

ПАЦИФИЧКА ДЕКАДНА ОСЦИЛАЦИЈА И ШУМСКИ ПОЖАРИ У САД У ПЕРИОДУ ОД 1983. ДО 2015. ГОДИНЕ

МИЛАН МИЛЕНКОВИЋ¹
ВЛАДАН ДУЦИЋ²
ВИОЛЕТА БАБИЋ³

Извод: У раду је истражена веза између Пацифичке декадне осцилације (*PDO*) и шумских пожара у САД. Коришћене су месечне, сезонске и годишње вредности *PDO*, као и годишњи подаци о шумским пожарима (број, опожарена површина и просечна опожарена површина по једном пожару). Примењен је Пирсонов коефицијент корелације (*R*), а статистички значајне везе (антифазне) утврђене су за опожарену површину. Највиша вредност *R* добијена је за *PDO* мај (-0,368), а на сезонском нивоу за пролеће (-0,349) и лето (-0,346) - све сигнификантно на $p=0,05$. Код померања у фази (вредности *PDO* из претходне године) само је за један месец (септембар) забележена статистички значајна веза. На основу добијених резултата закључено је да *PDO* показује знатно слабији утицај на годишњу опожарену површину у САД у поређењу са Атлантском вишедеценијском осцилацијом (*AMO*). Такође, закључено је да *PDO* делује на шумске пожаре у комбинацији са другим телеконекцијама, као и да тај утицај значајно варира у зависности од географске области.

Кључне речи: *PDO*, *AMO*, телеконекције, шумски пожари, опожарена површина, САД

THE PACIFIC DECADEAL OSCILLATION AND FOREST FIRES IN THE USA IN THE PERIOD 1983-2015

Abstract: The paper studies the relationship between the Pacific Decadal Oscillation (*PDO*) and forest fires in the United States. It is based on monthly, seasonal and annual values of *PDO* and on annual data on forest fires (number of fires, burnt area, and the average burnt area per fire). The Pearson correlation coefficient (*R*) was applied and it produced statistically significant antiphase correlations for the burnt area. The highest *R* value was obtained for *PDO* May (-0.368), and at the seasonal level for spring (-0.349) and summer (-0.346) – at a level of significance of $p=0.05$. When the phase shift occurs (*PDO* values from the previous year), only one month (September) records a statistically significant relationship. Based on the obtained results, it can be concluded that *PDO* has a much weaker impact on the annual burnt area in the USA than the *Atlantic* multidecadal *oscillation* (*AMO*). It can be further concluded that *PDO* affects forest fires in a combination with other teleconnection patterns, and this impact varies significantly with the geographical location.

Keywords: *PDO*, *AMO*, teleconnection patterns, forest fires, burnt area, the USA

-
- 1 др Милан Миленковић, научни сарадник, Географски институт „Јован Цвијић“ САНУ, Београд
 - 2 др Владан Дуцић, ред. проф., Универзитет у Београду, Географски факултет, Београд
 - 3 др Виолета Бадић, доцент, Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Београд

