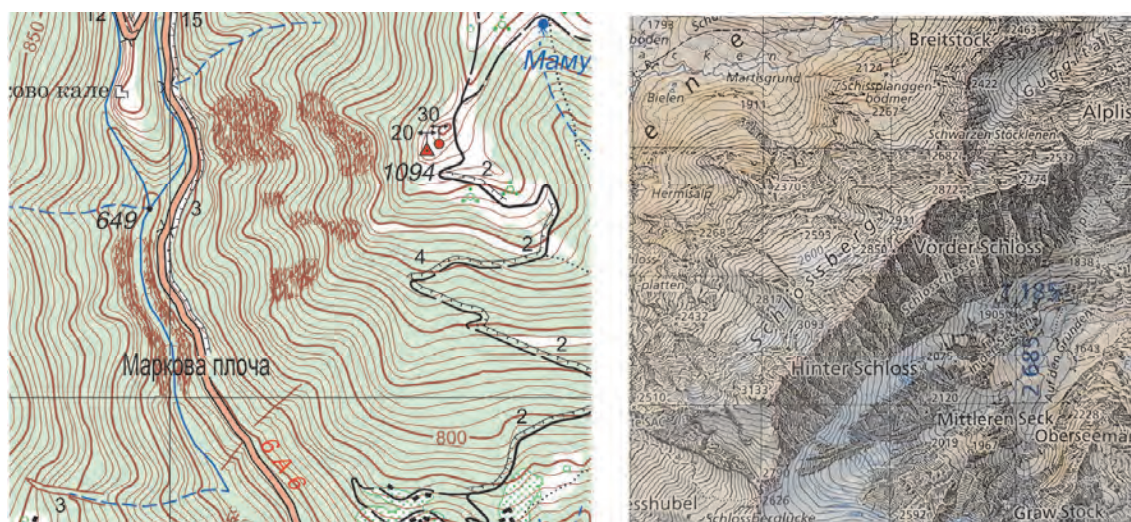
Representation of the contour using the contour line method is the most accurate and difficult way of representing the Earth's topographic surface. Cartographic representation should fulfill the following conditions (Miladinović, 2017):

- All elementary relief forms must be expressed with sufficient detail and accuracy and their characteristic features must be preserved;
- Orographic points (peaks and saddles) and orographic lines (watersheds, fracture lines, and foothills) should be marked on the map;
- Contour lines must faithfully depict the directions and steepness of slopes and their changes;
- The arrangement of the contour lines and the shape of the bend should retain the typical features of the contour; and
- The contour must be harmonized with other elements of the map content.

Basic contour lines on TM25 are given with an equidistance of 10 m. Every fifth basic contour line is given by a thick line and is called the main one, on these contour lines the heights are marked with numerical data in the appropriate places for easier reading of the heights from the map. Next to them, auxiliary contour lines are drawn with a broken line if they mark half of the equidistance or with a continuous dotted line at a quarter of

еквидистанције. Остали рељефни облици дају се одређеним условним знацима, често праћени ознакама које нам дају детаљније информације о њиховим карактеристима. Рељеф је дат у сепија (браон), а поједини елементи и у црној боји. На ТК Швајцарске, за приказивање рељефа се, осим изохипси и условних знакова за карактеристичне облике, користи и сенчење. Упоредивањем карте издања ВГИ и ТК Швајцарске, уочљиво је да је рељеф графички боље представљен на швајцарској карти, али је садржај оптерећенији (Сл. 2).

the equidistance. Other contour forms are given with certain conditional signs, often accompanied by signs that give us more detailed information about their characteristics. The contour is given in sepia (brown), and some elements in black. In the TM of Switzerland, shading is also used to show contour, in addition to contour lines and conditional signs for characteristic shapes. By comparing the map of the MGI and TM editions of Switzerland, it is noticeable that the contour is graphically better represented on the Swiss map, but the content is more loaded (Fig. 2).

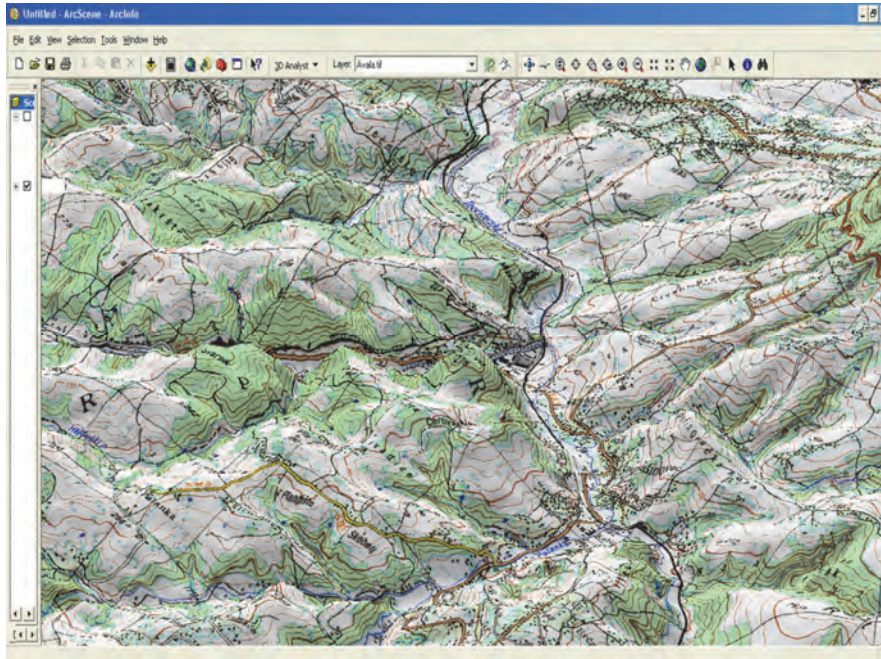


Сл. 2. Приказ рељефних облика на карти ТК25 НК 34-5/6-2-4 Врање (Војногеографски институт, 2017b) и на ТК Швајцарске (Bundesamt für Landestopografie, 2016)

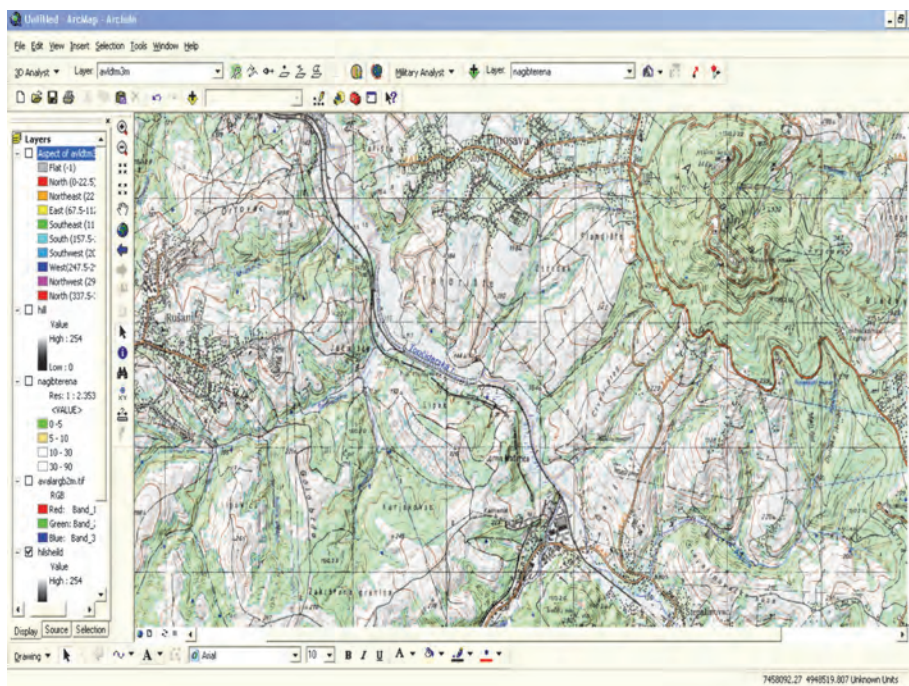
Fig. 2. Presentation of relief forms on the map TM25 NK 34-5/6-2-4 Врање (Војногеографски институт, 2017b) and on the TM of Switzerland (Bundesamt für Landestopografie, 2016)

Рељеф се може представљати различитим методама, по чему се разликује од осталих елемената географског садржаја. Методе представљања рељефа подељене су у четири групе: геометријске, пластичне, перспективне и комбиноване. За војне потребе у Географском информационом систему (ГИС) израђују се „карте специјалне намене“ (Сл. 3 и Сл. 4) које служе за приказивање 3D и веома су важне за извођење војних операција за било које намене.

Contour can be represented by different methods, which makes it different from other elements of geographical content. Contour representation methods are divided into four groups: geometric, plastic, perspective, and combined. For military purposes, “special purpose maps” (Fig. 3 and Fig. 4) are created in Geographic Information System (GIS), which is used for displaying 3D and is very important for carrying out military operations for any purpose.



Сл. 3. Симулација 3D растерске топографске подлоге у виду ТК25  
 Fig. 3. Simulation 3D of the raster topographic base in the form of TM25



Сл. 4. Оцена тенкопроходности и могућности заштите и прикривености јединица  
 Fig. 4. Assessment of tank penetration and the ability to protect and conceal units

### Вегетација

### Vegetation

Вегетацијски покривач је просторна појава. Без обзира на то који се критеријуми (физиономски, структурални, еколошки, флористички

Vegetation cover is a spatial phenomenon. Regardless of which criteria (physiognomic, structural, ecological, floristic, etc.) are used

и сл.), користе за класификацију, могу се картирати и представљати као 2D графички модел. Вегетација је географски елемент карте који се приказује или изоставља у зависности од намене карте. На ТК вегетација се приказује, јер је значајна и потребна, док се на осталим не приказује или се приказују само карактеристични делови (виногради, шуме), да се не би оптеретио садржај карте.

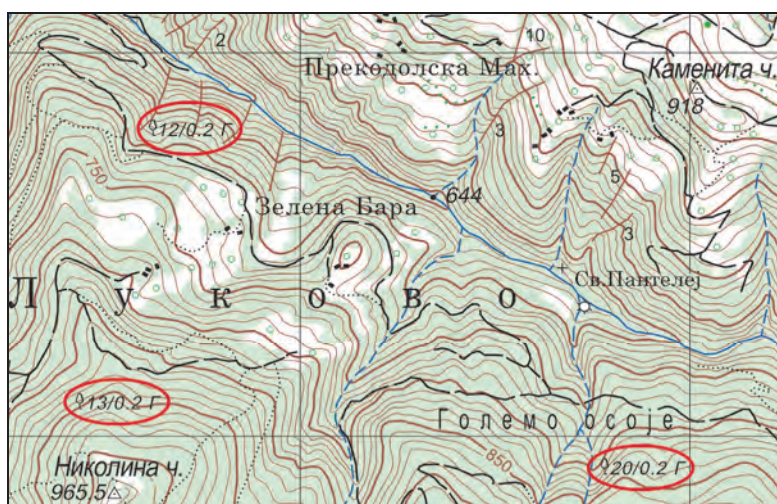
Приликом представљања вегетације потребно је обратити пажњу на: правилан регионални распоред појава; што потпуније давање квалитативних и квантитативних карактеристика; верно приказивање контура; еквивалентност површина и исти однос површина као у природи, као и на тачан однос према осталим елементима географског садржаја (Љешевић & Живковић, 2001).

У оквиру вегетације, на ТК представљају се: шуме, појединачно дрвеће, жбуње, воћњаци, виногради, ливаде, пашњаци и плантаже. Помоћу ванразмерних тачкастих симбола се приказују усамљена дрвећа, воћњаци, шуме и површине под жбуњем. Линијски симболи се користе за представљање правилних дрвореда који немају површину за приказ у размери, а површинским симболима се приказују шуме, воћњаци, жбуње, пашњаци и сл. Приликом представљања шума размерним знаком, у оквиру полигона додаје се и тачкасти симбол, који говори о којој врсти шуме се ради (листопадној или зимзеленој) (Сл. 5).

for classification, they can be mapped and presented as a 2D graphic model. Vegetation is a geographical element of the map that is shown or omitted depending on the purpose of the map. Vegetation is shown on TM, because it is significant and necessary, while on others it is not shown or only characteristic parts (vineyards, forests) are shown, so as not to burden the content of the map.

When presenting the vegetation, it is necessary to pay attention to proper regional arrangement of phenomena; providing qualitative and quantitative characteristics as completely as possible; faithful rendering of contours; the equivalence of surfaces, and the same ratio of surfaces as in nature, as well as the exact relationship to other elements of the geographical content (Љешевић & Живковић, 2001).

As part of the vegetation, TM includes forests, individual trees, bushes, orchards, vineyards, meadows, pastures, and plantations. Single trees, orchards, forests, and areas under bushes are shown using oversized point symbols. Line symbols are used to represent regular rows of trees that do not have an area to display in scale, and surface symbols are used to represent forests, orchards, bushes, pastures, etc. When representing forests with scale symbols, a point symbol is added within the polygon, which indicates the type of forest (deciduous or evergreen) (Fig. 5).



Сл. 5. Приказ вегетације и симбола који означава врсту (листопадна или зимзелена) и густину шуме и дебљину стабла на листу ТК25 НК34-6/4-1-3 Бујковац (Војногеографски институт, 2017а)

Fig. 5. Display of vegetation and symbols indicating species (deciduous or evergreen) and forest density and tree thickness on sheet TM25 NK34-6/4-1-3 Bukovac (Војногеографски институт, 2017а)

## Комуникације

## Communications

У картографији под комуникацијама подразумевају се објекти који служе за обављање саобраћаја. Врло су важан елемент општег развоја друштва, те су значајан елемент садржаја сваке карте. Оне везују насељена места као центре људске делатности и највећег дела материјалних богатстава. Омогућују кретања и транспорт из једног места у друго. Као основна карактеристика при класификовању комуникација узима се средина којом тече саобраћај (Borisov, 2017). Према томе, комуникације се деле на: копнене (железнице, путеви, стазе); водене (језерске, речне, морске); ваздушне (аеродроми, хелидроми) и специјалне.

На ТК комуникације су представљене линијским условним знацима и условним знацима за објекте саобраћаја и веза. Због постојања више врста комуникација, ради лакше систематизације њиховог представљања, врши се подела комуникација према неким њиховим карактеристикама. Унутар појединих врста комуникација могуће је комуникације разврстати по категоријама, што је нарочито изражено на ТК. Тако да разне категорије путева представљамо различитим линијским симболима. Путеве различите ширине, квалитета, различитог типа застора биће представљени линијским знацима различитих боја, дебљине, пуноће.

