

КОЛЕБАЊЕ КЛИМЕ У РЕПУБЛИЦИ СРПСКОЈ¹

ГОРАН ТРБИЋ

Природно-математички факултет, Универзитет у Бањој Луци, 78000 Бања Лука, Република Српска

Извод: У раду су анализиране промјене климе у Републици Српској на бази колебања температуре ваздуха и количине падавина. Оцјена варијабилности и промјене климата дата је на бази анализе климатских података са метеоролошких станица из Републике Српске и Федерације Босне и Херцеговине. Приказане су и могуће промјене температуре ваздуха и количине падавина у будућности према регионалном моделу EBU-POM. Добијени резултати указују на евидентно колебање климата на простору Републике Српске, али и на чињеницу да наведене промјене имају изражен регионални карактер. Сем тога, пројектоване промјене указују на повећање температуре и смањење падавина у бликој будућности. Наведене промјене једне су од кључних фактора које условљавају повећање интензитета и фреквенције периода сушом и поплавама што су и главне премисе на којима се требају темељити планови и стратегије адаптације на климатске промјене.

Кључне ријечи: Климатске промјене, Република Српска, температура ваздуха, количина падавина, климатски модел.

Abstract: This paper analyzes changes of the Republika Srpska climate based on fluctuations in air temperature and precipitation. The assessment of variability and climate change was performed via the analysis of climate data from weather stations in the Republic of Srpska and Bosnia and Herzegovina. The potential future alterations of the air temperature and precipitation are presented in accordance with the regional EBU-POM model. The results clearly indicate climate fluctuations in the territory of the Republika Srpska as well as the fact that these changes have a strong regional character. Besides, the analyzed changes suggest an increase in temperature and decrease in rainfall in the near future. These changes are one of the key factors that influence the increase in the intensity and frequency of periods of drought and floods, which actually makes the backbone of all plans and strategies for adaptation to climate change.

Key words: Climate changes, Republic of Srpska, air temperature, precipitation, climate model.

УВОДНА РАЗМАТРАЊА

Досадашња истраживања показују да је простор Југоисточне Европе у великој мјери захваћен климатским промјена (*Спасов, Д., Трбић, Г., Мајсторовић, Ж., 2007.*). Такође је утврђено да наведене промјене имају регионални карактер (*Дуцић, В., Трбић, Г., Бајић, Д.*) а да су највише подложни промјени температура ваздуха и количина падавина. Сходно томе, најзначајнији елементи или и посљедице климатских промјена су: повећање температуре, колебање плувиометријског режима, смањење падавина у вегетационом периоду, повећање интензитета и фреквенција периода суше, поплава и појава већег броја дана са градом и тропским температурама (преко 30°C). Оваквим колебањима климатске промјене већ врше огроман притисак на животну средину Републике Српске, где посебно наглашавамо велики утицај на водне ресурсе, пољопривреду, шумарство, еколошке системе и људско здравље.

У ранијим истраживањима (*Трбић, Г., Бајић, Д., 2011*) сматрано је да је у југоисточном дијелу Републике Српске, на планинском дијелу источне Херцеговине присутан благи тренд опадања температуре. Новијим истраживањима која су презентована у овом раду утврђено је да је пораст температуре присутан на читавом простору Републике Српске али и Босне и Херцеговине.

У раду су представљени и резултати регионалног климатског модела EBU-POM из експеримената промјене будуће климе, добијени методом динамичког скалирања два глобална климатска модела атмосфере и океана SINTEX-G и ECHAM5. Фокусирали смо се на резултате из експеримента/сценарија A1B и A2 (*Бурђевић, В., Трбић, Г., Вујадиновић, М., 2012*). У односу на

¹ Рад је резултат научно-истраживачког пројекта под називом "Климатске промјене у Републици Српској и могућности адаптације" суфинансиран од стране Министарства науке и технологије у Влади Републике Српске.

концентрацију гасова стаклене баште A1B је окарактерисан као "средњи" а A2 као "високи" сценарио. Сценарији A1B и A2 дефинисани су специјалним извјештајима IPCC-а (Међувладин панел о климатским промјенама при Свјетској метеоролошкој организацији WMO) о емисионим сценаријима (*Nakicenovic and Swart, 2000*) у оквиру којег су дате могуће будуће емисије гасова стаклене баште као посљедице будућег технолошког, социјалног и економског развоја, заснованог на људским активностима.

