

# PROSTORNO-VREMENSKA ANALIZA DOSTUPNOSTI HELIKOPTERSKIH KAPACITETA ZA GAŠENJE ŠUMSKIH POŽARA NA TERITORIJI REPUBLIKE SRPSKE

Saša Ljubojević<sup>1</sup>, Branko Latinović<sup>2</sup>

<sup>1</sup>JPŠ "Šume Republike Srpske", 78000 Banja Luka, Trg Republike Srpske 8/11, Republika Srpska  
[sasa.ljubojevic@sumers.org](mailto:sasa.ljubojevic@sumers.org)

<sup>2</sup>Paneuropski univerzitet APEIRON, 78 000 Banja Luka, Pere Krece 13, Bosna i Hercegovina  
[branko.b.latinovic@apeiron-uni.eu](mailto:branko.b.latinovic@apeiron-uni.eu)

**Corresponding author:** Saša Ljubojević, JPŠ "Šume Republike Srpske", 78000 Banja Luka, Trg Republike Srpske 8/11, Republika Srpska [sasa.ljubojevic@sumers.org](mailto:sasa.ljubojevic@sumers.org)

## SAŽETAK

Ovaj rad predstavlja rezultate prostorno-vremenske analize dostupnosti helikopterskih kapaciteta Helikopterskog servisa Republike Srpske prilikom gašenja šumskih požara. Analiza je obuhvatila dvije postojeće baze helikoptera, smještene u Banjoj Luci i Trebinju i izvedena je korištenjem geografskih informacionih sistema (GIS). Korišteni su prostorni podaci o administrativnim granicama Republike Srpske, tehničke karakteristike helikoptera tipa A 119 opremljenih Bambi Bucket 2024 sistemom, kao i podaci o vegetaciji iz baze CORINE Land Cover. Generisane su vremenske zone dostupnosti od 10, 20, 30 i 40 minuta leta, uz dodatno vrijeme od jednog sata potrebnog za pripremu helikoptera i posade. Analiziran je procenat teritorije Republike Srpske unutar svake zone. Rezultati pokazuju da kombinovana pokrivenost dviju baza osigurava značajan obuhvat teritorije, ali i da postoje zone s ograničenom dostupnošću, posebno u kraćim vremenskim intervalima. Dobijeni nalazi mogu poslužiti kao osnova za optimizaciju rasporeda kapaciteta i unapređenje strategija zaštite šuma od požara.

**KLjučne riječi:** šumski požari, GIS analiza, helikopterske intervencije, vrijeme reakcije.

## UVOD

Šumski požari predstavljaju jednu od najvećih prijetnji šumskim ekosistemima Republike Srpske, izazivajući ozbiljne ekološke, ekonomske i društvene posljedice. Brza i efikasna reakcija u početnoj fazi požara ključna je za smanjenje razmjera štete, pri čemu helikopterski kapaciteti imaju važnu ulogu u inicijalnom gašenju i podršci zemaljskim snagama (Ljubojević i Stanković, 2021). Efikasnost angažovanja helikoptera u gašenju požara zavisi od njihove prostorne raspoređenosti, vremena reakcije i dostupnosti kritičnim područjima. Prostorno-vremenska analiza omogućava kvantifikaciju pokrivenosti teritorije i identifikaciju zona koje su u optimalnim vremenskim okvirima dostupne postojećim kapacitetima. Helikopterski servis Republike Srpske za operacije gašenja požara koristi helikoptere tipa A 119, sa maksimalnom brzinom leta od 281 km/h, opremljene sistemom za prenos vode tipa Bambi Bucket 2024. Ova kombinacija omogućava brzo prebacivanje vatrogasnih resursa do požarišta i efikasno djelovanje u početnim fazama požara. Cilj ovog rada je da, korištenjem geografskih informacionih sistema (GIS) odnosno QGIS-a, izvrši prostorno-vremensku analizu dostupnosti helikopterskih kapaciteta za gašenje šumskih požara na teritoriji Republike Srpske.

