

УГРОЖЕНОСТ БУКОВИХ ШУМА У СРБИЈИ ОД ШУМСКИХ ПОЖАРА

СТАНИМИР ЖИВАНОВИЋ¹
ИВАНА ТОШИЋ²

Извод: У раду су проучени могући утицаји шумских пожара на букове шуме у Србији. Истраживана је варијабилност опожарене површине у овим шумама у зависности од утицаја климатских фактора. Анализом података за период 1988-2017. године, уочене су изражене осцилације у величини опожарених површина букових шума, које се смењују у складу са временским приликама у наведеном периоду. Највеће опожарене површине букових шума евидентирани су 2007. године; око 6.100 ха и 2.011; око 3.300 ха, што је у корелацији са високим температурама ваздуха и мањком падавина. Од укупне опожарене површине у буковим шумама, приземни пожар био је заступљен са 92,4%, а високи пожар, са 7,6% од укупног броја пожара у анализираном периоду. Букове шуме у државном власништву више су угрожене од шума у приватном власништву.

Кључне речи: буква (*Fagus*), опожарена површина, Србија.

VULNERABILITY OF BEECH FOREST IN SERBIA FROM FOREST FIRES

Abstract: This study focuses on the possible impact of forest fires on the threat of beech forests on the territory of Serbia. The variability of the irradiated surface in beech forests, depending on the influence of climatic factors, was investigated. By analyzing the data for the period 1988-2017, there can be noticeable oscillations in the size of the deserted beech forest areas, which are shifted according to the weather conditions in the mentioned period. In 2007 there were about 6100 hectares of forests that were the most polluted areas, and about 3300 ha in 2011, which is in correlation with high air temperatures and lack of precipitation. Of the total area burned in beech forests, the ground fire was 92.4% and a high fire with 7.6% of the total number of fires in the analyzed period. Beech forests in state ownership are more vulnerable to privately owned forests.

Keywords: beech (*Fagus*), fired area, Serbia.

1. УВОД

Познавање обележја шумског горивог материјала од кључне је важности за предвиђање и управљање шумским пожаром. На састав шумске вегетације утичу природни и антропогени фактори, те је тешко раздвојити њихове ефекте који могу деловати директно, узајамно и индиректно. За настанак и ширење пожара у буковој шуми посебно је важна расположива количина и стање гориве материје. Živanović, S. (2012) наводи да је мониторинг температуре ваздуха и падавина од значаја за праћење стања горивог материјала и одређивање степена опасности од пожара у шуми. Опасност

1 др Станислав Живановић, Сектор за ванредне ситуације, Београд, Србија

2 др Ивана Тошић, Универзитет у Београду - Физички факултет, Институт за метеорологију, Београд, Србија

од пожара је мања за време изузетно влажних периода (Dimitrakopoulos, A.P. *et al.*, 2011; Ćurić, M. *et al.*, 2013; Živanović, S. 2017; Živanović, S. *et al.*, 2018; Tošić, I. *et al.*, 2019). Шумски пожари углавном настају у току сувог летњег периода када је температура ваздуха висока, влажност ваздуха мала и смањена влага горивог материјала (Piñol, J. *et al.*, 1998). Chandler, C. *et al.* (1983) наводе да је гориви материјал у шуми свака материја и мешавина материја која се може запалити и горети.

Састав, врста и структура шумског горива је променљиве вредности у простору и времену. На одређеној локацији долази до промене шумског горива након екстракције дрвета или природних поремећаја током сукцесије. Буква као горива материја у шуми може се састојати од једног или више слојева у великом броју комбинација с обзиром на количину, облик, позицију и распоред живе и мртве органске материје у шуми. Величина површине захваћене пожарима у природи може утицати на одрживо управљање шумским ресурсом. Биолошке разноликости, стабилности и трајности бумове шуме условљена је и утицајем пожара у природи јер је природно подмлађивање једини начин обнове букових шума (Stojanović, Lj. *et al.*, 2005).

Циљ овог рада је да се утврди повезаност букових шума и пожара отвореног простора с више аспеката. Најбитнији фактори шумске вегетације утицајни за настанак и ширење пожара су садржај воде и количина гориве материје, тако да је у овом раду посебан нагласак на та два елемента. Они су посебно битни за израду модела за предикцију и ширење шумског пожара.