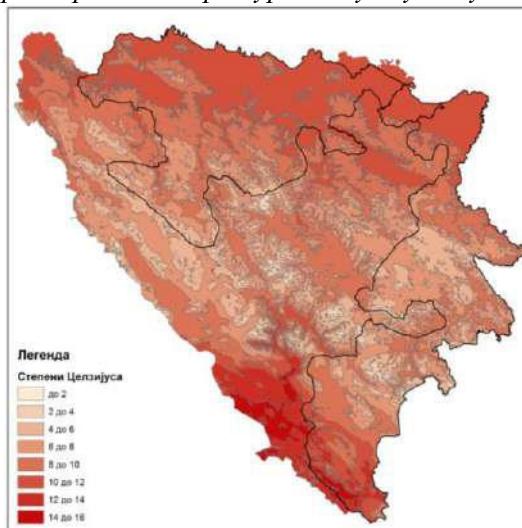
РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Температура ваздуха

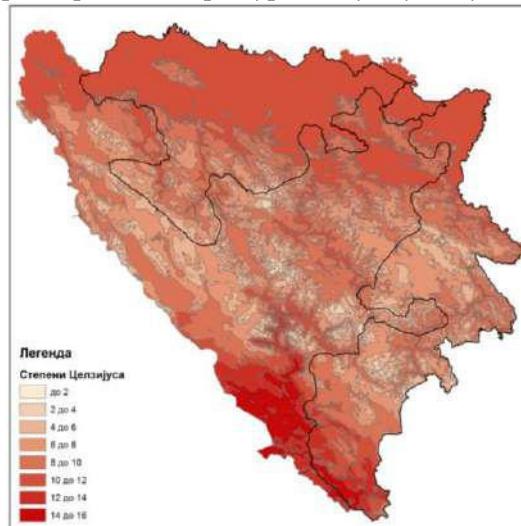
На термички режим и климатска обиљежја Републике Српске утичу два акциона центра атмосфере: азорски антициклон који условљава стабилно, а љети и топло вријеме и исландски циклон, који доноси падавине. Зими се повремено региструје и утицај сибирског антициклиона, који је праћен хладним и углавном сувим временом, док је љети присутан и утицај антициклиона који има сахарско, односно, медитеранског поријекла, који условљава изузетно топло и суво вријеме (*Дуцић, В. 2008*). У сјеверном и западном дијелу Републике Српске, на подручјима до 500m н. в. средње годишње температуре ваздуха имале су вриједност од 10 до 11°C (период 1961-1990). Централни планински дио, односно подручја преко 500m н. в., карактеришу средње годишње температуре у интервалу од 5°C до 10°C, изузев највиших планинских врхова на којима је температура испод 4°C (*Трбић, Г., Бајић, Д. 2011*). Најтоплије дије Републике Српске је подручје ниске Херцеговине и јужног дијела херцеговачких Рудина, где средње годишње температуре имају просјечну вриједност од 11 до 14°C, а област Требиња и Поповог поља и преко 14°C (прилог 1).

Са порастом надморске висине просјечна годишња температура опада за 0,5 до 0,8°C на сваких 100 m у континенталном дијелу, док је у источној Херцеговини температурни градијент већи и креће се од 0,7 до 1,0°C. Средња годишња амплитуда температуре ваздуха највећа је у сјеверном и западном дијелу и износи од 20 до 23°C. У осталим дијеловима, осим Подриња, амплитуда не прелази 20°C. Планинска подручја са мањом просјечном температуром ваздуха имају и мању амплитуду температуре ваздуха.

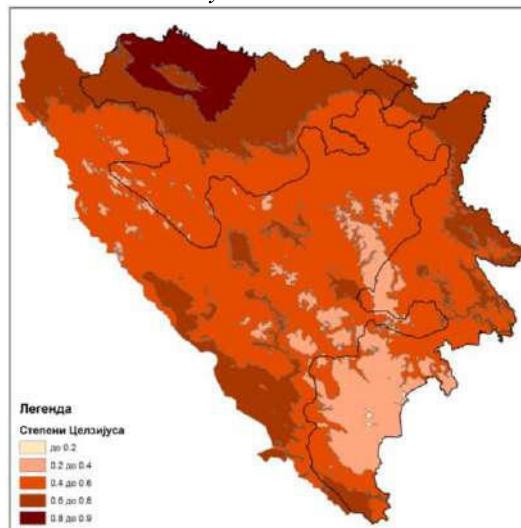
Прилог 1. Регионални распоред температуре ваздуха у Републици Српској, 1961-1990.



Истраживања температуре ваздуха за период 1981-2010. година показују да је евидентно повећање на готово читавом подручју Републике Српске. Највеће повећање температуре је у сјеверозападном дијелу РС, тачније на подручју Посавине и Семберије, и јужном дијелу источне Херцеговине. У централном, брдско-планинском простору пораст температуре је мали, док је у високо-планинском простору високе Херцеговине присутан несигнификантан пораст (прилог 2).