1. УВОД

Телеконекије су утицаји хиљадама километара удаљених климатских догађаја на климу неког региона. Преко климе оне посредно утичу и на шумске пожаре. За поједине делове САД урађене су анализе везе између телеконекија и пожара, при чему је у многим случајевима коришћена Пацифичка декадна осцилација – *Pacific Decadal Oscillation (PDO)*. Овај образац варијабилности климе на Пацифику одликује се смењивањем фаза најмање на међудеценијском нивоу, а обично на око 20 до 30 година. Током топле (позитивне) фазе западни део Пацифика се хлади, а источни загрева. Током хладне (негативне) фазе дешава се супротно (Mantua, N.J. *et al.*, 1997). *PDO* индекс је водећа емпиријска ортогонална функција (*EOF*) месечних аномалија температуре површине мора (*SSTA*) Пацифика северно од 20°N (Deser, C., *et al.*, 2010). Norman, S.P., Taylor, A.H. (2003) утврдили су да на пожаре у шумама пондероза бора (*Pinus ponderosa* Douglas ex. C. Lawson) и Џефријевог бора (*Pinus jeffreyi* Balf.) у јужном делу Каскадских планина (североисточна Калифорнија) делују *PDO* и Ел Нињо јужна осцилација (*El Niño Southern Oscillation - ENSO*). Аутори су закључили да варијације на Пацифику представљају кључни регулатор пожарних режима у североисточној Калифорнији. Schoennagel, T. *et al.* (2005) утврдили су да се комбинације топлих, или хладних фаза *ENSO* и *PDO* могу довести у везу са повећањем броја сушом узрокованих пожара у Стеновитим планинама. Sibold, J.S., Veblen, T.T. (2006) истичу значај комбинације фаза Ла Ниња (*La Niña*) – негативна (хладна) фаза *PDO* – позитивна (топла) фаза Атлантске вишедеценијске осцилације (*Atlantic Multidecadal Oscillation - AMO*) за појаву екстремне суше и пожара у планинама Колорада (*Colorado Front Range*) на западу САД. Duffy, P.A. *et al.* (2005) сматрају да *PDO* и индекси телеконекије Источног Пацифика могу да се користе за процену опожарене површине у наредној сезони за подручје Аљаске. Taylor, A.H., Beaty, R.M. (2005) утврдили су везу између шумских пожара у мешовитим шумама Џефријевог бора и дугоигличаве јеле (*Abies concolor* Gordon & Glend.) у северном делу Сијера Невада и *PDO*. Dixon, P.G. *et al.* (2008) наводе да постоји значајна корелација између вредности *ENSO*, *PDO*, Северноатлантске осцилације (*North Atlantic Oscillation - NAO*) и Пацифичко-северноамерички индекс (*Pacific-North American - PNA*) и пожарних варијабли за државу Мисисипи. Аутори сматрају да би степен ризика од пожара у југоисточном делу САД могао да се одређује на бази комбинације наведених телеконекија. Macías Fauria, M., Johnson, E.A. (2008) довели су у везу пожаре у бореалним шумама Северне Америке и *PDO*, *ENSO* и Арктичку осцилацију (*Arctic Oscillation - AO*), али истичу и могућност да је све узроковано глобалним загревањем. Morgan, P. *et al.* (2008) утврдили су да су се шумски пожари у северном делу Стеновитих планина у САД у прошлости јављали истовремено са позитивним вредностима *PDO*, што су објаснили смањењем количине снежних падавина. С друге стране, резултати до којих су дошли Taylor, A.H., Scholl, A.E. (2012) за мешовите четинарске шуме у Националном парку Јосемити (*Yosemite National Park*) и Rothen, M.T., Grissino-Mayer, H.D. (2014) за шуме пондероза бора на планини Зуни (Нови Мексико) указују на слаб или никакав утицај *PDO* на пожаре.

Наведена истраживања односе се само на поједине делове САД, а циљ овог рада био је да се утврди утицај *PDO* на шумске пожаре на целокупној територији САД. Подаци о пожарима обухватили су број и опожарену површину, као и просечну опожарену површину по једном пожару. Резултати истраживања могли би наћи примену у дугорочнијој прогнози пожарне опасности у САД.

2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ

У раду су коришћене месечне, сезонске и годишње вредности *PDO* индекса.

Извор података: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/correlation/pdo.data>

Коришћени су и подаци о шумским пожарима у САД:

- укупан годишњи број пожара (N);
- укупна годишња опожарена површина (P);
- просечна опожарена површина по једном пожару (P/N).