2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

За потребе овог рада коришћени су подаци Републичког завода за статистику за период од 1988. до 2017. године. Штета од пожара исказана је у опожарене површине, подељене на површине које су оштетили приземни пожари и на површине оштећене од високих пожара. Хронологија појаве пожара упоређена је са подацима временских услова за период од 1988. до 2017. године. Анализа временских услова сагледана је на основу климатолошких података о средњим годишњим вредностима температуре ваздуха и количине падавина за територију Србије, на основу података Републичког хидрометеоролошког завода.

Период анализе довољно је дуг за спровођење поуздане анализе и процене и износи 30 година. У раду су коришћене метода анализе, метода синтезе и компаративна метода на више до сада проведених истраживања те на њиховој међусобној компарацији.

3. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА И ДИСКУСИЈА

3.1 Основни подаци о буковим шумама у Србији

Буква (*Fagus* sp.) је род листопадног дрвећа која може да нарасте до 35 m са дебљином дебла и преко 0,9 m прсног промера. У Србији се, према Јовановић, Б. (2000), јављају мезијска буква (*Fagus moesiaca* (Domin, Maly) Czeczott.),

европска буква (*Fagus sylvatica* L.) и источна буква (*Fagus orientalis* Lipsky) (Jovanović, B., Cvjetičanin, R., 2005). На територији Србије доминира посебна врста, балканска односно мезијска буква (*Fagus moesiaca* (Domin, Maly) Czeczott.), која је и најзаступљенија лишћарска врста шумског фонда (Stojanović, Lj. *et al.*, 2005). Од свих врста дрвећа у Србији, буква има најширу висинску амплитуду, најниже се јавља у шумама поред Неготина, на 40 m надморске висине, а највише на Проклетијама, до 2.100 m надморске висине.

Према састојинској припадности, шуме букве су на 660.400,0 ha што представља 29,3% укупно обрасле површине шумом у Србији (Banković, S. *et al.*, 2009), од чега је 57,9% у државном власништву. Запажа се да буква према врстама дрвећа чини 20,6% укупног броја стабала шумског фонда Србије (Banković, S. *et al.*, 2009). Буква гради преко 50 шумских заједница у Србији, имајући у многима улогу едификатора или субедификатора, а у некима и доминантне врсте (Мишић, V., Динић, A., 2004). Цвјетићанин (2003) наводи да је буква у Србији врло распрострањена у хоризонталном и вертикалном распореду и да с обзиром на велику просторну заступљеност, гради чисте и мешовите шумске заједнице почевши од појаса храстова, па све до субалпског појаса вегетације. Мешовите шуме букве, храстова и других лишћара, као и мешовите шуме букве и четинара заузимају површину од 379.302 ha, односно 16,4% обрасле површине (Banković, S. *et al.*, 2009). У односу на порекло у појасу букових шума срећемо високе, природно обновљене састојине на 53,1% површине и изданачке бучеве шуме на 46,9%. Садашња густина израженија је у изданачким састојинама и износи 953 стабла по ha у односу на високе шуме у којима је 530 ком·ha⁻¹. Просечна запремина у високим буковим шумама је изражено већа и износи 269 m³·ha⁻¹, а у изданачким је такође знатна и износи 192 m³·ha⁻¹. Запремински прираст у високим шумама је 5,0 m³·ha⁻¹, а у изданачким је 3,8 m³·ha⁻¹.

У шумама Србије доминира буква која у укупној запремини шумског фонда учествује са 40,5%, а у запреминском прирасту са 30,6%. У буковим шумама Србије очуване састојине заузимају 59,8%, разређене 37,4% и девастиране 2,8% површине ове састојинске категорије. Ова чињеница је документована знатним разликама у густини састојина која износи 1.049 ком·ha⁻¹ у густим и очуваним, у девастираним састојинама до 74 ком·ha⁻¹. Захваљујући повољнијој старосној структури просечна запремина нешто је већа у разређеним састојинама у односу на густе шуме и износи 254 m³·ha⁻¹, а у девастираним састојинама је 153 m³·ha⁻¹. Разлике у вредности запреминског прираста и процента прираста у корист очуваних састојина уносе више светла у квалитативне односе наведених категорија по очуваности. Буква на највећем делу површине изграђује чисте састојине тако да оне покривају 86,3%, док су мешовите шуме релативно скромно заступљене на 13,7% површине (Banković, S. *et al.*, 2009).

