

ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКА АНАЛИЗА УПОРЕДНИХ КЛИМАТСКИХ КАРАКТЕРИСТИКА ОДРЕЂЕНИХ ШУМСКИХ ПОДРУЧЈА У СРБИЈИ

ВИОЛЕТА БАБИЋ¹
МИЛУН КРСТИЋ

Извод: У раду је приказана анализа упоредних климатских карактеристика четири шумска подручја (ШП) централне Србије: подручје источне Србије, где се налази Тимочко ШП; југоисточне Србије – Јабланичко ШП; централног дела Србије – Доњеибарско ШП и западне Србије – Тарско-златиборско ШП, применом вишекритеријумске анализе. Коришћени су подаци са осам климатолошких станица, које се налазе у оквиру наведених ШП: четири низијске - Неготин (42 m н.в.), Лесковац (230 m н.в.), Краљево (215 m н.в.) и Пожега (310 m н.в.) и четири висинске - Црни врх (1027 m н.в.), Кукавица (1438 m н.в.), Копаоник (1710 m н.в.) и Златибор (1028 m н.в.), за референтни период 1981-2010. година. Применом метода линеарних висинских градијената добијене су вредности климатских елемената за надморске висине од 100 до 1500 m. Приказане су годишње и вредности за вегетациони период најважнијих климатских елемената: температуре ваздуха и падавина. Климатске карактеристике анализираних подручја одређене су применом климатских индекса по Кернеру, Сељанинову, Фурнијеу, Де Мартону, УНЕП-у и Фиреру, док је класификација климе одређена по Торнтвајту, Лангу и Еленбергу.

Кључне речи: климатске карактеристике, вишекритеријумска анализа, климатски тип, шумска подручја, централна Србија

MULTICRITERIA ANALYSIS OF COMPARATIVE CLIMATE CHARACTERISTICS OF SOME FOREST AREAS IN SERBIA

Abstract: The paper presents a multi-criteria analysis of comparative climate characteristics of four forest areas (FA) of Central Serbia: the area of eastern Serbia, where the Timok FA is located; the area of southeastern Serbia with the Jablanica FA; the central part of Serbia with the Donji Ibar FA and the area of western Serbia with the Tara-Zlatibor FA. The analysis is based on data obtained from eight weather stations. The stations are located within the mentioned FA: four lowland stations – Negotin (42 m above sea level), Leskovac (230 m above sea level), Kraljevo (215 m above sea level) and Požega (310 m above sea level) and four high-altitude weather stations – Crni Vrh (1027 m above sea level), Kukavica (1438 m above sea level), Kopaonik (1710 m above sea level) and Zlatibor (1028 m above sea level), for the 1981-2010 reference period. The values of climate elements for altitudes from 100 to 1500 m were obtained by applying the method of linear elevational gradients. The annual values for the growing season of the most important climate elements (air temperature and precipitation) are presented. The climate characteristics of the study areas were determined by applying climate indices according to Kerner, Selyaninov, Fournier, De Martonne, UNEP, and Führer, and the climate was classified according to Thornthwaite, Lang, and Ellenberg.

Keywords: climate characteristics, multicriteria analysis, climate type, forest areas, central Serbia

¹ др Виолета Бабић, ванр. проф.; др Милун Крстић, ред. проф. у пенз., Универзитет у Београду Шумарски факултет Београд

1. УВОД

Познато је да појава и опстанак вегетације на одређеном подручју, њено распрострањење, зонални распоред и висинска диференцираност, заједно са осталим еколошким факторима (едафски, орографски, биотички), у највећој мери зависи и од географског положаја планинског масива, односно, условљена је (зависна) од климатских карактеристика региона. Многи аутори посебно истичу значај климатских фактора, као врло „осетљивог“ глобалног показатеља услова средине, очигледне везе између њих и вегетације, наизменичност одређених врста вегетације, модификације границе вегетационих појасева, висинског ареала појединих шумских типова и појаву горње границе вегетације, представљајући видљиве разлике. Због значаја у шумарству у нашим условима на то указују бројна истраживања (Јовановић, Б., Колић, Б., 1980; Колић, Б., 1986, 1988; Крстић, М., 1998, 2005, 2007; Smailagić, J. *et al.*, 2002; Крстић, М. *et al.*, 2001, 2002, 2005, 2006, 2012, 2013, 2019; Цвјетићанин, Р. *et al.*, 2012; Бадић, В., 2008, 2015; Бадић, В., Миловановић, Д., 2003; Бадић, В., Крстић, М., 2014, 2016; Бадић, В., *et al.*, 2015, 2018, 2020а, 2020б), и др., као (Radovanović, M., *et al.*, 2003; Дуцић, В., *et al.*, 2004; Вуковић, А. *et al.*, 2018.), која укључују глобалне климатске промене, годишње климатске промене, дугорочне анализе метеоролошких података, дугорочне трендове основних климатских елемената, утицај на зонски распоред вегетације, климатско-вегетациске карактеристике, итд.

Према Cheval, S. *et al.* (2011), постоје бројни параметри који утичу на метеоролошке карактеристике планинског окружења, одређују температурне градијенте и територијалне климатске варијације, али комплекси шумских заједница се карактеришу, претежно, малим распонима било ког климатског елемента (Дуцић, В. *et al.*, 2004).

Како до диференцирања климата долази под утицајем рељефа као орографског фактора, у литературним изворима може се наћи термин “ороклиматогена” класификација одређеног подручја. Метеоролошки „параметар“, који је генерално карактеристичан за планинско окружење, јесте надморска висина (Richardson, A.D. *et al.*, 2004), и опште је познато да се са повећањем надморске висине најизраженије мењају основни климатски параметри – температура ваздуха, количина и врста падавина. Макроклима веома изражено зависи од географског положаја конкретног подручја, те је веома важно познавати њене карактеристике на ширем подручју. Због тога се врши климатска рејонизација јер се климатским рејоном сматра одређено подручје са специфичним климатом, по коме се оно мање или више разликује од суседних територија (Ракићевић, Т., 1980). Најдетаљнију климатску рејонизацију Србије извршио је Ракићевић, којом је читав територија климатски класификована на три климатске области: континенталну, умерено-континенталну и измењено средоземну, са већим бројем климатских рејона у оквиру њих. Највећи део централне Србије има карактеристике умереноконтиненталне климе.