Извор података: https://www.nifc.gov/fireInfo/fireInfo_stats_totalFires.html

Наведени извор садржи податке за период 1960-2015. година, али и напомену да податке пре 1983. не би требало поредити са остатком низа. Као разлог наводи се да за период пре 1983. нису познати или потврђени извори података. Прикупљање података о пожарима у САД врши се на основу извештаја (*Situation Reports*), који се примењују тек неколико деценија. Обједињавање ових података на нивоу целокупне државе врши Национални међуагенцијски пожарни центар (*National Interagency Fire Center – NIFC*), који је смештен у Бојсију (*Boise*) у Ајдаху. Због проблема при сакупљању и обједињавању података за тако велику територију, долази и до извесних непрецизности. На пример, за Северну Каролину за 2004. годину недостају подаци који се односе на земљиште у власништву државе. Пошто се у овом случају ради о једној савезној држави, може се сматрати да су расположиви подаци довољно прецизни за потребе истраживања.

Важно је напоменути да се база података односи на пожаре који се у Северној Америци обично називају *wildfires* или *wildland fires*. У САД се користи дефиниција према којој су *wildfires* непланирани и непожељни пожари у дивљини, укључујући и пожаре за које није потврђено да је узрочник човек, пожаре у дивљини који су измакли контроли, планиране пожаре који су се отели контроли, као и све друге пожаре у дивљини. У категорију великих пожара (*large fires*) сврставају се пожари који захвате више од 100 акри (40,47 ha) шума или преко 300 акри (121,41 ha) зељасте вегетације (<http://www.nwccg.gov/pms/pubs/glossary/>).

Према томе, подаци се односе на пожаре различитих типова вегетације, али је у овом раду коришћен уобичајен термин „шумски пожари“.

За израчунавање корелације коришћен је Пирсонов (*Pearson*) коефицијент корелације (R), а статистичка значајност испитивана је на 95% и 99%. У прорачунима су коришћене месечне, сезонске и годишње вредности *PDO*, а вршено је и померање у фази од једне године (коришћене су вредности из претходне године). Код прорачуна за исту годину није рађено за период сеп-

тембар-децембар пошто је главна пожарна сезона у САД током лета.

Статистичка сигнификантност линеарног тренда је одређивана на основу броја елемената низа ($n-2$) и коефицијента детерминације (R^2 , приложен на графиконима). Коришћен је t тест по формули:

$$t = R \sqrt{\frac{n-2}{1-R^2}}$$

где је R^2 коефицијент детерминације, n – дужина низа.

3. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

У САД је у периоду 1983-2015. године забележен тренд пораста годишњег броја шумских пожара (слика 1). На основу табеле одређено је да овај тренд није статистички значајан.



Слика 1. Годишњи број пожара у САД (1983-2015)

(на основу података https://www.nifc.gov/fireInfo/fireInfo_stats_totalFires.html)

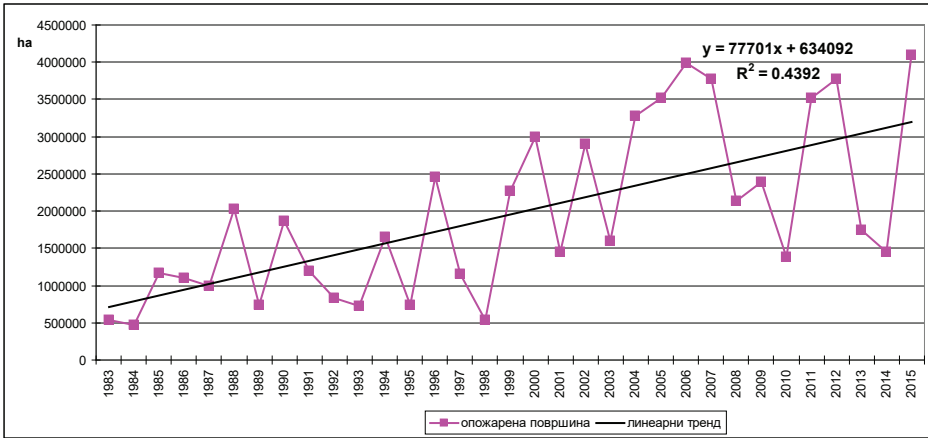
Figure 1 Annual number of fires in the United States (1983-2015)

(Based on data https://www.nifc.gov/fireInfo/fireInfo_stats_totalFires.html)