Буква припада сциофилним врстама дрвећа и добро подноси засену, за разлику од многих врста дрвећа. Према температури ваздуха буква припада еколошкој групи мезотермних биљака, које најбоље успевају на стаништима са умереним температурама. Према подацима које у монографији: „Буква у

Србији“ дају Крстић, М., Цвјетићанин, Р. (2005), просечна годишња температура ваздуха у појасу букових шума у Србији креће се између 4,2-8,3 °С. Екстремне температуре могу бити штетне и доводе до оштећења или сушења стабала букве. Према средњој годишњој релативној влажности ваздуха мезијска буква има ширу еколошку амплитуду (65-80%), у односу на источну (70-80 %) и европску букву (75-85%).

Главне карактеристике генофонда букве у Србији су висока индивидуална и групна варијабилност бројних морфолошких, генетичких и физиолошких карактеристика (Šijačić Nikolić, M. *et al.*, 2010).

Количина мртвог дрвета у шумама веома је значајан показатељ стања шума и као обновљиви шумски ресурс представља велику количину горивог материјала који може интензивирати настанак и ширење пожара у шуми. Према подацима Инвентуре шума, укупна запремина мртвог дрвета у шумама Србије износи 16.260.414 m³ (Banković, S. *et al.*, 2009). Просечна дубећа запремина сувих стабала износи 4,05 m³ ha⁻¹, а суве лежевине је 3,17 m³ ha⁻¹, односно укупна концентрација мртвог дрвета у нашим шумама је 7,22 m³ ha⁻¹, у централној Србији 7,18 m³ ha⁻¹, а у Војводини 7,75 m³ ha⁻¹, што је знатно изнад потребне норме од 2 до 3 m³ ha⁻¹. Ова количина мртвог дрвета омогућава континуитет и одрживост стабилности станишта (биотопа), посебно за орнитофауну и ентомофауну која насељава наше шуме и чије је станиште понекад ограничено на ситне комаде мртвог дрвета појединих врста.

3.2 Букова шума као горива материја

Параметри горивог материјала утицајни на развој пожара у шуми су: количина горива (kg/m², или t/ha), величина горивих честица (mm, cm), енергетска вредност горива (kJ/kg), температура паљења (°С) и количина минерала, воскова и уља у горивом материјалу. Параметри шумског горивог материјала су променљиве вредности у простору и времену, условљени врстом и старошћу дрвећа као и услова станишта, те је и угроженост од пожара различита у току године. У зависности од врсте шумске вегетације, старости, начина узгоја, намене и др. различити су и степени опасности (Živanović, S. 2010).

Шумска горива се обично разврставају у три основна слоја: слој подземних горива (енгл. ground fuels), слој приземних горива (енгл. surface fuels) и слој горива крошања (енгл. canopy fuels) (Keane, R.E., 2015; Nelson, R.M. Jr., 2001). Количина и стање приземног горива је променљиве вредности у простору и времену, што је посебно важно за настанак и ширење пожара у иницијалној фази горења. Различитост масе сувих органских отпадака букове шуме у зависности од старости шуме је приказана у табели 1 (Bertović, S. *et al.*, 1997). Количина органских отпадака у шуми зависи од количине падавина у одређеној години. Ако је година влажнија, органских отпадака је више и обрнуто, у сушној години органских отпадака је мање. Зависно од старости шумског дрвећа, осетљивост на пожар је већа код млађих стабала са разређеним склопом тако да слој топлог ваздуха, непосредно изнад површине земље, може достићи температуру и до 50 °С.

Табела 1. Маса сувих органских отпадака букове шуме
Table 1. Mass of dry organic waste of beech forest

Врста шуме / Type of forest	Старост шуме (год) / Age of forest (year)	Маса сувих органских отпадака (kg/ha) / Mass of dry organic waste (kg/ha)
Буква / Beech	Мање од 30	-
	30÷60	4104
	60÷90	4106
	90÷130	3988

Сваке године на шумско земљиште падне огромна количина лишћа и осталих надземних делова дрвећа и жбуња што повећава угроженост шума од пожара. На површини од 1 ha у буковој шуми старој 100 година, у просеку, сваке године падне до 3 тоне лишћа.

У односу на тип шумског горивог материјала разликујемо:

- фино мртво гориво (пречник честица ≤ 5 mm);
- средње крупно гориво (пречник честице од 5 mm до 2 cm);
- велико (крупно) мртво гориво (пречник честице већи од 2 cm);
- живо гориво (садржи 50÷300% више воде од мртвог горива те се теже пали и спорије гори).