На ТК25 издања ВГИ разликујемо више категорија путева: аутопутеве, асфалтне путеве шире од 6 m, асфалтне путеве ширине 3 до 6 m, путеве с тврдом подлогом, улице, булеваре, земљане путеве и стазе. Када је реч о железничким пругама представљају се двоколосечне пруге, нормалног колосека и уског колосека (где нису демонтиране). Осим ових линијских елемената, условним знацима се представљају и разни објекти на комуникацијама, као што су: мостови, пропусни тунели, галерије, надвожњаци, сужења, насипи, заштитни и потпорни зидови, наплатне рампе и гранични прелази.

## Насељена места и објекти

Насеља су географски елемент садржаја карте, место где стално или повремено станују људи, у којем се одвија њихова економска,

In cartography, communications are understood as objects that are used to carry out traffic. They are a very important element of the general development of society, and they are a significant element of the content of each map. They connect populated places as centers of human activity and the largest part of material wealth. They enable movement and transport from one place to another. The environment in which the traffic flows is taken as the basic characteristic when classifying communications (Borisov, 2017). Therefore, communications are divided into the land (railways, roads, paths); water (lake, river, sea); air (airports, heliports), and special.

At TM, communications are represented by line conditional signs and conditional signs for traffic and connection facilities. Due to the existence of several types of communications, for the sake of easier systematization of their presentation, communications are divided according to some of their characteristics. Within certain types of communications, it is possible to classify communications by category, which is particularly pronounced in TM. So we represent different road categories with different linear symbols. Roads of different widths, quality, and different types of cover will be represented by line signs of different colors, thicknesses, and fullness.

In the TM25 edition of MGI, we distinguish several categories of roads: highways, asphalt roads wider than 6 m, asphalt roads 3 to 6 m wide, roads with a hard surface, streets, boulevards, dirt roads, and paths. When it comes to railways, there are two-track railways, normal gauge and narrow gauge (where they have not been dismantled). In addition to these line elements, conditional signs also represent various objects in communications, such as bridges, culverts, tunnels, galleries, overpasses, narrowings, embankments, protective and retaining walls, toll plazas, and border crossings.

## Settlements and facilities

Settlements are a geographical element of the content of the map, a place where people live permanently or occasionally, where their economic,



културна и друга делатност, њихов лични и друштвени живот. Деле се на насеља градског и насеља сеоског типа. Приказују се углавном на свим географским картама (Вемић, 2021). Зависно од типа карте, она се представљају у размери и према контурама (ТК) или условним знацима (општегеографске карте).

Приликом представљања насељених места на ТК25 тежи се приказивању тачне, јасне и потпуне слике о положају, величини, врсти и значају дотичног насеља, тако да се одмах уочи не само његова основна припадност градском или сеоском типу, него да се што верније истраже и све остале његове карактеристике. То је постигнуто приказом спољне контуре насеља, као и унутрашњим распоредом и густином зграда (Buder, 1974). Градска насеља карактерише густо насељено становништво које се претежно бави индустријом, трговином, ради у разним установама и представљају политичко-административне центре. Улице и тргови су уређени, зграде густо поређане и комуникације су разгранате. Сеоски тип насеља је потпуно различит и са мањим бројем становника, слабије разгранате комуникације и зграде су на већем растојању.

Ако је неки објекат дат као тригонометријска тачка, нарочито је битно да његов положај буде тачан. Ови важни објекти могу да послуже као оријентираи и на основу њих се могу вршити разна мерења и одређивања. Остале важне објекте као што су школа, пошта, железничка станица и сл. такође би требало давати што тачније, док се остали мање битни објекти дају зависно од размера карте. Након важних објеката битно је представљање главних улица и саобраћајница које пролазе кроз насеље, као и основних контура насеља. Остатак садржаја представља се у оној мери у којој то оптерећеност садржаја карте дозвољава (Љешевић & Бакрач, 2013). Упоредни приказ насељених места и објеката на ТК код нас и страних земаља приказан је на Сл. 6.

На ТК не приказују се сви објекти који се налазе на терену јер би тиме садржај карте био преоптерећен. Објекти које је неопходно приказати су они који су уочљиви из далека, као што

cultural and other activities, like their personal and social life take place. They are divided into urban settlements and rural settlements. They are shown mostly on all geographical maps (Вемић, 2021). Depending on the type of map, they are presented in scale and according to contours (ТМ) or conditional signs (general geographic maps).

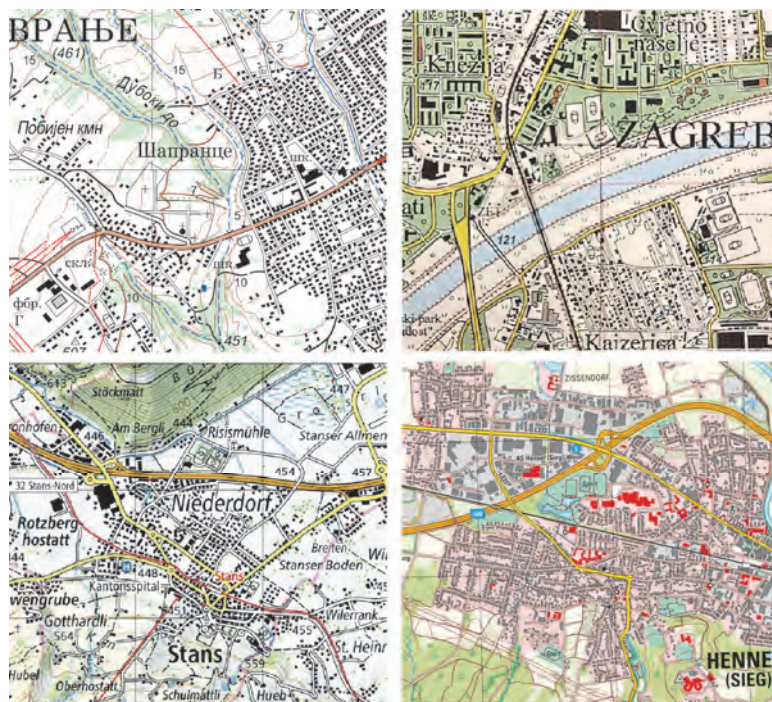
When presenting settlements on ТМ25, the aim is to present an accurate, clear, and complete picture of the location, size, type, and importance of the settlement in question, so that not only its basic belonging to the urban or rural type can be immediately noticed, but also all the others its characteristics that are being investigated. This was achieved by depicting the outer contour of the settlement, as well as the internal layout and density of buildings (Buder, 1974). Urban settlements are characterized by a densely populated population that is mainly engaged in industry and trade, works in various institutions, and represents political-administrative centers. Streets and squares are arranged, buildings are densely arranged and communications are branched. The rural type of settlement is completely different, with a smaller number of inhabitants, less well-branched communications and buildings are at a greater distance.

If an object is given as a trigonometric point, its position must be correct. These important objects can serve as landmarks and various measurements and determinations can be made based on them. Other important facilities such as school, post office, railway station, etc. should also be given as accurately as possible, while other less important objects are given depending on the scale of the map. After the important buildings, it is important to present the main streets and roads that pass through the settlement, as well as the basic contours of the settlement. The rest of the content is presented to the extent that the load of the map content allows (Љешевић & Бакрач, 2013). A comparative view of settlements and buildings on the ТМ in our country and foreign countries is shown in Fig. 6.

ТМ does not show all the objects located on the field, as this would overload the content of the map. Objects that need to be shown are those

су црквени торњеви, фабрички димњаци и сл. или у самом насељеном месту у коме се налазе (тргови, битне раскрснице, мостови, споменици и сл.). Овакви објекти представљају се са великом позиционом тачношћу, док су остали објекти подложни померању и генерализацији. Да би се истакао привредни и културни значај насељених места на ТК, користе се објекти који су карактеристични у том смислу.

that can be seen from afar, such as church towers, factory chimneys, etc., or in the populated place where they are located (squares, important intersections, bridges, monuments, etc.). Such objects are presented with great positional accuracy, while other objects are subject to displacement and generalization. To highlight the economic and cultural importance of settlements on TM, buildings that are characteristic in this sense are used.



Сл. 6. Приказ насељених места на ТК25 NK 34-5/6-2-4 Врање (Војногеографски институт, 2017b), на ТК25 ZG 4616-3-2-425 Zagreb (Državna geodetska uprava, 2010), на ТК Швајцарске (Bundesamt für Landestopografie, 2016) и на ТК25 Blatt 5209 Siegburg (Bezirksregierung, 2020)

Fig. 6. Display of settlements on the TM25 NK 34-5/6-2-4 Врање (Војногеографски институт, 2017b), on TM25 ZG 4616-3-2-425 Zagreb (Državna geodetska uprava, 2010), on TM of Switzerland (Bundesamt für Landestopografie, 2016) and on TM25 Blatt 5209 Siegburg (Bezirksregierung, 2020)

Тако се у насељеним местима истичу енергетски (електричне централе, извори и резервоари нафте и плина, рудници, мајдани), индустријски (фабрике, циглане), пољопривредни (економије, салаши, силоси, колибе, млинови, стругаре), просветни (школе), здравствени (амбуланте, болнице), историјски (споменици, тврђаве, замци), религиозни објекти (цркве, џамије, синагоге, гробља). На основу оваквог приказа насељених места и наведених објеката,

Thus, in populated areas, energy (power plants, sources, and reservoirs of oil and gas, mines, maidans), industrial (factories, brick-yards), agricultural (economies, farms, silos, huts, mills, lathes), educational (schools), health (ambulatory clinics, hospitals), historical (monuments, fortresses, castles), religious facilities (churches, mosques, synagogues, cemeteries) stand out. Based on such a presentation of the settlements and the mentioned facilities, reliable

могу се доносити поуздани закључци о њиховим карактеристикама и значаја с општевојног или општедруштвеног становишта.

conclusions can be drawn about their characteristics and importance from a general military or general social point of view.

### Границе

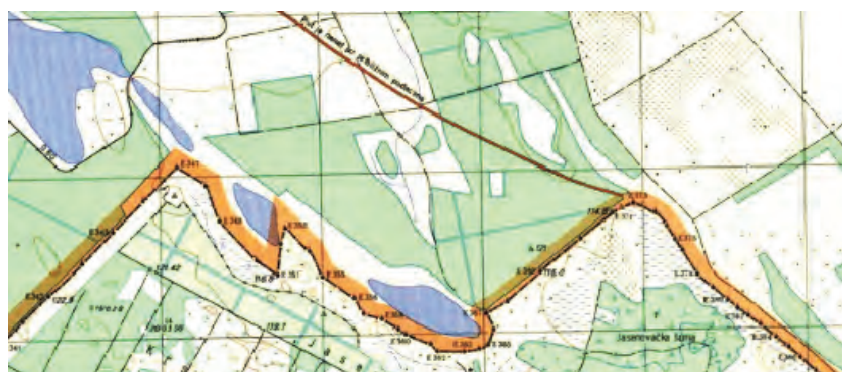
### Borders

Политичка и економска (својинска) подела простора важан је елемент садржаја карата. Линије раздвајања политичких, административних и својинских јединица називају се границама и на ТК приказују се посебним картографским знацима. Државне и покрајинске границе су географски елемент ТК који се обавезно приказују, док се на геодетским плановима и тематским картама означавају границе општина, катастарских општина и атара насеља (Вемић, 2021).

За представљање граница користе се елементи линија и тачака најчешће црне или неке друге боје (љубичасте, наранџасте или црвене) разне дебљине. Ради истицања неких граница, нарочито државних поред знака за граничну линију, покрива се узан појас неком другом бојом (црвеном, љубичастом, наранџастом) у виду растера или пуног тона (флеке). Оса линијског знака у ствари представља стварни положај граничне линије (Сл. 7).

Political and economic (property) division of space is an important element of map content. The dividing lines of political, administrative, and property units are called borders and are shown on TM with special cartographic signs. State and provincial borders are a geographical element of TM that must be displayed, while geodetic plans and thematic maps mark the borders of municipalities, cadastral municipalities, and settlement atars (Вемић, 2021).

Elements of lines and dots, mostly black or some other color (purple, orange, or red) of various thicknesses are used to represent borders. To highlight some borders, especially state ones, next to the sign for the border line, a narrow strip is covered with another color (red, purple, orange) in the form of a raster or solid tone (fleck). The axis of the line mark represents the actual position of the boundary line (Fig. 7).



Сл. 7. Приказ границе Србије и Мађарске на листу ТК25 Суботица 278/3-2  
(Војногеографски институт, 2010)

Fig. 7. Map of the border between Serbia and Hungary on sheet TM25 Суботица 278/3-2  
(Војногеографски институт, 2010)

Приликом приказивања државне границе прецизност и тачност су од изузетне важности, а посебно се води рачуна о тачкама прелома (преломни стубови), као и да део који је у при-

When depicting the state border, precision and accuracy are extremely important, and special attention is paid to breaking points (breaking pillars), as well as to ensure that the part that is

роди прав буде такав и на карти. Усаглашена је са свим елементима карте и даје се тачно онако како је у природи, што значи да уколико се граница простире поред неког линијског објекта мора се тачно видети с које стране се налази граница и којој страни који елемент припада. Ако граница иде матицом неке реке у размери, она ће тако и бити приказана на карти, знак за границу ће ићи на саму реку. Уколико је река ван размере, знак за границу ће се простирати наизменично с једне и друге стране обале.

Топографски и катастарски планови приказују и ограде на карти, јер могу да послуже као оријентир уколико је земљиште без других детаља. Ограде су линијски објекти, подељени по категорији и могу бити: дрвене, жичане, металне, камене и сл. и колико у одређеним ситуацијама може бити корисна, толико у другим ситуацијама није од велике важности, те смањењем размере подлеже већој генерализацији у односу на друге елементе.

#### ВАН ОКВИРНИ САДРЖАЈ КАРТЕ

Ваноквирни садржај листа ТК25 чине сви приказани елементи на листу карте који се налазе ван радног простора и међуоквирног садржаја, а чија је сврха да дају сва непоходна објашњења и упутства о коришћењу садржаја радног простора листа као и да пруже све информације о издавачу и ауторским правима. Када говоримо о ваноквирном садржају легенда је смештена на бочну маргину и детаљнији је приказ условних знакова и скраћеница. На доњој маргини се уопштено приказује рељеф на обухваћеном подручју и дају основна објашњења за примену математичких елемената и читавање координата на карти и дају подаци о издавачу.

Ваноквирни садржај се може поделити на три дела: северни, источни и јужни део ваноквирног садржаја. Северни део ваноквирног садржаја обухвата ознаку ТК, размеру карте и номенклатуру и назив листа карте. Ознака ТК са размером у ком је израђена налази се у горњем левом делу листа и гласи Топографска карта 1:25000. Номенклатура и назив листа карте користе се за именовање листа карте

true in nature is also on the map. It is harmonized with all elements of the map and is given exactly as it is in nature, which means that if the border extends next to a linear object, it must be seen exactly on which side the border is located and to which side to which element belongs. If the border goes along the mother of a river in scale, it will be shown on the map, and the sign for the border will go to the river itself. If the river is out of scale, the boundary mark will extend alternately from one side of the bank to the other.