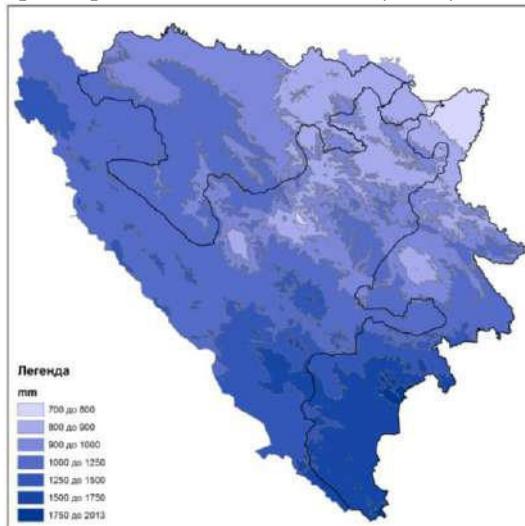
Прилог 2. Регионални распоред температуре ваздуха у Републици Српској, 1981-2010.

На синтезном прилогу бр. 3. представљене су промјене средњих годишњих температура на основу комапрације два посматрана периода 1981-2010. и 1961-1990. Највећа повећања температуре су у сјеверозападном и сјевериоисточном дијелу (Бања Лука, Градишка, Приједор и Козарска Дубица, где су вриједности веће и преко 1°C на годишњем нивоу, док је на подручју ниске Херцеговине (Требиње и Попово поље) присутно повећање температуре до 1°C на годишњем нивоу. Овакво регионално колебање температуре указује на комплексност детерминисања узрока, које на бази досадашњих истраживања, треба тражити и у варијацијама атмосферске циркулације изнад простора Републике Српске и урбаним острвима топлоте (Дуцић, В. 2008; Трбић, Г. 2010.)

Прилог 3. Разлике у промјени температуре ваздуха у Републици Српској за период 1981-2010. у односу на 1961-1990.

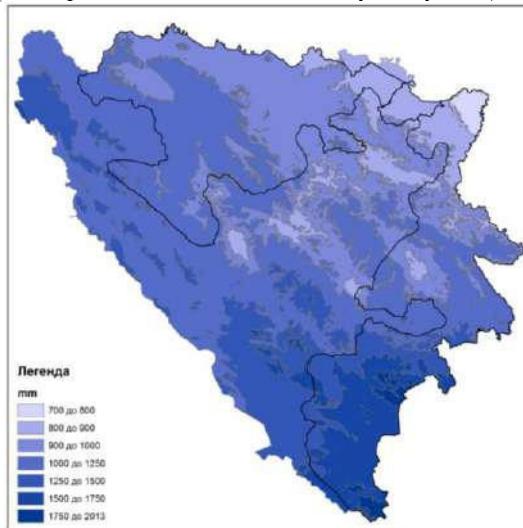
Количина падавина

Према Кепеновој класификацији климата територија Републике Српске се доминантно налази у С и D климатском типу. Највећи дио сјевера Републике Српске има континентални режим падавина са максимум у љетњим и минимумом у зимским мјесецима. У ниској Херцеговини влада типичан маритимно медитерански режим са максимумом у зимским и минимумом у љетњим месецима. У централним дијеловима доминира јесењи максимум, док минимум није изразито просторно диференциран (Дуцић, В., 2009, Трбић, Г. 2010).

Прилог 4. Регионални распоред количине падавина у Републици Српској, 1961-1990.

Најмања количина падавина излучи се на крајњем сјевероистоку Републике Српске (око 750mm), док подручје Источне Херцеговине прима највише падавина током године (до 2000mm). Над осталим, већим дијелом земље, излучи се 850 до 1500mm. У Перипанонском ободу, падавине релативно правилно опадају од запада ка истоку, док је у ниској Херцеговини ситуација сложенија (прилог 4).

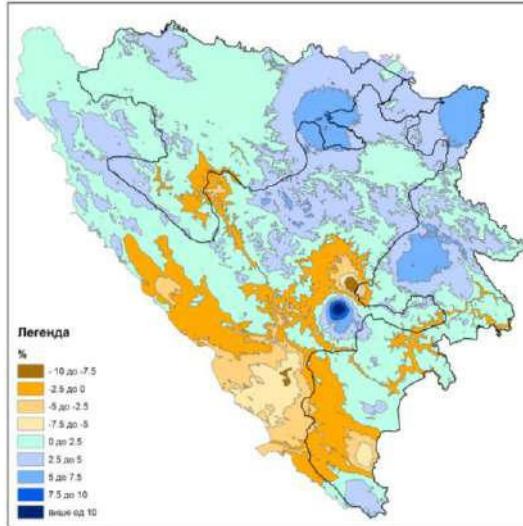
Количина падавина у Републици Српској у периоду 1981-2010, а такође и у протеклих 50 година, на годишњем нивоу, указује на веома мале варијације ($\pm 5\%$). У централном планинском појасу присутан је тренд повећања, док је у југозападном и сјевероисточном дијелу забиљежено благо смањење суме падавина на годишњем нивоу (прилог 5). Међутим, плувиметријски режим по сезонама је доста промијењен. Овдје посебно наглашавамо на опадање количина падавина у љетном периоду које у појединим подручјима иде и до 20% (Билећа). Посебан проблем у складу са овом констатацијом представља тренд опадања сњежног покривача у зимском периоду, чemu доприноси и раније наведене повећање температуре. Смањење сњежног покривача додатно условљава недостатак воде у пролећтој и љетној сезони, који је већ сада често присутан.