Стварање погодних услова за појаву пожара је условљено и садржајем влаге у горивој материји. Садржај влаге горива је препознат као један од најкритичнијих фактора који утичу на настанак и ширење пожара (Van Wagner, C.E.1977; Chandler, C. *et al.*, 1983; Andre, J.C.S. *et al.*, 1992; Viegas, D.X. *et al.*, 1998; Agree, J.K. *et al.*, 2002; Pollet, J. 2003; Carlson, J.D., *et al.*, 2003; Chuvieco, E. *et al.*, 2004). На повећање или смањење садржаја влаге у гориву утичу временски услови (Simard, A.J. 1968), као и физиолошке и хемијске карактеристике горива (Rothermel, R.C. 1972; Castro, F.X. *et al.*, 2003; Aguado, I. *et al.*, 2007).

Многе студије (Massari, G. *et al.*, 1998; Dimitrakopoulos, A.P. *et al.*, 2001; Pellizzaro, G. *et al.*, 2007) указују да постоји велика повезаност запаљивости медитеранских врста и садржаја влаге у њима. Сув гориви материјал садржи мање влаге те се, из тог разлога, раније пали и брже сагорева. Дрво са садржајем влаге од преко 30% тешко ће се запалити (Aleksić, L.Ž. *et al.*, 1982). Достизање равнотежног садржаја влаге се најбрже дешава код уситњеног горива, услед чега је ова врста горивог материјала најподложнија паљењу и брзом ширењу пожара. Средње крупно и крупно гориво спорије губи слободну влагу те је и мање пожарно угрожено.

Мртва шумска простирка може апсорбовати више воде од минералних маса које су под њом у земљи и може да задржи велику количину воде, која у облику падавина допре до ње. Количина воде коју шумска простирка може да упије знатно је виша од њене тежине. Простирка букове шуме може примити и до 8 пута више воде од своје тежине. Наиме, 1 m³ буковог лишћа упија 176,7 kg воде. Количина воде у мртој органској простирци битно утиче на запаљивост сваког горивог материјала у шуми. Већа количина воде у мртој шумској простирци смањује запаљивост и ширење ватре горивим материјалом.

Температура паљења дрвета зависи од више фактора. Повећани садржај воде у дрвету захтева извесну латентну топлоту испаравања која је потребна да најпре вода испари из дрвета, а створена водена пара смањује садржај кисеоника непосредно уз површину дрвеног елемента, што повећава температуру паљења. Температура паљења дрвета букве је 275 °C. Паљење дрвета је могуће и на много нижим температурама (нпр. 150 °C) уколико је комад дрвета био дуго изложен топлоти (Aleksić, L.Ž. *et al.*, 1982). Температуре изнад 100 °C, али и много ниже температуре суше дрво.

3.3 Основни подаци о климатским условима у Србији

Клима Србије се може описати као умерено-континентална са мање или више израженим локалним карактеристикама (Ducić, V. *et al.*, 2005). Највећи део територије Републике Србије је са елементима аридне климе (Živanović, S. *et al.*, 2013; Živanović, S., 2017). Западни део Србије има одлике хумидне климе, као и подручја са већом надморском висином. Просечна годишња температура ваздуха за период 1961–1990. за подручја са надморском висином до 300 m износи 10,9 °C. Подручја са надморском висином од 300 до 500 m имају просечну годишњу температуру ваздуха око 10,0 °C, а преко 1.000 m надморске висине око 6,0 °C. Апсолутни максимум температуре у периоду 1961–1990. измерени су у јулу, и крећу се у интервалу од 37,1 до 42,3 °C у нижим пределима, док се у планинским подручјима крећу од 27,6 до 34,0 °C (www.hidmet.gov.rs).

