

PROSTORNA I VREMENSKA DISTRIBUCIJA POŽARA NA TERITORIJI OPŠTINE ALEKSINAC

Autor: MILAN MILETIĆ, Jovana Vuletić

e-mail: milanmiletic181@gmail.com

Mentor: vanredni prof. Mrđan Đokić

Departman za geografiju i turizam

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Nišu

Uvod: Požari na otvorenom prostoru predstavljaju veliki ekološki problem i najčešće nastaju kao posledica ljudskog nemara. Često su ograničenog obima i intenziteta, ali se mogu proširiti prouzrokujući ozbiljne posledice po prirodne ekosisteme i ugroziti živote ljudi i životinja. Opština Aleksinac se suočava sa sličnim izazovima, jer se na njenoj teritoriji često registruju požari na otvorenom prostoru.

Cilj: Namjera istraživanja je bila analiza prostorne i vremenske distribucije požara na otvorenom prostoru, kao i uočavanje obrazaca njihovog javljanja i prostornog grupisanja.

Materijal i metode: Podaci o požarima zabeleženi MODIS senzorima preuzeti su sa NASA-ine FIRMS platforme. Podskupovi istorijskih lokacija požara, registrovani u periodu od 1. januara 2001. do 9. jula 2025. godine, preuzeti su u formatu vektorskih fajlova. Prostorna i vremenska analiza sprovedene su u softverima QGIS i PAST.

Rezultati: Najveći broj registrovanih požara u jednoj godini zabeležen je 2007. godine, kada je ukupno registrovan 31 požar. Veliki broj požara je bio posledica male količine padavina i visokih temperatura vazduha. U periodima kada su srednje mesečne temperature vazduha bile niže, a mesečna količina padavina iznad višegodišnjeg proseka, broj požara je bio značajno manji. Prostornom analizom izdvojeno je 10 klastera, od kojih je pet locirano u dolini Južne Morave. Najveći broj požara registrovano je u Klasteru 4, koji je obuhvatao oblasti zapadno i severozapadno od Aleksinca, i koji se prostorno podudarao sa najintenzivnijom vrućom tačkom pojave požara.

Zaključak: Meteorološki uslovi imaju ključnu ulogu u nastanku i širenju požara na teritoriji opštine Aleksinac, dok su česti požari u oktobru i martu posledica povećane poljoprivredne aktivnosti. Nenavodnjavana obradiva zemljišta imaju najveći rizik od nastanka požara na otvorenom prostoru.

Ključne reči: MODIS, požari, prostorna analiza, vremenska analiza, vruće tačke.

UVOD

Požari na otvorenom prostoru predstavljaju kompleksan ekološki problem i najčešće nastaju kao posledica namernog spaljivanja poljoprivrednih ostataka, žbunaste vegetacije i invazivnih biljnih vrsta [1, 2, 3, 4, 5]. Iako su ovi požari često ograničenog obima i niskog intenziteta, oni se mogu proširiti, prouzrokujući ozbiljne posledice po prirodne ekosisteme i ugroziti živote ljudi i životinja [6]. Sagorevanjem biomase dolazi do emisije gasova staklene bašte, što direktno doprinosi globalnim klimatskim promenama. Istovremeno, oslobađanje čestica dima i gasovitih jedinjenja negativno utiče na kvalitet vazduha i dovodi do pogoršanja lokalnih mikroklimatskih uslova [7, 8, 9]. Proces spaljivanja biomase dovodi do gubitka površinskog sloja humusa, iscrpljivanja esencijalnih hranljivih materija

i fizičko-hemijskih promena zemljišta, što negativno utiče na regeneraciju vegetacije i produktivnost zemljišta [10]. Plodnost zemljišta i otpornost ekosistema se smanjuju, što dodatno ubrzava proces degradacije, povećava rizik od erozije i stvara pogodne uslove za širenje invazivnih biljnih vrsta [6, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19].

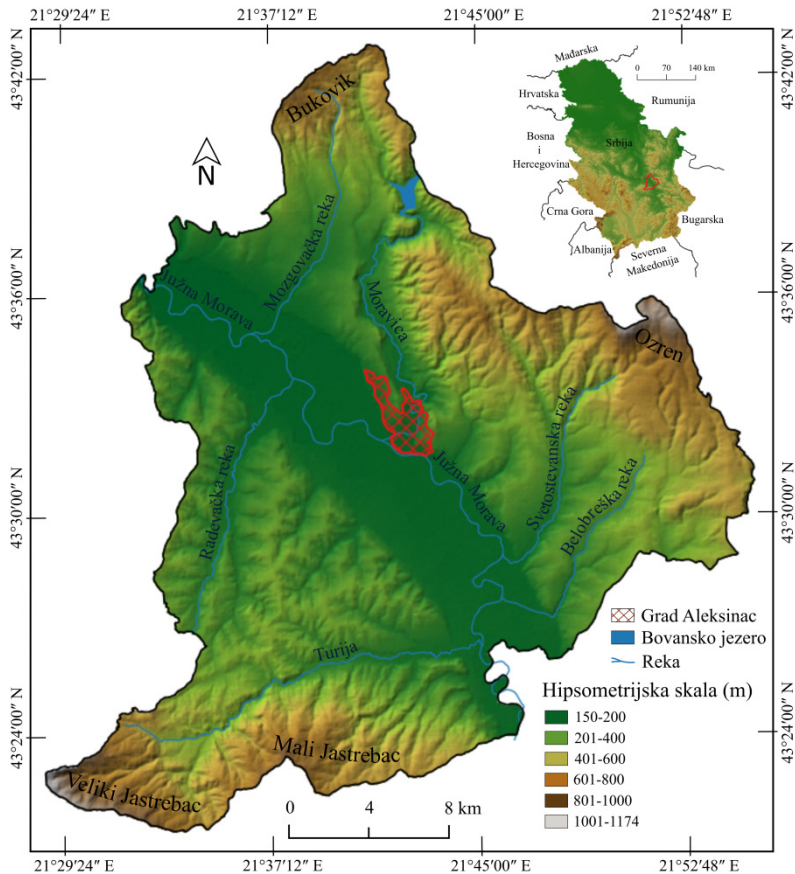
Klimatske promene, koje se manifestuju kroz ekstremne vremenske uslove kao što su visoke temperature vazduha, deficit padavina, niska relativna vlažnost vazduha, jaki vetrovi i učestale suše, značajno doprinose pojavi i širenju požara tokom letnjih meseci [6, 31, 32, 33]. Kombinacijom visokih temperatura vazduha, niske relativne vlažnosti vazduha i nedostatka padavina javlja se fiziološki stres biljaka, što dovodi do povećanog rizika od zapaljivosti i gorenja [34]. Pored toga, vetar ima ključnu ulogu u dinamici širenja požara, determinišući brzinu širenja, intenzitet plamena i verovatnoću nastanka novih žarišta [35]. Brojna istraživanja na globalnom i regionalnom nivou potvrdila su da suše, kao jedan od važnih faktora, iniciraju pojavu požara, smanjujući sadržaj vlage u vegetaciji i povećavajući rizik njihovog nastanka [36, 37, 38, 39, 40]. Najugroženiji regioni od pojave požara su zapadne oblasti Sjedinjenih Američki Država, jugoistočna Australija i južna Evropa (Mediteran). Ranjivost Mediterana na pojavu požara povezana je sa klimom regiona koju karakterišu kišne i blage zime, i duga topla i suva leta [41, 42, 43, 44]. Klimatske promene izražene kroz porast srednjih temperatura vazduha i smanjenje količine padavina krajem 20. i početkom 21. veka uslovile su povećanu učestalost požara na teritoriji Srbije. Najveći rizik od pojave požara zabeležen je tokom letnjih meseci, dok su sa aspekta prostorne distribucije najizloženije bile oblasti istočne i južne Srbije [45, 46, 47, 48].

Daljinska detekcija i geografski informacioni sistemi (GIS) imaju široku primenu u proučavanju požara na otvorenom prostoru [6]. Sa kontinuiranim tehnološkim napretkom, daljinska detekcija se razvila kao ključna metoda za posmatranje i analizu prostornih pojava, dok se njeni proizvodi široko primenjuju u prostornom i vremenskom praćenju požara i proceni njihovog uticaja u pogođenim oblastima [13, 20, 21]. Integracijom daljinske detekcije sa GIS tehnologijom, omogućeno je precizno otkrivanje aktivnih žarišta, mapiranje i prostorna analiza oblasti zahvaćenih požarima, kontinuirani monitoring dinamike požara, unapređeno upravljanje požarima i podrška donošenju odluka u kriznim situacijama. GIS omogućava procenu regeneracije vegetacije nakon požara, kao i identifikaciju najkraćih i najbezbednijih ruta za hitno reagovanje u vanrednim situacijama [13, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28]. Satelitski sistemi visoke vremenske rezolucije, opremljeni optičkim multispektralnim senzorima koji funkcionišu u infracrvenom delu spektru kao što su MODIS, VIIRS i Sentinel-3, igraju ključnu ulogu u detekciji i praćenju požara [6, 29, 30]. Ovi sateliti omogućavaju identifikaciju aktivnih požara kao termalnih anomalija koje su lako uočljive sa velikih visina. Međutim, efikasnost satelitskog osmatranja može biti značajno umanjena usled prisustva oblaka, dima, atmosferske izmaglice, kao i u slučajevima kada su požari malih dimenzija, slabog intenziteta ili kratkog trajanja, što značajno ograničava efikasnost multispektralnih optičkih senzora u detekciji požara [6].