## METODOLOGIJA

Prostorni okvir istraživanja čine administrativne granice Republike Srpske. Lokacije baza helikopterskih kapaciteta preuzete su od Helikopterskog servisa Republike Srpske, pri čemu su identifikovane dvije operativne baze: Banja Luka i Trebinje. Helikopterski servis Republike Srpske koristi helikoptere tipa A 119, maksimalne brzine leta 281 km/h, opremljene protivpožarnim vedrom tipa Bambi Bucket 2024. Ova konfiguracija omogućava prenos i ispuštanje značajnih količina vode na požarištu, uz visoku manevarabilnost u zahtjevnim terenskim uslovima. Na osnovu tehničkih karakteristika helikoptera i informacija o operativnoj proceduri, definisana su četiri

Ljubojević, S. i Latinović, B. (2025). Prostorno-vremenska analiza dostupnosti helikopterskih kapaciteta za gašenje šumskih požara na teritoriji Republike Srpske. *STED Conference 14(2)*, 527-532.

vremenska praga leta: 10, 20, 30 i 40 minuta. Na svaku od vremenskih zona dodat je fiksni interval od 1 sata pripreme posade i letjelice prije polijetanja.

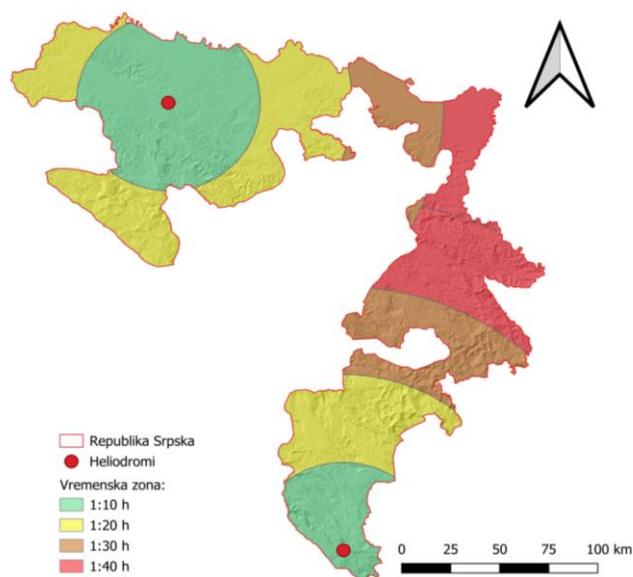
Analiza je provedena u tri koraka:

- Generisanje vremenskih zona dostupnosti iz baza Banja Luka i Trebinje korištenjem GIS alata (QGIS) i funkcija za prostornu analizu (buffer).
- Izračun procentualne pokrivenosti teritorije Republike Srpske za svaku zonu dostupnosti, odvojeno i kombinovano.
- Analiza pokrivenosti vegetacionih klasa relevantnih za šumske požare (CORINE 311, 312, 313, 321, 322, 323, 324) po vremenskim zonama (Ljubojević i Latinović, 2022).

Za vizuelni prikaz rezultata izrađene su dvije karte u QGIS-u: prva prikazuje lokacije heliodroma i pripadajuće buffer zone, dok druga prikazuje prostornu raspodjelu vegetacije po vremenskim zonama dostupnosti (Ljubojević i Latinović, 2022).

## REZULTATI SA KVANTITATIVNOM ANALIZOM

Rezultati prostorne analize pokazali su značajne razlike u pokrivenosti teritorije između baza Banja Luka i Trebinje, uslovljene njihovim geografskim položajem. Banja Luka pokriva sjeverni i centralni dio teritorije, dok Trebinje pokriva južne i jugoistočne oblasti. U najkraćem vremenskom intervalu pokriven je ograničen dio teritorije, dok se povećanjem vremena leta do 40 minuta značajno proširuje zona obuhvata.



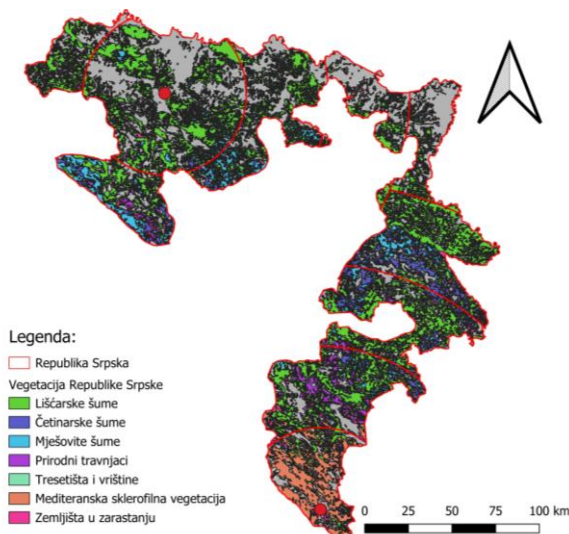
Slika 1: Lokacije heliodroma i vremenske zone.