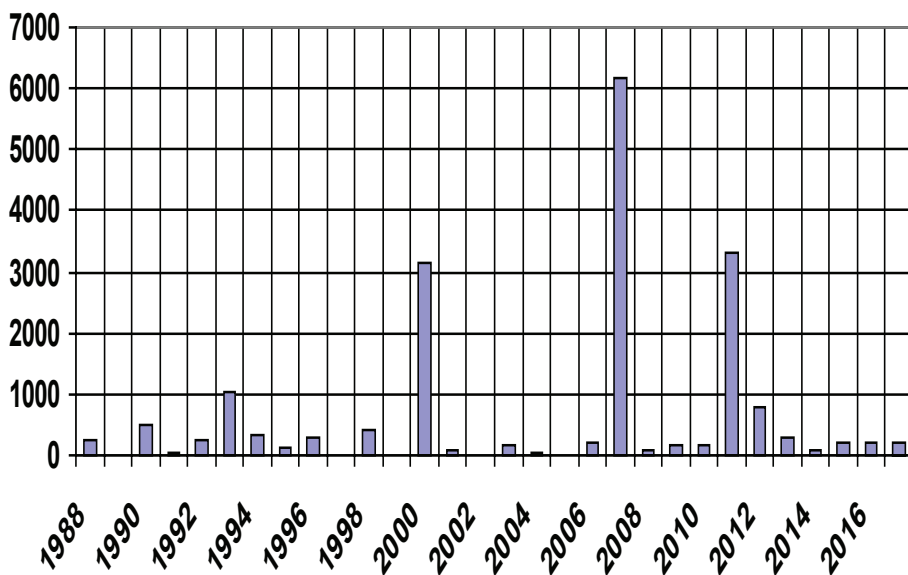
Комбинација климатске и шумске покривености доводи до велике потенцијалне опасности за пожар у јужној и источној Србији, посебно у најтоплијим и сувим месецима године, односно у јулу и августу. Годишње суме падавина у просеку расту са надморском висином. У нижим пределима годишња висина падавина се креће у интервалу од 540 до 820 mm. Подручја са надморском висином преко 1000 m просечно имају 700 до 1000 mm падавина. Неки планински врхови на југозападу Србије имају падавине до 1.500 mm. Већи део Србије има континентални режим падавина, са већим количинама у топлијој половини године, изузев југозападних крајева где се највише падавина измери у јесен. Најкишовитији је јуни, када у просеку падне 12 до 13 % од укупне годишње суме падавина (www.hidmet.gov.rs).

Многе студије (Unkašević, M., Tošić, I. 2009; 2011; Tošić, I., Unkašević, M. 2013; Вајат, В. *et al.*, 2015) указују да су максималне температуре ваздуха у Србији забележене у јулу 2007. године. Рекордна вредност максималне дневне температуре од 44,9 °C је забележена 24. јула 2007. године у Смедеревској Паланци (www.hidmet.gov.rs). Екстремно јак талас топлоте у Србији је регистрован у јулу 2007. године (Tošić, I., Unkašević, M. 2013). У летњем периоду 2007. године је забележен двоструко већи број тропских дана у односу на последњи стандардни климатолошки период. Unkašević, M., Tošić, I. (2015) наводе да су током лета 2012. године забележени најдужи топли таласи и најгора суша од почетка бележења у Србији. Трендови трајања екстремних температурних услова најизраженији су у летњој сезони (Malinović Milićević, S. *et al.*, 2016), када је и повећан ризик од појаве шумских пожара.

Укупна годишња количина падавина за 2014. годину била је највиша за период 1961-2014. на скоро свим станицама у Србији (Zarić, M. 2014; Tošić, I. *et al.*, 2017). Stanojević, G. (2012) запажа да је у Србији на највећем броју метеоролошких станица. током 2000. године, забележена најмања сума падавина за период 1951-2010. година. Количине падавина током 2007. године биле су знатно испод вишегодишњег просека и неравномерно распоређене током године.

3.4 Шумски пожари у буковим шумама

На територији Србије у периоду 1988-2017. године у пожарима опожарено је 18.550 ha букове шуме (webzrs.stat.gov.rs). У буковим шумама у Србији најчешће се јављају приземни пожари, који су захватили 92,4% опожарене површине. Високи пожари, који захватају круне шумског дрвећа, захватају око 7,6% опожарене површине. Године са највећом опожареном површином у буковим шумама су 2000, 2007. и 2011. година (слика 1). На слици 1 запажа се да је најмања опожарена површина букових шума регистрована 2005. године, свега 2 ha. У државним шумама букве приземни пожар је заступљен на 57,1% укупно опожарене површине, док су у приватним шумама присутне на 35,3%. Високи пожар у буковим шумама је заступљен са 4,8% у државним, односно 2,8% у приватним шумама. Вреди запазити да у извештајном периоду 1988-2017. године није било опожарених површина од високих пожара 14 година, а од приземних само једна 2014. год. (табела 2).



Слика 1. Опожарена површина букових шума (ha)
Figure 1. Foul surface of beech forests (ha)

Табела 2. Опожарена површина у буковим шумама (ha)
Table 2. Foul surface in beech forests (ha)
 (http://webrzs.stat.gov.rs/http://webrzs.stat.gov.rs)

