

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ШУМАРСКИ ФАКУЛТЕТ
КАТЕДРА ЗАШТИТЕ ШУМА

Министарству Пољопривреде, шумарства и водопривреде
Управи за шуме

КОРЕКЦИЈА КОНАЧНОГ ИЗВЕШТАЈА

Пројекат:

**ПРОГНОЗИРАЊЕ ОПАСНОСТИ И РАНА ДЕТЕКЦИЈА ПОЖАРА НА ПОДРУЧЈУ ИСТОЧНЕ
СРБИЈЕ-ПОДРШКА ИЗРАДИ ПЛАНОВА ГАЗДОВАЊА ШУМАМА**

Уговор бр.: 401-00-1178/2018-10

Др Слободан Милановић

Београд, 25.04.2019.

ИСТРАЖИВАЧИ:

1. Др Слободан Милановић, ван. проф. (ШФ-КЗШ)
2. Ана Михаловић, дипл. метеоролог. (РХМЗ)
3. Ненад Марковић, дипл. инж. шум. (ЈП СШ)
4. Др Јована Бјекић (ИМИ- Биомедицински инжењеринг и биофизика)
5. Др Слађан Милановић, (ИМИ- Биомедицински инжењеринг и биофизика)
6. Др Драган Памучар, доцент (Универзитет одбране)
7. Сима Марковић (Шумарски кластер)

На основу захтева из Записника број 401 -00-1178 /2018-10 од 19.04.2019. године, који је сачињен од стране чланова Стручне комисије за пријем извршених радова која је формирана од стране Управе за шуме (Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде) о прегледаном Коначном извештају број број 01-1151/1 од 18.3.2019. године достављамо вам кориговану верзију овог извештаја.

Београд, 25.04.2019.

РУКОВОДИЛАЦ ПРОЈЕКТА

ДЕКАН ШУМАРСКОГ ФАКУЛТЕТА

др Слободан Милановић, доцент

М.П.

др Ратко Ристић, ред. проф.

Konačni Izveštaj po projektu „Prognoziranje opasnosti i rana detekcija požara na području Istočne Srbije-podrška izradi planova gazdovanja šumama“

UNIVERZITET U BEOGRADU ŠUMARSKI FAKULTET

25. mart, 2019

Rukovodilac projekta: dr Slobodan Milanović, vanredni profesor
(korigovani izveštaj 25-04-2019)

KONAČNI IZVEŠTAJ PO PROJEKTU „PROGNOZIRANJE OPASNOSTI I RANA DETEKCIJA POŽARA NA PODRUČJU ISTOČNE SRBIJE-PODRŠKA IZRADI PLANOVA GAZDOVANJA ŠUMAMA“

OPŠTI PODACI O PROJEKTU

Informacije o podnosiocu prijave projekta	
Naziv institucije:	Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet
Adresa:	Kneza Višeslava 1, 11000 Beograd

Napomena: Ukoliko ima više podnosilaca prijave za isti naziv i učešće u istom projektu ovu informaciju popuniti za svakog podnosioca.

Naziv projekta:	Prognoziranje opasnosti i rana detekcija požara na području Istočne Srbije- podrška izradi planova gazdovanja šumama
-----------------	--

Tip projekta:	<input type="checkbox"/> Edukacija <input type="checkbox"/> Promocija <input checked="" type="checkbox"/> Ostalo
---------------	--

RUKOVODILAC PROJEKTA	
Prezime i ime:	Dr Slobodan Milanović
Telefon:	011- 3053882
Mobilni telefon:	+381 63 888 6119
e-mail:	slobodan.milanovic@sfb.bg.ac.rs
Funkcija u organizaciji:	Rukovodilac Centra za istraživanje šumskih požara, Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet
Napomena:	
PROJEKAT ODOBRILO (ODGOVORNO LICE)	
Prezime i ime:	Dr Ratko Ristić
Funkcija u organizaciji:	Dekan

PROJEKTNI TIM:			
R.br.	Ime i prezime, zvanje	Potpis	Angažovanje (istraživač/ meseci)
1.	Dr Slobodan ¹ Milanović, van. prof. (ŠF-KZŠ)		4
2.	Ana Mihalović, dipl. meteorolog. (RHMZ)		1
3.	Nenad ¹ Marković, dipl. inž. šum. (JP SŠ)		4
4.	Dr Jovana Bjekić (IMI- Biomedicinski inženjering i biofizika)		3
5.	Dr Slađan ² Milanović, (IMI- Biomedicinski inženjering i biofizika)		3
6.	Dragan Pamučar (Univerzitet odbrane)		2
7.	Sima ² Marković (Šumarski klaster)		2

Predlog dinamike sprovođenja projekta od momenta potpisivanja ugovora	
Vremenski period potreban za početak realizacije projekta:	15 dana
Vremenski period potreban za završetak projekta:	5 meseci
Najkasniji rok za početak aktivnosti u projektu (upisati datum):	01/07/2018
Vreme trajanja projekta:	5 meseci
Da li je projekat nastavak prošlogodišnjeg? (upisati da ili ne)	da

Predlog iznosa sredstava za finansiranje projekta (budžet projekta)	
Iznos ukupnog budžeta projekta (u DIN):	1,884,193.60
Iznos dela sredstava za 1. godinu projekta (u DIN):	
Iznos dela budžeta projekta koji se finansira iz sredstava za zaštitu i unapređenje šuma (ukoliko je obezbeđeno sufinansiranje) (u DIN):	