Topographic and cadastral plans also show fences on the map, because they can serve as a landmark if the land is without other details. Fences are linear objects, divided by category and can be: wooden, wire, metal, stone, etc. and as much as they can be useful in certain situations, it is not of great importance in other situations, and by reducing the scale, it is subject to greater generalization compared to other elements.

#### OUTSIDE MAP CONTENT

The out-of-frame content of the TM25 sheet consists of all displayed elements on the map sheet that are outside the workspace and interframe content, and whose purpose is to provide all necessary explanations and instructions on the use of the content of the workspace of the sheet, as well as to provide all information about the publisher and copyright. When we talk about out-of-frame content, the legend is placed on the side margin and there is a more detailed display of conditional signs and abbreviations. In the lower margin, the contour of the covered area is shown in general, basic explanations are given for the application of mathematical elements and the reading of coordinates on the map, and information about the publisher is given.

The out-of-frame content can be divided into three parts: the northern, eastern, and southern parts of the out-of-frame content. The northern part of the out-of-frame content includes the TM designation, map scale and nomenclature, and the name of the map sheet. The mark TM with the scale in which it was made is located in the upper left part of the sheet and reads Topographic map 1:25000. The nomenclature and the name of the map sheet are used to

приликом требовања, дистрибуције, евидентирања и коришћења и налазе се на средини ваноквирног дела листа у односу на ширину радног простора и међуоквирног садржаја.

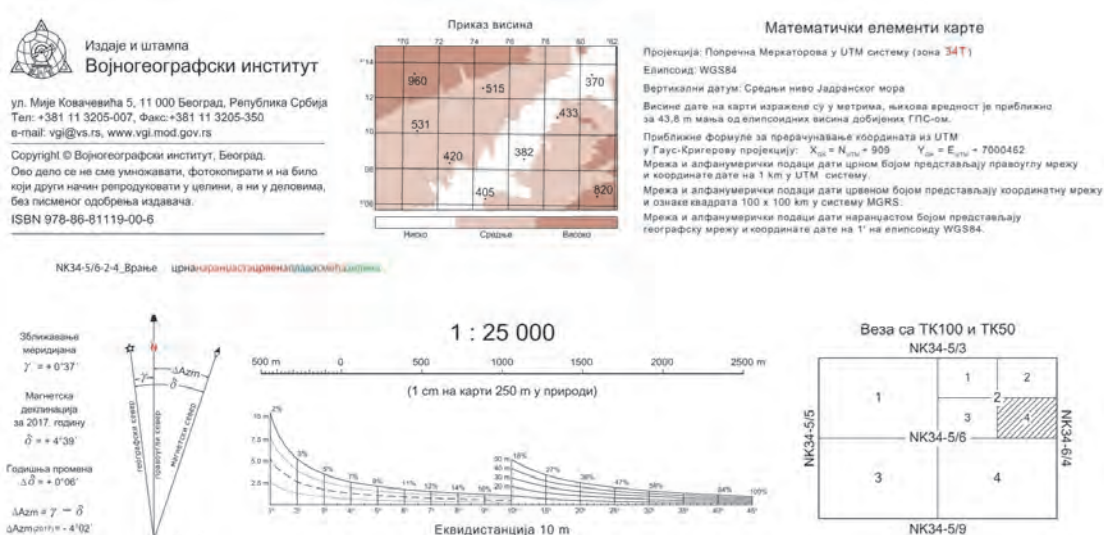
Источни део ваноквирног садржаја карте састоји се од легенде и бар кода. У састав легенде улазе битнији елементи који се дају на карти по групама и то: границе, комуникације – путеви, комуникације – железничке пруге, хидрографија, објекти, вегетација, рељефни облици, геодетске тачке и скраћенице. Бар код се налази на врху у односу на међуоквирни садржај, а десно од легенде, као и у доњем десном углу источног дела ваноквирног садржаја карте (испод легенде). Садржи податке о номенклатури листа, издању и стању садржаја. Бар код и подаци о номенклатури су променљива категорија, другачија за сваки лист карте.

Јужни део ваноквирног садржаја обухвата размерник дужине, приказ висина, нагибно мерило, скицу са подацима о зближавању меридијана и магнетске деклинације, скицу веза са осталим листовима карте у припадајућој карти, математичке елементе карте, грб и податке о издавачу с клаузулом о забрани копирања и умножавања (Сл. 8).

name the map sheet when it is required, distributed, recorded, and used, and are located in the middle of the out-of-frame part list concerning the width of the workspace and cross-frame content.

The eastern part of the out-of-frame content of the map consists of a legend and a barcode. The legend includes more important elements that are given on the map by groups, namely: borders, communications – roads, communications – railroads, hydrography, objects, vegetation, landforms, geodetic points, and abbreviations. The barcode is located at the top of the in-frame content and to the right of the legend, as well as in the lower right corner of the eastern part of the out-of-frame content of the map (below the legend). It contains data on the nomenclature of the paper, the edition, and the state of the content. Barcode and nomenclature data is a variable category, different for each card sheet.

The southern part of the out-of-frame content includes a longitude scale, height display, inclinometer, sketch with data on the convergence of meridian and magnetic declination, a sketch of connections with other map sheets in the associated map, mathematical elements of the map, coat of arms and information about the publisher with a clause prohibiting copying and reproduction (Fig. 8).



Сл. 8. Елементи јужног дела ваноквирног садржаја на карти ТК25 NK 34-5/6-2-4 Врање (Војногеографски институт, 2017b)

Fig. 8. Elements of the southern part of the out-of-frame content on map TM25 NK 34-5/6-2-4 Врање (Војногеографски институт, 2017b)

## ЗАКЉУЧАК

Карта је облик изражавања географске стварности. Презентује објекте на површи Земље који помажу да се стекну информације о стварности која се приказује. Проучавањем елемената садржаја, односно њиховим класификовањем, одабиром, уопштавањем и уношењем на карту, добија се топографски садржај карте. Да би се представио на најбољи могући начин, у погледу тачности и естетике, морају се поштовати принципи картографског дизајна и картографске генерализације. Како би се изглед карте што више унапређивао, неопходно је стално тражити начине за ефикаснији приказ свих елемената њеног садржаја: географских, математичких и допунских.

Географски елементи као примарни део садржаја ТК анализирани су, како би се стекао утисак о њиховим функцијама и значају. Најважније је да, садржај карте буде очигледан, функционално и естетски дизајниран у односу на тематику и намену карте, њен размер и степен генерализације. Дизајн ТК у издању ВГИ пружа корисницима више информација и бољу прегледност самог садржаја траженог дела. Реорганизација ваноквирног дела карте равномерно је распоредила битне елементе, тако да не оптерећује саму карту и дозвољава кориснику да има потпуни увид шта се налази на карти и како што лакше да је користи.

Усавршавањем информационих технологија и све већим и опширнијим захтевима корисника дошло је време и за модернизацију самог дизајна ТК. У потпуности су промењени математичка основа, подела на листове, номенклатура и картографско – редакцијска решења. Разлози за то су, пре свега, стара решења која су донета пре више деценија у складу са тада актуелним потребама и научним, техничким и технолошким могућностима, као и нови дефинисани координатни системи и површи по Закону о државном премеру и катастру из 2009. године. Због тога, основни циљ истраживања у раду била је разрада система управљања квалитетом у технолошком процесу дизајнирања ТК25 издања Војногеографског института у Београду.

## CONCLUSION

A map is a form of expression of geographical reality. It presents objects on the surface of the Earth that helps to gain information about the reality being displayed. By studying the content elements, i.e. by classifying, selecting, generalizing, and entering them on the map, the topographic composition of the map is obtained. To present it in the best possible way, in terms of accuracy and aesthetics, the principles of cartographic design and cartographic generalization must be respected. To improve the appearance of the map as much as possible, it is necessary to constantly look for ways to more efficiently display all elements of its content: geographical, mathematical, and supplementary.

Geographical elements as a primary part of the content of TM were analyzed to get an impression of their functions and importance. The most important thing is that the content of the map should be obvious, functionally, and aesthetically designed about the theme and purpose of the map, its scale, and degree of generalization. The design of TM published by MGI provides users with more information and better visibility of the content of the requested part. The reorganization of the out-of-frame part of the map has evenly distributed the essential elements so that it does not burden the map itself and allows the user to have a complete overview of what is on the map and how to use it as easily as possible.

With the improvement of information technologies and the growing and extensive demands of users, the time has come for the modernization of the TM design itself. The mathematical basis, the division into sheets, nomenclature, and cartographic-editorial solutions have been completely changed. The reasons for this are, above all, the old solutions that were adopted decades ago by the current needs and scientific, technical, and technological possibilities, as well as the newly defined coordinate systems and surfaces according to the Law on State Survey and Cadastre from 2009. Therefore, the main goal of the research in the work was the elaboration of the quality management system in the technological process of designing the TM25 edition of the Military Geographical Institute in Belgrade.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Ahnlén, F. (2017). Map Design: A development of background map visualisation in Digpro dpPower application. [Student thesis]. Geodesy and Satellite Positioning.
- Banković, R., Sekulović, D., & Basarić, M. (2021). Važnost karata kod rizika i ugroženosti od poplava u nadgledanju plavnih područja Srbije. U D. Urošević, M. Dražić, & Z. Stanimirović (Ur.), *Zbornik radova sa XL-VIII Simpozijuma o operacionim istraživanjima* (str. 143–148). Matematički fakultet Univerziteta u Beogradu.
- Bereuter, P., & Weibel, R. (2017). Variable-scale maps in real-time generalisation using a quadtree data structure and space deforming algorithms. *International Journal of Geography*, 3(1), 134–147. <https://doi.org/10.1080/023729333.2017.1304189>
- Bezirksregierung. (2020). TK25 Blatt 5209 Siegburg. Bezirksregierung. Köln.
- Blana, N., & Tsoulos, L. (2022). Constraint-Based Spatial Data Management for Cartographic Representation at Different Scales. *Geographies*, 2(2), 258–273. <https://doi.org/10.3390/geographies2020018>
- Borisov, M. (2017). *Opšta kartografija*. Novi Sad.
- Buder, I. (1974). Karakteristike izrade i sadržaja Topografske karte 1:25 000. *Zbornik radova Vojnogeografskog instituta* (str. 15–42). Vojnogeografski institut Beograd.
- Bundesamt für Landestopografie. (2016). Landeskarte der Schweiz 1:50000, Stans – 235, Blat 245. Wabern.
- Državna geodetska uprava. (2010). TK25 4616-3-2-4 Zagreb (Zapad). Državna geodetska uprava. Zagreb.
- Ivanov, S. (2018). Determining the scale of a topographic map. *Journal Scientific & Applied Research*, 13, 41–45.
- Kent, A. J., & Hopfstock, A. (2018). Topographic Mapping: Past, Present and Future. *The Cartographic Journal*, 55(4), 305–308. <https://doi.org/10.1080/00087041.2018.1576973>
- Lovrić, P. (1986). *Opća kartografija*. Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
- Љешевић, М., & Живковић, Д. (2001). *Картографија*. Географски факултет Београд.
- Љешевић, М., & Бакрач, С. (2013). *Картографија за географе*. Филозофски факултет, Универзитет Црне Горе.
- Markoski, B. (2018). *Basic Principles of Topography*. Springer Geography. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-72147-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-72147-7_3)
- Marković, V., Bakrač, T. S., & Banković, D. R. (2014). Generalisanje sadržaja DTK25 korišćenjem GIS tehnologije. *Sinteza – Međunarodna naučna konferencija Univerziteta Singidunuma* (str. 796–800). <https://doi.org/10.15308/SInteZa-2014-796-800>
- Miladinović, S. (2017). Detekcija detalja u reljefu kod generalizovanih izohipsi kao uslov osposobljenosti pripadnika policije za procenjivanje i korišćenje terena. *NBP – Journal of Criminalistics and Law*, 22(1), 75–92. <https://doi.org/10.5937/nabepo22-11354>
- Peździch, P. (2015). From cartography of the Universe to molecular cartography – the use of map projections. *Polish Cartographical Review*, 47(4), 191–201. <https://doi.org/10.1515/pcr-2015-0014>
- Peterca, M., Radošević, N., Milisavljević, S., & Racetin, F. (1974). *Kartografija*. Vojnogeografski institut Beograd.
- Roth, R. E. (2021). Cargographic Design as Visual Storytelling: Synthesis and Review of Map-Based Narratives, Genres, and Tropes. *The Cartographic Journal*, 58(1), 83–114. <https://doi.org/10.1080/00087041.2019.1633103>
- Самсонов, Т. (2011). *Мультимасштабное картографирование рельефа: общегеографические и гипсометрические карты*. Lambert Academic Publishing.
- Sekulović, D., Đurković, V., & Milošević, M. (2010). Pozicioniranje, orijentisanje i određivanje daljine do cilja na samohodnom

- višecevnom raketnom lansiranom sistemu korišćenjem GPS i elektronskih karata. *Vojnotehnički glasnik*, 58(3), 32–46.
- Sekulović, D., & Drobnyak, S. (2013). Analysis of Automatic Cartographic Generalization in Digital Mapping. *Гласник/Herald*, 16, 91–101. <https://doi.org/10.7251/HRLD1316091S>
- Sekulović, D., Regodić, M., & Jakovljević, G. (2015). Primena GIS tehnologije u izradi digitalnih modela terena za vojne potrebe. U N. Mladenović, D. Urošević, & Z. Stanimirović (Ur.), *Zbornik radova sa Simpozijuma o operacionim istraživanjima* (str. 123–126). Matematički institut SANU.
- Talhofer, V., Bělka, L., & Dohnal, F. (2021). New topographic maps for the Czech Armed Forces. *Proceedings of the International Cartographic Association*, 4, 104. <https://doi.org/10.5194/ica-proc-4-104-2021>
- Вемић, М. (2021). *Речник картографских појмова*. Међународно удружење „Стил“ Београд.
- Војногеографски институт. (2010). ТК25 NL 278/3-2 Суботица. Војногеографски институт. Београд
- Војногеографски институт. (2017a). ТК25 НК 34-6/4-1-3 Бујковац. Војногеографски институт. Београд.
- Војногеографски институт. (2017b). ТК25 НК 34-5/6-2-4 Врање. Војногеографски институт. Београд
- Востокова, А. В., Кошель, С. М., & Ушакова, Л. А. (2002). *Оформление карт. Компьютерный Дизайн*. Аспект Пресс.
- Żyszkowska, W. (2017). Levels and properties of map perception. *Polish Cartographical Review*, 49(1), 17–26. <https://doi.org/10.1515/pcr-2017-0002>





## ОСНОВНИ ПОКАЗАТЕЉИ ДЕМОГРАФСКОГ РАЗВОЈА БРЧКО ДИСТРИКТА БОСНЕ И ХЕРЦЕГОВИНЕ

Иван Милић<sup>1\*</sup>

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

**Сажетак:** Предмет истраживања рада су основне карактеристике развоја становништва Брчко дистрикта Босне и Херцеговине (БиХ). Брчко дистрикт представља административно-територијалну јединицу која на многим пољима функционише потпуно независно од ентитета. Непостојање анализе актуелних демографских кретања Дистрикта Брчко иницира потребу за истраживањима на ову тему. Резултати истраживања указују на негативне трендове демографског развоја испољене кроз негативну међупописну разлику (1991–2013), негативан природни прираштај, ниске стопе фертилитета, неповољну старосну структуру, неравномјерну насељеност, депопулацију насеља, повећани тренд вањских миграција и смањење броја бракова. Резултати истраживања могу имати практичну примјену у изради смјерница популационе политике развоја Брчко дистрикта.

