

Оригинални научни рад
Владан Дуцић*
Горан Трбић
Јелена Луковић

ПРОМЕНЕ КОЛИЧИНЕ И РЕЖИМА ПАДАВИНА У БАЊА ЛУЦИ У ДРУГОЈ ПОЛОВИНИ 20. ВЕКА

Извод: Анализа промена количине и режима падавина у Бања Луци у другој половини 20. века показала је да су те промене релативно мале и углавном несигнификантне. Једина сигнификантна промена забележена је у јесењим месецима. Међутим, знак промене не указује на доминацију глобалног антропогеног утицаја. Показано је да би се та промена могла објаснити променама у глобалној циркулацији атмосфере.

Кључне речи: падавине, падавински режим, Бања Лука.

Abstract: The analyses of the amount and regime of precipitation in Banja Luka area in second half of the XX century has shown that those changes are relative small and mostly insignificant. Only in one case significant change has been registered (in autumn). However, the sign of the change does not refer to domination of global anthropogenic influence. It is shown that this change could be explained by the change in global atmospheric circulation.

Key words: precipitation, regime of precipitation, Banja Luka.

Увод

Имајући у виду велико интересовање научне и стручне јавности за савремене промене и колебање климата, желели смо да истражимо промену количине падавина у Републици Српској, на примеру Бања Луке. Такође смо желели да укажемо на могуће факторе ових колебања.

* Др Владан Дуцић, ванр. проф. Географског факултета Универзитета у Београду.
Др Горан Трбић, доцент, Природноматематички факултет Универзитета у Бањој Луци.
Јелена Луковић, дипл. географ, стипенд. Министарства науке и заштите животне средине Србије.

За процену колебања падавина користили смо податке за метеоролошку станицу Бањалука, зато што на овој станици постоји континуирано мерење количине падавина од 1951., без прекида у периоду ратних дејстава 1992.-1995. Осим тога, имајући у виду да се ради о станици I реда, требало би очекивати да су мерења поуздана.

Досадашња истраживања

Према тврдњи Међувладиног панела за климатске промене (IPCC), у другој половини 20. века је присутан глобални антропогени утицај на климу (антропогени ефекат стаклене баште). Међутим, у Европи није било статистички значајног тренда падавина У документу IPCC посвећеном регионалном аспекту климатских колебања¹ се каже да: "И поред тога што постоје извесне регионалне разлике, у целини гледано, низови годишњих количина падавина у Европи не показују никакав значајан тренд, посебно након 1950".

Међутим, према извештају Европске агенције за заштиту природе (ЕЕА)² ако се посматра 20. век у целини, запажа се контраст између северне Европе, где је дошло до повећања годишњих падавина за 10 – 40% и јужне Европе, где су се оне смањиле до 20%. У већем делу Европе промене су биле највеће зими.

Пројекције за Европу, засноване на пројекцијама IPCC-а о даљем растућем утицају емисије CO₂ на климу показују пораст за 1-2% по декади у годишњој суми падавина у Северној Европи, као и снижавање за Јужну Европу до 1% по декади (лети се очекује снижење и до 5% по декади). Смањење количине падавина у Јужној Европи би било праћено учесталијим сушама, са значајним последицама на пољопривреду и водне ресурсе.

На основу података са сајта³, падавине у Босни и Херцеговини су се у периоду 1900. – 2000. заиста смањиле, али за несигнификантних 1,5 %. Аутори тврде да су у току 20. века падавине и температура у Босни и Херцеговини показивали слична колебања која су забележена и у другим деловима Јужне Европе и Медитерана.

Максимовић са сарадницима (Максимовић и др., 1995.) констатује да су у односу на претходну стандардну нормалу 1931. – 1960., падавине у Републици Српској у периоду 1961. – 1990., незнатно веће, али и да је у декади 1981. – 1990. регистровано смањење годишњих количина падавина.