Figure 1: Heliport locations and time zones.

Na slici 1 je prikaz lokacija heliodroma i pripadajućih vremenskih zona dostupnosti (buffer zone) za helikopterske kapacitete Helikopterskog servisa Republike Srpske. Buffer zone predstavljaju udaljenosti koje helikopter tipa A 119 može preći za 10, 20, 30 i 40 minuta leta, uz dodatno vrijeme od jednog sata potrebnog za pripremu posade i letjelice. Podaci su obrađeni u QGIS okruženju korištenjem vektorskih analiza i alata za generisanje zona dostupnosti. Ova karta prikazuje prostornu pokrivenost dviju postojećih baza (Banja Luka i Trebinje) i identifikuje područja koja ostaju izvan optimalnog vremenskog dosega.

Ljubojević, S. i Latinović, B. (2025). Prostorno-vremenska analiza dostupnosti helikopterskih kapaciteta za gašenje šumskih požara na teritoriji Republike Srpske. *STED Conference 14(2)*, 527-532.

Analiza vegetacije ukazuje na to da su u dužim vremenskim intervalima obuhvaćene veće površine visokog požarnog rizika, dok su u kraćim intervalima značajne površine izvan zone dostupnosti. Karte generisane u QGIS-u jasno ilustruju prostornu distribuciju heliodroma, vremenskih zona leta i vegetacionih tipova unutar tih zona.



Slika 2: Prikaz tipova vegetacije i vremenskih zona.

Figure 2: Display of vegetation types and time zones.

Na Slici 2 prikazana je prostorna raspodjela vegetacionih tipova relevantnih za šumske požare unutar vremenskih zona dostupnosti iz baza Banja Luka i Trebinje. Korišteni su podaci iz CORINE Land Cover baze, pri čemu su izdvojene klase 311, 312, 313, 321, 322, 323 i 324, koje obuhvataju šumske i poluprirodne površine visokog požarnog rizika (Krčadinac, Ljubojević i Latinović, 2023). Karta prikazuje koliko su navedene vegetacione površine pokrivene helikopterskim kapacitetima u različitim vremenskim intervalima, čime se omogućava identifikacija kritičnih zona koje zahtijevaju posebnu pažnju u planiranju intervencija.

Analiza prostorno-vremenske dostupnosti pokazala je da raspored postojećih baza osigurava dobru pokrivenost većeg dijela teritorije. Tehničke karakteristike helikoptera A 119 omogućavaju brzo pokrivanje velikih udaljenosti, ali ukupna efikasnost zavisi i od vremenskih uslova, konfiguracije terena i dostupnosti izvora vode. Na osnovu rezultata, moguće je predložiti uspostavljanje privremenih operativnih punktova u područjima slabije dostupnosti, unapređenje procedura pripravnosti te kombinovanje sa bespilotnim letjelicama za detekciju i procjenu požara. Takođe, dalja istraživanja bi trebalo usmjeriti na uključivanje meteoroloških podataka, analizu istorijskih požara i modeliranje scenarija različitih operativnih konfiguracija.

Kvantitativna analiza prostorne dostupnosti helikopterskih kapaciteta izračunala je pokrivenost teritorije Republike Srpske u zavisnosti od vremena potrebnog da helikopter stigne do određene lokacije iz baza Banja Luka i Trebinje. Vrijeme reakcije podrazumijeva definisane zone leta od 10, 20, 30 i 40 minuta, uz dodatni sat potreban za pripremu posade i letjelice. Rezultati su prikazani u Tabeli 1, gdje su pored ukupne površine (izražene u hektarima) prikazani i procenti pokrivenosti u odnosu na ukupnu površinu Republike Srpske. Ovi podaci pokazuju razliku u prostornoj pokrivenosti između dvije baze, kao i kumulativni obuhvat kada se razmatraju zajedno.

Ljubojević, S. i Latinović, B. (2025). Prostorno-vremenska analiza dostupnosti helikopterskih kapaciteta za gašenje šumskih požara na teritoriji Republike Srpske. *STED Conference 14(2)*, 527-532.

Tabela 1. Površina pokrivenosti teritorije po zonama leta .