У вези са климатском рејонизацијом Дуцић, В. *et al.* (2004), наводе да је пожељно извести општеклиматску регионализацију, као полазну основу, и на основу ње разрађивати детаљније поделе, али да би, у одређеним случајевима, можда било коректније вршити детаљно истраживање сваке метеоролошке станице како би се, на основу тих података, стекла представа о просторној заступљености одређених климатских показатеља. Ово поготово стога што „Природа планинских области је толико разноврсна да свака метеоролошка станица може бити репрезентативна само за ограничен простор” (Барри, 1984, према Дуцић, В. *et al.*, 2004).

Због значаја у шумарству, како је наведено, у Србији су вршена детаљна проучавања климатских и климатско-вегетацијских карактеристика.

На основу свега наведеног, циљ овог рада је да се проучавањем климатско-вегетацијских карактеристика да прилог проучавању појаса одређених биоклиматских типова шума у различитим анализираним шумским подручјима у Србији, тј. да се:

- дефинише зависност појединих вегетацијских типова и шумских заједница аутохтоне природне вегетације од оро-климатогених услова, њихова заступљеност и висинско зонирање;
- у вези с тим изврши упоређивање са подацима на основу коришћених различитих метода климатско-вегетацијских карактеристика шумске вегетације из литературних извора применом вишекритеријумске анализе.

2. ОБЈЕКАТ ИСТРАЖИВАЊА, МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

За проучавање климатско-вегетацијских карактеристика подручја Србије, у оквиру овог рада, извршена је анализа за четири дефинисана карактеристична шумска подручја Србије без покрајина (Алексић, П. *et al.*, 2020): подручје источне Србије, где се налази Тимочко шумско подручје (ШП); југоисточне Србије – Јабланичко ШП; централног дела Србије – Доњеибарско ШП; западне Србије – Тарско-златиборско ШП.

У циљу повећања тачности и реалности микроклиматских карактеристика наведених подручја, за приказ климатских услова примењиван је метод висинских градијената климатских елемената. Вредности градијената израчунате су коришћењем климатских података Хидрометеоролошког завода Србије за референтни период 1981-2010. године - по једне низијске климатолошке станице (Неготин – која се налази на 42 m надморске висине, Лесковац на 230 m н.в., Краљево, 215 m н.в. и Пожега 310 m н.в.) и по једне висинске станице на истим подручјима (Црни врх – на 1027 m н.в., Кукавица 1438 m н.в, Копаоник 1710 m н.в, Златибор 1028 m н.в.) које, према Ракићевић, Т. (1980), припадају различитим климатским рејонима. На основу висинске категоризације рељефа Србије (Младеновић, Т., 1984), проучавана подручја припадају низијској зони (0-200 m н.в.), брдској зони (200-500 m), зони ниских планина (500-1000 m) и средње високој планинској зони (1000-2000 m н.в.).

Применом израчунатих линераних висинских градијената дефинисане су вредности климатских елемената на наведеним подручјима за конкретне надморске висине (Н) од 100 до 1500m. Приказане су само годишње (G) и вредности за вегетациони период (VP) најважнијих климатских елемената: температуре ваздуха (t) и падавина (P). На основу тзв. комбинованих климатских параметара (Радовановић, М. *et al.*, 2003), примењене су три климатске и географске карактеристике, које се најчешће користе у шумарству: континенталност подручја, на основу термодромског коефицијента по Кернеру (Köerner) (КК), индекса аридности по Де Мартону (De Martonne) (IS) и плувиометријска угроженост од ерозије по Фурнијеу (Fournier) (С), (Колић, Б., 1988). Приказане су карактеристике климе и на основу индекса влажности по УНЕП-у и по Сељанинову (I), док је дефинисање климатског типа за проучавања подручја извршено коришћењем метода по Торнтвајту (Thorntwaite) (Im) и по Лангу (КФ), као и климатско-вегетациске карактеристике (доминантна вегетација за сваки регион и висински појас) на основу климатских индекса по Еленбергу (Ellenberg) (EQ) и по Фиреру (Führer) (FAI) (Бабић, В., Ункашевић, М., 2019).

Примењени су методи анализе и синтезе и компаративни метод, а подаци су приказани текстуално, табеларно и графички.

3. РЕЗУЛТАТИ ПРОУЧАВАЊА И ДИСКУСИЈА

3.1. Основни климатски подаци

Основни климатски подаци за наведена шумска подручја истраживања приказани су у табели 1.

Табела 1. Основни климатски подаци за период 1981-2010. године: температура ваздуха и падавине

Table 1 Basic climate data for the 1981-2010 period: air temperature and precipitation

Подручје / Area	Метеор. станица / Weather station	Н (m)	Температура ваздуха / Air temperature (°C)			Падавине / Precipitation (mm)		
			год.	ВП	А	год.	ВП	ВП (%)
Источна Србија	Неготин	42	11,8	19,2	23,2	614	306	49,8
	Црни врх	1027	6,6	13,1	20,4	769	438	56,9
Југоисточна Србија	Лесковац	230	11,1	17,8	21,6	625	323	51,7
	Кукавица	1438	6,0	11,8	18,8	955	540	56,6
Централна Србија	Краљево	215	11,4	18,1	21,5	740	427	57,7
	Копаноник	1710	3,6	9,0	17,4	985	564	57,2
Западна Србија	Пожега	310	9,7	16,4	21,6	726	423	58,2
	Златибор	1028	7,7	13,8	19,2	1017	557	54,7

Србија има континентални температурни режим, при чему се средње месечне температуре развијају нормално током године када је јануар најхладнији месец у години, а јул најтоплији (Колић, Б., 1986). Упоредивањем наведених годишњих вредности температуре ваздуха и падавина у анализираном периоду (1981-2010) и података (подаци РХМЗ Србије) за ранији референтни период (1961-1990), запажа се следеће:

1. Температура ваздуха је повећана:
 - у низијским метеоролошким станицама највише на подручју источне Србије за $0,7^{\circ}\text{C}$ (Неготин), а најмање у централној Србији за $0,3^{\circ}\text{C}$ (Краљево);
 - у висинском подручју температура је повећана највише на подручју централне Србије за $0,9^{\circ}\text{C}$ (Копаоник), а најмање на подручју источне Србије за $0,2^{\circ}\text{C}$ (Црни врх).
 - Наведени подаци су у складу са опште познатом чињеницом да је у анализираном периоду дошло до ксеротермизације климе.
2. Годишња количина падавина смањена је једино на подручју источне Србије за 32 mm (Неготин).