Година / Year	Чиста састојина буква / Pure beech stand						
	Државно / State		Приватно / Private		Укупно / Total		
	Приземни / Ground	Висок High	Приземни / Ground	Висок High	Приземни / Ground	Висок High	Укупно / Total
2017.	148	0	52	0	200	0	200
2016.	206	0	17	0	223	0	223
2015.	172	7	32	0	204	7	211
2014.	0	0	0	85	0	85	85
2013.	283	10	3	0	286	10	296
2012.	209	404	172	20	381	424	805
2011.	2745	0	562	0	3307	0	3307
2010.	143	0	3	0	146	0	146
2009.	13	0	168	0	181	0	181
2008.	41	0	9	26	50	26	76
2007.	2002	71	3999	85	6001	156	6157
2006.	201	0	0	0	201	0	201
2005.	2	0	0	0	2	0	2
2004.	14	0	8	1	22	1	23
2003.	83	0	102	0	185	0	185
2002.	-	-	-	-	-	-	-
2001.	48	0	44	0	92	0	92
2000.	2086	8	930	113	3016	121	3137
1999.	10	0	8	0	18	0	18
1998.	329	45	30	0	359	45	404
1997.	7	0	5	0	12	0	12
1996.	266	0	33	0	299	0	299
1995.	4	0	109	0	113	0	113
1994.	252	0	61	0	313	0	313
1993.	850	102	72	0	922	102	1024
1992.	21	242	1	0	22	242	264
1991.	20	0	4	1	24	1	25
1990.	362	8	112	0	474	8	482
1989.	13	1	4	0	17	1	18
1988.	70	0	1	180	71	180	251
Укупно	10600	898	6541	511	17141	1409	18550
Годишњи просек	353,3	29,9	218,0	17,0	571,4	47,0	618,3
%	57,1	4,9	35,3	2,7	92,4	7,6	100

4. ЗАКЉУЧАК

Пожари у буковим шумама све су учесталији и постају значајан фактор нарушавања животне средине у Србији. Постоји потреба за бољим разумевањем утицаја временских услова за очување букових шума од утицаја пожара. Анализом података за период 1988-2017. године, могу се уочити изражене осцилације у величини опожарених површина букових шума у Србији. Временски услови на територији Србије били су доминантни у односу на учесталост појаве пожара и величине опожарених површина. Постоји значајна корелација између временских услова и опасности од пожара. Године са израженим високим температурама ваздуха и смањеним количинама падавина су са највећим опожареним површинама букових шума. Изражено мале површине захваћене пожаром су у годинама са изузетно влажним условима. Забрињавајући је податак величине опожарених површина у државним шумама што указује да досадашњи систем заштите шума од пожара није адекватан, да је недовољно функционалан и не даје резултате. Предузимање одговарајућих мера у управљању шумама може, у извесној мери, да смањи површине захваћене пожаром. Редовно праћење, проучавање и анализа временских услова омогућавају сагледавање угрожености шума од пожара и предузимање мера на сузбијању појаве и ширења пожара у природи.

ЛИТЕРАТУРА

- Agree, J.K., Wrigh, C.S., Williamson, N., Huff, M.H. (2002): Foliar moisture content of Pacific Northwest vegetation and its relation to wildland fire behaviour, *For. Ecol. Manage* 167, (57-66)
- Aguado, I., Chuvieco, E., Boren, R., Nieto, H. (2007): Estimation of dead fuel moisture content from meteorological data in Mediterranean areas. Applications in fire danger assessment. *Int. J. Wild. Fire* 16, (390-397)
- Aleksić L.Ž., Kostić A R.,(1982): *Požari i eksplozije*, Privredna štampa Beograd
- Andre J.C.S., Lopes A.G., Viegas D.X. (1992): *Caderno Cientifico sobre Incendios Florestais*, Grupo de Mecanica dos Fluidos, Universidade de Coimbra.
- Bajat, B., Blagojević, D., Kilibarda, M., Luković, J., Tošić, I. (2015): Spatial analysis of the temperature trends in Serbia during the period 1961–2010. *Theor. Appl. Climatol.* 121, (289-301)
- Banković S., Medarević M., Pantić D., Petrović N. (2009): *Nacionalna inventura šuma Republike Srbije-Šumski fond Republike Srbije*. Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije, Uprava za šume, Beograd.
- Bertović, S., Dimitrov, T., Galović, I., Juršec, V., Kiš, D., Knežević, M., Lovrić, Ž.A., Martinović, J., Velić, I., Velić, J. (1997): *Osnovi zaštite šuma od požara*, Zagreb.
- Carlson, J.D., Burgan, R.E. (2003): Review of users' needs in operational fire danger estimation: The Oklahoma example. *Int. J. Rem. Sens.* 24, (1601-1620)
- Castro, F.X., Tudela, A., Sebastia, M.T. (2003): Modeling moisture content in shrubs to predict fire risk in Catalonia (Spain). *Agricultural and Forest Meteorology* 116, (49-59)
- Chandler, C., Cheney, P., Thomas, P., Trabaud, L., Williams, D., (1983): *Fire in Forestry*, Vol. I, John Wiley & Sons. Inc., Canada.