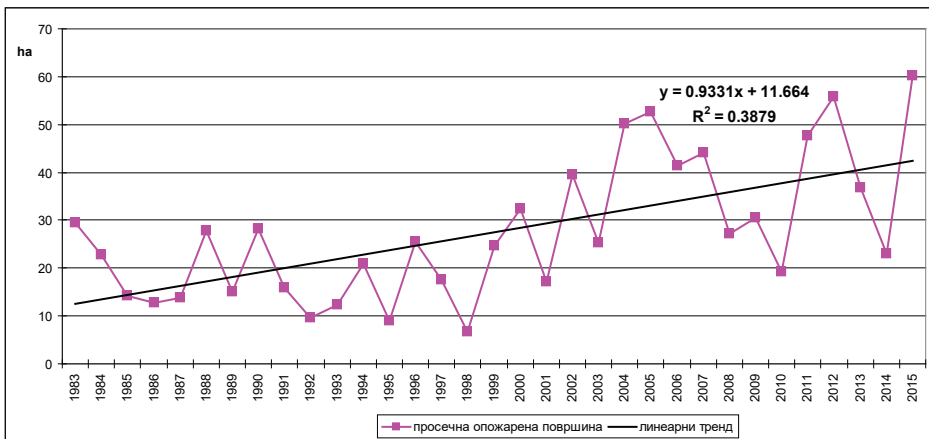
У истом периоду забележен је и тренд интензивног пораста укупне годишње опожарене површине (слика 2). На основу табеле одређено је да је овај тренд статистички значајан на $p=0,005$.

У складу са претходно приказаним подацима и просечна опожарена површина по једном пожару бележи тренд пораста у периоду 1983-2015. година (слика 3). На основу табеле одређено је да је овај тренд статистички значајан на $p=0,005$.

У истраживањима корелације између годишњег броја пожара, као и просечне опожарене површине по једном пожару у САД и PDO нису добијене статистички значајне вредности R . Резултати истраживања корелације између годишње опожарене површине (P) у САД и PDO приказани су у табели 1.



Слика 2. Годишња опожарена површина у САД (1983-2015)(на основу података https://www.nifc.gov/fireInfo/fireInfo_stats_totalFires.html)
Figure 2 Annual burnt area in the United States (1983-2015)
 (based on data https://www.nifc.gov/fireInfo/fireInfo_stats_totalFires.html)



Слика 3. Просечна опожарена површина по једном пожару у САД (1983-2015)
 (на основу података https://www.nifc.gov/fireInfo/fireInfo_stats_totalFires.html)
Figure 3 Average burnt surface area per fire in the United States (1983-2015)
 (Based on data https://www.nifc.gov/fireInfo/fireInfo_stats_totalFires.html)

Готово све вредности R имају негативан знак (корелација је антифазна). Изузетак представљају само оне добијене за зиму претходне године. Такође, може се уочити да нису забележене вредности R сигнификантне на $p=0,01$, већ само на $0,05$. Посматрано на месечном нивоу, највиша вредност R добијена је за мај ($-0,368$), док су на сезонском нивоу приближно изједначене вредности за пролеће ($-0,349$) и лето ($-0,346$). Код померања у фази само је за један месец (септембар) забележена вредност сигнификантна на $p=0,05$.

Табела 1. Пирсонов коефицијент корелације (*R*): годишња опожарена површина у САД (*P*) и *PDO* (1983-2015)

Table 1 Pearson correlation coefficient (*R*): annual burnt area in the United States (*P*) and *PDO* (1983-2015)