Прилог 5. Регионални распоред количине падавина у Републици Српској, 1981-2010.

На синтезној карти колебања падавина (прилог 6) приказани су резултати који показују да је у централно планинском и централном сјеверном дијелу Републике Српске присутно повећање падавина на годишњем и сезонском нивоу. Највећи суфицит падавина забиљежен је у Сокоцу, (15,1% на годишњем нивоу) и Добоју (12,2% на годишњем нивоу). Сем тога, на годишњем нивоу присутан је и благи тренд повећања падавина у Бијељини и Бањој Луци. Упоредна анализа показује

да је највећи дефицит падавина на годишњем нивоу забиљежен на подручју Источне Херцеговине (Билећа, Требиње и Гацко). Међутим, мора се имати у виду да је на овом подручју годишња сума падавина прелази 1 500 mm, и да дефицит још увијек не нарушава годишњи водни биланс.

Прилог 6. Разлике у промјени количина падавина за период 1981-2010. у односу на 1961-1990.



Досадашња истраживања указују да се промјене јесењих падавина могу довести у везу са промјеном сјеверно-атлантске цирулације ваздуха (NAO) (Дуцић, В., Трбић, Г. 2008). Свакако да ће унапређење мониторинга и синоптичким модела дати јаснију слику о колебању и количинама падавина и с тим у вези варијацијом климе на простору Републике Српске.

КЛИМАТСКИ МОДЕЛИ И СЦЕНАРИЈИ

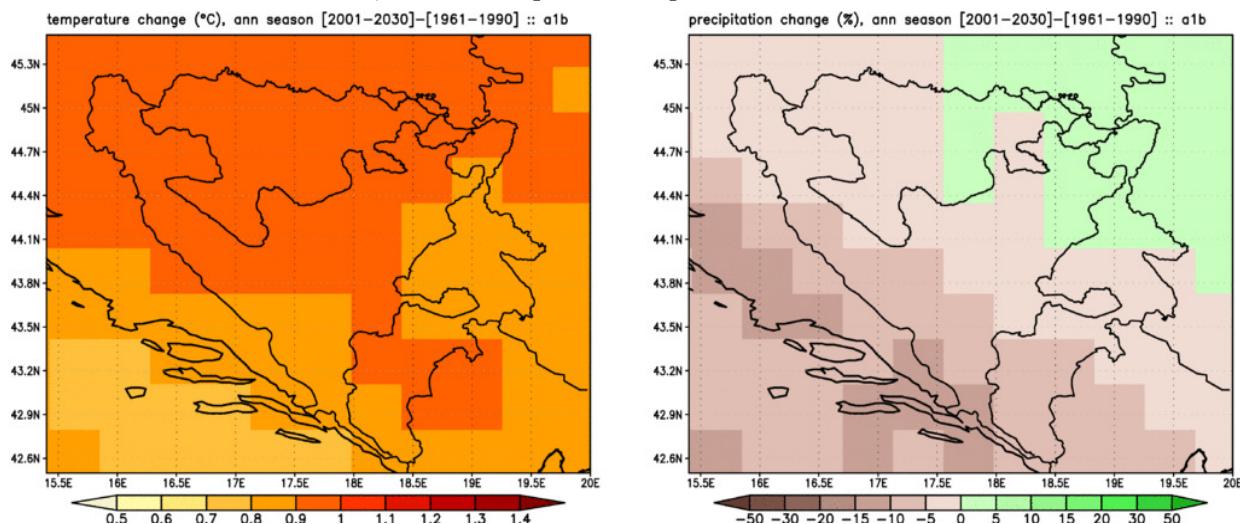
Климатски сценарији за Републику Српску, односно Босну и Херцеговину, израђени су коришћењем регионалног модела EBU-POM. Његова атмосферска компонента јесте ETA модел, развијен на Универзитету у Београду, са хоризонталном резолуцијом од $0,25^\circ$ и 32 вертикална нивоа. Океанска компонента EBU-POM модела јесте Принстонски океански модел (POM), хоризонталне резолуције $0,20^\circ$, са 21 нивоом у вертикалном правцу. Резултати интеграције глобалног SINTEX-G модела коришћени су за скалирање на регионалном нивоу и то: резултати интеграција за три временска периода: 1961–1990, 2001–2030, и 2071–2100. година. За период 2001–2030. године коришћен је само сценарио A1B, IPCC/SRES, с обзиром на то да се за овај период резултати различитих сценарија незнанто разликују при скалирању резултата глобалног модела за период 2071–2100. година поред A1B сценарија, коришћен је и A2 сценарио (Durđević, B., Трбић, Г., Вујадиновић, М., 2012).