- Chuvieso, E., Aguado, I., Dimitrakopoulos, A.P. (2004): Conversion of fuel moisture content values to ignition potential for integrated fire danger assessment. *Can. J. For. Res.* 34, (2284-2293).
- Цвјетићанин, Р. (2003): Фитоценозе букве у Србији. Шумарство 1-2. УШИТС; Универзитет у Београду Шумарски факултет, Београд. (стр. 107-112)
- Čurić M., Živanović S. (2013): Dependence between Deficit and Surplus of Precipitation and Forest Fires. *Disaster Advances*, Vol. 6(6), (64–69)
- Dimitrakopoulos A.P., Papaioannou K.K. (2001): Flammability Assessment of Mediterranean Forest Fuels. *Fire Technol.* 37, (143-152)
- Dimitrakopoulos, A.P., Vlahou, M., Anagnostopoulou, C.G., Mitsopoulos, I.D. (2011): Impact of drought on wildland fires in Greece: implications of climatic change? *Climatic Change*, Vol. 109(3), (331–347)
- Ducić, V., Radovanović, M. (2005): *Klima Srbije*. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 212 str. (in Serbian)
- Jovanović, B. (2000): *Dendrologija*, Univerzitetska štampa, Beograd
- Jovanović, B., Cvjetičanin, R. (2005): Taksonomija, morfologija i rasprostranjenost mezijske bukve (*Fagus moesiaca* /Domin, Mally/ Czeczott.) u Srbiji, Monografija „Bukva (*Fagus moesiaca* /Domin, Mally/ Czeczott.) u Srbiji“, Udruženje šumarskih inženjera i tehničara Srbije, Beograd i Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd. (75-82)
- Keane, R.E. (2015): *Wildland fuel fundamentals and applications*. Springer (eBook).
- Krstić, M., Cvjetičanin, R. (2005): Bioekološke karakteristike mezijske bukve (*Fagus moesiaca* /Domin, Maly/ Czeczott.). U: Stojanović Lj. (ur). *Bukva u Srbiji*. Udruženje šumarskih inženjera i tehničara Srbije i Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, (125-138)
- Malinović Miličević, S., Radovanović, M.M., Stanojević, G., Milovanović, B., (2016): Recent changes in Serbian climate extreme indices from 1961 to 2010, *Theoretical and applied climatology*, 124 (3-4), (1089-1098)
- Massari, G., Leopaldi, A. (1998): Leaf flammability in Mediterranean species. *Plant Biosystems* 132, (29-38)
- Mišić, V., Dinić, A. (2004): Ekološka diferencijacija vrsta šumskog drveća u Srbiji. Novi Sad: Matica srpska, 175 str.
- Nelson, R.M. Jr. (2001): Water relations of forest fuels. In: *Forest fires*: (Eds) Johnson E.A., Miyanishi K., (79–149), Academic Press: San Diego.
- Pellizzaro, G., Duce, P., Ventura, A., Zara, P. (2007): Seasonal variations of live moisture content and ignitability in shrubs of the Mediterranean Basin. *Int. J. Wild. Fire* 16, (633-641)
- Piñol, J., Terradas, J., Lloret, F. (1998): Climate Warming, Wildfire Hazard, and Wildfire Occurrence in Coastal Eastern Spain, *Clim. Change* 38, (345–357)
- Pollet J. (2003): *Fuel Moisture Sampling Guide*, Bureau of Land Management Utah State Office.
- Rothermel, R.C. (1972): A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels. USDA, Forest Service, Research Paper INT-115 (Ogden, UT).
- Simard, A.J. (1968): The moisture content of forest fuels – a review of the basic concepts. *Forest Fire Research Institute*, FF-X-14.
- Stanojević, G. (2012): Analiza godišnjih padavinskih suma na prostoru Srbije, *J. Geogr. Inst. Cvijic* 62(2) (1-13)
- Stojanović, Lj., Krstić, M. (2005): Prirodno obnavljanje, podizanje i nega bukovih šuma, Monografija „Bukva (*Fagus moesiaca* /Domin, Mally/ Czeczott.) u Srbiji“, Udruženje šumarskih inženjera i tehničara Srbije, Beograd i Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd (229-257)
- Šijačić Nikolić, M., Orlović, S., Pilipović, A. (2010): Current state of Balkan Beech (*Fagus sylvatica* ssp. *sylvatica*) gene pool in the Republic of Serbia, *Communicationes Instituti Forestalis Bohemicae*, Vol. 25, Forestry and Game Management Research Institute, Strnady, (210-219)