Ovo istraživanje analizira pojavu požara na otvorenom prostoru na teritoriji opštine Aleksinac korišćenjem satelitskih podataka zabeleženih MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) senzorima. Cilj istraživanja je razumevanje prostorne i vremenske distribucije požara na otvorenom prostoru, kao i uočavanje obrazaca njihovog javljanja i prostornog grupisanja. Rezultati istraživanja mogu doprineti razvoju strategija održivog upravljanja zemljištem i šumama, kao i unaprediti proces donošenja odluka na lokalnom, regionalnom i nacionalnom nivou, u cilju smanjenja rizika od pojave požara i unapređenja sistema njihovog monitoringa i kontrole.

MATERIJAL I METODE

Studija obuhvata teritoriju opštine Aleksinac koja se prostire između $43^{\circ} 27'$ i $43^{\circ} 44'$ severne geografske širine i $21^{\circ} 29'$ i $21^{\circ} 56'$ istočne geografske dužine. Opština sa površinom od 707 km^2 administrativno pripada Nišavskom upravnom okrugu [49]. Opštini pripadaju oblasti severno i severoistočno od Malog i Velikog Jastrepca, južno, jugoistočno i zapadno od Ozrena, južno od Bukovika. Značajan deo teritorije opštine obuhvata Aleksinačka kotlina, čijim dnom protiče reka Južna Morava i deli opštinu na dve geografske celine – severoistočnu i jugozapadnu. Najznačajnija desna pritoka Južne Morave na teritoriji opštine je Sokobanjska Moravica, dok se među ostalim važnijim desnim pritokama izdvajaju Belobreška, Svetostevanska i Mozgovačka reka. Najveća leva pritoka Južne Morave na teritoriji opštine je reka Turija, dok je Radevačka reka, koja se u Južnu Moravu uliva 4 km nizvodno od Aleksinca, druga po dužini leva pritoka na teritoriji opštine. Najviši tereni koji pripadaju opštini su na krajnjem severu, istoku, jugu i jugozapadu, dok su najniži u dolini Južne Morave (Slika br. 1).



Slika br. 1. Položaj opštine Aleksinac

Prema Kepenovoj klimatskoj klasifikaciji (Köppen Climate Classification – KCC) u Aleksinačkoj kotlini dominantnu ulogu ima Cfa varijanta umereno tople i vlažne klima sa toplim letom. Srednja mesečna temperatura vazduha najtoplijeg meseca je viša od 22°C , dok srednja mesečna temperatura vazduha najhladnijeg meseca ima vrednosti između

-3°C i 18°C. Dva maksimuma padavina su jasno izražena u kasno proleće i jesen [50].

U istraživanju su korišćeni satelitski podaci o požarima zabeleženi MODIS senzorima, dostupni putem NASA-ine FIRMS (Fire Information for Resource Management System) platforme [51]. Podskupovi istorijskih lokacija požara su preuzeti u formatu vektorskih fajlova, što je omogućilo prostornu analizu u GIS softveru. MODIS podaci omogućavaju detekciju aktivnih požara gotovo u realnom vremenu što ih čini izuzetno korisnim za potrebe monitoringa i analize požara na velikim geografskim prostranstvima [52]. Iz preuzetih skupova podataka izdvojeni su požari koji su registrovani na teritoriji opštine Aleksinac u periodu od 1. januara 2001. do 9. jula 2025. godine. Kako bi rezultati bili potpuniji korišćeni su podaci dva sloja podataka – VIIRS NRT (Near-Real Time) aktivni požari detektovani satelitom NOAA-21 (JPSS-2) prostorne rezolucije 375 m i arhivski MODIS standard-quality zapisi termalnih anomalija iz MODIS Collection 6.1 detektovani satelitima Terra i Aqua prostorne rezolucije do 1000 m.

Prostorna i vremenska analiza požara izvršene su korišćenjem GIS-a u softveru QGIS Desktop 3.34.13. GIS tehnologija omogućava integrisanu analizu prostornih pojava i procesa, čime doprinosi boljem razumevanju prostorne dinamike i unapređenju procesa donošenja odluka u sektorima poput saobraćaja, prostornog planiranja, šumarstva, administracije, poljoprivrede i zaštite životne sredine [53]. Ove tehnologije se zasnivaju na radu sa prostorno orijentisanim podacima i omogućavaju detaljno ispitivanje prostornog rasporeda, međusobnih odnosa i karakteristika geografskih objekata u okviru njihove prostorne okoline [54].

Za potrebe analize prostorne distribucije požara korišćen je softver za statističku obradu podataka PAST 4.09_32 (Paleontological Statistics), koji omogućava primenu širokog spektra statističkih procedura. Na osnovu geografskih koordinata požara, primenjena je klaster analiza u cilju identifikacije broj prostornih klastera (grupa) u okviru posmatrane teritorije. Klaster analiza predstavlja skup multivarijacionih tehnika koje se koriste za grupisanje objekata na osnovu njihovih međusobnih sličnosti. Objekti unutar istog klastera imaju međusobno slične karakteristike, dok se objekti iz različitih klastera međusobno razlikuju. Jedan od najvećih izazova u ovoj vrsti analize je određivanje optimalnog broja klastera, budući da ne postoji univerzalni statistički kriterijum koji bi precizno definisao taj broj. Preporuke istraživača sugerišu da se analiza prekida kad se uoči spajanje klastera koji su međusobno značajno udaljeni [55, 56]. Analiza je započeta pretpostavkom da postoji veći broj prostornih klastera. Korišćenjem opcije MULTIVAR/CLUSTER ANALYSIS određeni su klasteri na osnovu Euklidske distance (Euclidean method), primenom algoritma koji formira hijerarhijsku strukturu među objektima [55].

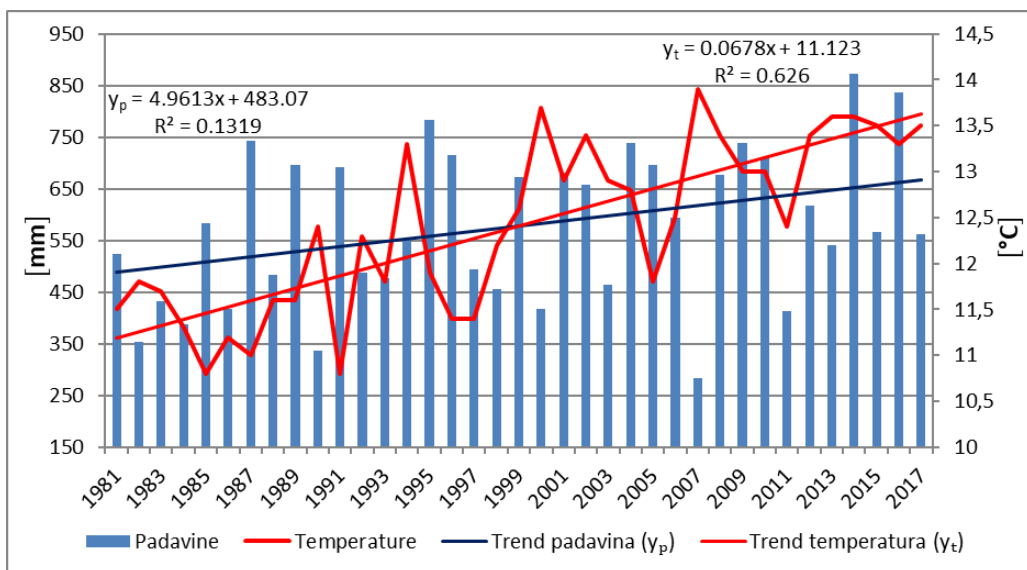
Podaci o temperaturi vazduha i količini padavina, kao ključnim klimatskim elementima, preuzeti su iz meteoroloških godišnjaka Republike Srbije za meteorološku stanicu Aleksinac, za period od 1981. do 2017. godine [57]. U analizi su korišćene srednje mesečne i godišnje vrednosti temperature vazduha, kao i srednje mesečne i godišnje vrednosti padavina. Jedno od ograničenja istraživanja predstavljao je nedostatak meteoroloških podataka nakon 2017. godine, usled prestanka rada meteorološke stanice u Aleksincu. Kako bi se preciznije sagledala zavisnost učestalosti požara od klimatskih uslova, posebno su izdvojeni i analizirani vremenski nizovi iz perioda od 2001. do 2017. godine, koji se podudaraju sa raspoloživim satelitskim zapisima o požarima.

Vegetacijske karakteristike opštine Aleksinac određene su na osnovu CORINE Land Cover baze podataka rezolucije 100 m [58], koju je izdala Evropska agencija za životnu sredinu (EEA – European Environmental Agency). U odabiru podataka bilo je neophodno preuzeti što uverljivije podatke, kako bi vegetacijske karakteristike teritorije istraživanja imale približno slične vrednosti sa početka i kraja perioda istraživanja. Zbog toga su najoptimalniji podaci bili iz 2012. godine, koja period istraživanja deli na dva približno jednaka perioda. Podaci su analizirani u QGIS softveru zajedno sa lokacijama požara registrovanih

na teritoriji opštine u periodu istraživanja. Kao rezultat analize izrađena je tematska karta koja prikazuje raspodelu tipova zemljišnog pokrivača i prostorni raspored požara, čime je omogućena jasnija vizuelna interpretacija i efikasnija prezentacija dobijenih rezultata.