Истовремено на осталом делу Србије количина падавина је повећана:

- у низијским метеоролошким станицама највише на подручју централне Србије за 21 mm (Краљево), а најмање у западној Србији за 14 mm (Пожега);
- у висинском подручју највише, такође, на подручју централне Србије за 66 mm (Копаоник), а најмање у источној Србији за 41 mm (Црни врх).

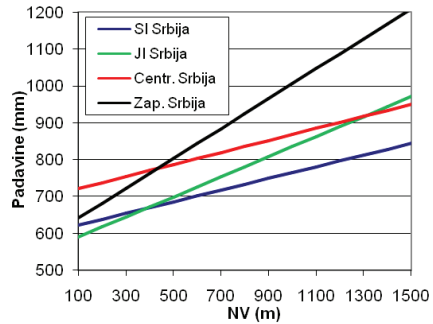
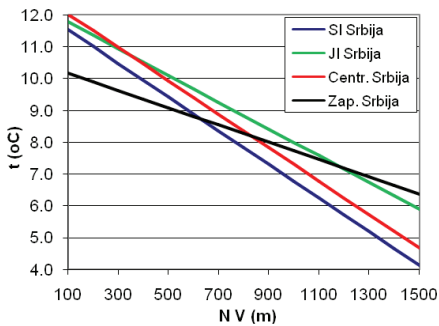
Према Колић, Б. (1986), на подручју Србије влада континентални тип плувиомеријског режима, чија је карактеристика појава два максимума и два минимума у току године. Примарни максимум се јавља најчешће почетком лета (јуна), а понегде крајем пролећа (у мају), а секундарни максимум је најчешће у октобру, у неким крајевима у новембру. Примарни минимум је крајем зиме (фебруара) или почетком марта, док је секундарни минимум најчешће почетком јесени - у септембру .

Опште је познато да са повећањем надморске висине долази до снижавања температуре ваздуха и повећања просечне годишње вредности количине падавина, које је различито у различитим анализираним подручјима Србије.

На сваких 100 m надморске висине у анализираном периоду 1981-2010. године снижавање средње годишње температуре има следеће вредности:

- на подручју источне Србије $0,53^{\circ}\text{C}$;
- на подручју југоисточне Србије $0,42^{\circ}\text{C}$;
- на подручју централне Србије $0,53^{\circ}\text{C}$;
- на подручју западне Србије $0,27^{\circ}\text{C}$.

С повећањем надморске висине смањује се, такође, и амплитуда температуре.



Графикони 1. и 2. Промена температуре ваздуха и количине падавина са променом надморске висине на анализираним подручјима
Graphs 1 and 2 Change in air temperature and precipitation with altitude change in the investigated areas

Истовремено са повећањем надморске висине за сваких 100m повећање просечне годишње количине падавина има следеће вредности:

- на подручју источне Србије 15,80 mm;
- на подручју југоисточне Србије 27,25 mm;
- на подручју централне Србије 16,34 mm;
- на подручју западне Србије 40,56 mm.

3.2 Климатско-географске карактеристике

Представљају утицај географског положаја неког подручја на карактер климе и обратно.

Наведена количина падавина одражава се различито на плувиометријску угроженост подручја по Фурнијеу (угроженост од ерозије земљишта без вегетације ударом кишних капи). Непрекидно отицање воде обилује на високом планинском подручју, јер су ниже температуре, а обилније падавине, док су на нижим надморским висинама, температуре веће, а падавине су мање и вредности коефицијента плувиометријске угрожености се смањују. Плувиометријске угрожености нема на подручју источне Србије на надморској висини до 450 m, и на подручју југоисточне Србије, до 550 m н.в. Блага плувиометријска угроженост постоји на читавом подручју централне и западне Србије, као и на подручју југосточне Србије изнад 600 m н.в., а на подручју источне Србије на надморској висини 450-1100 m. Осредња плувиометријска угроженост постоји само на подручју источне Србије на н.в. изнад 1150 m (табела 2).

Табела 2. Климатско-географске карактеристике
Table 2 Climate-geographical characteristics

Подручје / Area	Индекс аридности (De Martonne)				Плувиометријска угроженост		
	Н (m)	IS	Тип отицања воде / Type of water runoff	Шуме / Forests	Н (m)	Коеф. С	Тип угрожености од ерозије / Erosion risk type
И Србија (Неготин – Црни врх) Тимочко ШПП	До 800	30-40	Егзореизам (умерено)	Шуме заузимају највећи простор	До 450	<8	Нема плуви- ометријске угрожености
	>800	>40	Егзореизам (обилно)	Изразито шумско подручје	450-1100 >1150	8-12 12-16	Блага Осредња
ЈИ Србија (Лесковац- Кукавица) Јабланичко ШПП	До 700	30-40	Егзореизам (умерено)	Шуме заузимају највећи простор	До 550	<8	Нема плуви- ометријске угрожености
	>700	>40	Егзореизам (обилно)	Изразито шумско подручје	>600	8-12	Блага
Централна Србија (Краљево- Копаоник) Доњеибарско ШПП	До 400	30-40	Егзореизам (умерено)	Шуме заузимају највећи простор	200-2000	8-12	Блага
	>450	>40	Егзореизам (обилно)	Изразито шумско подручје			
Западна Србија (Пожега-Златибор) Тарско- Златиборско ШПП	До 400	30-40	Егзореизам (умерено)	Шуме заузимају највећи простор	До 1050	8-12	Блага
	>500	>40	Егзореизам (обилно)	Изразито шумско подручје			

3.3. Климатски индекси аридности

Наведене климатске карактеристике, изражене температурним и плувиометријским режимом, дефинишу индекс аридности и индекс влажности (табеле 2 и 3). Притом треба разликовати термин суша, која представља привремену недостатак воде у земљишту као последицу вишедневног периода без падавина, обично у току топлог времена, од сувих (аридних) климата, као трајне карактеристике региона.