A1B сценарио, 2001-2030

Према резултатима модела промјене средње сезонске температуре током посматраног тридесетогодишњег периода 2001-2030. крећу се у опсегу од $+0,6^\circ\text{C}$ до $+1,4^\circ\text{C}$, у зависности од сезоне и територије Републике Српске. Највеће промјене су током љетне сезоне са вриједностима од $+1,4^\circ\text{C}$ на сјеверу и $+1,1^\circ\text{C}$ у јужним дијеловима. За зимску сезону промјене су око $+0,7^\circ\text{C}$ са максимумом у централним дијеловима РС. За пролећну сезону промјене су нешто веће у односу на зимску са вриједностима од $+0,8$ до $+0,9$. Јесења сезона је окарактерисана са промјеном од $+0,6$ до $+0,8$ идући од истока ка западу.

Из прилога о промјени падавина видимо да резултати модела показују и негативне и позитивне промјене. Позитивне промјене падавина, односно њихово повећање, присутно је у пролећној сезони, и то за сјеверни и сјевероисточни дио, +5 %, те за љетни период на готово читавој територији, са максимумом од +15 %, изузев југоистока. Највећи дефицит је дуж југозападног дијела РС са максимумом од -20 %.

Прилог 7. Пројектоване промјене средње годишње температуре у °C (лијево) и падавина у % (десно, сценарио A1B период 2001-2030.



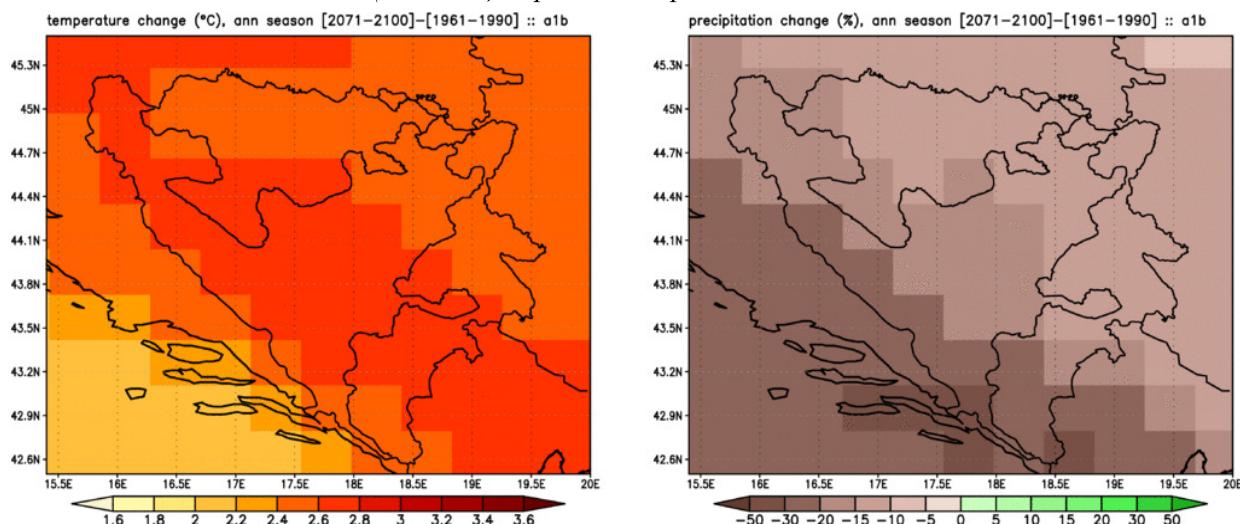
На годишњем нивоу промјена температуре се креће у границама од 0,8 до 1°C са већим вриједностима на сјеверу и западу земље (прилог 7). Промјена падавинама на годишњем нивоу је негативна готово на читавој територији од 0 % до -10 % изузев у сјевеористочном дијелу (околина Добоја и Сокоца) где је промјена позитивна и до +5 %.

A1B сценарио, 2071-2100

Резултати за сценарио A1B и период 2071-2100 показују да је просторна структура промјене параметара, посебно температуре, слична као за претходно посматрани период 2001-2030, али са већом магнitudом промјена. Овај пут промјена температуре креће се у опсегу од +2,8°C до +3,6°C. Највеће промјене од +3,6°C су поново пројектоване за љетни период. Током зимске сезоне, максимум је поново у централним регионима са вриједностима до 2,4°C. За пролећну сезону ове промјене се крећу од 2,4°C до 2,6°C, на читавој територији РС. Промјене за јесењу сезону су у интервалу од 2,0°C до 2,4°C.