**Кључне ријечи:** Брчко дистрикт, становништво, демографске посљедице, популациона политика.

Review scientific paper

## BASIC INDICATORS OF DEMOGRAPHIC DEVELOPMENT OF BRČKO DISTRICT OF BOSNIA AND HERZEGOVINA

Ivan Milić<sup>1\*</sup>

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

**Abstract:** The subject of the research is the basic characteristics of the development of the population of the Brčko District of Bosnia and Herzegovina (B&H). Brčko District is an administrative-territorial unit that operates in many fields completely independently of the entities. The lack of analysis of current demographic trends in the Brčko District initiates the need for research on this topic. The results of the research indicate negative moments of demographic development manifested through negative inter-census difference (1991–2013), negative natural increase, low fertility rates, unfavorable age structure, uneven population, depopulation of settlements, increased trend of external migration and reduced number of marriages. The results of the research can have practical application in the development of guidelines for population development policy of the Brčko District.

**Key words:** Brčko District, population, demographic consequences, population policy.

\* Аутор за кореспонденцију: Иван Милић, Универзитет у Бањој Луци, Природно-математички факултет, Младена Стојановића 2, 78000 Бања Лука, Република Српска, Босна и Херцеговина, Е-mail: ivanm94geo@gmail.com

\* Corresponding author: Ivan Milić, University of Banja Luka, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Mladena Stojanovića 2, 78000 Banja Luka, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina, Email: ivan94geo@gmail.com

УВОД

Становништво је носилац развоја геопростора те захтијева континуитет проучавања, праћења промјена и предвиђање потенцијалних „сценарија“ развоја. Предмет овог истраживања односи се на савремене демографске карактеристике Брчко дистрикта БиХ. Ријеч је о микрогеографској цјелини на сјеверу БиХ, бурне историје која је значајно утицала на кретање и структуре становништва.

Послије грађанског рата 1992–1995. године Дејтонским мировним споразумом БиХ је новом административно-територијалном организацијом подијељена на два ентитета (Федерација БиХ и Република Српска). Брчко дистрикт је формиран након арбитраже пред Међународним судом 1999. године. Обухвата простор бивше општине Брчко и представља мултиетничку заједницу и потенцијални модел функционисања унитарне БиХ са специфичним начином финансирања и функционисања јавних установа. Брчко дистрикт је зона интереса оба ентитета и три конститутивна народа (Срба, Хрвата и Бошњака), што његов геополитички положај у оквиру БиХ чини изузетно важним и утиче на његов укупни развој и демографске процесе.

Циљ рада је утврдити демографски потенцијал посматраног простора кроз број, просторни размјештај, структуралне карактеристике и динамику природног и просторног кретања становништва уз пројектовање могућих сценарија у будућности. Дакле, анализом референтних демографских података настоји се добити објективан увид у стање демографског потенцијала Дистрикта Брчко. Анализа демографског развоја заснива се на статистици пописа становништва и другим статистичким изворима демографских кретања. Проблеми институционалне неуређености демографских података у БиХ, као и политизација у области пописа и етничке структуре релативизују демографске анализе и отежавају објективне пројекције, а тиме и сугерисане мјере.

Значај демографске проблематике истакнут је у многим научним радовима и студијама кроз различите аспекте. Marinković и Majić (2013) на примјеру Републике Српске јасно истичу важност популационе политике и планирања

INTRODUCTION

Population is the bearer of the development of geospace and requires continuity of study, monitoring of changes and prediction of potential “scenarios” of development. The subject of this research is related to the modern demographic characteristics of the Brčko District of B&H. It is a micro-geographical unit in the north of B&H, with a turbulent history that has significantly influenced the movement and structure of the population.

After the 1992–1995 civil war, the Dayton Peace Agreement divided B&H into two entities (the Federation of B&H and the Republic of Srpska) with a new administrative-territorial organization. The Brčko District was formed after arbitration before the International Court of Justice in 1999. It covers the area of the former municipality of Brčko and represents a multiethnic community and a potential model for the functioning of unitary B&H with a specific way of financing and functioning of public institutions. The Brčko District is a zone of interest of both entities and the three constituent peoples (Serbs, Croats, and Bosniaks), which makes its geopolitical position within B&H extremely important and affects its overall development and demographic processes.

The aim of this paper is to determine the demographic potential of the observed space through the number, spatial distribution, structural characteristics and dynamics of natural and spatial movement of the population while projecting possible scenarios in the future. Therefore, the analysis of reference demographic data seeks to obtain an objective insight into the state of the demographic potential of the Brčko District. The analysis of demographic development is based on census statistics and other statistical sources of demographic trends. Problems of institutional disorder of demographic data in B&H, as well as politicization in the field of census and ethnic structure relativize demographic analyzes and make it difficult to objective projections, and thus suggested measures.

The importance of demographic issues has been highlighted in many scientific papers and studies through various aspects. Marinković and Majić (2013) on the example of Republic of Srpska clearly

породице за демографску слику једног друштва. Stanivuk и Marinković (2017) такође на примјеру Републике Српске, објашњавају утицај незапослености на негативне демографске трендове, посебно када су у питању миграције и наталитет. Девеџић (2004) у свом раду повезује трендове фертилитета са брачношћу као фактором. Мотивациону основу за одлагање рађања у Србији под дејством више фактора анализира Veljović (2017). Муџић и Девеџић (2018) говоре о проблему недовољног рађања у Србији са аспекта одлагања склапања брака код мушког дијела популације. Такође на примјеру Србије, Лукић (2018) је истражила могућности интеграције миграната у друштво. Сличну проблематику односно укључивање дјете миграната у школски систем Србије обрадили су Đorđević et al. (2018). О доприносу миграција на стварање демографске слике на Балканском полуострву писала је Ђорђевић (2016). На примјеру Хрватске, Nejašmić и Toskić (2013) анализирају стање по питању старосне структуре становништва Хрватске од 1981. до 2011. године дајући пројекције трендова за 2031. годину. Хрватску популацију испитују и Мрђен и Марић (2018) долазећи до закључака о потенцијалним мјерама популационе политике у Хрватској. О вези родних улога и образовања као факторима утицаја на фертилитет у Србији пише Šobot (2020). За истраживања становништва у погледу здравља постоје добри примјери од којих је један из Русије. Анализу тренутног стања и очувања здравља радно способног становништва у Русији анализирао је Бухтияров (2019). Занимљив начин испитивања урбаног раста и густине насељености Јапана на основу сателитских снимака ноћног свјетла представили су Bagan и Yamagata (2015). На примјеру Француске демографску транзицију друштва анализирао је Perrin (2021) објашњавајући зашто је друштво почело да контролише плодност. Степић (2004) демографске феномене сматра важним чиниоцем при стварању геополитичке идеје. Демографски процеси се могу посматрати и кроз проблематику пограничних подручја о чему је писала Anđelković Stoilković (2019).

Дакле, у БиХ, државама региона и ван истог има више примјера демографских анализа структуралних, виталних и миграционих карактеристика у функцији развоја.

emphasize the importance of population policy and family planning for the demographic picture of a society. Stanivuk and Marinković (2017) also use the example of Republic of Srpska to explain the impact of unemployment on negative demographic trends, especially when it comes to migration and birth rates. In her work, Девеџић (2004) connects fertility trends with marriage as a factor. Veljović (2017) analyzes the motivational basis for postponing childbirth in Serbia under the influence of several factors. Муџић and Девеџић (2018) talk about the problem of insufficient births in Serbia from the aspect of delaying marriage among the male part of the population. Also using the example of Serbia, Лукић (2018) investigated the possibilities of integrating migrants into society. Đorđević et al. (2018) dealt with a similar issue, i.e., the inclusion of migrant children in the Serbian school system. Ђорђевић (2016) wrote about the contribution of migration to the creation of a demographic profile on the Balkan Peninsula. On the example of Croatia, Nejašmić and Toskić (2013) analyze the situation regarding the age structure of the Croatian population from 1981 to 2011, giving projections of trends for 2031. Мрђен and Марић (2018) also examine the Croatian population, reaching conclusions about potential population policy measures in Croatia. Šobot (2020) writes about the relationship between gender roles and education as factors affecting fertility in Serbia. There are good examples of population surveys in terms of health, one of which is from Russia. An analysis of the current state and preservation of the health of the working-age population in Russia was analyzed by Бухтияров (2019). Bagan and Yamagata (2015) presented an interesting way of examining the urban growth and population density of Japan based on satellite images of night light. Using the example of France, the demographic transition of society was analyzed by Perrin (2021), explaining why society began to control fertility. Степић (2004) considers demographic phenomena as an important factor in the creation of a geopolitical idea. Demographic processes can also be observed through the issue of border areas, as Anđelković Stoilković (2019) wrote about.

Therefore, in B&H, the states of the region and beyond, there are several examples of demographic analyzes of structural, vital and migration characteristics in the function of development.

МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДЕ

Приликом израде овог рада коришћене су различите географске методе кабинетског и теренског рада. Анализа и синтеза извршена је на основу претходно прикупљених података из релевантних извора: пописа становништва од 1885. до 2013. године (Agency for Statistics of Bosnia and Herzegovina, 2016, 2019a, 2019b; Savezni zavod za statistiku, 1965), статистички годишњаци (Agencija za statistiku Bosne i Hercegovine Podružnica/Ekspozitura Brčko, 2009, 2013, 2018, 2020) и подаци из 2020. године добијени од Одјељења за јавни регистар Владе Брчко дистрикта БиХ. Подаци о границама насеља дигитализовани су на основу постојеће просторно-планске документације истраживаног подручја.

Табеларно су представљени подаци о броју становништва Дистрикта (апсолутни бројеви и стопе). Статистичка анализа је урађена уз помоћ софтвера MS Excel. Картографска метода послужила је за представљање густине просторног размјештаја становништва израђеног уз помоћ QGIS софтвера. Границе насеља у приложеној карти су уцртане према незваничним подацима из Одјељења за јавни регистар Владе Брчко дистрикта БиХ, који служе за интерну употребу и нису потпуно тачни. Неколико насеља је према тим подацима картирано као једно. Тако је насеље Улице Буковац састављено од насеља Улице и насеља Буковац. Насеље Витановићи је картирано као спој насеља Витановићи Горњи и Витановићи Доњи, насеље Горњи Рахић у свом саставу има насеље Ограђеновац, а насеље Чосета је картирано заједно са насељем Чанде. Унос података у картама је вршен сабирањем броја становника спојених насеља. Закључци о перспективама демографског развоја Дистрикта Брчко су донесени на основу слједећих показатеља: природног прираштаја, просјечног апсолутног годишњег раста, средњег броја становника између два пописа и стопе просјечног годишњег раста.

Добијени резултати су приказани табеларно, графички и картографски, те је на основу

MATERIALS AND METHODS

During the preparation of this work, different geographical methods of cabinet and field work were used. The analysis and synthesis was carried out on the basis of previously collected data from relevant sources: population census from 1885 to 2013 (Agency for Statistics of Bosnia and Herzegovina, 2016, 2019a, 2019b; Savezni zavod za statistiku, 1965), statistical yearbooks (Agencija za statistiku Bosne i Hercegovine Podružnica/Ekspozitura Brčko, 2009, 2013, 2018, 2020) and data from 2020 obtained from the Public Registry Department of the Government of Brčko District of B&H. Data on settlement boundaries were digitized based on the existing spatial planning documentation of the researched area.

The data on the District's population (absolute numbers and rates) are presented in tabular way. Statistical analysis was performed using MS Excel software. The cartographic method was used to represent the density of spatial distribution of the population, created with the help of QGIS software. The boundaries of the settlements in the attached map are drawn according to unofficial data from the the Public Registry Department of the Government of Brčko District of B&H, which are used for internal use and are not completely accurate. According to these data, several settlements were mapped as one. Thus, the settlement of Ulice Bukovac is composed of the settlement of Ulice and the settlement of Bukovac. The settlement of Vitanovići was mapped as a combination of the settlements of Vitanovići Gornji and Vitanovići Donji, the settlement of Gornji Rahić has in its composition the settlement of Ograđenovac, and the settlement of Čoseta was mapped together with the settlement of Čande. Data entry in the maps was done by adding the number of inhabitants of the connected settlements. Conclusions on the perspectives of demographic development of the Brčko District were made on the basis of the following indicators: natural increase, average absolute annual growth average population number between the two censuses and average annual growth rates.

The obtained results are presented in tabular, graphical and cartographic form, and based on

њихових резултата дата процјена демографског развоја и сугерисан приједлог мјера.

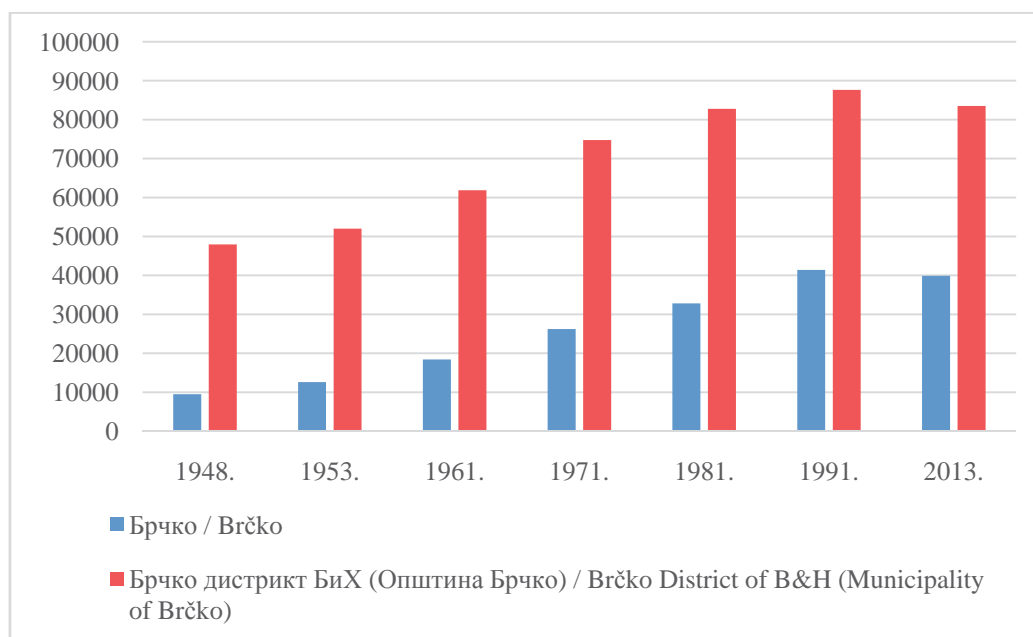
them, an assessment of demographic development is given and a proposal of measures is suggested.

## РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

## RESULTS AND DISCUSSION

Развој становништва простора Брчко дистрикта може се пратити на основу званичних статистичких података пописа од 1885. до 2013. године. Континуирани раст броја становника прекинут је грађанским ратом (1992–1995), чије се посљедице манифестују на пад броја становника регистрованом пописом 2013. године (Сл. 1). Први пописи становништва у БиХ указују да је насеље Брчко, за тадашње демографске прилике и степен урбаности, имало значајан број становника.). Према подацима Земаљске штампарије из 1886. године и Опште државне статистике из 1938. године, у доба Аустроугарске насеље Брчко је бројило више од 4000 становника, а почетком 30-их година прошлог вијека око 7000 становника. Овакви подаци о броју становника представљају посљедицу повољног географског положаја, те развијене трговине. Изражен пораст броја становника наглашен је у социјалистичком периоду када су и урбано средиште и подручје цијеле општине под утицајем индустријализације и унутрашњих миграција (Сл. 1).

The development of the population of the Brčko District can be monitored based on the official statistical data of the population censuses from 1885 to 2013. The continuous growth of the population was interrupted by the civil war (1992–1995), the consequences of which were manifested in the decline in the number of inhabitants registered in the 2013 census (Fig. 1). The first censuses in B&H indicate that the settlement of Brčko, for the then demographic conditions and the degree of urbanity, had a significant number of inhabitants. According to the data of the National Printing Office from 1886 and the General State Statistics from 1938, during the Austro-Hungarian settlement, Brčko had more than 4000 inhabitants, and at the beginning of the 1930s, about 7000 inhabitants. Such data on the number of inhabitants are the result of a favorable geographical location and developed trade. The noticeable increase in the number of inhabitants was emphasized in the socialist period, when both the urban center and the area of the entire municipality were under the influence of industrialization and internal migration (Fig. 1).



Сл. 1. Број становника насеља Брчко и Дистрикта Брчко (Општина Брчко) 1948–2013

Fig. 1. Population of Brčko and Brčko District (Municipality of Brčko) 1948–2013

Брчко дистрикт заузима површину од 493 km<sup>2</sup> са просјечном густином насељености од 169 ст./km<sup>2</sup>. У том простору развила се мрежа од 59 насеља. Диференцирани демографски развој насеља у периоду 1948–1991. године условљен је првенствено саобраћајно-географским положајем и могућности укључивања у савремене развојне токове покренуте процесима индустријализације и урбанизације. Демографске промјене у периоду 1991–2013. године изазване су последицама грађанског рата и транзиције друштвеног система у којем се одвијала и деиндустријализација привреде са негативним последицама на демографска кретања (Сл. 1).

Анализирајући податке Државног завода за статистику Републике Хрватске и резултате пописа становништва у БиХ, може се констатовати депопулација у временском периоду 1991–2013. године у следећим насељима: Буковац, Буквик Доњи, Брезово Поље Село, Исламовац, итд. Такав тренд представља резултат емиграција бошњачког и хрватског становништва. Са друге стране насеља попут Грбавице, Гредица и Брезовог Поља имају много више становника него 1991. године као резултат имиграција српског становништва током рата. Етничка структура и ратне последице основни су фактор промјене у броју становника по насељима Дистрикта. Депопулација се одражава на насеобинску мрежу у којој је пет патуљастих насеља (Сл. 2).

Просторна дистрибуција становништва на територији Дистрикта Брчко у непосредној је вези са правцима значајних саобраћајница, односно магистралним и регионалним путевима, дуж којих је највећа концентрација становништва. Појас гушће насељености се даље пружа ка југу, југо-западу и западу Дистрикта. То је простор са већинским хрватским и бошњачким становништвом тако да се већа густина може протумачити као последица повратка избјеглог становништва током рата, а које је добило право поврата имовине успостављањем Дистрикта 2000. године. Један од узрока овакве густине насељености је и репродуктивно понашање појединих вјерских зједница, односно већи број чланова у породицама исламске

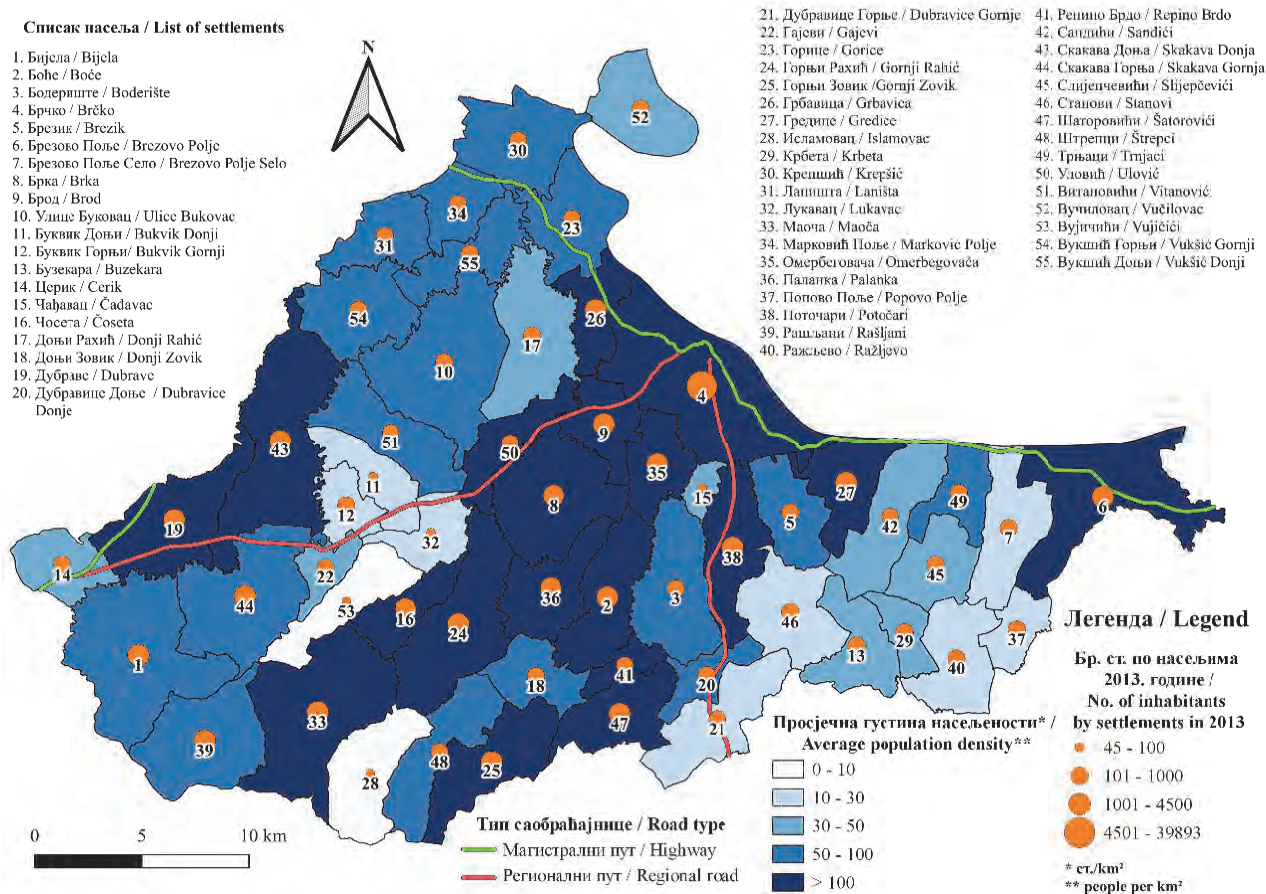
The Brčko District covers an area of 493 km<sup>2</sup> with an average population density of 169 people per km<sup>2</sup>. A network of 59 settlements has developed in this area. Differentiated demographic development of settlements in the period 1948–1991 is conditioned primarily by traffic-geographical position and the possibility of inclusion in modern development trends initiated by the processes of industrialization and urbanization. Demographic changes in the period 1991–2013 were caused by the consequences of the civil war and the transition of the social system in which the deindustrialization of the economy took place, with negative consequences for demographic trends (Fig. 1).

Analyzing the data of the State Statistical Office of the Republic of Croatia and the results of the population census in B&H, it can be concluded that there was a depopulation in the period 1991–2013 years in the settlements: Bukovac, Bukvik Donji, Brezovo Polje Selo, Islamovac, etc. Such a trend is the result of emigration of the Bosniak and Croat population. On the other hand, settlements like Grbavica, Gredica and Brezovo Polje have much more inhabitants than in 1991 as a result of the immigration of the Serbian population during the war. The ethnic structure and the consequences of the war are the main factor in the change in the number of inhabitants in the settlements of the District. Depopulation is reflected in the network of settlements in which there are five dwarf settlements (Fig. 2).

The spatial distribution of the population on the territory of the Brčko District is in direct connection with the directions of important roads, i.e., highways and regional roads, along which the greatest concentration of the population is. The dense population zone extends further south, southwest and west of the District. It is an area with a majority Croat and Bosniak population, so the higher density can be interpreted as a consequence of the return of refugees during the war, which gained the right to return property with the establishment of the District in 2000. One of the causes of this population density is the reproductive behavior of certain religious communities, i.e., a larger number of family members in families of the Islamic faith, which

вјероисповијести за које је карактеристичан већи број дјецe. Rosling et al. (2018) тврде на основу анализе података УН-а да религија нема утицај на број дјецe у домаћинству, већ да тај број зависи искључиво од висине прихода односно да породице са нижим приходима имају и више дјецe. То би могао да буде и случај са Дистриктом будући да појас гушће насељености захвата рурална подручја. Да ли висина прихода има везе са густином насељености и бројем дјецe неопходно је утврдити детаљнијим истраживањима. Важан фактор размјештаја је саобраћајно-географски положај уз двије магистралне и двије регионалне саобраћајнице. Највећа густина на територији Дистрикта је у ужем градском подручју као посљедица административних, услужних и других функција, радних мјеста бољих животних услова (Сл. 2).

is characterized by a higher number of children. Based on data from the UN, Rosling et al. (2018) claim that religion has no influence on the number of children in the household, but that this number depends solely on the level of income, that is, that families with lower incomes have more children. This could also be the case with the District, since the belt of denser population covers rural areas. Whether the level of income has anything to do with population density and the number of children is necessary to determine through more detailed research. A significant factor in the distribution is the traffic-geographical position along the two main and two regional roads. The highest density in the territory of the District is in the inner city area as a result of administrative, service and other functions, jobs with better living conditions (Fig. 2).



Сл. 2. Просјечна густина насељености и број становника по насељима 2013. године  
Fig. 2. Average population density and number of inhabitants by settlements in 2013



Тренд природног кретања становништва Дистрикта Брчко указује на слабљење могућности обнове становништва (Таб. 1 и Сл. 3), као непосредне посљедице слабљења фертилног контингента (Таб. 2) и понашања становништва у планирању породице. Општа стопа наталитета се кретала у интервалу од 10.6 – 11.6 ‰ што значи да се од 2005. године на 1000 становника рађало 11 до 12 новорођенчади. Већи удио дјечака у односу на дјевојчице би у будућности могао утицати на број жена у фертилном периоду.

Општа стопа морталитета за разлику од опште стопе наталитета има тренд повећања. Највиша стопа морталитета достиже 13.38 ‰. Као резултат односа новорођених и умрлих, природни прираштај (Таб. 1 и Сл. 3) има тренд опадања што је још један показатељ нараштајне депопулације. Тренд негативног природног прираштаја Дистрикт Брчко биљежи се први пут 2011. године.

Негативни тренд природног прираштаја у периоду од посљедњих 15 година креће се од -0.48 ‰ до -2.8 ‰ и посљедица је повећања морталитета, каснијег ступања у брак и одложеног рађања, те опадања броја жена у фертилној доби.

The trend of natural increase in the Brčko District indicates a weakening of the possibility of population renewal (Tab. 1, Fig. 3), as a direct consequence of the weakening of the fertile contingent (Tab. 2) and the behavior of the population in family planning. The general birth rate ranged from 10.6 ‰ to 11.6 ‰, which means that since 2005, 11 to 12 newborns have been born per 1000 inhabitants. A higher proportion of boys than girls could in the future affect the number of women in the fertile period.

The general mortality rate, in contrast to the general birth rate, has an increasing trend. The highest mortality rate reaches 13.38 ‰. As a result of the ratio of newborns and deaths, natural increase (Tab. 1, Fig. 3) has a declining trend, which is another indicator of generational depopulation. The trend of negative natural increase in the Brčko District was recorded for the first time in 2011.

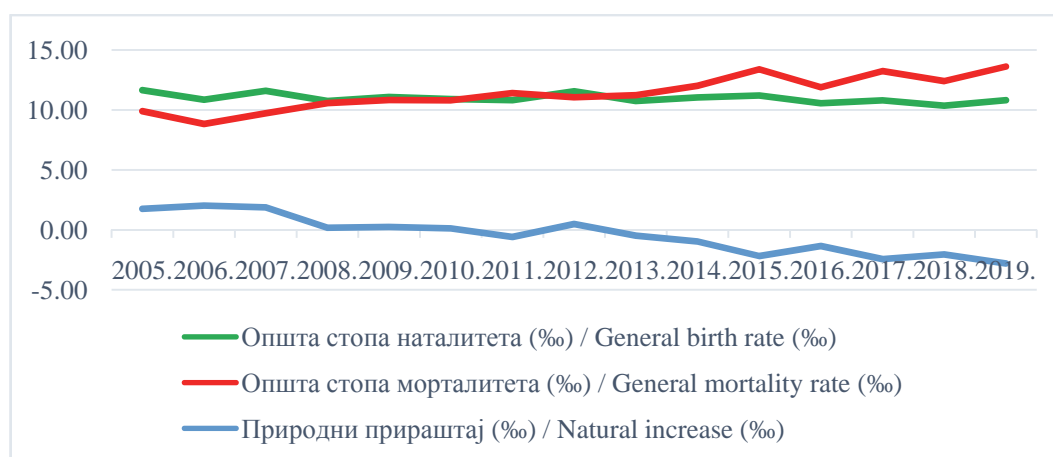
The negative trend of natural increase in the last 15 years ranges from -0.48 ‰ to -2.8 ‰ and is a consequence of increased mortality, later marriage and delayed childbirth, and a decline in the number of women of childbearing age.