		<i>PDO</i> – месечне вредности											
		јан	феб	мар	апр	мај	јун	јул	авг	сеп	окт	нов	дец
<i>P</i>		-0,117	-0,189	-0,332	-0,288	-0,368	-0,254	-0,362	-0,350	-	-	-	-
		<i>PDO</i> – сезонске и годишње вредности											
		зима			пролеће			лето		јесен		год.	
<i>P</i>		-0,155			-0,349			-0,346		-		-0,367	
		<i>PDO</i> – месечне вредности (померање у фази – 1 година)											
		јан	феб	мар	апр	мај	јун	јул	авг	сеп	окт	нов	дец
<i>P</i>		0,079	0,046	-0,050	-0,060	-0,048	-0,155	-0,339	-0,298	-0,346	-0,311	-0,303	-0,146
		<i>PDO</i> – сезонске и годишње вредности (померање у фази – 1 година)											
		зима			пролеће			лето		јесен		год.	
<i>P</i>		0,021			-0,055			-0,289		-0,343		-0,218	

italic – сингификантно на $p=0,05$

На основу приказаних резултата јасно је да *PDO* има слабији утицај на шумске пожаре у САД у поређењу са *АМО*. Миленковић, М., Баровић, Г. (2015) су истраживали везу између опожарене површине у САД и вредности *АМО* и утврдили да *R* за зиму износи 0,61 (сингификантно на 0,01). Код померања у фази (*АМО* из претходне године) добијене су и више вредности *R*, посебно за лето и јесен. Међутим, аутори су користили податке за период 1983-2013. година, што је за две године краћи низ у односу на ова истраживања. Због тачности урађени су и прорачуни везе са *АМО* за период 1983-2015. година (табела 2).

Табела 2. Пирсонов коефицијент корелације (*R*): годишња опожарена површина у САД (*P*) и *АМО* (1983-2015)

Table 2 Pearson's correlation coefficient (*R*): annual burnt area in the United States (*P*) and *АМО* (1983-2015)

		<i>АМО</i> – месечне вредности											
		јан	феб	мар	апр	мај	јун	јул	авг	сеп	окт	нов	дец
<i>P</i>		0,600	0,477	0,299	0,364	0,338	0,262	0,323	0,398	-	-	-	-
		<i>АМО</i> – сезонске и годишње вредности											
		зима			пролеће			лето		јесен		год.	
<i>P</i>		0,589			0,347			0,340		-		0,452	
		<i>АМО</i> – месечне вредности (померање у фази – 1 година)											
		јан	феб	мар	апр	мај	јун	јул	авг	сеп	окт	нов	дец
<i>P</i>		0,587	0,561	0,504	0,560	0,632	0,682	0,686	0,771	0,745	0,675	0,638	0,637
		<i>АМО</i> – сезонске и годишње вредности (померање у фази – 1 година)											
		зима			пролеће			лето		јесен		год.	
<i>P</i>		0,595			0,589			0,734		0,706		0,725	

italic – сингификантно на $p=0,05$; **bold + italic** – сингификантно на $p=0,05$

Вредности R приказане у табели 2 нешто су ниже од оних за период 1983-2013. година, што указује на варијабилност корелације. Такође, јасно је да би за прецизније утврђивање статистичке везе била неопходна истраживања са дужим низовима података. Међутим, прецизни подаци о пожарима у САД бележе се тек од 1983. године.

На основу добијених резултата, као и прегледа литературе (Schoennagel, T. *et al.*, 2005; Duffy, P.A. *et al.*, 2005; Sibold, J.S., Veblen, T.T., 2006; Gill, L., Taylor, A.H., 2009; Crimmins, M.A., 2011; Margolis, E.Q., Swetnam, T.W., 2013), јасно је да PDO делује у комбинацији са другим телеконекијама. Такође, може се извести закључак да PDO показује знатно слабији утицај на укупну опожарену површину у САД у односу на AMO . У складу са тим, Schoennagel, T. *et al.* (2007) истичу да позитивна фаза AMO доноси вишу фреквенцију пожара у шумама на већим надморским висинама на западу САД. Ипак, требало би имати у виду да утицај телеконекија значајно варира у зависности од региона САД.