Процена промена годишње количине падавина као и промена падавина у Републици Српској, у вегетационом периоду, због њихове велике варијабилности, дата је за два периода (2000. и 2020. годину) (Максимовић и др., 1995). На анализираном подручју процењено је деценијско смањење од 17%. Једино је за Бјелашницу добијена позитивна деценијска промена

¹ <http://www.grida.no/climate/ipcc/regional/097.htm>

² http://reports.eea.europa.eu/climate_report_2_2004/en/summary_of_europes_changing_climate.pdf

³ http://www.eft-group.net/documents/EFT%20Final%20Report_3.pdf

количине падавина. Процене указују да би већи део Републике Српске 2000. године имао мање падавина (до 10%). По овим ауторима, такво смањење у први мах не делује забрињавајуће. Међутим, истичу да треба имати у виду да редукција падавина у тој мери има вишеструки утицај на водни биланс. У датом случају би редукција водног биланса, у вегетационом периоду, износила и до 30%.

Смањење просечних годишњих количина падавина имало би веће износе. У Посавини и западним деловима Републике Српске редукција падавина би износила око 20%, док би на југу источног дела достигала 40%.

Дакле, промене годишњих количина падавина на овом простору, за различите дуже периоде, можда и неочекивано, показују значајан степен стабилности, а уочена колебања су статистички несигнификантна.

Резултати и дискусија

Ни у другој половини XX века и почетком XXI у коме је по извештају ИРСС присутан доминантан антропогени утицај, нема статистички сигнификантног тренда промене годишњих количина падавина у Бања Луци, што је у складу са променама у Европи као целини (Табела 1). Укупан пораст у том периоду износио је 8.1 mm односно 0.8 %. Количина падавина је расла по стопи од 0.15 % по декади. Дакле, "сигнал" антропогеног утицаја на годишњу количину падавина у Бања Луци се не уочава. Штавише, падавине су се лагано повећале, упркос сумњама на тренд "аридизације" у јужној Европи.

Табела 1. Промене годишњих и сезонских сума падавина у Бањалуци

Година	Год.	Зима	Пролеће	Лето	Јесен
1951	1028,0	228,4	293,4	293,4	212,8
1952	952,7	308,9	164,2	109,8	369,8
1953	972,5	203,7	238,8	434,7	95,3
1954	1049,1	200,1	340,8	218,2	290,0
1955	1476,0	275,7	301,6	512,7	386,0
1956	1022,0	243,0	279,0	328,0	172,0
1957	874,0	161,0	296,0	207,0	210,0
1958	923,0	272,0	289,0	170,0	192,0
1959	1197,0	287,0	295,0	428,0	187,0
1960	1041,0	256,0	228,0	239,0	318,0
1961	885,0	158,0	334,0	214,0	179,0
1962	952,0	237,0	290,0	183,0	242,0
1963	1066,0	299,0	254,0	312,0	201,0
1964	1252,0	213,0	298,0	456,0	285,0
1965	1085,0	239,0	324,0	226,0	296,0
1966	998,0	219,0	255,0	261,0	263,0
1967	985,0	226,0	323,0	157,0	279,0
1968	1129,0	246,0	159,0	424,0	300,0
1969	1208,0	437,0	262,0	388,0	121,0