Таб. 1. Опште стопе наталитета, морталитета и природног прираштаја (Агенција за статистику БиН Подружница/Експозитора Брчко, 2009, 2013, 2018, 2020)

Tab. 1. General birth, mortality and natural increase rates (Агенција за статистику БиН Подружница/Експозитора Брчко, 2009, 2013, 2018, 2020)

Година / Year	Бр. становништва (процјене) / No. of population (estimates)	Број рођених / Number of Births	Општа стопа наталитета (‰) / General Birth Rate (‰)	Број умрлих / Number of Deaths	Општа стопа морталитета (‰) / General Mortality Rate (‰)	Природни прираштај (‰) / Natural Increase (‰)
2005.	83930	977	11.64	830	9.89	1.75
2006.	84100	912	10.84	742	8.82	2.02
2007.	84258	976	11.58	818	9.71	1.88
2008.	84233	905	10.74	890	10.57	0.18
2009.	84260	933	11.07	912	10.82	0.25
2010.	83995	916	10.91	906	10.79	0.12
2011.	83723	905	10.81	954	11.39	-0.59
2012.	83516	964	11.54	923	11.05	0.49

2013.	83410	896	10.74	936	11.22	-0.48
2014.	83309	919	11.03	1000	12.00	-0.97
2015.	83236	932	11.20	1114	13.38	-2.19
2016.	83254	878	10.55	990	11.89	-1.34
2017.	83243	898	10.79	1101	13.22	-2.43
2018.	83234	861	10.35	1032	12.40	-2.05
2019.	83159	899	10.81	1132	13.61	-2.80



Сл. 3. Опште стопе наталитета, морталитета и природног прираштаја Брчко дистрикта БиХ (2005–2019)

Fig. 3. General birth, mortality, and natural increase rates of the Brčko District of B&H (2005–2019)

Општа стопа фертилитета (Таб. 2) је у порасту за око 2 ‰. У 2013. години број дјеце рођене на 1000 жена у фертилном периоду износио је 43.72 ‰, док је 2019. године тај број био већи односно 45.68 ‰. Међутим, то није узрок повећања броја рођених него смањења броја жена у фертилном периоду будући да је број рођених у посматраном периоду остао приближан, док се број жена смањило за 811. Сума укупног фертилитета (СУФ) је најбољи показатељ фертилитета и представља број дјеце који је жена родила у свом фертилном периоду. У 2013. години СУФ је износио 1.55, а 2019. године 1.65 (односно 2) дјетета по мајци што је такође последица смањења броја жена у фертилном периоду. Обје вриједности СУФ-а су мање од 2.1 односно 3 дјетета по мајци те не омогућује просту репродукцију становништва. На основу СУФ-а се може поново констатовати стање нараштајне депопулације.

The general fertility rate (Tab. 2) is increasing by about 2 ‰. In 2013, the number of children born per 1000 women in the fertile period was 43.72 ‰, while in 2019 the number was higher, i.e., 45.68 ‰. However, this is not the cause of the increase in the number of births but the decrease in the number of women in the fertile period, since the number of births in the observed period remained approximate, while the number of women decreased by 811. Total fertility rate (TFR) is the best indicator of fertility and it represents the number of children a woman gave birth to during her fertile period. In 2013, the TFR was 1.55, and in 2019 it was 1.65 (or 2) children per mother, which is also a consequence of the decrease in the number of women in the fertile period. Both TFR values are less than 2.1, i.e. 3 children per mother, and do not allow for simple population reproduction. On the basis of TFR, the state of generational depopulation can be ascertained again.

Таб. 2. Општа стопа фертилитета и СУФ 2013, 2017. и 2019. године  
Tab. 2. General fertility rate and TFR in 2013, 2017 and 2019

Година / Year	Број рођених / Number of Births	Број жена у фер- тилном периоду / Number of Women in Fertile Period	Општа стопа ферти- литета (‰) / General Fertility Rate (‰)	Сума укупног фер- тилитета (‰) / Total Fertility Rate (‰)
2013.	896	20492	43.72	1.55
2017.	898	19905	45.11	1.62
2019.	899	19681	45.68	1.65

У периоду од 2004. до 2019. године највећи број дјеце жене су родиле у старосном периоду од 25 до 29 година. Такође, може се примјетити и тренд смањења броја рођене дјеце у периоду од 20 до 24 године, а повећање у старосној доби мајке од 30 до 34 године што указује да се оваквим трендом жене све касније одлучују на родитељство (Таб. 3). Одложено рађање утиче на продужење периода природне обнове становништва.

In the period from 2004 to 2019, the largest number of children were born by women between the ages of 25 and 29. Also, there can be noticed the trend of decreasing the number of children born in the age of the mother from 20 to 24 years, and the increase in the age of the mother from 30 to 34 years, which indicates that with this trend, women are increasingly deciding later to parenthood (Tab. 3). Delayed childbirth affects the prolongation of the period of natural renewal of the population.

Таб. 3. Рађање дјеце према старости мајке 2004–2019. (Агенција за статистику БиХ Подружница/  
Ekspozitura Brčko, 2009, 2013, 2018, 2020)

Tab. 3. Birth of children according to the age of the mother 2004–2019 (Агенција за статистику БиХ  
Podruznica/Ekspozitura Brčko, 2009, 2013, 2018, 2020)

Год. / YR	Ук. / TTL	< 15	15–19	20–24	25–29	30–34	35–39	40–44	45–49	> 50	НН / UN
2004.	984	1	43	394	291	173	59	19	4	0	0
2005.	977	1	52	311	315	187	90	13	1	0	7
2006.	912	1	57	275	281	191	64	14	2	0	27
2007.	976	2	57	291	330	200	63	13	1	0	19
2008.	905	7	53	242	307	190	72	18	3	0	13
2009.	933	5	58	224	341	202	77	11	1	0	14
2010.	916	3	64	203	336	189	73	13	2	1	32
2011.	905	4	71	207	284	206	87	23	2	0	21
2012.	964	2	54	201	318	237	86	33	3	2	28
2013.	896	1	56	183	299	236	71	20	1	1	28
2014.	919	1	48	184	292	239	81	29	4	2	39
2015.	932	1	54	194	268	261	107	25	1	1	20
2016.	878	0	43	170	263	264	106	20	1	2	9
2017.	898	4	50	179	272	246	120	18	2	1	6
2018.	861	0	35	194	244	245	101	27	2	1	12
2019.	899	2	42	207	244	254	117	21	4	1	7
Ук./TTL		35	837	3659	4685	3520	1374	317	34	12	282

На основу броја рођене дјеце према старости мајке могуће је уочити корелацију са просјечном старошћу мајке према реду рођења дјетета. Просјечна старост рађања мајки према реду рођења дјетета (Таб. 4) има тренд повећања исто као што то имају и кохорте од 30 до 39 година када је у питању рађање дјеце према старости мајке (Таб. 3) што поново упозорава на рађање у позним годинама не гарантујући већи број живорођених у будућности. Године рађања првог, другог, и трећег дјетета имају тренд повећања, а благи пад овог тренда се примјећује 2019. године осим када је у питању прво дијете (Таб. 4). Пажња популационе политике с разлогом треба да буде усмјерена ка рађању првог, другог и трећег дјетета будући да је за просту репродукцију потребно троје дјеце (по могућности два дјечака и једна дјевојчица).

Based on the number of children born according to the age of the mother, it is possible to notice a correlation with the average age of the mother according to the order of birth of the child. The average age of birth of mothers according to the order of birth of the child (Tab. 4) has an increasing trend, as do the cohorts from 30 to 39 years, when it comes to giving birth to children according to the age of the mother (Tab. 3), which again warns of births in later years, not guaranteeing more live births in the future. The years of birth of the first, second, and third child have an increasing trend, and a slight decline in this trend is noticed in 2019, except for the first child (Tab. 4). The attention of population policy should rightly be focused on the birth of the first, second and third child, since simple reproduction requires three children (preferably two boys and one girl).

Таб. 4. Просјечна старост мајке према реду рођења дјетета 2008, 2012, 2017. и 2019. (Агенција за статистику БиН Подружница/Експозитора Брчко, 2009, 2013, 2018, 2020)

Tab. 4. Average age of the mother according to the order of birth of the child in 2008, 2012, 2017 and 2019 (Агенција за статистику БиН Подружница/Експозитора Брчко, 2009, 2013, 2018, 2020)

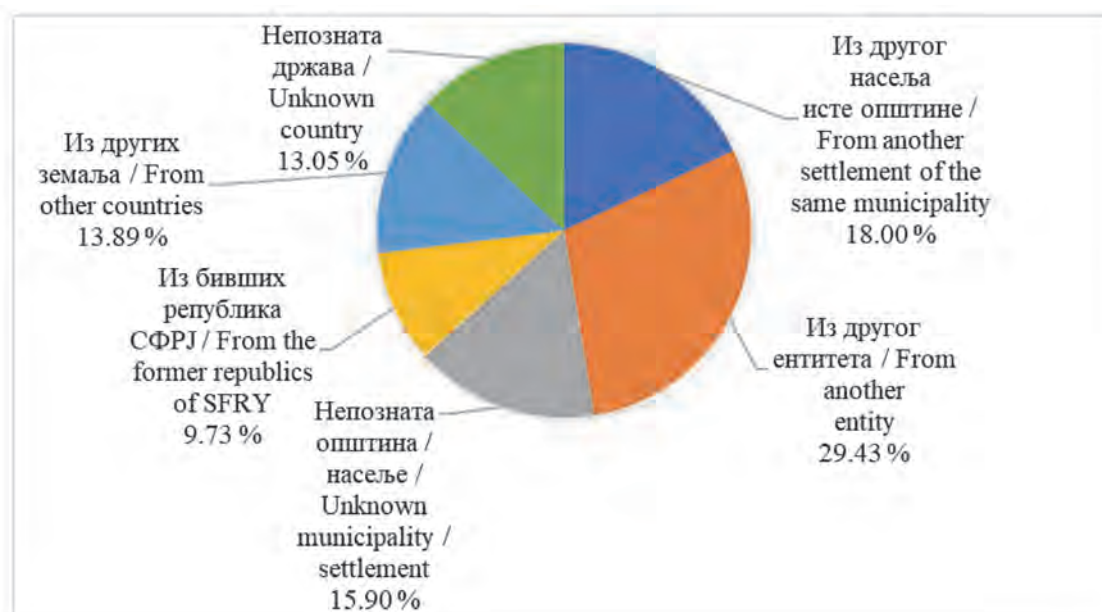
	2008.	2012.	2017.	2019.
Прво / First	25.08	26.71	27.48	27.50
Друго / Second	28.18	28.33	30.67	29.19
Треће / Third	31.3	30.6	31.81	31.17
Четврто / Fourth	31.35	31.94	32	30.41
Пето / Fifth	32.56	33	32	30.88

Миграције су имале пресудан утицај за демографски развој Брчког. Оне и данас несумњиво имају битну улогу у броју и структури становништва Брчког дистрикта. О томе свједочи податак да је према попису 2013. године 56071 становник досељен односно од рођења не живи у Брчко Дистрикту, што чини 67 % укупног становништва Дистрикта. Од укупног броја досељеног становништва 63 % чини становништво које се доселило унутар граница БиХ, док се осталих 37 % односи на становништво досељено из других држава (Сл. 4) углавном насталих дезинтеграцијом Социјалистичке Федеративне Републике Југославије (Agency for Statistics of Bosnia and Herzegovina,

Migrations have had a decisive impact on the demographic development of Brčko. They still undoubtedly play an important role in the number and structure of the population of the Brčko District. This is evidenced by the fact that according to the 2013 census, 56071 inhabitants immigrated or have not lived in the Brčko District since birth, which is 67 % of the total population of the District. From the total number of immigrants, 63 % are immigrants within the borders of B&H, while the remaining 37 % refer to the population immigrated from other countries (Fig. 4), mainly created by the disintegration of the Socialist Federal Republic of Yugoslavia (Agency for Statistics of Bosnia and Herzegovina,

2019b). Подаци о емиграцијама нису објављени у попису 2013. године тако да не постоји могућност рачунања миграционог салда.

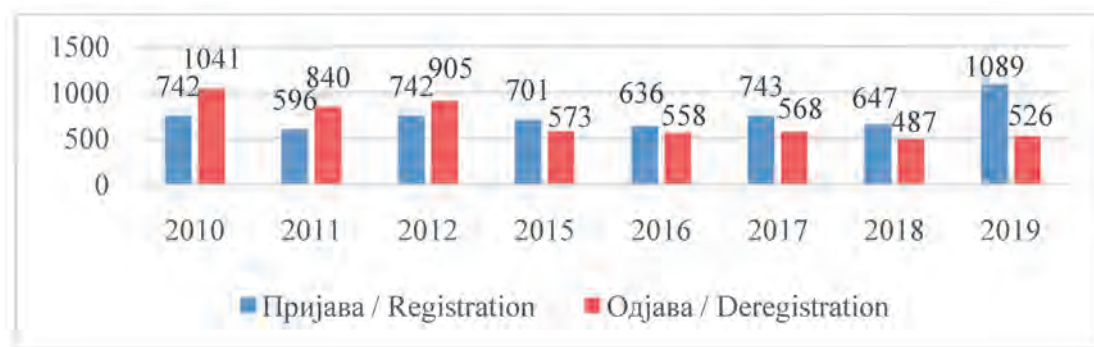
2019b). Data on emigration were not published in the 2013 census, so there is no possibility of calculating the migration balance.



Сл. 4. Досељено становништво у Брчко дистрикту БиХ према попису 2013. године  
Fig. 4. Immigrant population in the Brčko District of B&H according to the 2013 census

Тренутно као једини податак који се тиче емиграција је евиденција о броју пријава и одјава мјеста боравка (Сл. 5) на основу чега се може се примијетити динамичност у погледу броја пријава и одјава. Према подацима Одјељења за јавни регистар Владе Брчко дистрикта БиХ, Брчко дистрикт има позитиван миграциони салдо, али такав закључак се не може са сигурношћу донијети будући да много грађана БиХ званично има мјесто пребивалишта у Дистрикту иако ту не бораве. Разлог оваквој појави лежи у повољностима које грађани Дистрикта имају у односу на ентитете (високе плате у јавном сектору, јефтинија регистрација моторних возила, студентска стипендија, итд.). Дакле, за сада остаје неутврђено да ли Брчко дистрикт заиста има позитиван миграциони салдо или не будући да се подаци пријава и одјава мјеста боравка не могу користити као релевантан податак за рачунање истог.