Informacije o javnim nabavkama koje su potrebne za sprovođenje projekta	
Iznos javnih nabavki u projektu (u DIN):	100.000,00

SADRŽAJ

UVOD	4
REZULTATI ISTRAŽIVANJA	9
CILJ 1. IZRADA „STATIČKE“ KARTE OPASNOSTI OD POŽARA ZA JEDAN REGION U SRBIJI	11
CILJ 2. IZRADA MODELA ZA PROCENU OPASNOSTI OD POŽARA KAO OSNOVA ZA „DINAMIČKU“ KARTU OPASNOSTI OD POŽARA	29
CILJ 2A. IZRADA WEB PORTALA ZA PROGNOZIRANJE OPASNOSTI OD POJAVE POŽARA	32
CILJ 3. PROJEKTOVANJE MREŽE KAMERA ZA RANU DETEKCIJU POŽARA ZA JEDAN REGION U SRBIJI	35
CILJ 4. DEFINISANJE SMERNICA KAO PODRŠKA ZA IZRADU PLANOVA GAZDOVANJA ŠUMAMA U ODNOSU NA RAZLIČITE STEPENE OPASNOSTI OD POJAVE POŽARA	51
LITERATURA	60
DODATAK	61

Prilikom izrade planova gazdovanja šumama moraju se uzeti u obzir svi štetni faktori biotičke i abiotičke prirode, koji ugrožavaju opstanak pojedinih sastojina ili čitave šume na nekom području za koju se dokument donosi ili narušavaju normalno gazdovanje, odnosno moraju sadržati mere za smanjenje potencijalnih šteta. Da bi se to postiglo, neophodno je prvo prostorno razgraničiti šume prema nivou ugroženosti od pojedinih štetnih faktora kako bi se za svaki nivo posebno planirale odgovarajuće mere.

Šumski požari predstavljaju najdestruktivniji vid devastacije šumskih ekosistema. U vrlo kratkom vremenskom periodu mogu da nestanu velike površine pod šumom sa katastrofalnim posledicama po životnu sredinu. Pored direktnih šteta usled uništene drvne mase, bivaju narušene i sve ostale funkcije šume pa se ukupna šteta mnogostruko uvećava. Nakon požara, vrlo često dolazi do eskalacije drugih destruktivnih faktora, kao što su prenamnoženja insekata i biljnih bolesti, koji dodatno destabilizuju opožarene i neopožarene delove šume, čime se površina bez šume dodatno uvećava. Smanjenje površina pod šumom povećava opasnost od bujičnih tokova u brdskim predelima i poplava u nizijama koje mogu da dovedu do ekstremno velikih šteta po društvo i državu.

Statistički podaci pokazuju da se učestalost požara, kao i ukupna opožarena površina, povećavaju iz godine u godinu na globalnom nivou. Rast opasnosti, ali i šteta od požara, dovodi se u vezu sa klimatskim promenama. S obzirom na klimatske scenarije, koji predviđaju rast prosečnih temperatura od 4-6° C do kraja ovog stoleća, smanjenje ukupne količine padavina i njihovu neravnomernu distribuciju tokom godine sa dugim periodima suše tokom leta, može se očekivati dodatno povećanje učestalosti požara i povećanje opožarenih površina na području Srbije. S obzirom da u Srbiji ne postoji sistem prognoziranja opasnosti od požara, izgradnja jednog ovakvog sistema se nameće kao imperativ.

Istraživanjima koja su sprovedena tokom 2017. godine izvršena je analiza postojećih sistema za prognozu opasnosti od požara u svetu. Potom su analizirani domaći resursi neophodni za primenu pojedinih sistema nakon čega je izabran kanadski FWI sistem kao osnova za prognoziranje opasnosti od požara.

Retrospektivnom analizom požara u periodu 2012-2016. izvršeno je prikupljanje relevantnih podataka za testiranje i kalibraciju izabranog sistema. Pored FWI i njegovih komponenti testirani su i drugi abiotički, biotički i antropogeni faktori koji utiču na pojavu i ponašanje požara nakon čega je izvršeno njihovo rangiranje po značaju. S obzirom da FWI kao i drugi razmatrani sistemi za prognoziranje opasnosti od požara svoju prognozu daje na osnovu podataka koji karakterišu vlažnost gorivog materijala, možemo reći da se radi o definisanju potencijalne opasnosti od pojave požara, s obzirom na činjenicu da je izazivač požara u najvećem broju slučajeva čovek. Dakle, za precizniju prognozu pojave požara pored poznavanja vrste i stanja gorivog materijala, neophodno je uzeti u obzir i antropogene faktore kao što su udaljenost naselja, puteva, pruga, vodenih površina, ali i najznačajnije orografske uslove kao što su nadmorska visina, nagib i ekspozicija.