1970	1064,0	348,0	298,0	261,0	157,0
1971	683,0	97,0	185,0	168,0	233,0
1972	1169,0	110,0	199,0	572,0	288,0
1973	1126,0	241,0	189,0	417,0	279,0
1974	1216,0	164,0	232,0	323,0	497,0
1975	937,0	108,0	260,0	355,0	214,0
1976	1227,0	168,0	338,0	479,0	242,0
1977	1024,0	231,0	188,0	318,0	287,0
1978	877,0	216,0	270,0	222,0	169,0
1979	979,0	317,0	137,0	287,0	238,0
1980	1281,0	261,0	412,0	273,0	335,0
1981	1127,0	350,0	274,0	245,0	258,0
1982	1000,0	248,0	235,0	311,0	206,0
1983	815,0	178,0	160,0	263,0	214,0
1984	1252,0	251,0	334,0	390,0	277,0
1985	936,0	174,0	319,0	219,0	224,0
1986	1004,7	213,3	247,2	340,1	204,1
1987	882,9	171,9	355,0	182,7	173,3
1988	924,9	227,6	265,6	212,2	219,5
1989	954,8	46,7	324,9	325,2	258,0
1990	819,7	207,3	186,7	197,1	228,6
1991	1306,5	133,2	389,3	429,2	354,8
1992	1015,1	126,4	215,8	270,0	402,9
1993	1170,5	222,1	239,0	320,6	388,8
1994	961,8	292,4	192,9	241,9	234,6
1995	1148,5	360,0	267,7	329,3	191,5
1996	1208,7	187,0	374,1	190,0	457,6
1997	1146,3	295,5	271,2	294,6	285,0
1998	993,4	185,9	216,1	222,8	368,6
1999	1250,7	335,2	232,7	338,2	344,6
2000	708,2	163,4	199,0	132,1	213,7
2001	1263,2	250,0	273,6	305,6	434,0
2002	1169,0	196,8	355,7	253,6	362,9
2003	774,9	200,4	155,2	135,0	284,3
2004	1120,1	288,7	322,9	278,9	229,6
2005	1097,5	349,4	214,1	390,2	143,8
Просек	1049,6	229,5	264,6	291,9	263,6
Укупна промена (mm)	8,1	-6,6	-13,7	-38,3	66,6
Стопа тренда (mm/год.)	0,2	-0,1	-0,3	-0,7	1,2
Кумулативна промена % (mm)	0,8	-2,8	-5,0	-12,3	28,9

Извор: Метеоролошки годишњази I, СХЗ; 1951-1985; Документација РХЗ РС 1986-2005.

Ипак, запажа се да је у периоду 1985-1990 забележено 6 узастопних година са годишњим количинама падавина испод просека. То је, разумљиво, пробудило бригу појединих истраживача да је сигнал антропогене

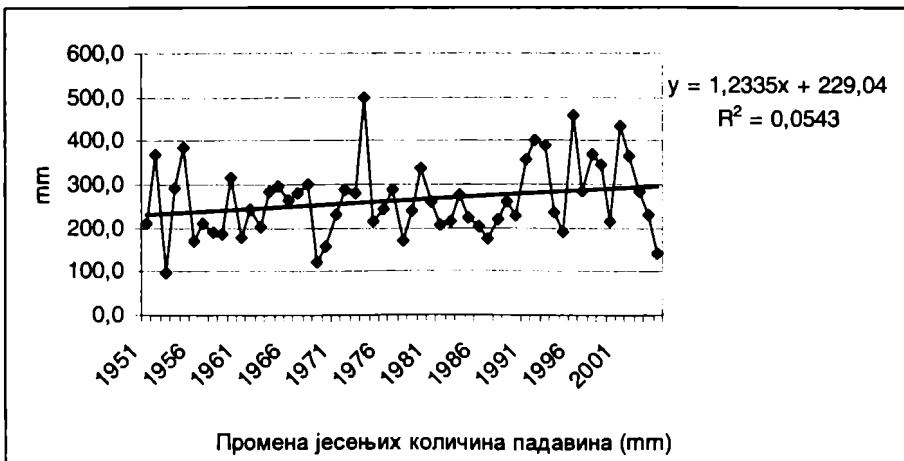
суше већ присутан и да ће тај тренд бити настављен у будућности. Међутим, несумњиво сушну фазу пресекала је 1991. година, у којој је забележен секундарни максимум количине падавина целог низа. Након 1991., следила је серија од још 8 година са количинама падавина око и изнад просека, дајући периоду 1991-1999 карактер умерено влажне фазе. Важно је назначити да ни поменута сушна фаза није била екстремно сушна јер у њој нису забележене екстремно сушне године као 1971. и 2000. (графикон 1)

Графикон 1. Тренд промена годишњих сума падавина у Бањалуци



Посматрано по сезонама запажа се да су се најмање промене догодиле зими (снижење за 0.56 % по декади). У пролеће и лето такође је дошло до смањења количине падавина (за 1.01% по декади, односно 2.46 % по декади), али су све промене статистички несигнификантне. Једина статистички значајна промена забележена је у јесењим месецима (5.78 % по декади), као што се види на графикону 2.