Индекс аридности по Де Мартону указује да егзореизам (стално и обилно отицање воде) доминира на читавом анализираном подручју Србије: Умерено влажна област заступљена је на подручју североисточне Србије на н.в. до 800 m, на подручју југоисточне Србије до 700 m н.в., на подручју

централне и западне Србије до 400 m н.в. а то омогућава да шуме заузимају највећи простор. Изнад наведених надморских висина на свим подручјима је влажна област и представља изразито шумско подручје.

Индекс аридности по УНЕП-у указује да је на свим анализираним подручјима Србије клима хумидна.

Индекс влажности локалитета по Сељанинову (табела 3) указује на следеће карактеристике: Врло сува зона је само на подручјима источне Србије на н.в. до 200 m, на подручју југоисточне Србије до 300 m. Сува зона је на подручју источне Србије на н.в. 250-600 m, у југоисточној Србији на н.в. 300-700 m, а на подручју централне и западне Србије до 550 m. Сушна зона са недостатком влаге заступљена је на подручју источне Србије на н.в. 700-1050 m, на подручју југоисточне Србије до 750-1100 m н.в., на подручју централне Србије 600-1000 m, и западне Србије до 450-800 m н.в. Зона довољне влажности је на подручју источне Србије на н.в. изнад 1100 m, на подручју југоисточне Србије до 1150-1438 m н.в., на подручју централне Србије 1050-1250 m н.в., и западне Србије до 900-1200 m н.в. Зона са изобиљем влажности заступљена је на подручју југоисточне Србије на н.в. изнад 1450 m н.в., на подручју централне Србије изнад 1300 m н.в., и западне Србије, изнад 1250 m н.в.

3.4. Класификација климе

Применом метода класификације климе на основу Степена континенталности по Кернеру, који изражава утицај карактеристика копна на климу (табела 3), констатовано је да клима проучаваних шумских подручја има сличне карактеристике, али изражене на различитим надморским висинама. Појачана континенталност је заступљена на подручју североисточне и југоисточне Србије на н.в. до 350 m; на подручју централне и западне Србије до 200 m. Умерено континентална клима је најраспрострањенија и карактеристична је за локалитете са н.в. на подручју источне Србије 400-950 m, југоисточне Србије 400-750 m, а на подручју централне и западне Србије 200-700 m. Блага континентална (планинска) клима карактерише подручје источне Србије на н.в. изнад 1000m, југоисточне Србије на н.в. 800-1150 m, централне Србије 750-1150 m, а западне Србије 750-1100 m. Сва подручја изнад наведених н.в. карактерише литорална клима - прелазни тип, осим на подручју централне Србије где се јавља на надморској висини 1200-1550 m, а изнад 1600 m је маритимна клима.

Табела 3. Степен континенталности по Кернеру, Индекс влажности по Сељанинову

Table 3 Degree of continentality by Kerner, *hydro-thermal coefficient* by Selyaninov

Подручје / Area	Н (m)	По Кернеру / By Kerner		Индекс влажности по Сељанинову / Hydro-thermal coefficient by Selyaninov		
		КК (%)	Климатски тип / Climate type	Н (m)	I	Тип климе / Climate type
И Србија (Неготин – Црни врх) Тимочко ШПП	До 350	≤ 0	Појачана континенталност	До 200	$< 0,5$	Врло сува зона
	400 -950	$0 \leq 5$	Умерено континентална	250-600	0,5-0,69	Сува зона
	>1000	$5 \leq 10$	Блага континентална (планинска) клима	700-1050	0,7-0,99	Зона недостатка влаге
≥ 1100				$\geq 1,0$	Зона довољне влажности	
ЈИ Србија (Лесковац-Кукавица) Јабланичко ШПП	До 350	≤ 0	Појачана континенталност	До 300	$< 0,5$	Врло сува зона
	400 -750	$0 \leq 5$	Умерено континентална	300-700	0,5-0,69	Сува зона
	800 -1150	$5 \leq 10$	Блага континентална (планинска) клима	750-1100	0,7-0,99	Зона недостатка влаге
	>1200	$10 \leq 15$	Литорална клима - прелазни тип	1150-1438	1,0-1,29	Зона довољне влажности
≥ 1450				$\geq 1,3$	Зона изобиљне влажности	
Централна Србија (Краљево-Копаоник) Доњеидарско ШПП	До 200	≤ 0	Појачана континенталност	До 550	0,5-0,69	Сува зона
	200 -700	$0 \leq 5$	Умерено континентална	600-1000	0,7-0,99	Зона недостатка влаге
	700-1150	$5 \leq 10$	Блага континентална (планинска) клима	1050-1250	1,0-1,29	Зона довољне влажности
	1200 -1550	$10 \leq 15$	Литорална клима - прелазни тип	≥ 1300	$\geq 1,3$	Зона изобиљне влажности
	>1600	> 15	Маритимна			
Западна Србија (Пожега-Златибор) Тарско-Златиборско ШПП	До 200	≤ 0	Појачана континенталност	До 550	0,5-0,69	Сува зона
	200-700	$0 \leq 5$	Умерено континентална	450-800	0,7-0,99	Зона недостатка влаге
	750-1100	$5 \leq 10$	Блага континентална (планинска) клима	900-1200	1,0-1,29	Зона довољне влажности
	>1150	$10 \leq 15$	Литорална клима - прелазни тип	≥ 1250	$\geq 1,3$	Зона изобиљне влажности

Табела 4. Класификација климе по Лангу и по Торнтвајту
Table 4 Climate classification according to Lang and Thornthwaite