REZULTATI I DISKUSIJA

Srednja godišnja temperatura vazduha u periodu od 1981. do 2017. godine na meteorološkoj stanici Aleksinac iznosila je 12,4°C. Najniža srednja godišnja temperatura vazduha u vrednosti od 10,8°C zabeležena je 1985. i 1991. godine. Najviša srednja godišnja temperatura vazduha u vrednosti od 13,9°C zabeležena je 2007. godine. Trend porasta srednje godišnje temperature vazduha je iznosio 0,068°C/god. U periodu od 2000. do 2017. godine bilo je ukupno 12 godina kada je srednja godišnja temperatura vazduha bila viša od 13°C, dok je u periodu od 1981. do 2000. godine samo 1994. godina imala srednju godišnju temperaturu vazduha višu od 13°C (Grafikon br. 1). Više srednje godišnje temperature vazduha potencijalno su povećavale rizik od pojave i širenja požara u periodu od 2001. godine do danas.



Grafikon br. 1. Srednje godišnje temperature vazduha i godišnje količine padavine zabeležene na meteorološkoj stanici Aleksinac (1981–2017)

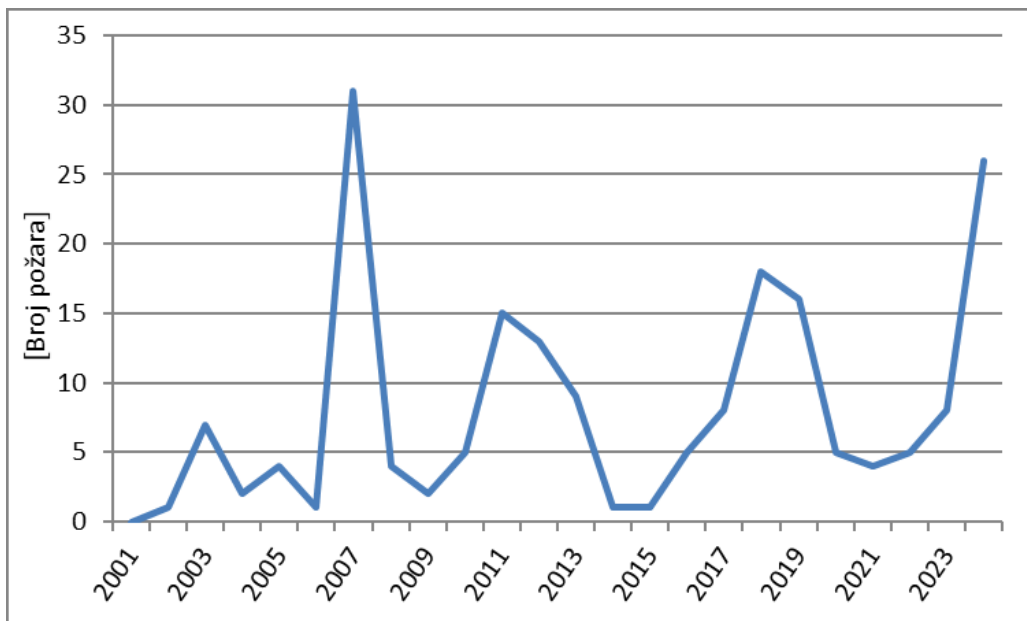
Januar je imao najnižu srednju mesečnu temperaturu vazduha u vrednosti od 1,1°C (1981–2017). Srednja mesečna temperatura vazduha tokom godine pravilno je rasla do jula i avgusta, nakon čega je opadala do decembra. Najvišu srednju mesečnu temperaturu vazduha u vrednosti od 22,9°C imali su jul i avgust. Srednja mesečna temperatura vazduha u oktobru je iznosila 12,8°C, što se ne poklapa sa velikim brojem registrovanih požara u tom periodu (Grafikon br. 1). Pretpostavka je da na veliki broj požara u oktobru dominantno utiče antropogeni faktor. Naime, u tom periodu godine poljoprivredno zemljište se priprema za jesenju setvu. Često se primenjuje praksa spaljivanja biljnih ostataka iz letnjeg perioda godine radi čišćenja njiva, što značajno povećava rizik od izbijanja požara. Za razliku od oktobra, jul karakterišu visoke srednje dnevne temperature vazduha koje doprinose povećanoj sušnosti zemljišta i vegetacije. Takvi uslovi pogoduju spontanom

samozapaljivanju suve trave i biljnih ostataka.

Srednja godišnja količina padavina u periodu od 1981. do 2017. godine je iznosila 577,3 mm. Trend promene srednje godišnje količine padavina je bio pozitivan i iznosio je 4,96 mm/god. Najniža godišnja količina padavina u vrednosti od 283,8 mm zabeležena je 2007. godine (Grafikon br. 1). Iste godine je zabeleženo najviše požara na godišnjem nivou što se poklapa sa najnižom količinom padavina i najvišim temperaturama vazduha u periodu istraživanja. Živanović i dr. [47] ističu da povećanje temperature vazduha i smanjenje padavina mogu uticati na brojnost i učestalost požara što je u skladu sa dobijenim rezultatima ovog istraživanja. Najviša godišnja količina padavina zabeležena je 2014. godine u vrednosti od 871,7 mm. Veća količina padavina u 2014. godini doprinela je smanjenju rizika od pojave požara, kada je zabeležen samo jedan požar u toku godine (Grafikon br. 1, Grafikon br. 2). Postoji verovatnoća da je značajno manja količina padavina od višegodišnjeg proseka u periodu od avgusta do novembra 2011. godine uticala na brojnost požara. U tom periodu godine registrovano je ukupno 13 požara iako su temperature vazduha bile oko proseka.

Srednja mesečna količina padavina u toku godine pravilno se povećavala do maja, pravilno opadala do avgusta, i pravilno se povećavala do decembra. Najniža srednja mesečna količina padavina zabeležena je u januaru u vrednosti od 39,1 mm, dok je najviša srednja mesečna količina padavina u vrednosti od 62,7 mm zabeležena u maju i poklapa se sa drugim hidrološkim maksimumom [61]. Prvi hidrološki maksimum padavina u vrednosti od 52,7 mm zabeležen je u decembru (Grafikon br. 1). On se poklapa sa prvim hidrološkim maksimumom padavina na većini stanica u Srbiji, kada se veća količina padavina javlja u novembru i decembru [61, 62].

Na teritoriji opštine Aleksinac, u periodu od 1. januara 2001. godine do 9. jula 2025. godine, registrovano je ukupno 216 požara na otvorenom prostoru. Najveći broj požara registrovan je u 2007. godini, kada je zabeležen ukupno 31 požar. Dobijeni rezultati se poklapaju sa rezultatima istraživanja Tošića i dr. [59] koji su utvrdili da je u istoj godini na teritoriji Srbije zabeleženo najviše požara na otvorenom prostoru u jednoj kalendarskoj godini. Druga godina po brojnosti požara bila je 2024. godina, kada je registrovano ukupno 26 požara. U 2002, 2006, 2014. i 2015. godini bio je registrovan samo po jedan požar, dok 2001. godine nije bilo požara. Analizom godišnje distribucije požara uočava se izvesna cikličnost njihove pojave. Broj požara se u periodu od 2001. do 2003. godine povećavao, tako da je 2003. godine bilo registrovano 7 požara. Nakon toga broj požara je opadao do 2006. godine, kada je zabeležen samo jedan. U 2007. godini broj požara je naglo porastao, dok se u naredne dve godine (2008. i 2009. godina) broj požara smanjivao. Zatim je usledio period kada se broj požara iz godine u godinu povećavao. U 2011. godini registrovano je ukupno 15 požara, dok je 2012. godine bilo ukupno 13 požara. Nakon toga, usledilo je smanjenje broja požara do 2014. i 2015. godine kada je registrovan po jedan požar godišnje. U periodu od 2016. do 2018. godine broj požara se povećavao. U 2018. godini registrovano je ukupno 18 požara, dok je sledeće 2019. godine bilo 16 požara. Od 2020. godine broj požara se smanjivao, dostižući minimum u 2021. godini, kada su registrovana četiri požara. Od 2022. godine do jula 2025. godine broj požara se konstantno povećavao. Broj požara registrovanih od 1. januara 2025. godine do 9. jula 2025. godine je bio 25, što je za jedan manje od broja požara zabeleženih tokom 2024. godine. Na osnovu tolikog broja požara, postoji velika verovatnoća da će broj požara u 2025. godini prevazići ne samo broj iz 2024. godine, već potencijalno dostići ili premašiti i rekordnu 2007. godinu (Grafikon br. 2).