Графикон 2. Тренд промена јесењих сума падавина у Бањалуци



Из претходног се види да је незнатан пораст годишње количине падавина последица изразитог раста јесењих вредности (+28.9 % кумулативно). Међутим, јесења промена количине падавина се по знаку не слаже са претпоставкама о антропогеном утицају на повећање сушности.

У жељи да проверимо да ли ипак доминирају природни фактори у колебању падавина на овом простору, а у складу са резултатима који су већ добијени за Србију, урадили смо прорачуне веза између промене количине падавина у Бања Луци и промена у интензитету Северно-атлантске осцилације (NAO). После Ел Нињо Јужне Осцилације (ENSO), међу доминантним модификаторима глобалне климе свакако је Северно-атлантска осцилација (North Atlantic Oscillation-NAO).

Овај климатски модификатор углавном има утицаја на зимске временске услове у Европи и деловима Северне Америке. Северно-атлантска осцилација представља разлику у притиску између суптропских области високог притиска изнад Азорских острва и субполарних области ниског притиска изнад Исланда. Ова разлика у притиску је нормално климатско стање, које бива интензивније током зимских месеци и означава се као NAO. У зависности од интензитета разлике у притиску NAO може бити позитиван или негативан (NAO индекс). Током позитивних фаза NAO индекса, зиме у северној Европи бивају топлије и влажније, док Јужна Европа прима нешто мању количину падавина од уобичајене. Са друге стране, негативна фаза NAO индекса је у вези са хладнијим зимама дуж северне Европе и већом количином падавина у Јужној Европи⁴.

Истраживачи још увек немају јединствено мишљење о механизму настанка NAO. Оно што је извесно то је да се не ради о атмосферској појави у потпуности. Пре би се могло рећи да је резултат интеракције океан-атмосфера. Могућа објашњења крећу се од природних узрока до антропогено условљених промена у атмосфери.

Анализа декадних вредности падавина у Србији за период 1951-2000 показала је статистички сигнификантан тренд на само две (10%) метеоролошке станице. Из тога се види да се у другој половини XX века ништа драматично није догодило, будући да 90% метеоролошких станица не показује статистички значајан тренд падавина (Ducic et al, 2006).

На основу података које су дали Pohlmann и Latif (Pohlmann, Latif, 2005) претпоставили смо да је утицај Атлантика на падавине у Србији изражен током лета, док су падавине у зимском периоду под утицајем Атлантика и Индо-Пацифика. Према томе, утицај NAO могао би се уочити на станицама са континенталним плувиометријским режимом, док би се утицај ENSO могао очекивати на станицама са медитеранским или боље речено прелазним режимом падавина. То је делом и потврђено овим истраживањем (Ducic et al, 2006).

Прорачуне за Бања Луку смо радили са покретним декадним вредностима падавина и NAO индекса⁵, ради одстрањивања утицаја споредних

⁴<http://www.oceansatlas.org/servlet/CDSServlet?status=ND0xMjcNSY2PWVuJmZPSomMzc9a29z>

⁵<http://www.cdc.noaa.gov/Pressure/TimeSeries/Data/nao.long.data>

фактора. Резултати су показали сигнификантност на оба статистичка нивоа (0.05 и 0.01). За годишњу вредност коефицијент корелације износи -0.57, односно промене годишње количине падавина у Бања Луци су антифазне са вредностима NAO индекса. Највиша вредност R забележена је у јесењим месецима (-0.76), управо у сезони у којој је једино дошло до сигнификантне промене количине падавина.

То наводи на закључак да пораст јесењих количина падавина представља само део природног циклуса. Да би то могло бити тако, говори и упоредна анализа елементарне цикличности јесењих сума падавина и јесењег NAO индекса. За оба низа посматрали смо укупан број циклуса између два суседна минимума.