Table 1. Area of coverage of the territory by flight zones.

| Rd.br. | Heliodrom  | Površina RS |               | Procentat |
|--------|------------|-------------|---------------|-----------|
|        |            | Minuta      | Površina [ha] |           |
| 1      | Banja Luka | 10          | 601108,44     | 24%       |
| 2      | Banja Luka | 20          | 581712,43     | 23%       |
| 3      | Banja Luka | 30          | 133633,54     | 5%        |
| 4      | Banja Luka | 40          | 129333,76     | 5%        |
| 5      | Trebinje   | 10          | 209803,83     | 8%        |
| 6      | Trebinje   | 20          | 298453,98     | 12%       |
| 7      | Trebinje   | 30          | 266121,83     | 11%       |
| 8      | Trebinje   | 40          | 294235,86     | 12%       |

Iz Tabele 1 se vidi da baza u Banjoj Luci ima dominantnu pokrivenost teritorije u iznosu od 57 %, dok baza u Trebinju obezbjeđuje pokrivenost od 43% teritorije.

Dodatno, izvršena je analiza pokrivenosti površina visokog požarnog rizika definisanih na osnovu CORINE Land Cover podataka, koji obuhvataju klase 311, 312, 313, 321, 322, 323 i 324. U Tabeli 2 prikazane su ukupne površine pod šumama i šumskim zemljištem (izražene u hektarima) po vremenskim zonama, kao i procenti pokrivenosti u odnosu na ukupnu površinu. Ova analiza pruža uvid u to koliki dio šumskih površina je u optimalnom vremenskom dometu helikopterskih kapaciteta, što je ključno za procjenu rizika i planiranje intervencija.

Tabela 2. Površina vegetacije po zonama i procenat u odnosu na teritoriju.

Table 2. Area of vegetation by zones and percentage in relation to the territory.

| Rd.br. | Heliodrom  | Vegetacija |               | Procentat: |
|--------|------------|------------|---------------|------------|
|        |            | Zona       | Površina [ha] |            |
| 1      | Banja Luka | 10         | 287634,96     | 19%        |
| 2      | Banja Luka | 20         | 339936,43     | 23%        |
| 3      | Banja Luka | 30         | 45433,36      | 3%         |
| 4      | Banja Luka | 40         | 37057,81      | 2%         |
| 5      | Trebinje   | 10         | 157318,71     | 11%        |
| 6      | Trebinje   | 20         | 217482,78     | 15%        |
| 7      | Trebinje   | 30         | 194185,59     | 13%        |
| 8      | Trebinje   | 40         | 209747,64     | 14%        |

Podaci iz Tabele 2 pokazuju da značajan procenat površina visokog požarnog rizika potpada pod vremenske zone leta od 30 i 40 minuta iz baze Trebinje. Ovi rezultati naglašavaju važnost optimizacije rasporeda resursa i potencijalnog uspostavljanja dodatnih operativnih punktova u područjima sa značajnim vegetacionim rizikom (Stojković, 2020).

Dobijeni rezultati potvrđuju da postojeće dvije baze osiguravaju značajnu pokrivenost teritorije, ali da u kritičnim intervalima reakcije ( $\leq 20$  minuta) značajne površine visokog rizika ostaju izvan operativnog dometa. Ovo je posebno važno za područja koja su od baze Trebinje udaljena 30-40 minuta leta, što u praksi znači kašnjenje u početnoj fazi požara i povećanje vjerovatnoće nastanka većih ekoloških i ekonomskih šteta.

## ZAKLJUČCI

Istraživanje jasno ukazuje na potrebu strateškog jačanja helikopterskih kapaciteta kroz uspostavljanje minimalno jedne dodatne operativne baze, koja bi omogućila ravnomjerniju prostornu distribuciju i značajno smanjenje kritičnih zona izvan optimalnog dometa. Takav raspored bi osigurao vremensku dostupnost od 20 minuta za veći dio teritorije Republike Srpske, što predstavlja ključni prag za efikasno suzbijanje šumskih požara u njihovoj inicijalnoj fazi. Povećanje prostorne pokrivenosti u ovom vremenskom okviru ne bi samo podiglo nivo operativne

Ljubojević, S. i Latinović, B. (2025). Prostorno-vremenska analiza dostupnosti helikopterskih kapaciteta za gašenje šumskih požara na teritoriji Republike Srpske. *STED Conference 14(2)*, 527-532.

spremnosti, već bi i smanjilo rizik od nastanka velikih požara sa ozbiljnim ekološkim i ekonomskim posljedicama.

Dodatna baza bi omogućila i bolje povezivanje sa drugim segmentima sistema zaštite i spašavanja, poput zemaljskih vatrogasnih jedinica i službi civilne zaštite, čime bi se povećala ukupna sinergija i otpornost sistema. Posebno je važno naglasiti da optimalna prostorna raspoređenost baza direktno utiče na smanjenje vremena reakcije, što je jedan od presudnih faktora u procjeni uspješnosti intervencija.