Grafikon br. 2. Broj požara registrovanih na teritoriji opštine Aleksinac (2001–2024)

U analiziranom periodu samo u mesecu maju nije bilo registrovanih požara, što je posledica veće količine padavina. Maj je imao najveću srednju mesečnu količinu padavina i srednju mesečnu temperaturu vazduha značajno manju od juna i letnjih meseci. Veća količina vlage u zemljištu i vegetaciji u velikoj meri je smanjivala rizik od nastanka požara. Bez registrovanih požara bio je i jun u periodu od 2001. do 2024. godine. Međutim, u junu 2025. godine registrovana su dva požara, što predstavlja značajno odstupanje od višegodišnjeg proseka i ukazuje na moguće promene u obrascima pojave požara ili uslovima sredine. Januar je mesec u kome često nema registrovanih požara. U periodu od 2001. do 2024. godine samo je u januaru 2007. godine registrovan jedan požar. Najveći broj požara u februaru registrovan je 2024. godine, kada je bilo pet požara. Mart se ističe kao mesec sa prosečno 1,13 požara. Najveći broj registrovanih požara u martu zabeležen je 2012. godine, kada ih je bilo ukupno sedam. U martu 2012. godine je količina padavina bila značajno manja od proseka i iznosila 13,4 mm, dok je srednja mesečna temperatura bila viša od proseka i iznosila 8,5°C. Mesec u kome je registrovan najveći broj požara u periodu istraživanja bio je jul 2007. godine. Ukupno je bilo registrovano 28 požara, što se može povezati sa malom količinom padavina i visokim temperaturama vazduha. Ukupna količina padavina u julu 2007. godine je bila 8,2 mm, dok je srednja mesečna temperatura vazduha bila 26,2°C (Grafikon br. 1). Veliki broj požara u julu 2007. godine se može objasniti veoma dugim periodom u kome su srednje mesečne temperature vazduha bile iznad višegodišnjeg proseka, kao i količinom padavina koja je bila značajno niža od višegodišnjeg proseka u periodu od marta do jula iste godine. Dobijeni rezultati su u skladu sa rezultatima istraživanja Živanovića i Tošića [45], koji su uočili da se učestalost požara u Velikom Gradištu povećala u periodu 1991–2017. godine, i da su letnji meseci (jun, jul i avgust) bili meseci sa najvećim rizikom od pojave požara. Prosečno najveći broj požara imao je oktobar (2,42). U periodu od 2001. do 2024. godine, 12 puta je registrovan najmanje jedan požar u oktobru, što ga karakteriše kao mesec sa najčešćom pojavom požara (Tabela br. 1). Do sličnih rezultata došli su Gajović i Todorović [60], koji su u svom istraživanju požara na teritoriji Srbije uočili da se požari često javljaju u oktobru.

U prvoj polovini 2025. godine registrovan je značajan porast broja požara na otvore-

nom prostoru u poređenju sa višegodišnjim prosekom za period od 2001. do 2024. godine. Izuzetak predstavlja mesec maj, u kojem, u skladu sa dugoročnim trendom nije registrovan nijedan požar. U aprilu 2025. godine je registrovano sedam požara, dok je ukupan broj požara u aprilu u periodu 2001. do 2024. godine bio osam, što ukazuje na značajno odstupanje od uobičajenih obrazaca. Postoji mogućnost da je na značajno povećanje broja požara u aprilu 2025. godine uticala nepovoljna vremenska situacija, s obzirom na to da je praćenjem prilika na terenu uočeno da je period bio karakterisan izrazito toplim i suvim uslovima.

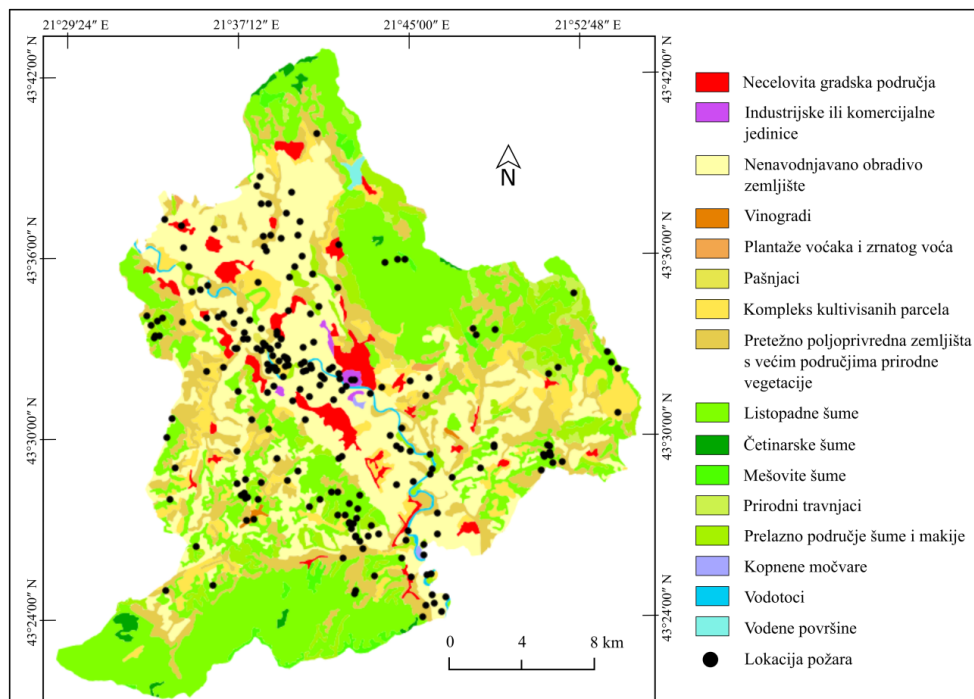
Tabela br. 1. Broj požara po mesecima i godinama (2001–2025) registrovanih na teritoriji opštine Aleksinac, kao i prosečne mesečne vrednosti i godišnji prosek (2001–2024)

Period	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ukupno
2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
2002	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
2003	-	-	6	-	-	-	-	1	-	-	-	-	7
2004	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	2
2005	-	-	-	2	-	-	-	1	-	1	-	-	4
2006	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
2007	1	-	-	2	-	-	28	-	-	-	-	-	31
2008	-	1	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	4
2009	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	2
2010	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	2	-	5
2011	-	-	2	-	-	-	-	1	6	5	1	-	15
2012	-	-	7	-	-	-	-	4	-	2	-	-	13
2013	-	-	-	-	-	-	3	6	-	-	-	-	9
2014	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
2015	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
2016	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	3	-	5
2017	-	1	3	-	-	-	2	2	-	-	-	-	8
2018	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	5	-	18
2019	-	1	2	-	-	-	-	1	-	11	1	-	16
2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	5
2021	-	-	3	-	-	-	-	-	-	1	-	-	4
2022	-	-	3	1	-	-	1	-	-	-	-	-	5
2023	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	2	8
2024	-	5	-	2	-	-	1	7	3	8	-	-	26
2025	1	4	7	7	-	2	4*	**	**	**	**	**	25*
Prosek 2001- 2024.	0,04	0,38	0,13	0,33	0	0	1,5	1	0,54	2,42	0,54	0,08	7,96

* - Broj požara koji je registrovan do 9. jula 2025. godine, do datuma preuzimanja MODIS podataka

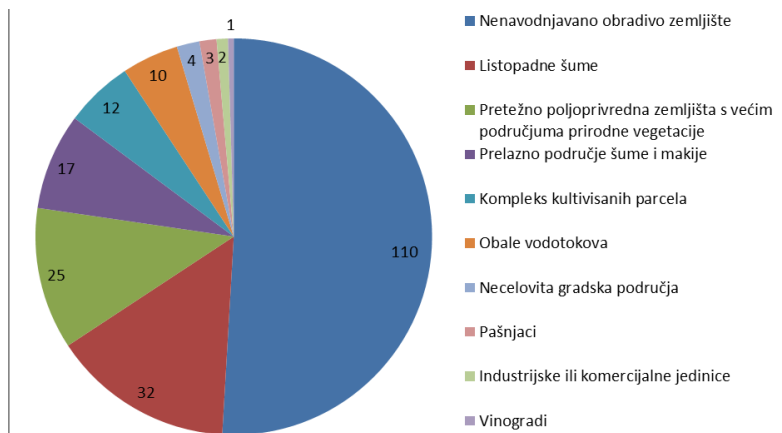
** - Period koji je usledio nakon preuzimanja MODIS podataka

Analizom prostornih podataka baze CORINE Land Cover za 2012. godinu u kombinaciji sa prostornim lokacijama požara, identifikovane su površine i tipovi zemljišnog pokrivača na kojima su požari registrovani (Slika br. 2). Najveći broj požara prostorno je registrovan na teritoriji nenavodnjavanog obradivog zemljišta, što se poklapa sa rezultatima istraživanja Gajovića i Todorovića [60]. U periodu istraživanja registrovano je 110 požara, što čini 50,93% ukupnog broja požara. Na teritoriji listopadnih šuma registrovana su ukupno 32 požara, odnosno 14,82% ukupnog broja registrovanih požara. Na pretežno poljoprivrednim zemljištima s većim područjima prirodne vegetacije registrovano je 25 požara, što predstavlja 11,57% ukupnih požara u periodu istraživanja (Slika br. 2, Grafikon br. 3).