Tabela 1. Statistička analiza požara na područje Centralne Srbije za period 2012-2019. godina

Analizirana svojstva	Beograd	Šumadija i zapadna Srbija	Južna i istočna Srbija
ukupan broj požara u periodu 2012-2016	19	98	<u>199</u>
prosečna opožarena površina	1.57	16.54	<u>32.29</u>
uzrok (% čovek)	73.7	39.8 (45.9 ¹)	52.8 (46.2 ¹)
tip požara			
prizemni (%)	100	77.6	76.4
visoki (%)	-	5.1	4.0
kombinovani (%)	-	17.3	14.1
tip vegetacije			
šume četinarar(%)	10.5	<u>58.2</u>	25.1
šume lišćara(%)	89.5	28.6	<u>50.8</u>
mešovite šume(%)	-	5.1	-
livade i pašnjaci(%)	-	5.1	11.6
šikare i šiblji(%)	-	3.1	12.6
Ekspozicija			
N	42.1	30.6	<u>24.6</u>
E	31.6	14.3	<u>23.1</u>
S	15.8	36.7	<u>32.7</u>
W	10.5	18.4	<u>19.6</u>
Prosečna nadmorska visina požara	116.74	844.38	<u>612.75</u>
Prosečna udaljenost od naseljenog mesta (m)	1394.81	3879.42	<u>3575.70</u>
Prosečna udaljenost od puta (m)	420.42	1487.81	<u>1648.40</u>
Prosečna udaljenost od vodene površine (m)	1463.00	4903.26	<u>5671.28</u>
Prosečni parametri FWI pri požarima			
FWI	20.38	26.45	<u>30.62</u>
FFMC	88.95	88.83	<u>91.62</u>
ISI	9.02	9.12	<u>10.95</u>
DMC	46.33	81.89	<u>96.17</u>
DC	235.95	332.32	<u>381.77</u>
BUI	60.62	99.73	<u>115.16</u>

Vrednosti sa „bold“ podvučenim fontom se statistički značajno razlikuju

Statistička analiza svih parametara koji mogu uticati na pojavu požara, nakon retrospektivne analize požara za period 2012-2016. godina za područje čitave Srbije, pokazala je postojanje velikih razlika između političkih regiona Beograda, Južne i Istočne Srbije, Šumadije i Zapadne Srbije (Tabela 1).

¹ Uzrok požara nepoznat

Utvrđene razlike među analiziranim parametrima ukazuju da je nemoguće primeniti jedinstven model, koji bi sa jednakom pouzdanošću prognozirao opasnosti od pojave požara na teritoriji čitave Srbije. Iz tog razloga se pristupilo izradi modela za homogene celine koje su se izdvojene nakon statističke analize. Na ovu odluku su uticala i hardverska i softverska ograničenja, odnosno nemogućnost procesiranja velike količine podataka neophodnih da se modelom pokrije teritorija čitave Srbije. Tako su za istraživanja tokom 2018. (delom i 2019.) godine planirane teritorije u južnim i istočnim delovima Srbije koje obuhvataju sledeća šumska područja: Severnokučajsko, Južnokučajsko, Timočko, NP Đerdap, Rasinsko, Topličko, Jablaničko, Moravsko, Nišavsko i Južnomoravsko koje nije bilo planirano prijavom projekta (Slika Dž1).

Nakon analize postojećih sistema za ranu detekciju opasnosti od požara tokom 2017. godine, kao i analize domaćih resursa neophodnih za primenu pojedinih sistema, date su sugestije za primenu video nadzora sa zemlje optičkim sistemima, kombinovao sa bespilotnim letelicama koje bi trebalo da nadziru područja koja nisu pokrivena kamerama u vreme povišene opasnosti od požara. Tako su za istraživanja tokom 2018. (delom i 2019.) godine planirana ista šumska područja kao i za prognoziranje opasnosti od požara. U samoj prijavi projekta su definisane sledeće četiri aktivnosti:

1. Izrada „statičke“ karte opasnosti od požara za jedan region u Srbiji²

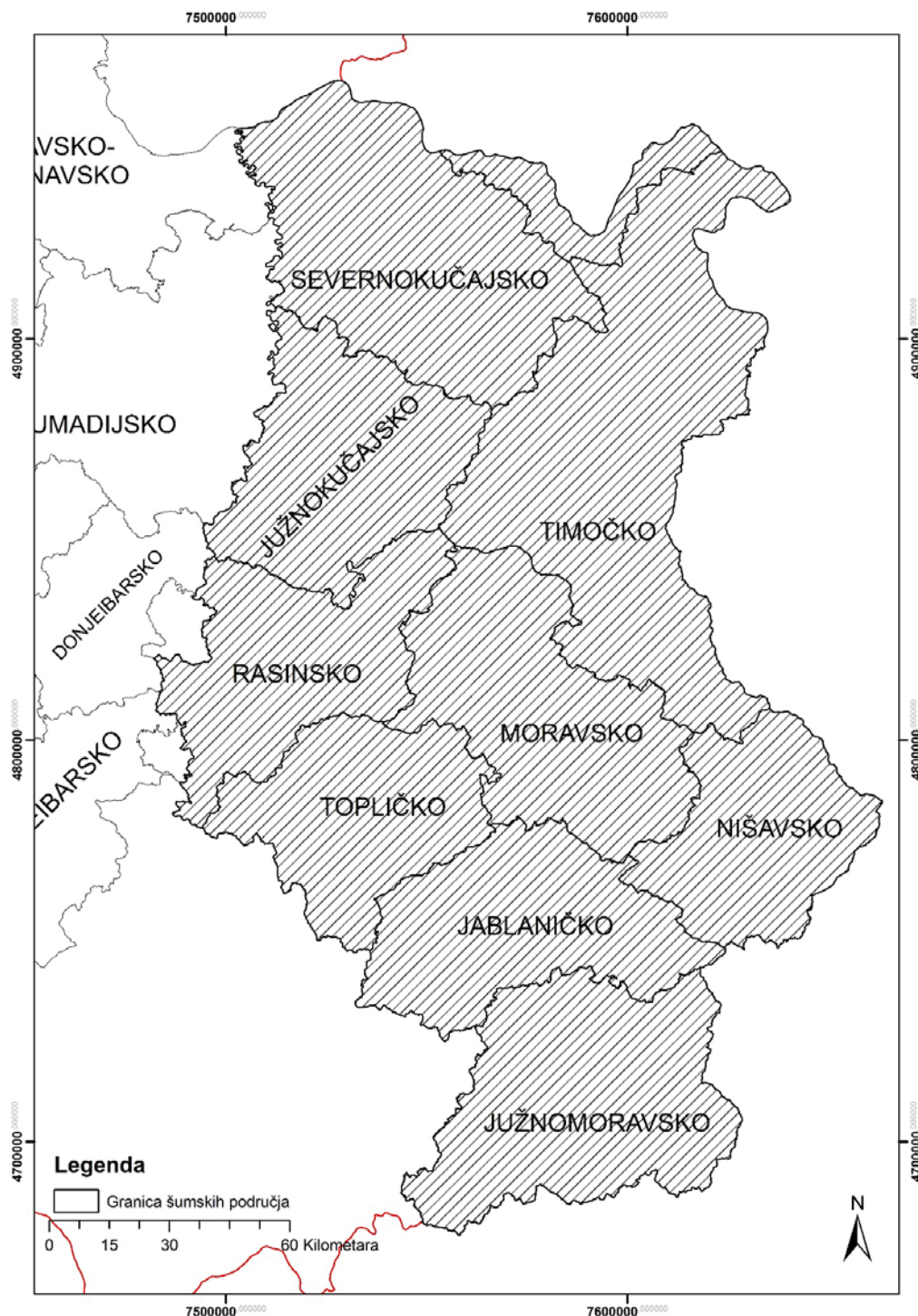
Za izradu „statičke karte“ opasnosti od požara pored istorijskih podataka o pojavi požara za izabrani region Srbije, analiziraće se i orografski podaci (nagib, ekspozicija, nadmorska visina), tip šumske vegetacije (četinari, lišćari, mešovite šume, pašnjaci, šikare i šibljac) antropogeni faktori (gustina populacije, distanca do naselja, distanca do puta) i drugi relevantni faktori koje će izdvojiti statistička analiza (logistička regresija) kao i u slučaju Topličkog okruga iz izveštaja za 2017. godinu. Karakteristika svih ovih podataka je da se ne menjaju u vremenu i prostoru ili se menjaju jako sporo, te ih možemo nazvati statičkim, pa otuda i naziv ove karte koja predstavlja jedan od ciljeva istraživanja. Kako se ne bi u potpunosti zanemario uticaj vremenskih prilika na pojavu požara, nakon izrade modela za procenu opasnosti od požara, primenom istog, ugradiće se i uticaj FWI u statičku kartu.

2. Projektovanje mreže kamera za ranu detekciju požara za jedan region u Srbiji

Nakon izrade statičke karte opasnosti od požara izdvojiće se područja u okviru jednog regiona Srbije sa povećanom opasnošću od požara. Takva područja biće predmet dalje analize i na tim područjima će se projektovati mreža kamera za osmatranje i ranu detekciju požara.

Za područja koja usled kupiranosti terena nisu pokrivena kamerama projektovaće se rute za nadgledanje bespilotnim letelicama.

² Severnokučajsko, Južnokučajsko, Timočko, NP Đerdap, Rasinsko, Topličko, Jablaničko, Moravsko, Nišavsko i Južnomoravsko šumsko područje



Slika 1. Šumska područja u Srbiji koja su bila predmet analize su označena sivom šrafurom.

3. Izrada modela za procenu opasnosti od požara kao osnova za „dinamičku“ kartu opasnosti od požara

Istraživanjima sprovedenim tokom 2017. godine formirana je solidna osnova za izgradnju modela za procenu opasnosti od požara. Izvršeno je rangiranje svih značajnih faktora koji utiču na pojavu požara za područje Topličkog okruga primenom logističke regresije. Identična analiza biće primenjena na

područje jednog regiona u Srbiji što će nam omogućiti izdvajanje najznačajnijih faktora za pojavu požara, koji ne moraju biti isti kao i za područje Topličkog okruga, usled ranije utvrđenih specifičnih razlika među regionima u pojavi i ponašanju požara. Ovaj model će nam omogućiti povezivanje statičkih elemenata kao što su tip vegetacije, orografski faktori i antropogeni uticaj sa FWI koji se menja u vremenu i prostoru.