Dalja istraživanja treba usmjeriti na kombinovanje ovog modela sa integracijom meteoroloških podataka, sezonskih obrazaca pojave požara i detaljne analize istorijskih događaja. Na taj način moguće je razviti scenarije koji bi simulirali različite operativne konfiguracije i omogućili donošenje strateških odluka zasnovanih na podacima. Takođe, uključivanje bespilotnih letjelica za detekciju i nadzor, kao i razvoj informacionih sistema za predikciju rizika, predstavljaju smjer u kojem je potrebno dodatno ulagati kako bi se postigao sveobuhvatan i održiv sistem zaštite šuma od požara.

## DECLARATIONS OF INTEREST STATEMENT

The authors affirm that there are no conflicts of interest to declare in relation to the research presented in this paper

## LITERATURA

Ljubojević, S. i Stanković, Ž. (2021). Upotreba geografskih informacionih sistema za zaštitu od šumskih požara. U *Zborniku radova sa XIII međunarodno naučno-stručnog skupa Informacione tehnologije za e-obrazovanje*, (str. 248 -253). Banja Luka: Panevropski Univerzitet „Apeiron“.

Ljubojević, S. i Latinović, B. (2022). Prikaz pojave šumskih požara evidentiranih pomoću Modis-a na teritoriji Republike Srpske i prikazanih u GIS-u. U *Zborniku radova sa XI međunarodne konferencije o društvenom i tehnološkom razvoju*, (str. 96 -101). Banja Luka: Univerzitet PIM.

Krčadinac, O., Ljubojević, S., & Latinović, B. (2023) Analysis of data on forests collected through remote detection at the territory of the Republic of Srpska. *The Third international conference on sustainable environment and technologies "Create sustainable community"*, Belgrade, 22-23 september 2023, University "Union Nikola Tesla" Beograd, Srbija, page 117-122.

Ljubojević, S., & Latonović, B. (2022). Analysis of wildfire occurrence in national forests at the territory of the Republic of Srpska presented through GIS. *The second international conference on sustainable environment and technologies "Create sustainable community"*. Belgrade, 23-24 september 2022, University "Union Nikola Tesla" Beograd, Srbija, page 223-230.

Stojković, S. (2020) *Prikupljanje i integracija geoprostornih podataka*. Beograd: Univerzitet u Beogradu – Geografski fakultet.

Ljubojević, S. i Latinović, B. (2025). Prostorno-vremenska analiza dostupnosti helikopterskih kapaciteta za gašenje šumskih požara na teritoriji Republike Srpske. *STED Conference 14*(2), 527-532.

## **SPATIAL-TEMPORAL ANALYSIS OF HELICOPTER AVAILABILITY FOR WILDFIRE SUPPRESSION IN THE TERRITORY OF REPUBLIC OF SRPSKA**

Sasa Ljubojevic<sup>1</sup>, Branko Latinovic<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Public Forest Enterprise “Forests of Republic of Srpska”, 78000 Banja Luka, address: Trg Republike Srpske No. 8/11, Bosnia and Herzegovina, [sasa.ljubojevic@sumers.org](mailto:sasa.ljubojevic@sumers.org)

<sup>2</sup>Pan-European University APEIRON, 78 000 Banja Luka, address: Pere Krece No. 13, Bosnia and Herzegovina, [branko.b.latinovic@apeiron-uni.eu](mailto:branko.b.latinovic@apeiron-uni.eu)

### **ABSTRACT**

The effectiveness of aerial interventions in wildfire suppression largely depends on the spatial distribution of operational capacities, response time, and logistical support on the ground. This study focuses on the territory of Republic of Srpska and analyzes the temporal accessibility of firefighting helicopters, considering flight performance, preparation time, and safe access to water sources. Using Geographic Information System (GIS) tools, temporal coverage zones were generated based on known helicopter base locations and technical characteristics. Additionally, the ground logistics of deploying mobile water reservoirs was examined through network analysis of the road infrastructure, aiming to model the actual time required to initiate an effective aerial intervention. By integrating aerial and ground response components, a comprehensive spatio-temporal model of resource accessibility was developed. The results can support strategic planning, optimization of firefighting resource allocation, and identification of areas with extended wildfire response times across the territory of Republic of Srpska.

**Keywords:** wildfire, GIS analysis, helicopter interventions, response time.