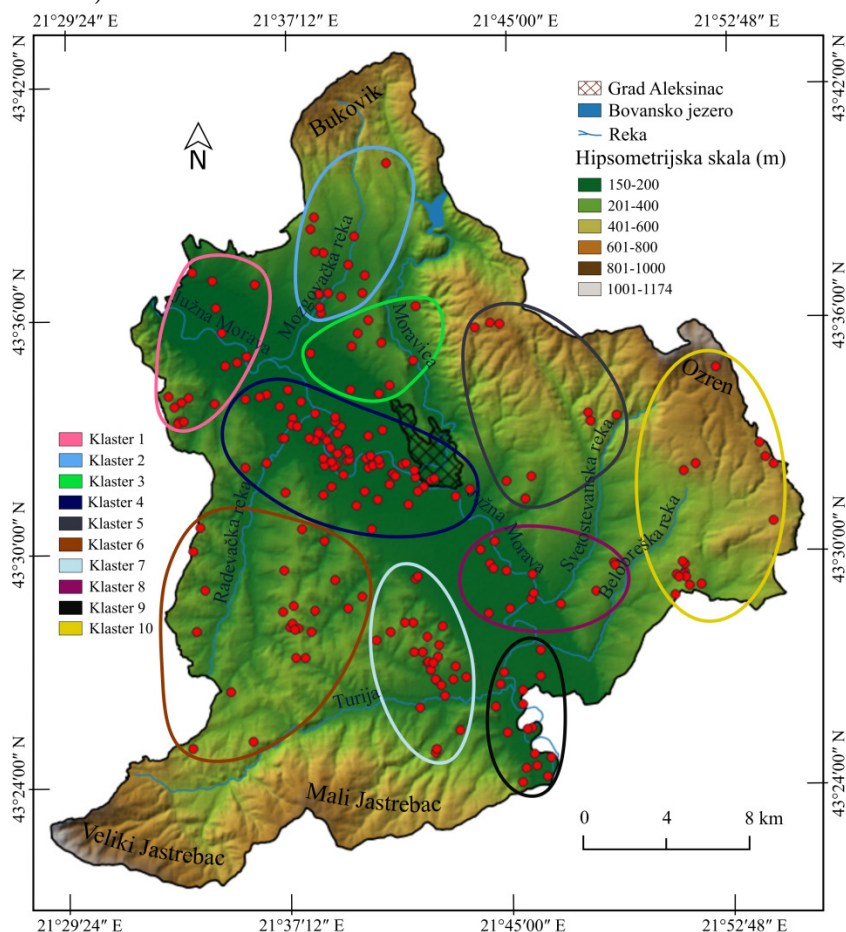
Slika br. 2. Tipovi zemljišnog pokrivača (CORINA Land Cover, 2012) i prostorna distribucija registrovanih požara na teritoriji opštine Aleksinac u periodu od 1. januara 2001. do 9. jula 2025. godine (MODIS)

Na prelaznom području šume i makije registrovano je 17 požara. Ukupno 12 požara je registrovano na kompleksu kultivisanih parcela, dok je 10 požara registrovano u neposrednoj blizini vodotokova, pre svega na obalama reka. Na periferiji urbanih i ruralnih naselja, kao i u njihovoj blizini registrovana su ukupno četiri požara, dok su dva požara registrovana u blizini industrijskih ili komercijalnih jedinica. Ukupno tri požara registrovana su na pašnjacima, dok je jedan požar registrovan na površini pod vinogradima (Grafikon br. 3). Na površinama ostalih tipova zemljišnog pokrivača koji se javljaju na teritoriji opštine Aleksinac nije bilo registrovanih požara u analiziranom periodu (Slika br. 2).



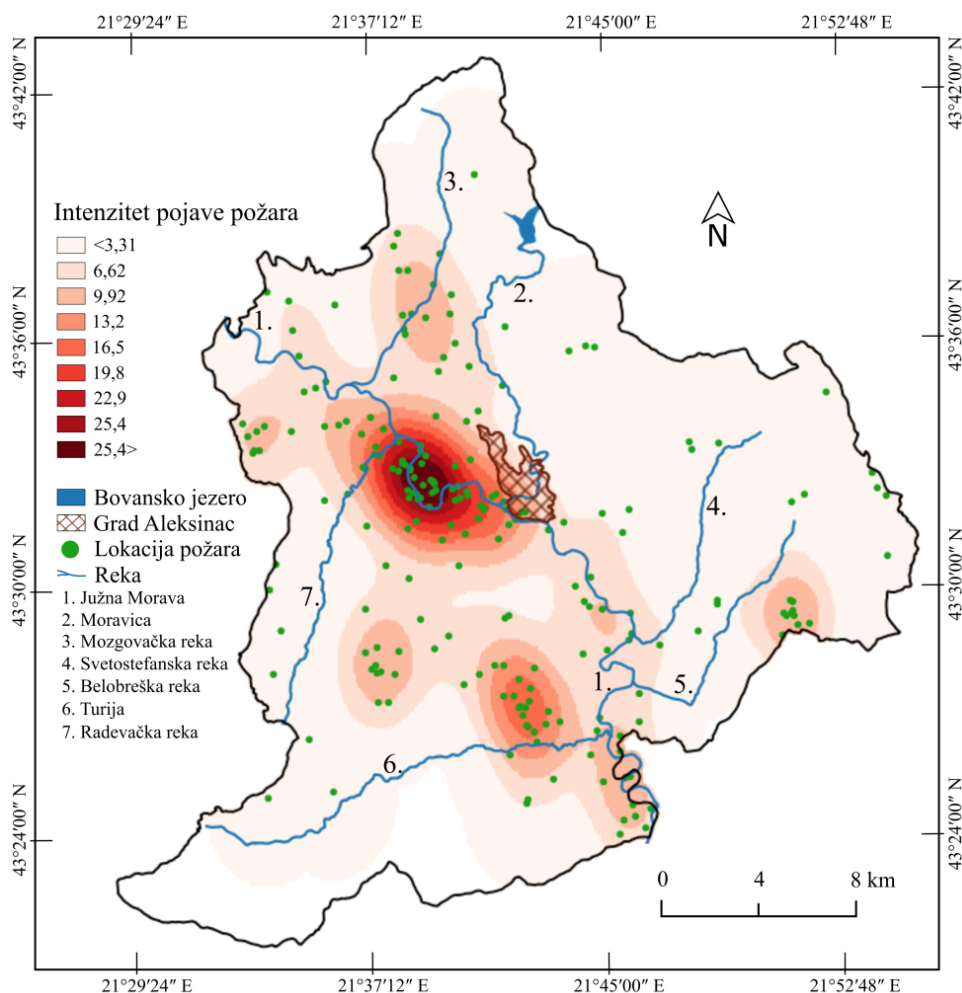
Grafikon br. 3. Broj registrovanih požara na različitim tipovima zemljišnog pokrivača (prema CORINA Land Cover bazi podataka iz 2012. godine)

Na Slici br. 3 prikazana je prostorna analiza lokacija požara, zasnovana na geografskoj širini i dužini, izvršena u softveru PAST, pri čemu je identifikovano 10 prostornih klastera. U dolini Južne Morave locirano je pet klastera (Klasteri 1, 3, 4, 8 i 9), u okviru kojih je registrovano ukupno 126 požara. Najveći broj registrovanih požara ima Klaster 4, sa ukupno 70 požara, što ga čini dominantnim žarištem na teritoriji opštine. Klaster 1, sa ukupno 16 registrovanih požara, teritorijalno obuhvata oblasti severozapadno od Klastera 4. Klaster 3, u kojem je registrovano 10 požara, obuhvata donji tok Sokobanjske Moravice, kao i desnu dolinsku stranu Južne Morave. Klaster 8, sa ukupno 14 registrovanih požara, obuhvata dolinu Južne Morave i donje tokove Svetostevanske i Belobreške reke. Dolinu Južne Morave i oblasti oko ušća Turije u Južnu Moravu obuhvata Klaster 9, sa ukupno 16 registrovanih požara. Klaster 2, najseverniji od svih klastera, obuhvata sliv Mozgovačke reke. U okviru klastera ukupno je registrovano 14 požara. Najistočnije oblasti opštine, južne padine Ozrena i gornji tok Belobreške reke pripadaju Klasteru 10, u kojem je registrovano ukupno 17 požara. U brodsko-planinskom terenu, istočno od Aleksinca, lociran je Klaster 5. U okviru klastera je registrovano ukupno devet požara koji su grupisani u tri podklastera sa po tri požara u svakom. Teritorijalno, najveću površinu obuhvata Klaster 6, sa ukupno 23 registrovanih požara. Klaster obuhvata gornji i srednji tok Radevačke reke, kao i gornji i srednji tok reke Turije. U donjem toku reke Turije lociran je Klaster 7, sa ukupno 27 registrovanih požara, od kojih su 23 registrovana na levoj dolinskoj strani reke (Slika br. 3).



Slika br. 3. Prostorna distribucija klastera dobijenih analizom u softveru PAST

Na Slici br. 4 prikazane su vruće tačke požara, odnosno oblasti sa povećanom učestalošću pojave požara na teritoriji opštine. Analizom je izdvojeno osam prostornih oblasti u kojima je broj požara značajno viši u odnosu na druge oblasti opštine. Najveća i najintenzivnija vruća tačka obuhvata oblasti zapadno i severozapadno od Aleksinca, dolinu Južne Morave i ušća Moravice i Radevačke reke u Južnu Moravu (Slika br. 4). Ova oblast prostorno se poklapa sa Klasterom 4, koji ima najveći broj registrovanih požara u analiziranom periodu. Centar vruće tačke, sa više od 26 požara, lociran je na desnoj i levoj obali Južne Morave i sferno se širi ka periferiji. Intenzitet vruće tačke ka periferiji opada jer se broj požara smanjuje (Slika br. 3, Slika br. 4). Prema Gajoviću i Todoroviću [60], požari se najčešće registruju u dolinama većih reka i na nadmorskim visinama nižim od 500 m, što se poklapa sa rezultatima ovog istraživanja, koje potvrđuje da je najveći broj požara zabeležen upravo u dolini Južne Morave. Druga vruća tačka po intenzitetu locirana je u donjem toku reke Turije, sa žarištem lociranim na levoj obali reke, koja se poklapa sa teritorijom Klastera 7 (Slika br. 3, Slika br. 4).