Подручје / Area	по Лангу / according to Lang			по Торнтвајту / according to Thornthwaite			
	Н (m)	КФ	Климатски тип / Climate type	Н (m)	I _m	Климатски тип / Climate type	
И Србија (Неготин – Црни врх) Тимочко ШПП	До 250	< 60	Семиаридна - степе и саване (травна вегетација)	До 100	< 0	C ₁	Субхумидна сува
	300-700	60-80	Семихумидна – појава слабих шума (шуме малих НВ)	200-600	0-20	C ₂	Субхумидна влажна
	750-1050	80-100	Хумидна – шумска подручја (шуме нису у свом оптимуму)	700-1050	20-40	V ₁	Благо хумидна
	≥1050	100-160	Хумидна – изразито шумска подручја (шуме у свом оптимуму)	1100-1300	40-60	V ₂	Умерено хумидна
		≥1400		60-80	V ₃	Појачано хумидна	
ЈИ Србија (Лесковац- Куковица) Јабланичко ШПП	До 250	< 60	Семиаридна - степе и саване (травна вегетација)	До 400	0-20	C ₂	Субхумидна влажна
	350-650	60-80	Семихумидна - појава слабих шума (шуме малих НВ)	450-700	20-40	V ₁	Благо хумидна
	650-900	80-100	Хумидна - шумска подручја (шуме нису у свом оптимуму)	750-950	40-60	V ₂	Умерено хумидна
	900-1450	100-160	Хумидна - изразито шумска подручја (шуме у свом оптимуму)	1000-1100	60-80	V ₃	Појачано хумидна
	>1450	>160	Перхумидна – пустаре и тундра	1200-1300	80-100	V ₄	Јако хумидна
		≥1400		>100	A	Перхумидна	
Централна Србија (Краљево- Копаноник) Доњеибарско ШПП	До 500	60-80	Семихумидна – појава слабих шума (шуме малих НВ)	До 400	0-20	C ₂	Субхумидна влажна
	550-800	80-100	Хумидна - шумска подручја (шуме нису у свом оптимуму)	500-800	20-40	V ₁	Благо хумидна
	800-1300	100-160	Хумидна - изразито шумска подручја (шуме у свом оптимуму)	900-1150	40-60	V ₂	Умерено хумидна
	>1300	>160	Перхумидна - пустаре и тундра	1200-1300	60-80	V ₃	Појачано хумидна
		1400-1650		80-100	V ₄	Јако хумидна	
		≥1650		>100	A	Перхумидна	

Западна Србија	До 150	< 60	Семиаридна - степе и саване (травна вегетација)	До 350	0-20	C ₂	Субхумидна влажна
	200-450	60-80	Семихумидна - појава слабих шума (шуме малих НВ)	400-600	20-40	B ₁	Благо хумидна
(Пожега-Златибор)	500-700	80-100	Хумидна - Хумидна - шумска подручја (шуме нису у свом оптимуму)	700-800	40-60	B ₂	Умерено хумидна
Тарско-Златиборско ШПП	750-1200	100-160	Хумидна - изразито шумска подручја (шуме у свом оптимуму)	900-1100	60-80	B ₃	Појачано хумидна
	>1300	>160	Перхумидна - пустаре и тундра	1100-1300 >1300	80-100 >100	B ₄ А	Јако хумидна Перхумидна

За потребе истраживања у биолошким и биотехничким наукама, посебно у области шумарства, у употреби су климатске класификације које указују на утицај основних климатских елемената на целокупну вегетацију и њено вертикално и хоризонтално распрострањење. Најчешће коришћене су класификација климе по Лангу и по Торнтвајту, чије су карактеристике приказане у табели 4.

Класификација климе по Торнтвајту, извршена је на основу вредности израчунатог хидричког биланса. На основу Торнтвајтове климатске класификације клима се мења од субхумидне сувље на доњој граници овог појаса, до перхумидне на горњој висинској граници. Анализирана шумска подручја карактеришу следећи климатски типови: Субхумидна сувља клима типа C₁ влада само на подручју североистошне Србије на надморској висини до 200 m. Субхумидна влажна клима типа C₂ заступљена на подручју источне Србије на н.в. 200-600 m, југоисточне и централне Србије до 400 m; на подручју западне Србије до 350 m. Благо хумидна клима типа B₁ најраспрострањенија је у брдском и нископланинском подручју и карактеристична је за локалитете са надморском висином на подручју североисточне Србије 700-1050 m, југоисточне Србије 450-700 m, на подручју централне Србије 500-800 m и западне Србије 400-600 m. Умерено хумидна клима типа B₂ карактерише подручје источне Србије на н.в. 1100-1300 m, југоисточне Србије 750-950 m, подручје централне Србије 900-1150 m и западне Србије 700-800 m. Појачано хумидна типа B₃ јавља се у источној Србији на н.в. изнад 1400 m, југоисточној Србији на н.в. 1000-1100 m, у централној Србији 1200-1300 m и западној Србији 900-1100 m. Јако хумидна клима типа B₄ заступљена је у југоисточној Србији на н.в. 1200-1300 m, у централној Србији 1400-1650 m и западној Србији 110-1300 m. Перхумидна клима типа А карактерише сва подручја изнад наведених н.в.

Биоклиматска класификација климе по Лангу је, како је наведено, веома значајна у шумарству јер њене одређена климатске карактеристике указују на услове за одређени тип вегетације као и на то какви су услови за по-

јаву шуме, тј. да ли су у свом климатско-физиолошком оптимуму или не. Семиаридна клима, која погодује за појаву травне вегетације, влада на н.в. у источној и југоисточној Србији до 250 m, а у западној Србији до 150 m. Семихумидна клима, која карактерише услове за појаву слабих шума малих надморских висина, влада у североисточној Србији на н.в. 300-700 m, у југоисточној Србији до 350-650 m, у централној Србији до 500 m, у западној Србији 200-400 m. Хумидна клима у којој шуме нису у оптимуму карактерише подручје североисточне Србије са н.в. 750-1050 m, југоисточне Србије 650-900 m, подручје централне Србије 800-1300 m и западне Србије 500-700 m. Најповољније карактеристике хумидне климе и изразито шумско подручје при којем су шуме у оптималним условима влада на подручју североисточне Србије на н.в. изнад 1050 m, југоисточне Србије 900-1450 m, централне Србије 800-1300 m и западне Србије 750-1200 m. И по овој класификацији перхумидна клима карактерише сва подручја изнад наведених надморских висина.