Резултати ових истраживања требало би да послуже као основа за дугорочнију прогнозу шумских пожара, пре свега када се ради о укупној опожареној површини. Интересантно је поменути да су у Европи истраживања везе између климе и пожара најчешће усмерена на температуру, падавине и сезонску динамику пожара (Pereira, M.G. *et al.*, 2005; Giannakopoulos, C., *et al.*, 2009; Живановић, С., *et al.*, 2012; Koutsias, N. *et al.*, 2013; Sarris, D. *et al.*, 2014; Живановић, С., Радаковић, Н., 2014; Cardil, A. *et al.*, 2015; Живановић, С., 2015), док је веза са телеконекијама релативно слабо позната.

За краткорочне прогнозе опасности од шумских пожара израђени су модели који користе параметре Сунчевог ветра (Radovanović, M. *et al.*, 2013; Radovanović, M.M. *et al.*, 2014a; Radovanović, M.M. *et al.*, 2015). Ови модели потврђују хелиоцентричну хипотезу према којој шумски пожари настају дејством високоенергетских честица Сунчевог ветра које продиру кроз магнетну одбрану Земље и након отварања струјног поља доспевају до вегетационог покривача. Ову хипотезу су својим истраживањима потврдили и Gomes, J.F.P., Radovanovic, M. (2008), Радовановић, М., Gomes, J.F.P. (2008), Radovanović, M. (2010), Milenković, M. *et al.* (2011) и Radovanović, M.M. *et al.* (2014b).

4. ЗАКЉУЧЦИ

У истраживањима корелације између PDO и годишњих података о шумским пожарима у САД статистички значајне вредности R добијене су за опожарену површину. На месечном нивоу, највиша вредност добијена је за PDO мај (-0,368), док су на сезонском приближно изједначене вредности R за пролеће (-0,349) и лето (-0,346). Наведене вредности сигнификантне су на $p=0,05$, док је корелација антифазна. У поређењу са AMO , PDO показује знатно слабији утицај на годишњу опожарену површину у САД. Ипак, требало би имати у виду да се овај утицај разликује у зависности од региона, као и да PDO делује у комбинацији са другим телеконекијама. Резултати ових истраживања требало би да нађу примену у дугорочнијој прогнози

шумских пожара у САД, а сличан приступ могао би да се примени и у другим географским областима.

***Напомена:** Рад је резултат пројекта број 47007 III који финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.*

ЛИТЕРАТУРА

- Cardil, A., Eastaugh, C.S., Molina, D.M. (2015): Extreme temperature conditions and wildland fires in Spain. *Theoretical and Applied Climatology*, 122(1-2), 219-228.
- Crimmins, M.A. (2011): Interannual to decadal changes in extreme fire weather event frequencies across the southwestern United States. *International Journal of Climatology*, 31(11), 1573-1583.
- Deser, C., Alexander, M.A., Shang-Ping, X., Phillips, A.S. (2010): Sea surface temperature variability: Patterns and mechanisms. *Annual Review of Marine Science*, 2, 115-143.
- Dixon, P.G., Goodrich, G.B., Cooke, W.H. (2008): Using teleconnection to predict wildfires in Mississippi. *Monthly Weather Review*, 136(7), 2804-2811.
- Duffy, P.A., Walsh, J.E., Graham, J.M., Mann, D.H., Rupp, T.S. (2005): Impacts of large-scale atmospheric-ocean variability on Alaskan fire season severity. *Ecological Applications*, 15(4), 1317-1330.
- Giannakopoulos, C., Le Sager, P., Bindi, M., Moriondo, M., Kostopoulou, E., Goodess, C.M. (2009): Climatic changes and associated impacts in the Mediterranean resulting from a 2°C global warming. *Global and Planetary Change*, 68(3), 209-224.
- Gill, L., Taylor, A.H. (2009): Top-down and bottom-up controls on fire regimes along an elevational gradient on the east slope of the Sierra Nevada, California, USA. *Fire Ecology*, 5(3), 57-75.
- Gomes, J.F.P., Radovanović, M. (2008). Solar activity as a possible cause of large forest fires – A case study: Analysis of the Portuguese forest fires. *Science of the Total Environment*, 394(1), 197-205.
- Koutsias, N., Xanthopoulos, G., Founda, D., Xystrakis, F., Nioti, F., Pleniou, M., Mallinis, G., Arianoutsou, M. (2013): On the relationships between forest fires and weather conditions in Greece from long-term national observations (1894-2010). *International Journal of Wildland Fire*, 22(4), 493-507.
- Macias Fauria, M., Johnson, E.A. (2008). Climate and wildfires in the North American boreal forest. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1501), 2317-2329.
- Mantua, N.J., Hare, S.R., Zhang, Y., Wallace, J.M., Francis, R.C. (1997): A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78(6), 1069-1079.
- Margolis, E.Q., Swetnam, T.W. (2013): Historical fire-climate relationships of upper elevation fire regimes in the south-western United States. *International Journal of Wildland Fire*, 22(5), 588-598.
- Milenković, M.; Radovanović, M.; Ducić, V. (2011): The Impact of Solar Activity on the Greatest Forest Fires in Deliblatska peščara (Serbia). *Forum Geografic*, 10(1), 107-116.
- Миленковић, М., Баровић, Г. (2015): Атлантска вишедеценијска осцилација (АМО) и пожари вегетације у Сједињеним Америчким Државама. Зборник радова, књига 1, 4. Српски конгрес географа, Копаоник, 7-9. октобар 2015., 137-142.