- Tošić, I., Mladjan D., Gavrilov, B.M., Živanović, S., Radaković, G.M., Putniković, S., Petrović, P., Krstić Mistradželović, I., Marković, B.S. (2019): Potential influence of meteorological variables on forest fire risk in Serbia during the period 2000-2017. *Open Geosci.* 11:414-425
- Tošić, I., Unkašević, M., Putniković, S. (2017): Extreme daily precipitation: the case of Serbia in 2014. *Theor. Appl. Climatol.* 128, (785-794)
- Tošić, I., Unkašević, M. (2013): Klimatske promene u Srbiji. Monografija, Beograd, 161 str.
- Unkašević, M., Tošić, I. (2009): An analysis of heat waves in Serbia, *Global Planet Change* 65, (17-26)
- Unkašević, M., Tošić, I. (2015): Seasonal analysis of cold and heat waves in Serbia during the period 1949-2012. *Theor. Appl. Climatol.* 120, (29-40)
- Unkašević, M., Tošić, I. (2011): The maximum temperatures and heat waves in Serbia during the summer of 2007. *Climatic Change* 108, (207-223)
- Van Wagner, C.E. (1977): Conditions for the start and spread of crown fires. *Can. J. For. Res.* 7, (23-34)
- Viegas, D.X., Pinol, J., Viegas, M.T., Ogaya, R., (1998): Moisture content of living forest fuels and their relationship with meteorological indices in the Iberian Peninsula. In: Viegas, D.X. (ed.): *Proceedings of III International Conference On Forest Fire Research/14th Conference On Fire And Forest Meteorology.* ADAI, University of Coimbra, Vol. I, (1029-1046)
- Zarić, M. (2014): Meteorological analysis of weather situation that caused heavy rainfall in May of 2014 (In Serbian). <http://ak-vaja.org.rs/upload/Srbija-MAJ-2014.pdf>
- Živanović, S. (2010): Risk factors for forest fires, *Bezbednost*, Beograd, vol 52(2), (179-190)
- Živanović S. (2012): Analiza promene klimatskih elemenata u cilju predikcije šumskih požara, *Topola*, 189-190, (163-170)
- Živanović, S., Zigar, D., Zdravković, M. (2013): Meteorological monitoring for wildfire protection, *Ecologica* 20 (69), (63-66)
- Živanović, S. (2017): Impact of drought in Serbia on fire vulnerability of forests. *Int. J. Bioautomation* 21 (2), (217-226)
- Živanović, S., Gocić, J.M., Vukin, M., Babić, V. (2018): The importance of the knowledge of the effects of moisture conditions on the frequency and intensity of forest fires. *Forestry, University of Belgrade-Faculty of Forestry, LXX* (3-4), (127-136)
- (2011): Правилник о националној листи индикатора заштите животне средине. Службени гласник РС, бр. 37, 2011.
- <http://www.hidmet.gov.rs/>, 20.11.2018.
- <http://webrzs.stat.gov.rs>, 25.12.2018.

VULNERABILITY OF BEECH FOREST IN SERBIA FROM FOREST FIRES

*Stanimir Živanović
Ivana Tošić*

Summary

Beech (*Fagus*) is the most represented hardwood species of forest fund in the territory of Serbia. Understanding the vulnerability of beech forests is essential in managing the risk of forest fire. Although valuable efforts have been made to prevent forest fires, forest vulnerability to fire is increasing. The aim of the research and the tasks of the paper were to determine the impact of climate conditions on the distribution of fires in beech forests. In this study, the variability of the number of forest fires and the size of the burned area in beech forests was investigated depending on the influence of climatic factors. The results obtained are presented in tables, charts and analyzes. Analyzing the data for the period 1988-2017, it can be seen that the oscillations in the size of the burnt areas of beech forests are changing, which change in accordance with the weather conditions in that period. The largest burnt areas of beech forests in 2007 were about 6100 ha and in 2011 about 3300 ha, which is correlated with high air temperatures and lack of precipitation. Extremely small areas affected by fire are in years with extremely humid conditions. Investigation of the size of the burned area in beech forests revealed the following: - Ground fire is accounted for by 92.4% and high fire by 7.6% of the total number of fires; - State-owned beech forests are more endangered than privately owned forests.