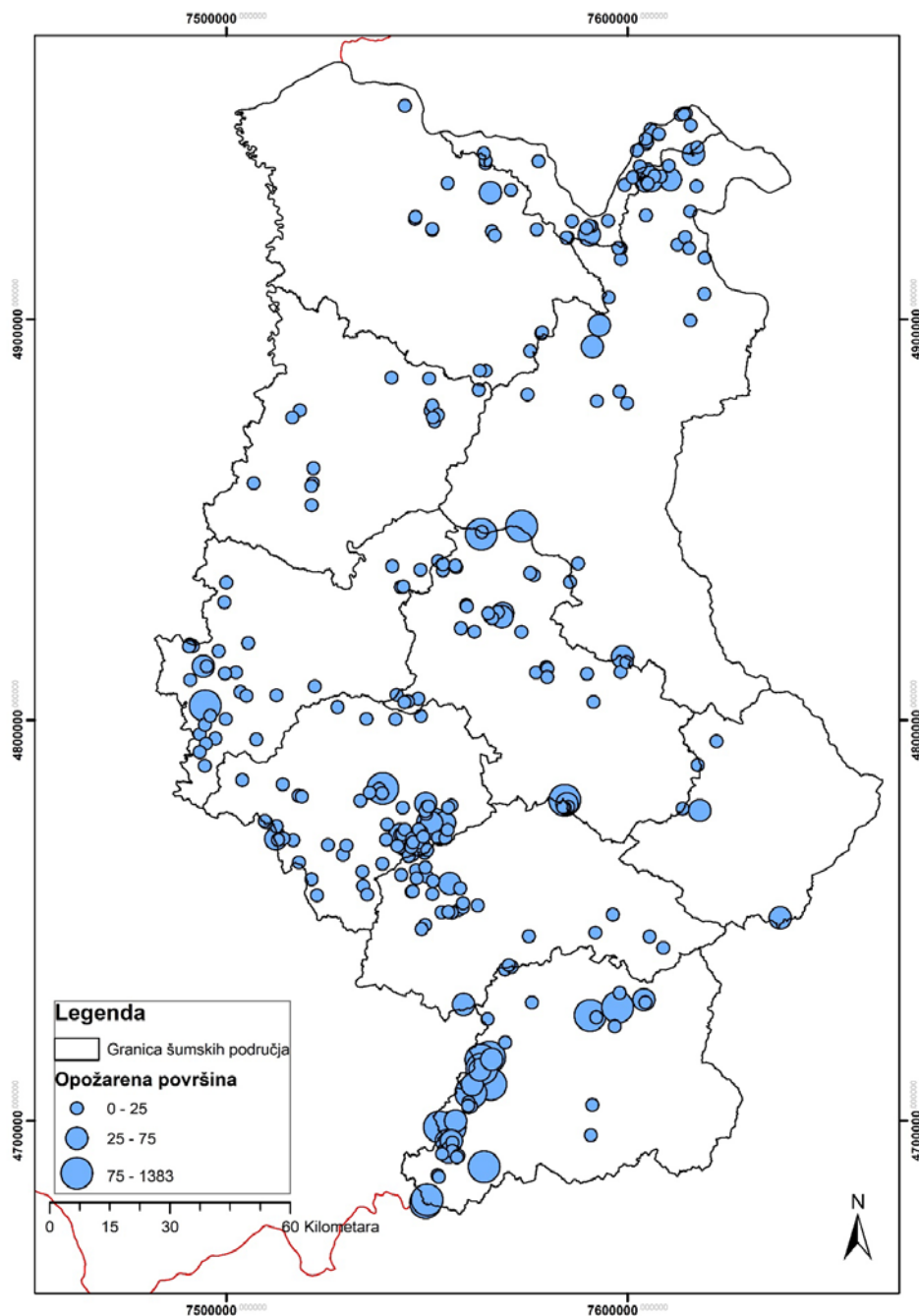
4. Definisane smernice kao podrška za izradu planova gazdovanja šumama u odnosu na različite stepene opasnosti od pojave požara

Planerima će realizacijom ove i drugih aktivnosti biti omogućeno da nakon izrade karata opasnosti od požara, za izabrana šumsko privredna područja koja su navedena u Tački 1., mogu da naprave pregled površina prema opasnosti od pojave požara za konkretne objekte planiranja (gazdinske jedinice ili šumsko privredna područja). Za svaku kategoriju opasnosti od pojave požara biće sugerisane smernice i aktivnosti koje bi se preporučivale u planovima gazdovanja šumama, a čijom bi se realizacijom smanjile štete požara.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Retrospektivna analiza požara u istraživanom području za period 2012-2017

Iz ranije prikupljenog seta podataka o požarima za prostor Centralne Srbije i period 2012-2016. godina, izdvojeni su podaci koji su se odnosili na požare koji pripadaju istraživanom području. Ovim podacima su pridruženi i podaci o požarima iz 2017. godine koji su se desili na istom području.



Slika 2. Lokacije požara za period 2012-2017. u istraživanom području

Statistička analiza prikupljenih podataka

Tabela 2. Rezultati statističke analize prikupljenih podataka

Vrsta analiziranih podataka	1 Rasinsko, Topličko, Jablaničko, Južnomoravsko	2 Nišavsko, Moravsko, Južnokučajsko	3 Severnokučajsko, Timočko, NP Đerdap
ukupan broj požara u periodu 2012-2017	189**	57	80
uzrok (% čovek; nepoznat)	56.1 ; 43.9	70.2 ; 28.1	67.5 ; 28.7
tip požara			
prizemni (%)	79.4	87.7	91.3
podzemni (%)	-	1.8	-
visoki (%)	3.2	1.8	1.3
kombinovani (%)	13.8	5.3	5.0
tip vegetacije			
šume četinarar(%)	28.0	26.3	1.3**
šume lišćara(%)	48.7	31.6	71.3**
livade i pašnjaci(%)	14.8	21.1	16.3
šikare i šibljadi(%)	8.5	21.1**	11.3
Aspect klasa			
1	20.1	26.3	26.3
2	25.9	17.5*	30.0*
3	33.9	35.1	30.0
4	20.1	21.1	13.8
Prosečna nadmorska visina požara	658.73	625.93	436.56*
Prosečna udaljenost od naseljenog mesta (m)	683.36**	1281.63	1252.58
Prosečna udaljenost od puta (m)	480.13*	818.57	1150.74*
Prosečna udaljenost od vodene površine (m)	1191.92*	2345.80	2719.06*