3.5. Климатско-вегетацијске карактеристике преко климатских индекса

Карактерисање климе одређеног подручја преко климатских индекса по Еленбергу и по Фиреру, такође, веома је значајно у шумарству, јер указује на најповољније услове за појаву шума одређених врста дрвећа (табела 5).

Табела 5. Климатски индекси по Еленбергу и Фиреру
Table 5 Climate indices according to Ellenberg and Lang

Подручје / Area	Клима по Еленбергу / Climate according to Ellenberg				Клима по Фиреру / Climate according to Führer		
	Н (m)	EQ (%)	Тип климе / Climate type	Биоклиматски тип / Bioclimate type	Н (m)	FAI	Биоклиматски Тип / Bioclimate type
И Србија (Неготин – Црни врх) Тимочко ШПП	до 450	>30	Сува	Храстови	До 200	>7,25	Шумо-степа
	500-1100	20-30	Умерено влажна	Храстови и буква	200-550	6,0-7,25	Сладун - цер
	>1150	<30	Влажна	Буква	600-900 >900	4,75-6,0 <4,75	Китњак - граб Буква
ЈИ Србија (Лесковац – Кукавица) Јабланичко ШПП	до 450	>30	Сува	Храстови	До 400	>7,25	Шумо-степа
	750-1050	20-30	Умерено влажна	Храстови и буква	450-650	6,0-7,25	Сладун - цер
	>1100	<30	Влажна	Буква	650-950 >950	4,75-6,0 <4,75	Китњак - граб Буква
Централна Србија (Краљево – Копаник) Доњеибарско ШПП	до 900	20-30	Умерено влажна	Храстови и буква	До 600	4,75-6,0	Китњак - граб
	>1000	<30	Влажна	Буква	>650	<4,75	Буква

Западна Србија (Пожега – Златибор) Тарско-Златиборско ШПП	до 100	>30	Сува	Храстови	До 450	4,75-6,0	Китњак - граб
	200-750	20-30	Умерено влажна	Храстови и буква			
	>800	<30	Влажна	Буква	>500	<4,75	Буква

Класификацију климе по Еленбергу карактеришу следећи климатски услови и биоклиматски тип: Суве области су на подручју источне и југоисточне Србије на н.в. до 450m а у западној Србији до 100 m н.в., а погодне су за храстове шуме. Умерено влажне области, које погодују за појаву храстових и букових шума, заступљене су на подручју источне Србије на н.в. 500-1100 m; југоисточне Србије на 750-1050 m н.в.; у централној Србији до 900 m; на подручју западне Србије 200-750 m. Области са одликама влажне климе - најпогодније су за букове шуме, и најраспрострањеније су у брдском и нископланинском подручју а карактеристичне за локалитете са н.в. на подручју источне Србије изнад 11500 m, југоисточне Србије изнад 1100 m, на подручју централне Србије изнад 1000m и западне Србије изнад 800 m.

Климатска клафикација по Фирер-у такође, веома је значајна у шумарству јер њене одређене климатске карактеристике указују на услове за одређени тип вегетације (биоклиматски тип), као и на то какви су услови за појаву шуме. Карактеристике климе, која погодује за појаву шумо степе, владају на н.в. у источној Србији до 200 m н.в., а у југоисточној Србији до 400 m н.в.. Клима која карактерише услове за појаву шума сладуна и цера влада у североисточној Србији на надморској висини 200-550 m, а у југоисточној Србији 450-650 m. Клима која је погодна за појаву развоја шума китњака и граба карактерише подручје североисточне Србије са надморским висинама 600-990 m; југоисточне Србије 650-950 m н.в.; подручје централне Србије до 600 m и западне Србије до 450 m н.в. Најповољније карактеристике хумидне климе за шуме букве у оптималним условима на подручју североисточне Србије су на н.в. изнад 900 m, југоисточне Србије изнад 950 m н.в., централне Србије изнад 650 m н.в., и западне Србије изнад 500 m н.в. И по овој класификацији перхумидна клима карактерише сва подручја изнад наведених надморских висина.

4. ЗАКЉУЧЦИ

Упоредне карактеристике климе, дефинисане применом коришћених различитих климатских индекса и класификација, указују да постоје значајније разлике основних климатских параметара у анализираним шумским подручјима.

1. Упоређивањем наведених годишњих вредности температуре ваздуха и падавина у анализираном периоду 1981-2010. године и података за претходни референти период 1961-1990. године утврђено је да је:

- температура ваздуха повећана на низијским метеоролошким станицама од 0,3°C (Краљево) до 0,7°C (Неготин); на висинским станицама температура је повећана за 0,2°C (Црни врх) до 0,9°C (Копаоник). Наведени подаци су у складу са опште познатим трендом ксеротермизације климе на овом подручју;
 - годишња количина падавина повећана - на низијским метеоролошким станицама за 14 mm (Пожега) до 21 mm (Краљево), а у висинском подручју за 41 mm (Црни врх) до 66 mm (Копаоник). Количина падавина смањена је једино на подручју североисточне Србије за 32 mm (Неготин).
2. На малим надморским висинама у брдском подручју, где по Кернеру влада појачана континентална клима, по Торнтвајту је субхумидна сувља, односно по Сељанинову је врло сува зона. Умереноконтинентална клима по Кернеру је најраспрострањенија и карактеристична је за локалитете на брдском и подручју ниских планина. По Торнтвајту то су подручја са субхумидном влажнијом и благо хумидном климом, а по Сељанинову то је зона са недостатком влаге. Блага континентална (планинска) клима по Кернеру влада на локалитетима средње високих планина - по Торнтвајту, клима је умерено до појачано хумидна, а по Сељанинову то је зона довољне влажности.
 3. Климатско-вегетацијске карактеристике подручја по Еленбергу и по Фиреру показују сличности са одређеном разликом у надморској висини. Суву климу карактерише биоклиматски тип шумо степе, што по Ланговој биоклиматској класификацији, условљава појаву травне вегетације; умерено влажну климу, по Еленбергу, карактерише појава шума храстова и букве; по Фиреру, шума храстова и граба, а по Лангу, ту су шуме малих надморских висина и нису у клима-физиолошком оптимуму; у подручју влажне климе, по Еленбергу, и по Фиреру, јавља се шума букве, а, по Лангу, на тим надморским висинама изразита су шумска подручја у којима су шуме у клима-физиолошком оптимуму.