Slika br. 4. Lokacije požara prikazane vrućim tačkama (Intenzitet pojave požara prikazuje gustinu registrovanih požara na jediničnoj površini od 4 km²)

Preostalih 6 šest vrućih tačaka ima sličan intenzitet požara, ali se međusobno razlikuju po prostornoj veličini (Slika br. 4). Teritorijalno najveća od ovih tačaka locirana je u dolini Mozgovačke reke, i prostorno se poklapa sa Klasterom 2. Oblasti u dolini Južne Morave i ušća reke Turije u Južnu Moravu se izdvajaju kao vruća tačka, što se poklapa sa Klasterom 9. U dolini Južne Morave locirane su još dve vruće tačke. Prva obuhvata oblasti oko ušća Svetostevanske reke u Južnu Moravu, a druga oblasti na levoj dolinskoj strani Južne Morave, severozapadno od najintenzivnije vruće tačke. Jedna vruća tačka obuhvata oblasti između Radevačke reke i reke Turije, i teritorijalno se poklapa sa Klasterom 6. Na istoku opštine locirana je samo jedna vruća tačka, u gornjem toku Belobreške reke koja se teritorijalno poklapa sa Klasterom 10 (Slika br. 3, Slika br. 4).

Veliki broj registrovanih požara na poljoprivrednom zemljištu može se dovesti u vezu sa dominantnim uticajem antropogenih faktora. Može se pretpostaviti da je u većini slučajeva čovek direktan inicijator požara, dok duži periodi visokih temperatura, niske količine padavina i deficit vlage u zemljištu i vegetaciji doprinose njihovom brzom širenju. Najizraženija žarišta pojave požara prostorno se poklapaju sa oblastima intenzivne poljoprivredne proizvodnje i povećane ljudske aktivnosti tokom proleća, leta i jeseni. Primećeno je da su požari znatno ređi na višim terenima i padinama planina koji su izloženi minimalnom antropogenom aktivnošću. Na padinama Velikog i Malog Jastrepca, koje karakterišu gusti šumski ekosistemi, nije registrovana pojava požara, dok je na padinama Ozrena i Device zabeleženo nekoliko požara na otvorenim prostorima, što se takođe može dovesti u vezu sa antropogenim uticajem.

ZAKLJUČAK

Rezultati ovog istraživanja ukazuju na to da meteorološki uslovi imaju ključnu ulogu u nastanku i širenju požara na teritoriji opštine Aleksinac. Najpovoljniji uslovi za pojavu požara na otvorenom prostoru su visoke temperature vazduha i mala količina padavina. Analizom vremenskog rasporeda požara utvrđeno je da se oni najčešće javljaju u oktobru (2,42 požara/god), julu (1,5 požara/god), martu (1,125 požara/god) i avgustu (1 požar/god). Povećana učestalost požara u oktobru i martu povezana je sa intenzivnim poljoprivrednim aktivnostima i pripremom zemljišta za setvu. U 2007. godini je zabeležen najveći broj požara, što se može dovesti u vezu sa izuzetno visokim srednjim mesečnim temperaturama vazduha, u kombinaciji sa izuzetno malom godišnjom količinom padavina. Uočeno je da količina padavina ima značajniji uticaj na pojavu požara od temperature vazduha, budući da visoke temperature same po sebi ne dovode do povećanog rizika ukoliko je količina padavina velika. Uticaj visokih temperatura na izbijanje požara naročito dolazi do izražaja u kombinaciji sa malom količinom padavina.

Prostornom analizom je utvrđeno da je više od polovine požara registrovano na nenavodnjavanom obradivom zemljištu u dolinama Južne Morave i njenih pritoka, dok je broj požara na obodu Aleksinačke kotline i u višim terenima bio značajno manji. Klaster analizom izdvojeno je ukupno 10 prostornih klastera, od kojih je polovina locirana u dolini Južne Morave, što potvrđuje njenu povećanu izloženost riziku od pojave požara. Klaster 4, lociran zapadno i jugozapadno od Aleksinca, izdvojio se kao najintenzivniji i po broju požara najveći klaster na teritoriji opštine. Izdvajanjem vrućih tačaka uočeno je osam oblasti ugroženih požarima. Najizraženija vruća tačka, čije se žarište nalazi na obalama Južne Morave, prostorno se poklapa sa Klasterom 4, potvrđujući njegov značaj u prostornoj distribuciji požara.

Iako rezultati istraživanja pružaju relevantne uvide u prostornu i vremensku distribuciju požara na teritoriji opštine Aleksinac, neophodno je ukazati na određena ograničenja

primenjene metodologije. Podaci korišćeni u analizi preuzeti su sa NASA-ine FIRMS platforme, koja se zasniva na detekciji termalnih anomalija putem satelitskih senzora. Ova tehnologija, iako veoma korisna za praćenje požara na velikim prostorima, podložna je određenim ograničenjima u pogledu prostorne rezolucije i vremenske učestalosti snimanja. Požari na malim površinama mogu ostati neregistrovani, naročito u slučajevima kada njihovo trajanje ili intenzitet nisu dovoljni da budu zabeleženi u vremenskom intervalu satelitskog snimanja ili da izazovu jasno izraženu termalnu emisiju prepoznatljivu senzorima. Preciznost lokacija detektovanih požara u izvesnoj meri zavisi od tehničkih karakteristika senzora i satelitske orbite, što je važno imati u vidu prilikom interpretacije prostornih obrazaca u GIS okruženju.

Praćenje klimatskih uslova u budućnosti može značajno doprineti uspešnom predviđanju i upravljanju rizicima od požara na otvorenom prostoru. Promene klimatskih elemenata, poput temperature vazduha i količine padavina, omogućavaju identifikaciju perioda i oblasti sa povećanom verovatnoćom izbijanja i širenja požara. Rezultati ovog istraživanja mogu poslužiti kao osnova za razumevanje prostorne i vremenske distribucije požara na teritoriji opštine Aleksinac, kao i model za razvijanje mera prevencije i upravljanja požarima, kako na teritoriji opštine, tako i na teritoriji drugih opština i regiona u Srbiji. Kombinacijom tehnologija daljinske detekcije i GIS-a omogućio bi se kontinuirani monitoring najugroženijih oblasti, kao i pravovremeno reagovanje u kriznim situacijama, uz institucionalno povezivanje na lokalnom, regionalnom i nacionalnom nivou.

U narednom periodu istraživanja će biti proširena na duži vremenski okvir, obuhvatajući godine i decenije koje slede, čime će se omogućiti sagledavanje dugoročnih trendova u dinamici požara. Posebna pažnja biće usmerena na povezivanje klimatskih parametara sa prostornim obrascima izbijanja požara. Na taj način moguće je steći potpuniji uvid u uzroke i posledice učestalosti požara, ali i razviti pouzdanije modele procene rizika i predikcije njihovog nastanka. Ovakav pristup doprinosi ne samo boljem razumevanju problematike, već i unapređenju mera prevencije i zaštite prirodnih resursa.

PRIZNANJA

Autori rada izražavaju posebnu zahvalnost Ministarstvu nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije na pruženoj podršci kroz program stipendiranja (Broj ugovora: 451-03-1150/2023-03/3231; Aneksi ugovora: 451-03-1002/2024-03/3231, 451-03-12/2025-03/3231), kao i kroz ugovor o radu broj 451-03-137/2025-03/200124.