Vrsta analiziranih podataka	1 Rasinsko, Topličko, Jablaničko, Južnomoravsko	2 Nišavsko, Moravsko, Južnokučajsko	3 Severnokučajsko, Timočko, NP Đerdap
Udaljenost od obradivog zemljišta	585.59	630.93	1061.58*
Prosečni parametri FWI pri požarima			
FWI	27.0	28.2	28.6
FFMC	90.5	91.5	90.5
ISI	10.0	10.1	10.3
DMC	84.6	85.8	84.9
DC	334.0	357.1	360.0
BUI	100.1	104.4	105.2

Izvršeno je poređenje tri grupe regiona spram broja i tipova požara kao i a biotičkih i abiotičkih faktora relevantnih za pojavu požara. Zelenom bojom obeleženi su parametri koji su veći od prosečnih vrednosti za date parametre na nivou celokupne teritorije istočne Srbije. Dodatno sprovedeno je međusobno poređenje grupa regiona te su obeleženi nivoi statističke značajnosti sa ** za $p < 0.01$ i * za $p < 0.05$.

Cilj 1. Izrada „statičke“ karte opasnosti od požara za jedan region u Srbiji

Osnovni cilj Projekta u delu GIS obrade podataka je definisanje površina koje su po nekim geoprostornim kriterijumima do sada bile najugroženije od požara, a zatim i računanje verovatnoća ugroženosti od požara ostatka ispitivane teritorije. U tom cilju izvršena je

- 1) Retrospektivna analiza požara u periodu 2012-2017. godina, koja obuhvata:
 - Prikupljanje podataka i izrada geobaze šumskih požara u periodu 2012.-2017. godina
 - Formiranje poligone i kvadratne mreže 1x1 km.
 - Generisanje topografskih elemenata
 - Generisanje podataka o tipovima vegetacije
 - Generisanje podataka o antropogenom uticaju
 - Generisanje podataka o kanadskom indeksu opasnosti od požara – *Fire Weather Index*-u (FWI)
- 2) Izrada modela verovatnoća pojave požara na poligonima mreže 1x1 km.

Prikupljanje podataka i formiranje geobaze šumskih požara

Iz baze podataka koja se ažurira u Generalnoj direkciji JP „Srbijašume“, i na osnovu podataka prikupljenih iz ostalih preduzeća koje gazduju šumama na ispitivanom području, izvučen je set podataka o požarima po godinama sa atributima prikazanim u tabeli 3.

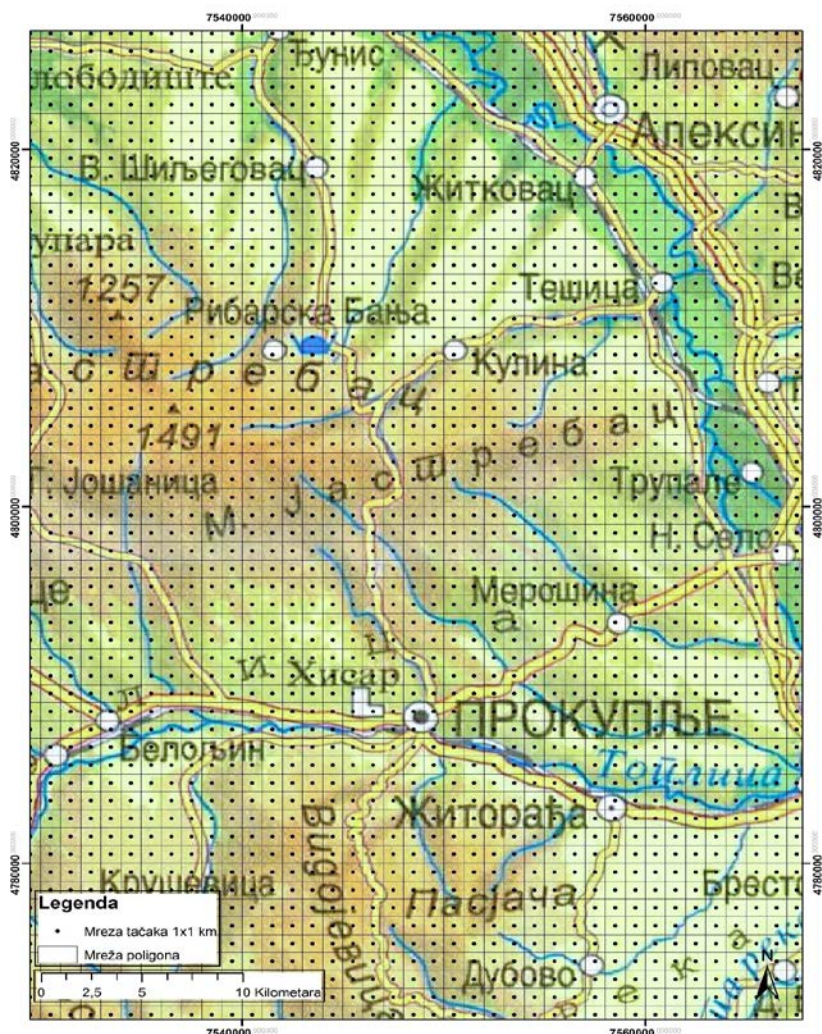
Na osnovu koordinata o lokacijama požara, formirani su tačkasti slojevi požara za svaku od navedenih godina, sa gore navedenim podacima u tabelama atributa. Ovom slojevima, upotrebom odgovarajućih GIS alata, pridružen je niz novih atributa preklapanjem sa odgovarajućim rasterskim i/ili vektorskim slojevima.