Током периода 2071-2100, готово да не постоји сезона или област која је окарактерисана позитивном аномалијом падавина. Велике негативне аномалије имају зимска и јесења сезона са промјенама -15 до -50 %. Пролећна сезона је окарактерисана са вриједностима од приближно -10% на цијелој територији. Дефицит током љетне сезоне већи је у јужним него у сјеверним областима и креће се у границама у опсегу од -30 до 0%.

Прилог 8. Пројектоване промјене средње годишње температуре у °C (лијево) и падавина у % (десно, сценарио A1B период 2031-2070.

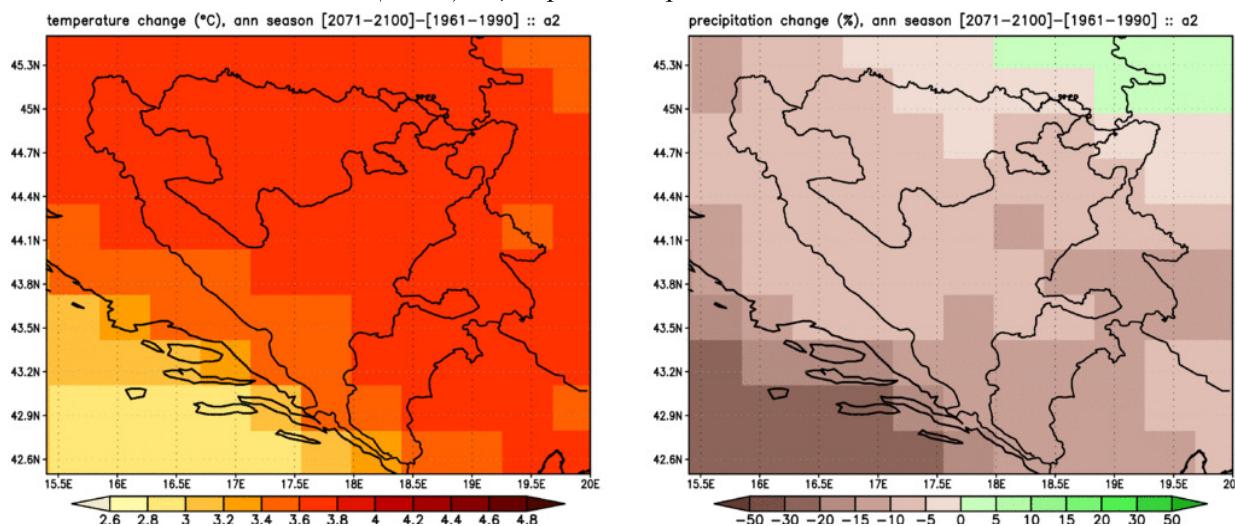


На годишњем нивоу промјена температуре креће се у границама од 2,4 до 2,8°C а већим вриједностима на југу и западу земље (прилог 8). Промјена падавина на годишњем нивоу је негативна на цијелој територији и креће се у интервалу од -30 % до -10 %.

A2 сценарио, 2071-2100

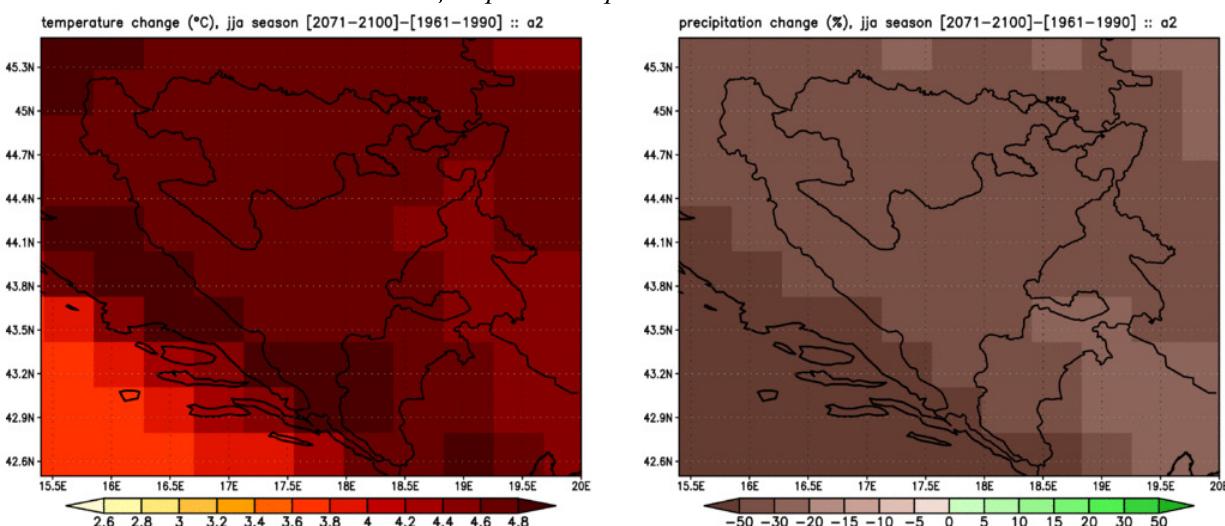
На основу сценарија A2 за период 2071-2100. године очекује се повећање температуре на читавој територији Републике Српске и Босне и Херцеговине од 2,4 до 4,8°C. Највеће повећање је током лјетне сезоне на сјеверу са вриједностима око 4,8°C. За зимску сезону максималну промјену износи +3,6°C. Пролећна сезона могла би имати вриједности у интервалу од 3,4°C до 3,6°C, док су током јесење сезоне промјене поново веће и крећу се између 2,8°C и 3,0°C (прилог 9).