LITERATURA

- [1] Webb, J., Hutchings, N., Amon, B., Nielsen, O. K., Phillips, R., Dämmgen, U. Field Burning of Agricultural Residues, EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook, 2013, 1–14.
- [2] Souza, M. E. B., Pacheco, A. P., Teixeira, J. G. Systematising Experts' Understanding of Traditional Burning in Portugal: A Mental Model Approach, *International Journal Wildland Fire*, 2023, 32, 1558–1575, doi: 10.1071/WF22141.
- [3] Santín, C., Doerr, S. H. Fire Effects on Soils: The Human Dimension, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2016, 371, 28–34, doi: <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0171>.
- [4] Espinosa, J., Palheiro, P., Loureiro, C., Ascoli, D., Esposito, A., Fernandes, P. M. Fire-Severity Mitigation by Prescribed Burning Assessed from Fire-Treatment Encounters in Maritime Pine Stands. *Canadian Journal of Forest Research*, 2019, 49 (2), 205–211, doi: <https://doi.org/10.1139/cjfr-2018-0263>.
- [5] Antunes, C. C., Viegas, D. X., Mendes, J. M., Em, M., Sociais, D., Naturais, R., et al. Avaliação Do Risco de Incêndio Florestal No Concelho de Arganil, *Silva Lusitana*, 2011, 19 (2), 165–179.
- [6] Oliveira, E. R., Silva, B. T., Lopes, D., Corticeiro, S., Alves, F. L., Disperati, L., et al. The Detection of Small-

- Scale Open-Burning Agriculture Fires Through Remote Sensing, *Remote Sensing*, 2024, 17 (1), 51, doi: <https://doi.org/10.3390/rs17010051>.
- [7] López-Caravaca, A., Vicente, E. D., Figueiredo, D., Evtyugina, M., Nicolás, J. F., Yubero, E., et al. Gaseous and Aerosol Emissions from Open Burning of Tree Pruning and Hedge Trimming Residues: Detailed Composition and Toxicity, *Atmospheric Environment*, 2024, 338, 120849, doi: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2024.120849>.
 - [8] Alves, C. A., Vicente, E. D., Evtyugina, M., Vicente, A., Pio, C., Amado, M. F., et al. Gaseous and Speciated Particulate Emissions from the Open Burning of Wastes from Tree Pruning, *Atmospheric Research*, 2019, 226, 110–121, doi: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2019.04.014>.
 - [9] Gonçalves C., Evtyugina M., Alves C., Monteiro C., Pio C., Tomé M. Organic Particulate Emissions from Field Burning of Garden and Agriculture Residues, *Atmospheric Research*, 2011, 101, 666–680, doi: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2011.04.017>.
 - [10] Pearson, P., Bodin, S., Gittelson, A., Kinney, S., McCarty, J. L., Stevenson, G., Albertengo, J. Fire in the Fields: Moving Beyond the Damage of Open Agricultural Burning on Communities, Soil, and the Cryosphere, A CCAC Project Summary Report: Impacts and Reduction of Open Burning in the Andes, Himalayas – and Globally, International Cryosphere Climate Initiative, Climate and Clean Air Coalition to Reduce Short-Lived Climate Pollutants (CCAC): Paris, France, 2015.
 - [11] Parente, J., Girona-García, A., Lopes, A. R., Keizer, J. J., Vieira, D. C. S. Prediction, Validation, and Uncertainties of a Nation-Wide Post-Fire Soil Erosion Risk Assessment in Portugal, *Scientific Reports*, 2022, 12 (1), 2945, doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-07066-x>.
 - [12] Nunes, L. J. R., Raposo, M. A. M., Meireles, C. I. R., Gomes, C. J. P., Ribeiro, N. M. C. A. The Impact of Rural Fires on the Development of Invasive Species: Analysis of a Case Study with *Acacia dealbata* Link. in Casal Do Rei (Seia, Portugal), *Environment*, 2021, 8, 44, doi: <https://doi.org/10.3390/environments8050044>.
 - [13] Sabljčić, L., Perić, Z. M., Bajić, D., Marković, S. B., Adžić, D., Lukić, T. Advancing wildfire monitoring: remote sensing techniques and applications in the Sana River Basin, Bosnia and Herzegovina, *Natural Hazards*, 2025, 1–40, doi: <https://doi.org/10.1007/s11069-025-07518-3>.
 - [14] Fox, D. M., Maselli, F., Carrega, P. Using SPOT images and field sampling to map burn severity and vegetation factors affecting post forest fire erosion risk, *Catena*, 2008, 75 (3), 326–335, doi: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2008.08.001>.
 - [15] Bowman, D. M., Balch, J. K., Artaxo, P., Bond, W. J., Carlson, J. M., Cochrane, M. A., et al. Fire in the Earth system. *Science*, 2009, 324 (5926), 481–484, doi: [10.1126/science.1163886](https://doi.org/10.1126/science.1163886).
 - [16] Lee, R. J., Chow, T. E. Post-wildfire assessment of vegetation regeneration in Bastrop, Texas, using Landsat imagery. *GIScience & Remote Sensing*, 2015, 52 (5), 609–626, doi: <https://doi.org/10.1080/15481603.2015.1055451>.
 - [17] Lukić, T., Marić, P., Hrnjak, I., Gavrilov, M. B., Mladjan, D., Zorn, M., et al. Forest fire analysis and classification based on a Serbian case study. *Acta geographica Slovenica*, 2017, 57 (1), 51–63, doi: <https://doi.org/10.3986/AGS.918>.
 - [18] Vujović, F., Valjarević, A., Vila-Subirós, J., Šiljeg, A., Lukić, T. Geospatial modeling of wildfire susceptibility on a national scale in Montenegro: A comparative evaluation of F-AHP and FR methodologies, *Open Geosciences*, 2024, 16 (1), 20220694, doi: <https://doi.org/10.1515/geo-2022-0694>.
 - [19] Durlević, U., Srejić, T., Valjarević, A., Aleksova, B., Dedanski, V., Vujović, F., et al. GIS-Based Spatial Modeling of Soil Erosion and Wildfire Susceptibility Using VIIRS and Sentinel-2 Data: A Case Study of Šar Mountains National Park, Serbia, *Forests*, 2025, 16 (3), 484, doi: <https://doi.org/10.3390/f16030484>.
 - [20] Li, X., Chen, W. Y., Sanesi, G., Laforteza, R. Remote sensing in urban forestry: recent applications and future directions, *Remote Sensing*, 2019, 11 (10), 1144, doi: <https://doi.org/10.3390/rs11101144>.
 - [21] Quintano, C., Fernández-Manso, A., Stein, A., Bijker, W. Estimation of area burned by forest fires in Mediterranean countries: A remote sensing data mining perspective, *Forest Ecology and Management*, 2011, 262 (8), 1597–1607, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.07.010>.
 - [22] Myroniuk, V., Zibtsev, S., Bogomolov, V., Soshenskyi, O., Gumeniuk, V., Vasylyshyn, R. A web-based platform LANDSCAPE FIRES: regional-level fire management information system for Northern Ukraine, *European Association of Geoscientists & Engineers (Geoinformatics)*, 2021, 2021 (1), 1–6, doi: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215521113>.
 - [23] Fischer, C., Halle, W., Säuberlich, T., Frauenberger, O., Hartmann, M., Oertel, D., et al. Small satellite tools for high-resolution infrared fire monitoring, *Journal of Imaging*, 2022, 8 (2), 49, doi: <https://doi.org/10.3390/jimaging8020049>.

- [24] Rostami, A., Shah-Hosseini, R., Asgari, S., Zarei, A., Aghdami-Nia, M., Homayouni, S. Active fire detection from landsat-8 imagery using deep multiple kernel learning, *Remote Sensing*, 2022, 14 (4), 992, doi: <https://doi.org/10.3390/rs14040992>.
- [25] Pérez, C. C., Olthoff, A. E., Hernández-Trejo, H., Rullán-Silva, C. D. Evaluating the best spectral indices for burned areas in the tropical Pantanos de Centla Biosphere Reserve, Southeastern Mexico, *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 2022, 25, 100664, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100664>.
- [26] Seydi, S. T., Saeidi, V., Kalantar, B., Ueda, N., Halin, A. A. Fire-Net: A Deep Learning Framework for Active Forest Fire Detection, *Journal of Sensors*, 2022, 2022 (1), 8044390, doi: <https://doi.org/10.1155/2022/8044390>.
- [27] Tout, F., Rebouh, N., Dinar, H., Benzid, Y., Zouak, Z. The contribution of roads to forest fire protection in Tamza Municipality, Northeast Algeria, *International Journal of Disaster Risk Management*, 2024, 6 (2), 39–50, doi: <https://doi.org/10.18485/ijdrm.2024.6.2.3>.
- [28] Martins, B., Pinheiro, C., Hermenegildo, C., Nunes, A., Bento-Gonçalves, A., Laranjeira, M. A multi-hazard map-based wildfires and gully erosion in a Mediterranean mountain environment, *Natural Hazards*, 2025, 1–23, doi: <https://doi.org/10.1007/s11069-025-07399-6>.
- [29] Matin, M. A., Chitale, V. S., Murthy, M. S., Uddin, K., Bajracharya, B., Pradhan, S. Understanding forest fire patterns and risk in Nepal using remote sensing, geographic information system and historical fire data, *International Journal of Wildland Fire*, 2017, 26 (4), 276–286, doi: <https://doi.org/10.1071/WFI6056>.
- [30] Vilar, L., Camia, A., San-Miguel-Ayanz, J. A comparison of remote sensing products and forest fire statistics for improving fire information in Mediterranean Europe, *European Journal of Remote Sensing*, 2015, 48 (1), 345–364, doi: <https://doi.org/10.5721/EuJRS20154820>.
- [31] Amraoui, M., Liberato, M. L., Calado, T. J., DaCamara, C. C., Coelho, L. P., Trigo, R. M., et al. Fire activity over Mediterranean Europe based on information from Meteosat-8, *Forest Ecology and Management*, 2013, 294, 62–75, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.08.032>.
- [32] Abram, N. J., Henley, B. J., Sen Gupta, A., Lippmann, T. J., Clarke, H., Dowdy, A. J., et al. Connections of climate change and variability to large and extreme forest fires in southeast Australia, *Communications Earth & Environment*, 2021, 2 (1), 8, doi: <https://doi.org/10.1038/s43247-020-00065-8>.
- [33] Canadell, J. G., Meyer, C. P., Cook, G. D., Dowdy, A., Briggs, P. R., Knauer, J., et al. Multi-decadal increase of forest burned area in Australia is linked to climate change, *Nature communications*, 2021, 12 (1), 6921, doi: <https://doi.org/10.1038/s41467-021-27225-4>.
- [34] Abatzoglou, J. T., Williams, A. P., Boschetti, L., Zubkova, M., Kolden, C. A. Global patterns of inter-annual climate–fire relationships, *Global change biology*, 2018, 24 (11), 5164–5175, doi: <https://doi.org/10.1111/gcb.14405>.
- [35] Richardson, D., Black, A. S., Irving, D., Matear, R. J., Monselesan, D. P., Risbey, J. S., et al. Global increase in wildfire potential from compound fire weather and drought, *NPJ climate and atmospheric science*, 2022, 5 (1), 23, doi: <https://doi.org/10.1038/s41612-022-00248-4>.
- [36] Morton, D. C., Collatz, G. J., Wang, D., Randerson, J. T., Giglio, L., Chen, Y. Satellite-based assessment of climate controls on US burned area, *Biogeosciences*, 2013, 10 (1), 247–260, doi: <https://doi.org/10.5194/bg-10-247-2013>, 2013.
- [37] Littell, J. S., McKenzie, D., Wan, H. Y., Cushman, S. A. Climate change and future wildfire in the western United States: An ecological approach to nonstationarity, *Earth's Future*, 2018, 6 (8), 1097–1111, doi: <https://doi.org/10.1029/2018EF000878>.
- [38] Holden, Z. A., Swanson, A., Luce, C. H., Jolly, W. M., Maneta, M., Oyler, J. W., et al. Decreasing fire season precipitation increased recent western US forest wildfire activity, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2018, 115 (36), E8349–E8357, doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.1802316115>.
- [39] Zhao, F., Liu, Y. Important meteorological predictors for long-range wildfires in China, *Forest Ecology and Management*, 2021, 499, 119638, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119638>.
- [40] Yin, J., He, B., Fan, C., Chen, R., Zhang, H., Zhang, Y. Drought-related wildfire accounts for one-third of the forest wildfires in subtropical China, *Agricultural and Forest Meteorology*, 2024, 346, 109893, doi: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2024.109893>.
- [41] Darques, R. Wildfires at a Pan-Mediterranean scale: Human-environment dynamics through MODIS data, *Human ecology*, 2016, 44 (1), 47–63, doi: <https://doi.org/10.1007/s10745-015-9802-9>.
- [42] Tedim, F., Leone, V., Lovreglio, R., Xanthopoulos, G., Chas-Amil, M. L., Ganteaume, A., et al. Forest fire causes and motivations in the southern and South-Eastern Europe through experts' perception and