- Morgan, P., Heyerdahl, E.K., Gibson, C.E. (2008): Multi-season climate synchronized forest fires throughout the 20th century, northern Rockies, USA. *Ecology*, 89(3), 717-728.
- Norman, S.P., Taylor, A.H. (2003): Tropical and north Pacific teleconnections influence fire regimes in pine-dominated forests of north-eastern California, USA. *Journal of Biogeography*, 30(7), 1081-1092.
- Pereira, M.G., Trigo, R.M., Da Camara, C.C., Pereira, J.M.C., Leite, S.M. (2005): Synoptic patterns associated with large summer forest fires in Portugal. *Agricultural and Forest Meteorology*, 129(1-2), 11-25.
- Радовановић, М., Gomes, J.F.P. (2008): Сунчева активност и шумски пожари. Београд: Географски институт „Јован Цвијић“ САНУ.
- Radovanović, M. (2010): Forest fires in Europe from July 22-25, 2009. *Archives of Biological Sciences*, 62(2), 419-424.
- Radovanović, M., Vyklyuk, Y., Jovanović, A., Vuković, D., Milenković, M., Stevančević, M., Matsiuk, N. (2013): Examination of the correlations between forest fires and solar activity using Hurst index. *Journal of the Geographical Institute Jovan Cvijic SASA*, 63(3), 2013, 23-32.
- Radovanović, M.M., Vyklyk, Y., Malinović-Milićević, B.S., Jakovljević, M.D., Pecelj, R.M. (2014a): Modelling of forest fires time evolution in the USA on the basis of long term variations and dynamics of the temperature of the solar wind protons. *Thermal Science, OnLine-First* (00):150-150 DOI:10.2298/TSCI141103150R.
- Radovanović, M.M., Pavlović, T.M., Stanojević, G.B., Milanović, M.M., Pavlović, M.A., Radivojević, A.R. (2014b): The influence of solar activities on occurrence of the forest fires in south Europe. *Thermal Science, OnLine-First* (00):36-36, DOI:10.2298/TSCI130930036R.
- Radovanović, M.M., Vyklyuk, Y., Milenković, M., Vuković, D.B., Matsiuk, N. (2015): Application of adaptive neuro-fuzzy interference system models for prediction of forest fires in the usa on the basis of solar activity. *Thermal Science*, 19(5), 1649-1661.
- Rother, M.T., Grissino-Mayer, H.D. (2014): Climatic influences on fire regimes in ponderosa pine forests of the Zuni Mountains, NM, USA. *Forest Ecology and Management*, 322, 69-77.
- Sarris, D., Christopoulou, A., Angelonidi, E., Koutsias, N., Fulé, P.Z., Arianoutsou, M. (2014): Increasing extremes of heat and drought associated with recent severe wildfires in southern Greece. *Regional Environmental Change*, 14(3), 1257-1268.
- Schoennagel, T., Veblen, T.T., Romme, W.H., Sibold, J.S., Cook, E.R. (2005): ENSO and PDO Variability Affect Drought-Induced Fire Occurrence in Rocky Mountain Subalpine Forests. *Ecological Applications*, 15(6), 2000-2014.
- Schoennagel, T., Veblen, T.T., Kulakowski, D., Holz, A. (2007): Multidecadal climate variability and climate interactions affect subalpine fire occurrence, western Colorado (USA). *Ecology*, 88, 2891-2902.
- Sibold, J.S., Veblen, T.T. (2006): Relationships of subalpine forest fires in the Colorado Front Range with interannual and multidecadal-scale climatic variation. *Journal of Biogeography*, 33(5), 833-842.
- Taylor, A.H., Beaty, R.M. (2005): Climatic influence on fire regimes in the northern Sierra Nevada mountains, Lake Tahoe Basin, Nevada, USA. *Journal of Biogeography*, 32(3), 425-438.
- Taylor, A.H., Scholl, A.E. (2012): Climatic and human influences on fire regimes in mixed conifer forests in Yosemite National Park, USA. *Forest Ecology and Management*, 267, 144-156.
- Живановић, С., Ђорђевић, Г., Радаковић, Н. (2012): Утицај климатских елемената на ризик шума од пожара на подручју НП „Ђердап“. *Шумарство*, 3-4, 175-184.
- Живановић, С., Радаковић, Н. (2014): Утицај туризма у природи на процену опасности од шумских пожара. *Шумарство*, 1-2, 193-198.
- Живановић, С. (2015): Методологија идентификације периода ризика шума од пожара. *Шумарство*, 1-2, 175-184.