Прилог 9. Пројектоване промјене средње годишње температуре у °C (лијево) и падавина у % (десно), сценарио A2 период 2031-2070.



Током свих годишњих доба, осим зиме, према сценарију A2 очекује се дефицит падавина у пуљу акумулираних падавина на читавој територији од -15% до 0%. У току зиме очекује се суфицит у интервалу од 0% до 30%, изузев југоистока. Највеће промјене падавина према сценарију A2 очекују се током лјетног периода са дефицитом и до 50% (прилог 10). У пролеће и јесен аномалије се крећу у интервалу од -30% до 0%.

Прилог 10. Пројектоване промјене лјетних температура у °C (лијево) и падавина у % (десно), сценарио A2 период 2031-2070.



ЗАКЉУЧАК

Из претходних опсервација јасно је да је територија Републике Српске захваћена глобалним климатским промјенама. То се прије свега односи на повећање температуре и колебање плувиометријског режима. Тренд повећања температура присутан је на читавој територији а најизраженији је у сјеверозападном подручју, тј. околини Бања Луке. Колебање падавина је доста сложеније, у односу на температуре и има изражен регионални карактер. На годишњем нивоу још увијек нису драматичне промјене падавина међутим, дефицит током љета већ постаје алармантан на готово читавом подручју Републике Српске. Повећање температуре праћено дефицитом падавина има за последицу исушивања и смањење влаге у земљишту. Од протеклих 10 година, 5 је било изузетно или екстремно сушно (2003, 2007, 2008, 2011 и 2012).

Пројектоване промјене температуре ваздуха и количина падавина упућују на чињеницу да ће се колебања наставити и у будућности. Према најкатастрофалнијем сценарију A2, до краја вијека очекује се повећање температуре око 4°C на годишњем нивоу и смањење падавина до 50% током љетне сезоне. Међутим, током 2012. године на сјеверу Републике Српске годишња количина падавина била је за 50% мања од просјека. То практично значи да стратегије адаптације на измијењене климатске услове треба да буду конципиране тако да се очекује промјене температуре ваздуха и количине падавина по сценарију A2.

Повећана варијабилност количине падавина генерално доводи до повећане потражње за водом кроз наводњавање, чак и ако би укупна количина падавина током вегетационог периода остала иста. С обзиром да је на простору Републике Српске, анализирањем вишегодишњих падавина и просјечних температура, установљен дефицит који се јавља у критичном периоду са аспекта потреба биљака за водом, неопходно је примијенити систем наводњавања који је једна од основних мјера заштите од суше. У Републици Српској наводњава се само око 0,5% плодне или 0,8% обрадиве земље и процјене стварних потреба за наводњавањем указују да то није довољно, када се узму у обзир просторне и временске варијације у падавинама.

С обзиром да се у будућности предвиђа повећање екстремних падавина, као и продужење сушних периода, неопходне су регулације ријечних токова и стварање вјештачких акумулација. Акумулације су један од најбољих механизама за рјешавање проблема управљања водама у сваком сливу. Оне представљају начин да се постигне оптимална употреба водних ресурса (контрола поплава, стварање резервоара воде за сушне периоде, снабдијевање водом, наводњавање, рекреација и др..).