ЛИТЕРАТУРА

- Алексић, П., Кисин, Б., Стингић, М., Марковић, Н. (2020): Стање шума шумских подручја којима газдује јавно предузеће за газдовање шумама „Србијашуме“ Београд. Шумарство бр. 3-4, УШИТС Београд, стр. 95-124.
- Бабић, В., Миловановић, Д. (2003): Климатске карактеристике у планинској шуми букве на Брезовици, Шумарство, бр. 1-2, УШИТС и Универзитет у Београду Шумарски факултет, Београд, стр. 125-131.
- Бабић, В. (2008): Климатске карактеристике Сремског шумског подручја, Шумарство бр. 4, УШИТС и Универзитет у Београду Шумарски факултет, Београд, стр. 99-107.

- Бабић, В. (2015): Климатске карактеристике Фрушке горе, Шумарство, бр. 4, Удружење шумарских инжењера и техничара Србије и Универзитет у Београду Шумарски факултет, Београд, стр. 25-37.
- Бабић, В., Крстић, М. (2014): Климатске карактеристике појаса китњакових шума на Фрушкој Гори. Шумарство бр. 3-4, УШИТС и Универзитет у Београду Шумарски факултет, стр. 49-62.
- Бабић, В., Крстић, М. (2016): Истраживање микроклиматских услова у шуми храста китњака на Фрушкој Гори. Шумарство бр. 1-2, УШИТС и Универзитет у Београду Шумарски факултет, стр. 79-89.
- Бабић, В., Ункашевић, М. (2019): Шумарска еоклиматологија, Клима шумских и урбаних подручја Србије-практикум, Универзитет у Београду Шумарски факултет, Београд, стр. 1-172.
- Babić, V., Krstić, M., Govedar, Z., Todorić, J., Vuković, N., Milošević, Z. (2015): Temperature and other microclimate conditions in the oak forests on Fruška Gora (Serbia), Thermal Science, Vinča Institute of Nuclear Sciences, Belgrade, Vol. 19, Suppl. 2, pp. S415-S425.
- Babić, V., Vuković, A., Vujadinović, M. (2018): Forestry under climate change: Vulnerability overview on regional and national level, International Conference Humboldt Kolleg 2018, „Sustainable Development and Climate Change: Connecting Research, Education, Policy and Practice“Humbolt-Club Serbia and University of Belgrade - Faculty of Forestry, Belgrade, Book of abstract, September 19-22, Belgrade, p 155.
- Бабић, В., Пено, С., Кањевац Б., Новаковић Вуковић, М. (2020а): Климатске карактеристике појаса шума букве, јеле и смрче на планини Виторог у Републици Српској. Шумарство бр. 1-2, УШИТС, Институт за шумарство Београд, Универзитет у Новом Саду Институт за низијско шумарство и животну средину, стр. 97-100.
- Babić, V., Krstić, M., Milenković, M., Kanjevac, B. (2020б): The influence of the global climate change on Forestry. Book of proceedings, XI International Scientific Agricultural Symposium „Agrosym 2020“, Bosnia and Herzegovina, 08 – 09 October 2020, pg. 1103-1113.
- Cheval, S., Dumitrescu, A., Petrișor, A-I. (2011): The July surface temperature lapse in the Romanian Carpathians. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, Vol. 6, No. 1, p. 189 – 198.
- Cvjetičanin, R., Krstić, M., Janić, M., Nikić, Z., Perović, M. (2012): Vegetation-climate characteristics of Goč mountain in Serbia. International Scientific Conference Forest in future – Sustainable use, Risks and Challenges, Congress Proceedings 135–145. Institute of Forestry, Belgrade, Serbia, 4-5th October, 2012.
- Дуцић, В., Радовановић, М., Бјељац, Ж. (2004): Прилог теоријско методолошким концепцијама климатске регионализације. Гласник Српског географског друштва, св. LXXXIV- бр. 2, Београд, стр. 21-30.
- Јовановић, Б., Колић, Б. (1980): Климатолошко-вегетацијска (ороклиматогена) реонизација Суве планине. Гласник Шумарског факултета бр. 54, Београд, 19-63.
- Колић, Б. (1986): Макроклиматска реонизација североисточне Србије. Рукопис, Шумарски факултет Универзитета у Београду, Београд.
- Kolić, B. (1988): Šumarska ekoklimatologija sa osnovana fizike atmosfere, Naučna knjiga, Beograd, str. 397.
- Krstić, M. (1998): Climatic characteristics of the sessile forest belt (*Quercetum montanum serbicum Čer et Jov.*) on Stara planina. Jubilee Scientific Conference: 70 Anniversary of the Forest Research Institute of the Bulgarian Academy of Sciences. 6-7 October, Sofia, Preceedings, pg. 76-79.
- Крстић, М. (2005): Климатске карактеристике висинских појасева букових шума у Србији. Поглавље у монографији „Буква (*Fagus toesiaca* /Domin, Maly/ Czeczott.) у Србији“. стр. 108-117. Удружење шумарских инжењера и техничара Србије, Шумарски факултет Универзитета у Београду.