- applications to current policies, *Forests*, 2022, 13 (4), 562, doi: <https://doi.org/10.3390/f13040562>.
- [43] Xu, Z., Shan, W., Guo, Y., Zhang, C., Qiu, L. Swamp wetlands in degraded permafrost areas release large amounts of methane and may promote wildfires through friction electrification, *Sustainability*, 2022, 14 (15), 9193, doi: <https://doi.org/10.3390/su14159193>.
- [44] Zagalikis, G. Remote sensing and GIS applications in wildfires, *Geographic Information Systems-Data Science Approach*, 2023, doi: 10.5772/intechopen.111616.
- [45] Živanović, S., Tošić, I. Influence of Climatic Conditions on Fire Risk in Djerdap National Park (Serbia): A Case Study of September 2011, *Thermal Science*, 2020, 24, 2845–2855, doi: <https://doi.org/10.2298/TSCI190905094Z>.
- [46] Živanović, S. Impact of drought in Serbia on fire vulnerability of forests, *International Journal Bioautomation*, 2017, 21 (2), 217.
- [47] Živanović, S., Ivanović, R., Nikolić, M., Đokić, M., Tošić, I. Influence of air temperature and precipitation on the risk of forest fires in Serbia, *Meteorology and Atmospheric Physics*, 2020, 132 (6), 869–883, doi: <https://doi.org/10.1007/s00703-020-00725-6>.
- [48] Marković, S. M., Nikolić, M. B., Zlatković, K. B., Nikolić, S. D., Rakonjac, B. L., Stankov-Jovanović, P. V., et al. Short-term patterns in the post-fire diversity of limestone grasslands and rocky ground vegetation, *Applied Ecology & Environmental Research*, 2018, 16 (3).
- [49] Statistički godišnjak (2024): Opštine i regioni u Republici Srbiji. Republički zavod za statistiku. Beograd.
- [50] Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., Rubel, F. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated, *Meteorologische Zeitschrift*, 2006, 15 (3), 259–263, doi: 10.1127/0941-2948/2006/0130.
- [51] Fire Information for Resource Management System (FIRMS). Delimično dostupno na: <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/map/#d:24hrs:@0.0,0.0,3.0z> (Pristupljeno 9. jula 2025. godine).
- [52] Ray, T., Malasiya, D., Verma, A., Purswani, E., Qureshi, A., Khan, M. L., et al. Characterization of spatial-temporal distribution of forest fire in Chhattisgarh, India, using MODIS-based active fire data, *Sustainability*, 2023, 15 (9), 7046, doi: <https://doi.org/10.3390/su15097046>.
- [53] Liu, Z., Cheng, L. Review of gis technology and its applications in different areas, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020, 735 (1), 012066, doi: 10.1088/1757-899X/735/1/012066.
- [54] Fiedukowicz, A. The role of spatial context information in the generalization of geographic information: Using reducts to indicate relevant attributes. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2020, 9 (1), 37, doi: <https://doi.org/10.3390/ijgi9010037>.
- [55] Miletić, M., Stevanović, M. Prostorna i statistička analiza divljih deponija na teritoriji opštine Aleksinac primenom GIS-a i softvera PAST, *Zbornik radova 16. Naučno-stručnog skupa „Studenti u susret nauci – StES 2023“* (Banja Luka), 2023, 1, 77–96.
- [56] Žižić, M., Lovrić, M., Pavličić, D. (2000): *Metodi statističke analize*. Ekonomski fakultet. Beograd. [57] *Meteorološki godišnjaci (1981–2017)*. Republički hidrometeorološki zavod Srbije. Beograd.
- [58] CORINE Land Cover (2012). Delimično dostupno na: <https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover> (Pristupljeno 11. jula 2025. godine).
- [59] Tošić, I., Mladjan, D., Gavrilov, M. B., Živanović, S., Radaković, M. G., Putniković, S., et al. Potential influence of meteorological variables on forest fire risk in Serbia during the period 2000-2017, *Open Geosciences*, 2019, 11 (1), 414–425, doi: <https://doi.org/10.1515/geo-2019-0033>.
- [60] Gajović, V., Todorović, B. Spatial and temporal analysis of fires in Serbia for period 2000-2013, *Journal of the Geographical Institute „Jovan Cvijic“, SASA*, 2013, 63 (3), 297–312.
- [61] Ducić, V., Radovanović, M. (2005): *Klima Srbije*. I izdanje. Zavod za udzbenike i nastavna sredstva. Beograd.
- [62] Anđelković, G., Jovanović, S., Manojlović, S., Samardžić, I., Živković, L., Šabić, D., et al. Extreme precipitation events in Serbia: defining the threshold criteria for emergency preparedness, *Atmosphere*, 2018, 9 (5), 188, doi: <https://doi.org/10.3390/atmos9050188>.

SPATIAL AND TEMPORAL DISTRIBUTION OF FIRES IN THE TERRITORY OF THE MUNICIPALITY OF ALEKSINAC

Authors: MILAN MILETIĆ, Jovana Vuletić

Email: milanmiletic181@gmail.com

Mentor: Assoc. Prof. Mrđan Đokić

Faculty of Sciences and Mathematics, University of Niš

Introduction: Open-area fires are a major environmental problem and, in most cases, are caused by human negligence. They are often limited in scope and intensity, but can spread and cause serious consequences for natural ecosystems and endanger the lives of people and animals. The municipality of Aleksinac faces similar challenges, as open fires are frequently recorded in its territory.

Aim: The aim of the study was to analyse the spatial and temporal distribution of open-area fires and to observe patterns of their occurrence and spatial grouping.

Materials and Methods: Fire data recorded by MODIS sensors were downloaded from NASA's FIRMS platform. Subsets of historical fire locations, registered between January 1, 2001, and July 9, 2025, were downloaded in vector data format. The spatial and temporal analysis was carried out using the QGIS and PAST programmes.

Results: The highest number of registered fires in one year was recorded in 2007, when a total of 31 fires were registered. A large number of fires were the result of low rainfall and high air temperatures. In periods when the average monthly air temperatures were lower and the monthly amount of precipitation was above the multi-year average, the number of fires was significantly lower. The spatial analysis identified 10 clusters, 5 of which are located in the South Morava Valley. The largest number of fires was registered in Cluster 4, which included the areas west and north-west of Aleksinac, and which spatially coincided with the most intense hotspot of fire occurrence.

Conclusion: Meteorological conditions play a key role in the occurrence and spread of fires in the area of the municipality of Aleksinac, while the frequent fires in October and March are a consequence of increased agricultural activity. Non-irrigated arable land has the highest risk of open-area fires.

Keywords: MODIS; fires; spatial analysis; temporal analysis; hotspots