Tabela 3: Spisak atributa korićenih za retrospektivnu analizu požara i njihov opis

Naziv atributa u bazi podataka	Opis atributa
GOD	Godina
ID_P	ID požara
OPOŽARENA_POVRŠINA	Opožarena površina
ŠUM_GAZ	Šumsko gazdinstvo
ŠUM_UPR	Šumska uprava
GJ_Naziv	Naziv gazdinske jedinice
GJ	Šifra gazdinske jedinice
GisOdsek	Šifra odseka
Odeljenje	Odeljenje
Odsek	Odsek
uzrok	Uzrok požara
vrsta	Vrsta požara
DATUM_pojave_požara	Datum pojave požara
DATUM_gašenja_požara	Datum gašenja požara
TROŠKOVI_GAŠENJA_POŽARA	Troškovi gašenja požara
Br__gasioca_SRBijasume	Broj gasioca iz JP Srbijašume
Br_gasioca_MUP	Broj gasioca iz MUP-a
Br_gasioca_OSTALI	Broj gasioca ostalo
Ukupno_gasilaca	Ukuno gasilaca
Vlasništvo	Vlasništvo
Poreklo	Poreklo
StrukturaPovrsine	Struktura površine
OKRUG	Okrug
PO	Politička opština
KO	Katastarska opština
Matični_broj_naselja	Matični broj naselja
Broj_stanovnika	Broj stanovnika
Broj_domaćinstava	Broj domaćinstava
X	X koordinata požara u Gaus-Kriggerovoj projekciji
Y	Y koordinata požara u Gaus-Kriggerovoj projekciji
X_Lat	X koordinata požara u WGS 1984 projekciji
Y_Lon	Y koordinata požara u WGS 1984 projekciji

Formiranje poligone i kvadratne mreže 1x1 km

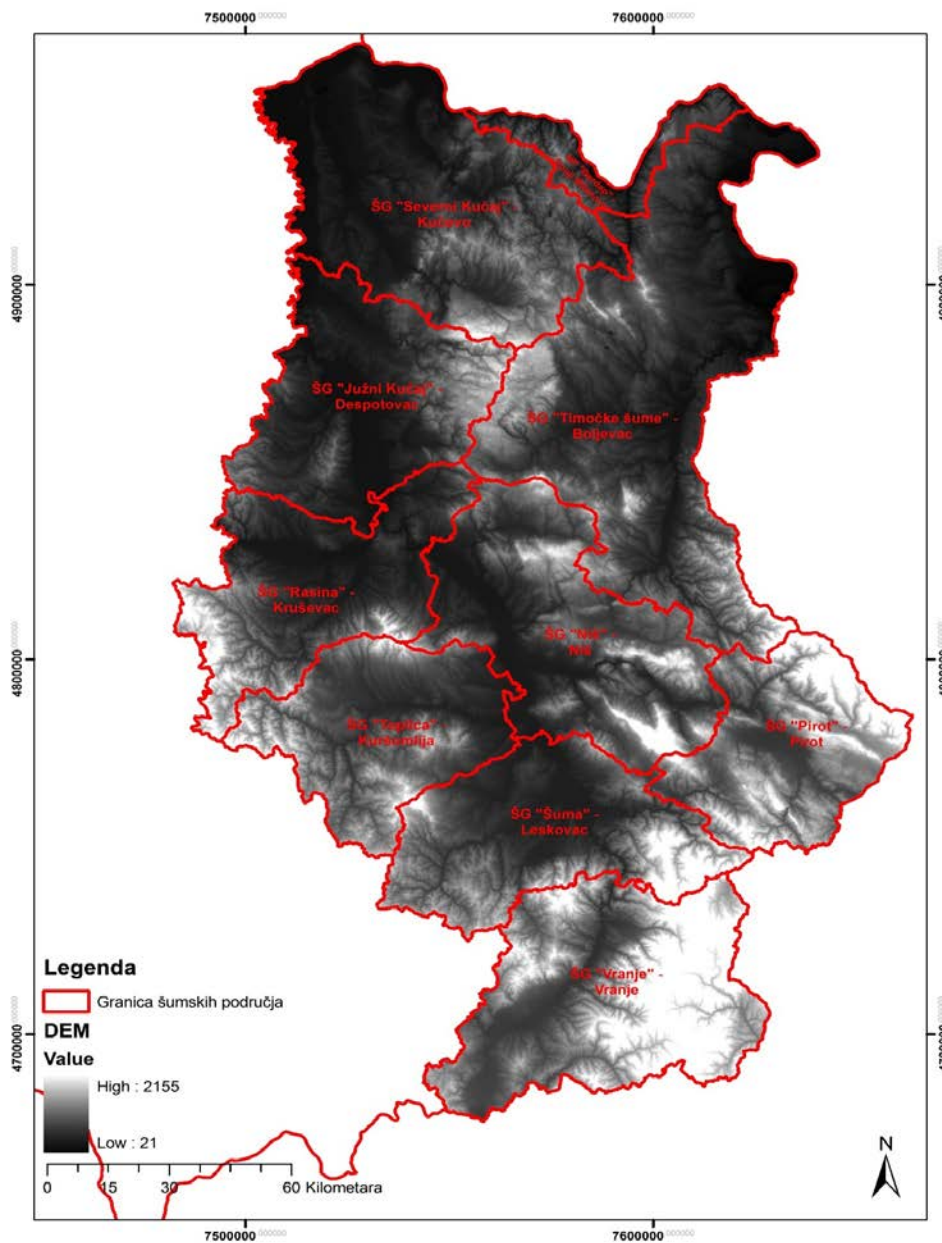
U istoj geobazi, formiran je sloj – mreža poligona 1km x 1km preko cele teritorije Republike Srbije, sa centroidama u preseku dijagonala kvadrata čije se koordinate naslanjaju na ranije formirane mreže ICP, nacionalne inventure šuma i mreže 2x2 km, korišćene u ranijim istraživanjima unapređenja zaštite šuma od požara. Ovako su dobijena još dva sloja – tačkasti sloj centroida kvadratne mreže i poligoni sloj - kvadratna mreža, sa tabelama atributa iste strukture (slika 3).