- Крстић, М. (2007): Климатске карактеристике појаса китњакових шума у Србији. Поглавље у монографији: Храст китњак у Србији, стр. 69-78. Универзитет у Београду – Шумарски факултет. Удружење шумарских инжењера и техничара Србије. Планета Принт, Београд.
- Krstić, M. (2008): Effect of the local heat potential on the distribution of sessile oak forests. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, Volume 22, No 3, pg. 804-809.
- Krstić, M., Smailagić, J., Nikolić, J. (2001): Climatic characteristics of the Sessile oak forests (*Quercetum montanum serbicum Čer. et Jov.*) belt in Serbia. 3rd Balcan Scientific Conference “Study, conservation and utilisation of the forest resources”. 2-4 October, Sofia, Proceedings, Vol. I., pg. 200-209.
- Krstić, M., Stojanović, Lj. (2002): Climatic characteristics Eastern Serbia. 7th Symposium on flora of Southeastern Serbia and Neighbouring Regions, 5-9 June, Dimitrovgrad, Proceedings, pg. 213-217.
- Krstić, M., Ćirković, T. (2005): Climate and vegetation characteristics of the Černik region. 8th Symposium on flora of Southeastern Serbia and Neighbouring Regions, 20-24 June, Niš, The abstract book, pg. 111.
- Krstić, M., Govedar, Z. (2006): Climatic characteristics of the beech forests (*Fagetum moesiaca montanum*) belt in northeast Serbia. International IUFRO Conference WP 1.01.07 “Ecology and silviculture of beech Beech silviculture in Europe’s largest beech country”, 4-8th September 2006, Poiana Brasov, Romania, Proceedings, pg. 43-45.
- Krstić, M., Govedar, Z., Bjelanović, I., Keren, S. (2012): Climate change in Serbia and its impact on forest ecosystems. International Scientific Conference Forest in future - Sustainable use, Risks and Challenges, Congress Proceedings, Institute of Forestry, Belgrade, Serbia, 4-5th October, pg. 12-23.
- Крстић, М., Бабић, В., Кањевац, Б. (2013): Прилог познавању климатско-вегетацијских карактеристика брдског подручја Србије. Шумарство бр. 3-4, УШИТС и Универзитет у Београду Шумарски факултет, Београд, стр. 113-124.
- Krstić, M., Babić, V., Kanjevac, B. (2019): Climate characteristics of a hilly-mountainous area in eastern Serbia. *Fresenius Environmental Bulletin*, Volume 28 - No. 7/2019, pg. 5061-5069.
- Младеновић, Т. (1984): Висинска структура земљишта у СФР Југославији. Зборник радова Војногеографског института, Београд, стр. 67-75.
- Радовановић, М., Милошевић, М., Белиј, С. (2003): Анализа просторне заступљености комбинованих климатских елемената у Србији. Заштита природе бр. 54/1-2, Београд, стр. 7-16.
- Ракићевић, Т. (1980): Климатско рејонирање СР Србије. Зборник радова Географског завода ПМФ, св. 27, Београд, стр. 29-42.
- Richardson, A.D., Lee, X., Friedland, A.J. (2004): Microclimatology of treeline spruce-fir forests in mountains of the northeastern United States. *Agricultural and Forest Meteorology* 125, pg. 53-66.
- Smailagić, J., Krstić, M., Cvjetičanin, R. (2002): Climate and vegetation characteristics of the mountain Deli Jovan in East Serbia. 18th International Conference on Carpatian Meteorology, Belgrade, 7-11th October, Belgrade, Proceedings.
- Vuković, A., Vujadinović, M., Rendulić, S., Đurđević, V., Ruml, M., Babić, V., Popović, D. (2018): Global warming impact on climate change in Serbia for the period 1961-2100. *Thermal Science*, Vinča Institute of Nuclear Sciences, Belgrade, Vol. 22, No 6A, pp. 2267-2280.
- *** (2013) *Климатолошки подаци Србије*. Архива РХМЗ Србије, Београд.

MULTICRITERIA ANALYSIS OF COMPARATIVE CLIMATE CHARACTERISTICS OF SOME FOREST AREAS IN SERBIA

Violeta Babić
Milun Krstić

Summary

The paper presents a multi-criteria analysis of comparative climate characteristics of four forest areas (FA) of Central Serbia: the area of eastern Serbia, where the Timok FA is located; the area of southeastern Serbia with the Jablanica FA; the area of central Serbia with the Donji Ibar FA and the area of western Serbia with the Tara-Zlatibor FA. The analysis is based on data obtained from eight weather stations. The stations are located within the mentioned FA: four lowland stations – Negotin (42 m above sea level), Leskovac (230 m above sea level), Kraljevo (215 m above sea level) and Požega (310 m above sea level) and four high-altitude weather stations – Crni Vrh (1027 m above sea level), Kukavica (1438 m above sea level), Kopaonik (1710 m above sea level) and Zlatibor (1028 m above sea level), for the 1981-2010 reference period. The values of climate elements for altitudes from 100 to 1500 m were obtained by applying the method of linear elevational gradients. Comparative climate characteristics defined by different climate indices and classifications indicate that there are significant differences in basic climate parameters in the investigated forest areas. The following results were obtained:

1. By comparing the annual values of air temperature and precipitation in the study period (1981-2010) and data for the previous reference period (1961-1990), it was determined that:

- air temperature increased at lowland weather stations by 0.3°C (Kraljevo) to 0.7°C (Negotin); at high-altitude stations, the temperature increased by 0.2°C (Crni Vrh) to 0.9°C (Kopaonik). These data are in line with the well-known trend of xerothermization of the climate in this area;

- the annual amount of precipitation increased – at lowland weather stations by 14mm (Požega) to 21mm (Kraljevo), and in high-altitude area by 41mm (Crni vrh) to 66mm (Kopaonik). The amount of precipitation decreased only in northeastern Serbia by 32mm (Negotin);

2. At low altitudes of the hilly area, where according to Kerner the pronounced continental climate prevails, according to Thornthwaite it is a dry subhumid, and according to Selyaninov it is a very dry zone. The humid continental climate according to Kerner is the most widespread and typical of localities in the hills and low mountains. According to Thornthwaite, these areas have a moist subhumid and mild humid climate, and according to Selyaninov, it is a zone with a lack of moisture. According to Kerner, the mild continental (mountain) climate prevails in the sites of medium to high mountains, while according to Thornthwaite, the climate is moderately to strongly humid, and according to Selyanin, it is a zone of sufficient humidity.

3. Bioclimatic characteristics of the area according to Ellenberg and according to Führer show similarities with some differences in altitude. The dry climate is characterized by the bioclimatic type of forest steppe, which according to Lang's bioclimatic classification leads to the occurrence of grass vegetation; the moderately humid climate is characterized by oak and beech forests according to Ellenberg, oak and hornbeam according to Führer, and according to Lang, these are forests of low altitudes beyond their climate physiological optimum. In the area of humid climate, beech forests occur according to Ellenberg and Führer, and according to Lang, these altitudes have forest areas that are distinctly in the climate-physiological optimum.