ЛИТЕРАТУРА И ИЗВОРИ

1. Bajić D, Trbić G (2011): **Primjena GIS-a i regresionih modela u modelovanju promjena temperaturu vazduha na primjeru Republike Srpske**, Herald br. 14, Geografsko društvo RS, Banja Luka.
2. Група аутора, под редакцијом Борисенкова Е. П. (1988): **Колебания климата за последнее тысячелетие**. Гидрометеоиздат, Ленинград.
3. D.L. Liu, J. Mo, H. Fairweather, and B Timbal (2009): **A GIS tool to evaluate climate change impact:functionality and case study**, 18th World IMACS / MODSIM Congress, Cains, Australia 13-17 July 2009. <http://mssanz.org.au/modsim09>.
4. Ducić V, Trbić G, Milovanović B (2010): **Promjene dekadne temperature vazduha u Republici Srpskoj i parametri Zemljine rotacije**, Akademija nauka i umjetnosti Republike Srpske, Zbornik radova sa Međunarodnog naučnog skupa "Milutin Milanković u svom i našem vremenu", Banja Luka, 111-128.
5. Hurrell J. W. (1995): **Decadal trends in the North Atlantic oscillation: Regional temperatures and precipitation**. Science 269.
6. Hartwig Dobesch, Pierre Dumolard, Izabela Dyras; (2007); **Spatial Interpolation for Climate Data: The use of GIS in climatology and meterology**, ISTE Ltd, 6 Fitzroy Square, London. www.iste.co.uk
7. Liu, J.; (2009): **A GIS-based tool for modelling large-scale crop-water relations**, *Environmental Modelling & Software*, 24, 411-422.

8. Trbić G, Ducić V, Luković J (2008): **Kolebanja klime Republike Srpske u sklopu globalnih promjena**, Zbornik radova sa naučne konferencije "Resursi Republike Srpske", Akademija nauka i umjetnosti Republike Srpske, Banja Luka, 223-245.
9. Trbic G. (2008): **Direct impact of climate change on biodiversity and ecosystem service in Bosnia and Herzegovina**, European Centre for Nature Conservation, Tilburg, Netheralnds, 31-35.
10. Trbić G, Ducić V, Rudan N (2009): **Regionalne promjene količina padavina u Republici Srpskoj**, Herald br. 13, Geografsko društvo RS, Banja Luka, 71-78.
11. Trbic G et all. (2010): **Regional changes of precipitation amount in Bosnia and Herzegovina**, 6th International Scientific Conference Dedicated to the International Earth Day, April 2010, Sofia, Bulgaria.
12. Трбић, Г., Бајић, Д. (2011) **Климатске промјене у Републици Српској и могућности адаптације**, III Конгрес српских географа, СГД-ГДРС-ГФ УБГ, ПМФ-УНБЛ, Бања Лука.
13. Савезни хидрометеоролошки завод СФРЈ, Метеоролошки годишњаци I, 1961-1985.
14. Републички хидрометеоролошки завод Републике Српске, Документација и материјал, 1985-2010.

CLIMATE FLUCTUATION IN THE REPUBLIC OF SRPSKA

GORAN TRBIĆ

Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Banja Luka, 78000 Banja Luka, Republic of Srpska

From the aforementioned observations, it is clear that the territory of the Republika Srpska has been affected by global climate change. This primarily relates to the increase in temperature and fluctuations pluviometer regime. The trend of increasing temperature is present throughout the country and is most pronounced in the northwest area, ie. near the town of Banja Luka. Precipitation variability is much more complex compared to the temperature and has a strong regional character. On the annual basis, there still have not been any dramatic changes in precipitation deficit over the summer but the situation is more and more alarming on almost the entire territory of the Republic of Srpska. The increase in temperature followed by deficit rainfall has resulted in dehydration and reduction of moisture in the soil. From the past 10 years, 5 were very or extremely dry (2003, 2007, 2008, 2011 and 2012).

The projected changes in air temperature and precipitation suggest that fluctuations will continue in the future and the annual precipitations still decrease to 50 % during the summer season. According to the most catastrophic scenario A2, the end of its expected temperature increase is about 4° C. However, during the 2012, the north of the Republic of Srpska suffered the annual rainfall 50 % below the average. This means that strategies for adaptation to changing climatic conditions should be designed so as to meet the expected changes in air temperature and precipitation for the A2 scenario.

Increased variability of rainfall generally leads to increased demand for irrigation, even if the total amount of rainfall during the growing period remains the same. Given that in the Republic of Srpska, analyzing several years of rainfall and average temperature established deficit that occurs at a critical period in terms of plant water requirements, it is necessary to apply the irrigation system as one of the basic measures of protection against drought. In the Republic of Srpska, only about 0,5 % or 0,8 % of fertile farmland is being irrigated and the assessment of actual needs for irrigation suggests that this is not enough, when we take into account the spatial and temporal variations in precipitation.

Given that in the future the increase in extreme precipitation is almost certain as well as the extension of the dry periods, it is necessary to regulate river streams and create artificial reservoirs. Reservoirs are one of the best mechanisms for solving the problem of water in each basin. They are a way to achieve the optimum use of water resources (flood control, creating a reservoir of water for dry periods, water supply, irrigation, recreation, etc.).