<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/correlation/pdo.data>
https://www.nifc.gov/fireInfo/fireInfo_stats_totalFires.html
<http://www.nwcg.gov/pms/pubs/glossary/>

THE PACIFIC DECADEAL OSCILLATION AND FOREST FIRES IN THE USA IN THE PERIOD 1983-2015

Milan Milenković
Vladan Ducić
Violeta Babić

Summary

Teleconnection patterns have indirect effects on forest fires. The relationship between teleconnection patterns and fires was studied for some parts of the United States, mostly using *Pacific Decadal Oscillation (PDO)*. The aim of the study was to determine the effects of *PDO* on forest fires in the whole territory of the United States. The study used monthly, seasonal and annual *PDO* values, as well as data on forest fires in the United States: the annual number of fires (N), the total annual burnt area (P) and the average burnt area per fire (P/N). The research covered the period from 1983 to 2015. The Pearson correlation coefficient (R) was used to determine correlations. The study used the data from one year and the shift in the phase of 1 year (using the previous year values). The same year estimates didn't include the September-December period because the main fire season is in summer. The statistical significance was tested at 95% and 99% levels.

Over the period 1983-2015, the United States recorded increases in: the annual number of forest fires, the total annual burnt area and the average burnt surface area per fire. The study of the correlation between the *PDO* and the annual number of fires or the average burnt area per fire in the United States didn't produce statistically significant values of R . Regarding the annual burnt area, R values were negative (antiphase correlation), but not significant at $p=0.01$. Observing by months, the highest R value was obtained for May (-0.368), while the seasonal results had approximately the same values for spring (-0.349) and summer (-0.346) - all significant at $p=0.05$. When the *PDO* switched phase, only one month (September) had a significant value at $p=0.05$. Based on these results it can be concluded that *PDO* has a much weaker impact on forest fires in the USA than the *Atlantic multidecadal oscillation (AMO)*. The *AMO* had statistically significant values ($p=0.01$) for January and February, and for winter. With the shift in the phase, all the R values were statistically significant at $p=0.01$. It can be further concluded that *PDO* affects forest fires in a combination with other teleconnection patterns, and this impact varies significantly with the geographical location. The study results should be used in long-term prognosis of forest fires in the United States, and a similar approach can be applied in other geographic areas.