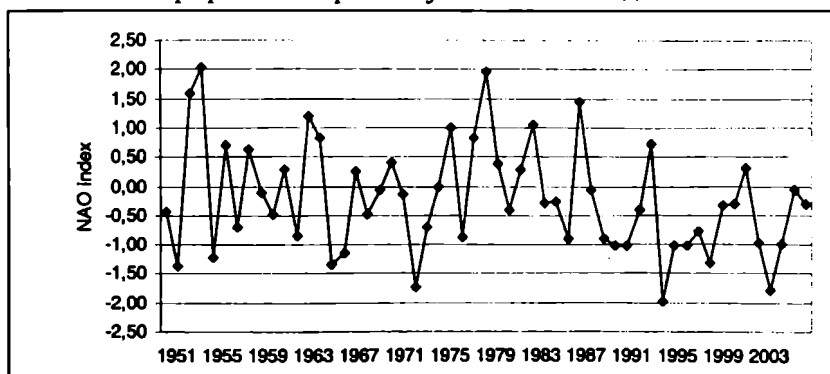
У случају јесењих падавина (графикон 2) присутно је 16 елементарних циклуса у укупном трајању од 50 година. Средња дужина елементарне периоде износи $3.1 (\pm 0.5)$ година.

Када се посматрају јесење вредности за NAO индекс (графикон 3) са сигурношћу се може издвојити 15 циклуса, на временском одсечку од 47 година. Дакле, средња дужина елементарног циклуса износи идентичних $3.1 (\pm 0.5)$ година.

И истраживачи у околним земљама су дошли до сличних резултата о доминацији NAO у колебању падавина. Наиме, у Румунији је за период 1950-2003 утврђен тренд снижавања зимских вредности падавина, који је сигнификантан у Карпатској области. Примећена је и јака веза између метеоролошких и хидролошких промена током NAO фаза. Током позитивне фазе NAO примећују се ниске вредности падавина и протицаја у Румунији. Ова веза је јасно утврђена током последње две декаде, када је константан пораст NAO био праћен константним смањењем и падавина и протицаја у овим областима, нарочито на југу Румуније⁶.

Hurrell (1995) је за већи део Европе утврдио да постоји веза између NAO индекса и температуре и падавина, али са разликом у интензитету везе, као и израженим сезонским аспектом.

Графикон 3. Промене јесењег NAO индекса



⁶ http://balwois.mpl.ird.fr/balwois/administration/full_paper/ffp-559.pdf

Закључак

У другој половини XX века и почетком XXI у коме је по извештају IPCC присутан доминантан антропогени утицај, нема статистички сигнификантног тренда промене годишњих количина падавина у Бања Луци, што је у складу са променама у Европи као целини. Укупан пораст у том периоду износио је 8.1 mm односно 0.8 %. Количина падавина је расла по стопи од 0.15 % по декади. Дакле, "сигнал" антропогеног утицаја на годишњу количину падавина у Бања Луци се не уочава. Штавише, падавине су се лагано повећале, упркос сумњама на тренд "аридизације" у јужној Европи.

Једина сигнификантна промена количине падавина се догодила у јесењим месецима, али она по знаку не одговара хипотези о доминацији глобалног антропогеног утицаја. То наводи на закључак да пораст јесењих количина падавина представља само део природног циклуса. Да би то могло бити тако, говори и подударање елементарне цикличности јесењих сума падавина и јесењег NAO индекса.

Најкраће речено, промене годишње количине падавина у Бањалуци, а и на ширем простору су статистички безначајне. У јесен су промене стстистички сигнификантне, али се могу у великој мери објаснити променама циркулације атмосфере.

Литература

Hurrell J. W. (1995): **Decadal trends in the North Atlantic oscillation: Regional temperatures and precipitation.** Science 269.

Максимовић С. и др. (1995): **Клима Републике Српске**, Зборник радова "Ресурси Републике Српске", Географско друштво РС, Бања Лука, 1995.

Ducic V. et al (2006): **Connection between ENSO Index, NAO Index and decadal-scale variability of precipitation in Serbia**, Global changes and regional challenges - International Scientific Conference dedicated to the International day and day of Faculty of Geology and Geography, 28-29.04. St Kliment Ohridski, University of Sophia, Bulgaria, 2006,

Pohlmann, H., Latif, M. (2005): **Atlantic versus Indo-Pacific influence on Atlantic-European climate.** Geophysical Research Letters, vol. 32.

Метеоролошки годишњаци I, CX3, 1951-1985.

Документација и материјал PX3 Републике Српске, 1986-2005.