Currently, the only data concerning emigration is the records on the number of registrations and deregistrations of the place of residence (Fig. 5), on the basis of which the dynamics in terms of the number of registrations and deregistrations can be noticed. According to the Department for the Public Register of the Government of Brčko District B&H, the Brčko District has a positive migration balance from 2015 to 2019, but such a conclusion cannot be reached with certainty since many citizens of B&H officially reside in the District even though they do not reside there. The reason for this phenomenon lies in the benefits that the citizens of the District have in relation to the entities (high salaries in the public sector, cheaper registration of motor vehicles, student scholarship, etc.). So, for now, it remains unclear whether the Brčko District really has a positive migration balance or not, since the data of registration and deregistration of the place of residence cannot be used as relevant data for calculating migration balance.



Сл. 5. Пријаве и одјаве мјеста боравка на територији Брчко дистрикта БиХ 2010–2019.

Fig. 5. Registration and deregistration of the place of residence on the territory of the Brčko District B&H 2010–2019

За насеље Брчко карактеристичне су дневне миграције, али не само из насеља Дистрикта већ и из насеља других општина и градова (Обудовац, Пелагићево, Тузла, Градачац, Живинице, итд.). Осим радних миграција, значајан удио у дневним мигарцијама чине ученици средњих школа из Обудовца, Пелагићева (РС) и Гуње (Република Хрватска). Велики удио у привременим миграцијама ка Брчком имају студенти због услова студирања на приватним факултетима. Студенти Европског универзитета Брчко дистрикт долазе из скоро свих градова БиХ, из Србије (Београд, Сомбор, Ниш, Сокобања, итд.), Хрватске (Загреб, Винковци, Осиек, итд.) и Словеније (Љубљана). Није познато да ли студенти бораве у Дистрикту током студија или долазе повремено ради извршења обавеза. Подаци о броју, мјесту пребивалишта и боравку студената током студија за остале приватне универзитете нису доступни. Број студената на Економском факултета Брчко, Универзитета у Источном Сарајеву (ЕФБ УНИС), који похађају углавном студенти из Брчког и ширег окружења нагло опада. Академске 2015/2016 студије је похађало 524 студента, док се тај број академске 2021/2022 смањило на 306 студената. Студенти ЕФБ УНИС који долазе из других градова углавном станују у Брчко дистрикту уколико нису апсолвенти који долазе повремено ради извршења обавеза. Кретање студентске популације у Дистрикту не утиче на демографске прилике већ на динамику дневних и повремених миграција и потрошњу и услуге.

The settlement of Brčko is characterized by daily migrations, but not only from the settlements of the District but also from the settlements of other municipalities and cities (Obudovac, Pelagićevo, Tuzla, Gradačac, Živinice, etc.). In addition to labor migration, a significant share of daily migration is made up of high school students from Obudovac, Pelagićevo (RS) and Gunja (Republic of Croatia). Students have a large share in temporary migrations to Brčko due to the conditions of studying at private faculties. Students of the European University of Brčko District come from almost all cities in B&H, from Serbia (Belgrade, Sombor, Niš, Sokobanja, etc.), Croatia (Zagreb, Vinkovci, Osijek, etc.) and Slovenia (Ljubljana). It is not known whether students reside in the District during their studies or come occasionally to fulfill their obligations. Data on the number, place of residence and stay of students during their studies for other private universities are not available. The number of students at Faculty of Economics Brčko, University of East Sarajevo (EFB UNIS), attended mainly by students from Brčko and the surrounding area, is rapidly decreasing. In the academic year 2015/2016 EFB UNIS was attended by 524 students, while the number of them in academic 2021/2022 decreased to 306 students. EFB UNIS students who come from other cities mostly live in the Brčko District, unless they are graduates who come occasionally to fulfill their obligations. The movement of the student population in the District does not affect demographic conditions, but the

Процес старења становништва потврђује облик полно-старосне пирамиде која поприма облик урне због смањења броја младог становништва што указује на негативне демографске трендове карактеристичне за друштва у депопулацији, али је удио младог контингента (13081) још увијек већи од старог становништва (12136) што представља добар показатељ. На основу анализе полно-старосне структуре (Сл. 6) може се видјети да доминира становништво у старосном интервалу од 45 до 54 године. У полној структури посматраног периода доминира женски пол. У 2013. години највећу бројност имале су старосне групе између 45–49 и 50–54 година старости бројећи преко 6000 становника појединачно.

Уколико се подаци пописа из 2013. године упореде са подацима из 2019. године базираним на процјенама броја становника онда би се могло примјетити да је и интервал од 55–59 година старости прешао 6000 становника. Остале старије кохорте такође биљеже повећање осим кохорте која обухвата становништво старије преко 85 година. Већина интервала који обухватају старије становништво преко 60 година су повећали свој апсолутни број. Треба поменути да је према подацима у 2019. години примјетно повећање популације у кохортама од 0–4 и 5–9 година (Агенција за статистику БиН Подружница/Експозитора Брчко, 2020).

У полно-старосној структури Брчко дистрикта БиХ примјећује се бројност припадница женског пола и укупног становништва у кохортама између 45 и 64 године. Већи број жена у тим кохортама није у фертилном периоду. Према приказаној полно-старосној пирамиди (Сл. 6) Дистрикт Брчко се дефинитивно налази у процесу сенилизације јер је у структури становништва 2013. старо становништво чинило 14 %, а 2019. године се тај проценат повећао на 15 %. Према класификацији то је изразито старо становништво будући да удио особа старијих од 65 година већи од 12 % (Нејаšмић, 2003).

Због опадања наталитета и одласка младог становништва, убрзо ће се однос старосних група почети мијењати у корист старијег становништва гдје су већ сада најбројније кохорте између 45 и 59 година старости, те је нужна стратегија пронаталитетне политике.

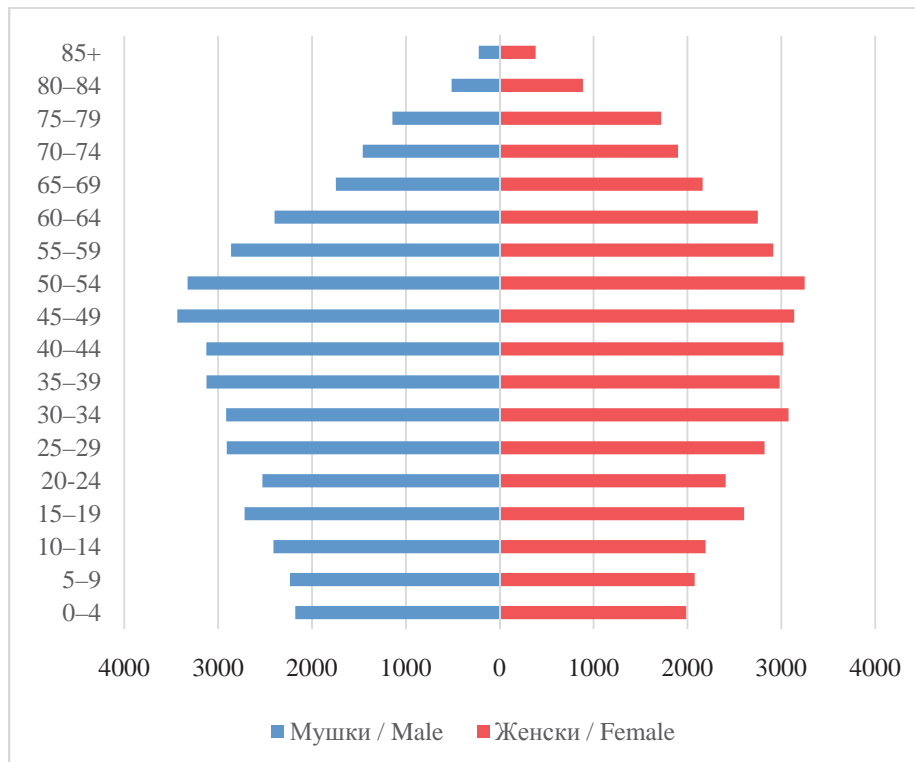
dynamics of daily and occasional migration and consumption and services.

The aging process confirms the shape of the population pyramid, which takes the form of an urn due to declining in the number of young population, which indicates negative demographic trends characteristic of depopulated societies, but the share of young contingent (13081) is still higher than the old population (12136), and that is a good indicator. Based on the analysis of the age and sex structure (Fig. 6), it can be seen that it dominates the population in the age range from 45 to 54 years. The sex structure of the observed period is dominated by females. In 2013, the largest numbers were in the age groups between 45–49 and 50–54 years of age, with over 6000 inhabitants individually.

If the data from the 2013 census are compared with the data from 2019 based on population estimates, then it could be noticed that the interval from 55 to 59 years of age exceeded 6000 inhabitants. Other older cohorts also recorded an increase, except for the cohort that includes the population over 85 years of age. Most of the intervals covering the elderly population over the age of 60 have increased their absolute number. It should be mentioned that in 2019, there is a noticeable increase in the population in cohorts of 0–4 and 5–9 years (Агенција за статистику БиН Подружница/Експозитора Брчко, 2020).

The age and sex structure of the Brčko District of B&H shows the number of females and the total population in cohorts between 45 and 64 years. Most women in these cohorts are not in the fertile period. According to the presented age and sex pyramid (Fig. 6), Brčko District is definitely in the process of senilization because in the population structure in 2013 the old population was 14 %, and in 2019 this percentage increased to 15 %. According to the classification, it is a very old population, since the share of people over 65 is higher than 12 % (Нејаšмић, 2003).

Due to the declining birth rate and the departure of the young population, the ratio of age groups will soon begin to change in favor of the older population, where the cohorts between the ages of 45 and 59 are already numerous, and a strategy of pronatalist policy is needed.



Сл. 6. Полно-старосна структура становништва Брчко дистрикта БиХ 2013. године  
Fig. 6. Age and sex structure of the population of the Brčko District of B&H in 2013

Промјене у економској структури становништва у периоду 1961–2013. године указују на негативне резултате транзиције друштвеног система гдје је удио становништва у секундарном сектору опао за више од 50 % што говори о слабљењу индустријског потенцијала Дистрикта (Таб. 5). Са друге стране терцијарни сектор биљежи много већу заступљеност у структури запослености. Промјена у структури привреде утиче на динамику и правце дневних миграција, као и на развој базних функција града.

Changes in the economic structure of the population in the period 1961–2013 indicate negative results of the transition of the social system, where the share of population in the secondary sector fell by more than 50 %, which indicates a weakening of industrial potential of the District (Tab. 5). On the other hand, the tertiary sector is much more represented in the employment structure. The change in the structure of the economy affects the dynamics and directions of daily migration, as well as the development of the basic functions of the city.

Таб 5. Структура становништва према запослености у привредним секторима (%) (Savezni zavod za statistiku, 1965; Ekonomski fakultet u Brčkom, 1983; Agency for Statistics of Bosnia and Herzegovina, 2019a)

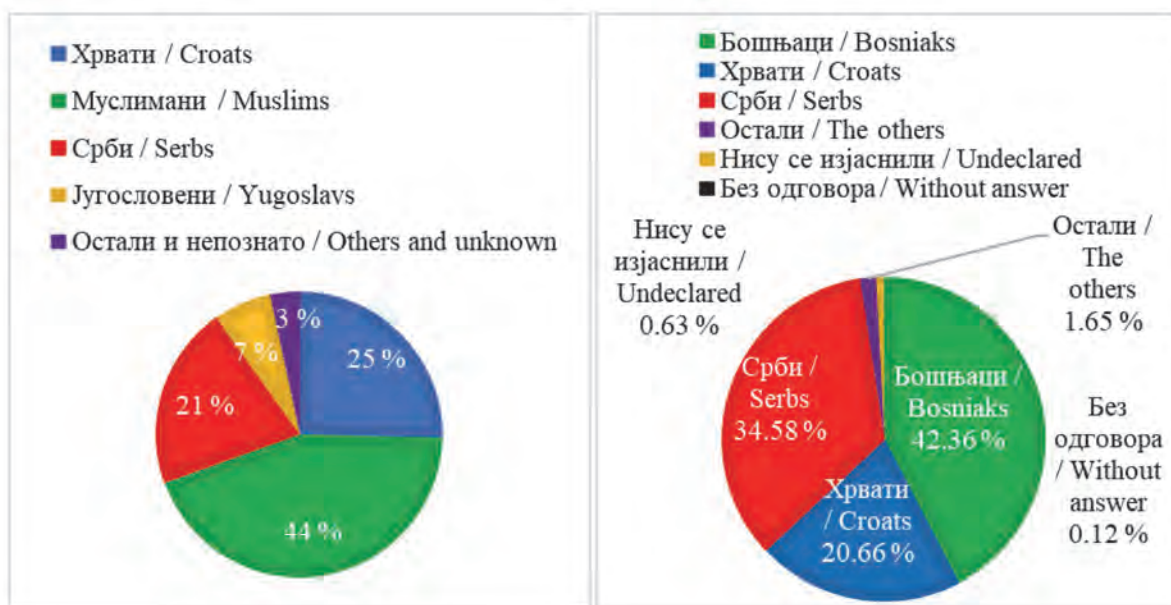
Tab 5. Population Structure by Employment in Economic Sectors (%) (Savezni zavod za statistiku, 1965; Ekonomski fakultet u Brčkom, 1983; Agency for Statistics of Bosnia and Herzegovina, 2019a)

Привредни сектор / Economic Sector	1961.	1981.	2013.
Примарни сектор / Primary Sector	67.7	5.7	11.29
Секундарни сектор / Secondary Sector	12.9	60	26.16
Терцијарни сектор / Tertiary Sector	12.6	34.3	62.56



Етничка структура становништва је претрпјела промјене након грађанског рата (Сл. 7 и Сл. 8). Удио српског становништва се повећао, док је број бошњачког (муслиманског) и хрватског становништва опао. У укупном кретању у периоду 1991–2013. године демографски потенцијал је опао за око 4000 становника.

The ethnic structure of the population underwent changes after the civil war (Fig. 7 and Fig. 8). The share of the Serb population increased, while the number of Bosniaks (Muslims) and Croats decreased. In the total movement in the period 1991–2013, the demographic potential decreased by about 4000 inhabitants.



Сл. 7. и Сл. 8. Промјене у етничкој структури према пописима становништва 1991. и 2013. године.  
Fig. 7. and Fig. 8. Changes in ethnic structure according to the 1991 and 2013 censuses

Број склопљених бракова је у паду осим 2017. године када је забиљежен благи пораст након чега се опет биљежи пад. Број разведених бракова се у периоду од 2005. до 2018. године повећао за око 3.5 пута. У релативно кратком периоду (2005–2019) просјечна старост при склапању брака помјерена је за око 3 године: код жена на 29 година старости, а код мушкараца на 32 године (Таб. 6). Тенденције све каснијег склапања брака указују да ће се негативни процеси природног кретања и старења становништва наставити.

Касније склапање брака значи и потенцијално касније рађање првог и већег броја дјете. Са годинама рађања првог дјетета повежане су и године склапања првог брака тако да су трендови код ових података слични. Нема сумње да су разлози због којег мајке нису постигле жељени број дјете потешкоће са финан-

The number of marriages is declining except in 2017, when there was a slight increase, after which there was another decline. The number of divorces increased by about 3.5 times in the period from 2005 to 2018. In a relatively short period (2005–2019), the average age of marriage has shifted by about 3 years: in women to 29 years of age, and in men to 32 years (Tab. 6). Tendencies of later marriages indicate that the negative processes of natural movement and aging of the population will continue.

Getting married later means potentially later birth of the first and larger number of children. The years of getting married for the first time are also related to the years of birth of the first child, so the trends in these data are similar. There is no doubt that the reasons why mothers did not achieve the desired number of

сијама, стамбени проблеми и слично као што је то случај у Републици Српској (Marinković et al., 2017). Поменути проблеми су такође препрека и за склапање бракова.

children are financial difficulties, housing problems and the like, as is the case in the Republic of Srpska (Marinković et al., 2017). These issues are also an obstacle to getting married.

Таб. 6. Број склопљених и разведених бракова и просјечна старост при склапању првог брака 2005–2019. (Агенција за статистику БиН Подружница/Експозитора Брчко, 2009, 2013, 2018, 2020)  
Tab. 6. Number of marriages and divorces and average age at first marriage 2005–2019 (Агенција за статистику БиН Подружница/Експозитора Брчко, 2009, 2013, 2018, 2020)

Година / Year	Статус брака / Marriage Status		Просјечна старост при склапању првог брака / Average Age at the First Marriage	
	Склопљен / Married	Разведен / Divorced	Невјеста / Bride	Младожења / Groom
2005.	669	85	26.65	29.76
2006.	673	91	26.03	30.12
2007.	700	94	27.78	31.18
2008.	680	82	26.6	30.12
2009.	670	139	27.08	30.29
2010.	617	154	26.98	29.25
2011.	613	199	27.29	30.45
2012.	701	236	27.75	30.71
2013.	619	191	28.97	32.74
2014.	659	251	28.11	30.68
2015.	670	311	27.77	30.65
2016.	653	289	30.66	33.82
2017.	718	295	29.04	32.24
2018.	631	298	29.2	32.37
2019.	599	187	29.39	32.20

На основу посљедња два пописа становништва и процјена броја становника може се извести неколико закључака. Просјечан апсолутни годишњи раст становништва Брчко дистрикта БиХ износи -191.68 % што значи да се сваке године број становника дистрикта Брчко умањи за око 192 становника. Стопа просјечног раста становништва дистрикта на нивоу године износи -0.22 % односно губитак једног становника на 100 становника. Исте вриједности израчунате на основу процјена броја становника такође показују негативне трендове (Таб. 7).

Based on the last two censuses and population estimates, several conclusions can be drawn. The average absolute annual population growth of the Brčko District of B&H is -191.68 %, which means that every year the population of the Brčko District decreases by about 192 inhabitants. The average annual growth rate of the District is -0.22 %, i.e., the loss of one inhabitant per 100 inhabitants. The same values calculated based on population estimates also show negative trends (Tab. 7).

Таб 7. Просјечан апсолутни годишњи раст (R), средњи број становника између два пописа, стопа просјечног годишњег раста – r (%)

Tab 7. Average absolute annual growth (R), average population number between the two censuses, average annual growth rate – r (%)

Вриједности / Values	Према пописима 1991. и 2013. / According to the 1991 and 2013 Censuses.	Према процјенама 2009. и 2019. / According to Estimates for 2009 and 2019.
Просјечан апсолутни годишњи раст (R) / Average Absolute Annual Growth (R)	-191.68	-110.10
Средњи бр. становника између два пописа / Average Population Number Between the Two Censuses	85518.50	83709.50
Стопа просјечног годишњег раста – r (%) / Average Annual Growth Rate – r (%)	- 0.22	- 0.13

Свака процјена демографске будућности је релативна јер су развојни процеси тешко предвидиви. Регистровани број становника Брчко дистрикта на којем су засноване анализе је упитан јер нису усаглашени резултати пописа становништва у БиХ 2013. године. Одлуком Народне скупштине Републике Српске институције РС нису прихватиле резултате које је објавила Агенција за статистику БиХ јер није поштована методологија пописа EUROSTAT-а чиме је број становника увећан за становништво које живи у иностранству, а приступило је попису. Резултате за РС објавио је Републички завод за статистику РС који се разликују од резултата објављених од стране Агенције за статистику БиХ и приказују мањи број становника него што је првобитно објављено. Ако би се иста методологија пребројавања становништва примијенила и за Брчко дистрикт онда је сигурно да би број становника у Дистрикту био знатно мањи. Званичне резултате за Брчко дистрикт објавила је само Агенција за статистику БиХ. Без обзира на тачност и усаглашеност података пописа, доступна статистика указује на процес старења и да демографска будућност Дистрикта не иде у оптимистичном правцу.

#### ЗАКЉУЧАК

Брчко дистрикт БиХ има повољан географски положај и природно-географске усло-

Any assessment of the demographic future is relative because development processes are difficult to predict. The registered number of inhabitants of the Brčko District on which the analyses are based is questionable because the results of the 2013 census in B&H were not harmonized. By the decision of the National Assembly of the Republic of Srpska, the RS institutions did not accept the results published by the Agency for Statistics of B&H because the methodology of the EUROSTAT census was not followed, which increased the number of inhabitants living abroad and joined the census. The results for RS were published by the Republic Statistical Office of RS, which differ from the results published by the Agency for Statistics of B&H and shows a lower number of inhabitants than originally published. If the same methodology of population census were applied for the Brčko District, then it is certain that the number of inhabitants in the District would be significantly lower. Official results for the Brčko District were published only by the Agency for Statistics of B&H. Regardless of the accuracy and compliance of the census data, the available statistics indicate the aging process and that the demographic future of the District is not going in an optimistic direction.

#### CONCLUSION

Brčko District of B&H has a favorable geographical position and natural-geograph-

ве за развој. Друштвено-географски процеси последњих деценија утицали су на неповољне геополитичке прилике и трендове привредног развоја што се негативно одражава на демографска кретања. Природни прираштај и старосна структура указују на процес старења становништва и потребу дефинисања популационе политике у циљу омогућавања бар просте замјене генерација. Специфичан политички статус Брчко дистрикта омогућава више социо-економски повољнијих услова у односу на ентитете у БиХ. Брчко дистрикт има потенцијале за развој сопствене привреде првенствено путем реорганизације пољопривреде и обнављањем индустријских капацитета. Неискориштене погодности саобраћајног положаја, специфичност геополитичког статуса, могућности укључивања у програме трансграничног развоја дио су неискориштених могућности значајних у отварању нових радних мјеста и социо-економској стабилности, тиме и заустављању емиграционих процеса. Укупни међуетнички односи у БиХ рефлектују се и на Брчко дистрикт као потенцијални модел унитарне БиХ слабећи јединствено функционисање. Културна, вјерска и етничка коегзистенција, дефинисање развојних програма оријентисаних на повећану запосленост младих и бенефите породица са дјецом нужни су предуслови демографске стабилности Брчко дистрикта. Негативни трендови повезаности незапослености и наталитета уочени су и у РС и у другим Европским државама (Stanivuk & Marinković, 2017).

Усаглашавање развојних могућности, структуре привреде и образовања, политике запошљавања морају бити усклађене и усмјерене на демографску одрживост.

Брчко дистрикт БиХ има потребу за про-наталитетном популационом политиком која ће се спроводити у циљу повећања наталитета. Оваква политика треба бити праћена бољом здравственом заштитом, побољшањем економске ситуације, подршком младим брачним паровима и породиљама те спрјечавањем емиграција младог репродуктивног и радно способног становништва.

ical conditions for development. Socio-geographical processes in recent decades have influenced the unfavorable geopolitical conditions and trends of economic development, which has a negative impact on demographic trends. Natural increase and age structure indicates the aging process of the population and the need to define population policy in order to enable at least a simple change of generations. The specific political status of the Brčko District provides more socio-economically favorable conditions compared to the entities in B&H. The Brčko District has the potential to develop its own economy, primarily through the reorganization of agriculture and the renewal of industrial capacity. Unused benefits of traffic position, specificity of geopolitical status, opportunities for inclusion in cross – border development programs are part of untapped opportunities important in creating new jobs and socio-economic stability, and thus stopping emigration processes. The overall interethnic relations in B&H are also reflected in the Brčko District as a potential model of a unitary B&H, weakening the unified functioning. Cultural, religious and ethnic coexistence, defining development programs focused on increased youth employment and the benefits of families with children are necessary preconditions for the demographic stability of the Brčko District. Negative trends in the relationship between unemployment and birth rates have been noticed in RS and other European countries (Stanivuk & Marinković, 2017).

Harmonization of development opportunities, structure of economy and education, employment policies must be harmonized and focused on demographic sustainability.

The Brčko District of B&H needs a pronatalist population policy that will be implemented in order to increase the birth rate. Such a policy should be accompanied by better health care, improvement of the economic situation, support for young married couples and mothers, and prevention of emigration of young reproductive and able – bodied population.

Објективније процјене демографских прилика могуће је урадити у условима ажурираних статистичких евиденција и праћења статистике праваца миграционих токова. У раду представљена анализа и из ње изведени закључци заснивају се на доступним статистичким показатељима.

More objective assessments of demographic conditions can be done in the conditions of updated statistical records and monitoring of statistics on the directions of migration flows. The analysis presented in this paper and the conclusions drawn from it are based on available statistical indicators.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Agencija za statistiku Bosne i Hercegovine Podružnica/Ekspozitura Brčko. (2009). *Demografija*.
- Agencija za statistiku Bosne i Hercegovine Podružnica/Ekspozitura Brčko. (2013). *Demografija u Brčko distriktu BiH*.
- Agencija za statistiku Bosne i Hercegovine Podružnica/Ekspozitura Brčko. (2018). *Demografija u Brčko distriktu BiH*.
- Agencija za statistiku Bosne i Hercegovine Podružnica/Ekspozitura Brčko. (2020). *Demografija u Brčko distriktu BiH*.
- Agency for Statistics of Bosnia and Herzegovina. (2016). *Census of Population, Households and Dwellings in Bosnia and Herzegovina 2013 Final Results*.
- Agency for Statistics of Bosnia and Herzegovina. (2019a). *Census of Population, Households and Dwellings in Bosnia and Herzegovina – Economic Characteristics*.
- Agency for Statistics of Bosnia and Herzegovina. (2019b). *Census of Population, Households and Dwellings in Bosnia and Herzegovina – Migrations*
- Anđelković Stoilković, M. (2019). Zastupljenost demografskih problema pograničnog prostora Republike Srbije u javnim politikama. *Demografija*, 16, 103–118. <https://doi.org/10.5937/demografija1916103A>
- Bagan, H., & Yamagata, Z. (2015). Analysis of urban growth and estimating population density using satellite images of nighttime lights and land-use and population data. *GIScience & Remote Sensing*, 52(6), 765–780. <https://doi.org/10.1080/15481603.2015.1072400>
- Бухтияров, И. В. (2019). Современное состояние и основные направления сохранения и укрепления здоровья работающего населения России. *Медицина труда и промышленная экология*, 9, 527–532. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-9-527-532>
- Девеџић, М. (2004). Значај брачности за ниво фертилитета. *Демографија*, 1, 73–91.
- Ђорђевић, И. (2016). Саобраћајно-географски положај Балканског полуострва као значајног миграционог коридора. *Демографија*, 8, 129–138.
- Ђорђевић, I., Šantić, D., & Živković, Lj. (2018). Deca migrant u školama u Srbiji – barijera ili izazov za novi početak. *Demografija*, 15(15), 73–92. <https://doi.org/10.5937/demografija1815073D>
- Економски факултет у Брчком. (1983). *Razvoj male privrede na području opštine Brčko, studija*. Економски факултет у Брчком, Универзитет у Тузли.
- Лукић, В. (2018). Од имиграције до интеграције – Можемо ли да учимо од земаља са развијеним политикама интеграције миграната ? *Зборник Матице српске за друштвене науке*, 167, 639–649. <https://doi.org/10.2298/ZMSDN1867639L>
- Marinković, D., & Majić, A. (2013). Population Policy and Family Planning in the Republic of Srpska – Status and Tendencies. *Гласник/ Herald*, 17, 69–87. <https://doi.org/10.7251/HER1714069M>
- Мрђен, С., & Марић, И. (2018). Демографски депресивна подручја у Хрватској: Каква треба бити популациона политика? *Зборник матице Српске за друштвене науке*, 167, 687–699. <https://doi.org/10.2298/ZMSDN1867687M>

- Муцић, М., & Девеџић, М. (2018). Одлагање брака код мушког становништва у Републици Србији. *Зборник матице Српске за друштвене науке*, 167, 489–498. <https://doi.org/10.2298/ZMSDN1867489M>
- Nejašmić, I. (2003). Značajke biološkog (demografskog) sastava stanovništva Hrvatske. *Hrvatski geografski glasnik*, 65(2), 29–54. <https://doi.org/10.21861/HGG.2003.65.02.02>
- Nejašmić, I., & Toskić, A. (2013). Starenje stanovništva u Hrvatskoj – sadašnje stanje i perspektive. *Hrvatski geografski glasnik*, 75(1), 89–110. <https://doi.org/10.21861/HGG.2013.75.01.05>
- Perrin, F. (2021). On the origins of the demographic transition: rethinking the European marriage pattern. *Cliometrica*, 16, 431–475. <https://doi.org/10.1007/s11698-021-00237-2>
- Rosling, H., Rosling, O., & Rönnlund, A. R. (2018). *Factfulness: ten reasons we're wrong about the world - and why things are better than you think*. Sceptre.
- Savezni zavod za statistiku. (1965). *Popis stanovništva 1961, Knjiga XVI, Veličina i izvori prihoda domaćinstava*.
- Stanivuk, S., & Marinković, D. (2017). Unemployment of Republic of Srpska's Population – Spatio-Demographic Characteristics. *Гласник/Herald*, 21, 71–89. <https://doi.org/10.7251/HER2117071S>
- Степић, М. (2004). Демографски елементи кључних геополитичких теорија. *Демографија*, 1, 49–72.
- Šobot, A. (2020). Rodne uloge i obrazovanje kao elementi objašnjenja fertiliteta po tipu naselja u Srbiji. *Demografija*, 17, 29–54. <https://doi.org/10.5937/demografija2017029S>
- Veljović, R. (2017). Odlaganje rađanja - referentni okvir motivacionog sistema. *Demografija*, 14, 47–63.