Slika 3: Mreža tačaka i kvadratna mreža gustine 1x1 km

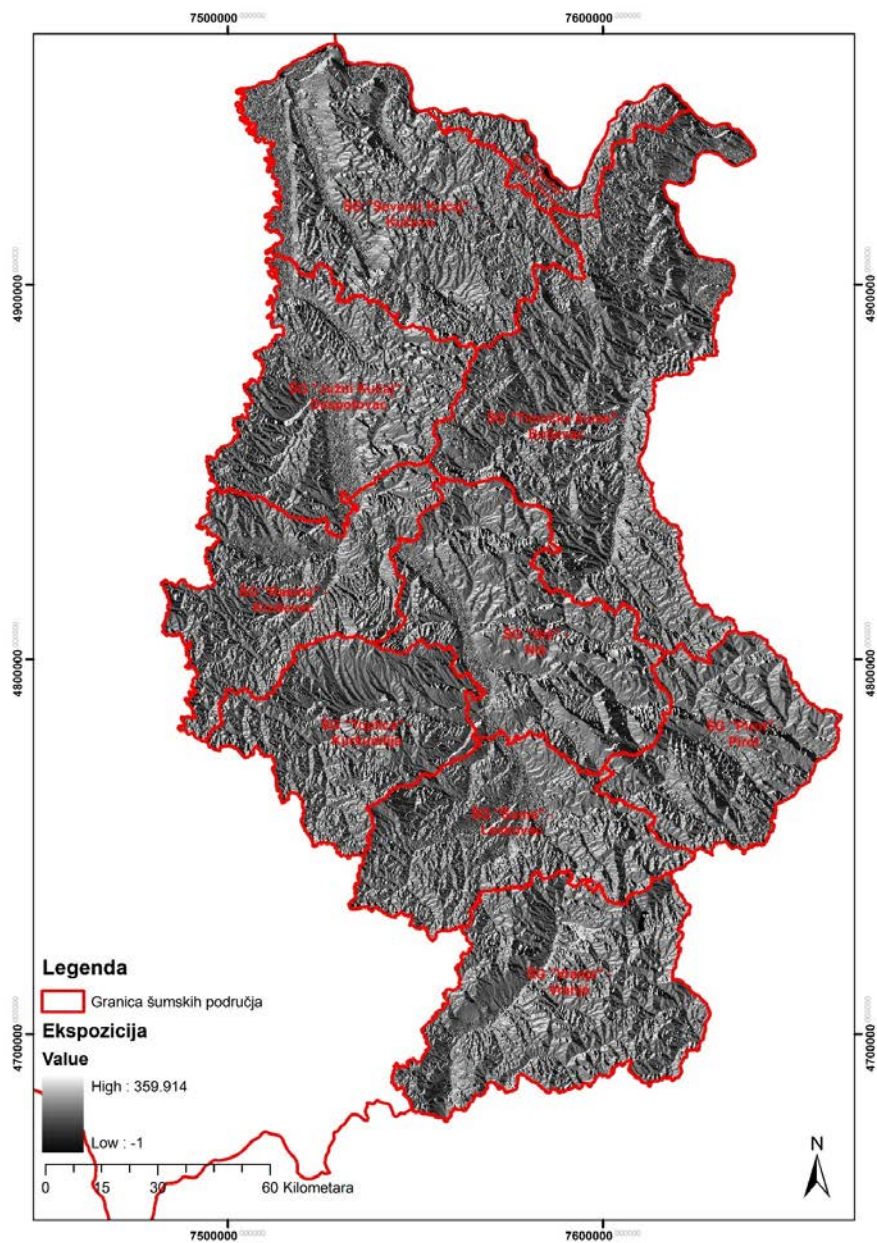
Generisanje topografskih elemenata

Za generisanje topografskih elemenata korišćen je digitalni elevacioni model terena (DEM) preciznosti tri lučne sekunde (3 ArcSEC) koji je javno dostupan na serveru USGS (*United States Geological Survey*) (slika 4). Iz ovog rasterskog sloja koji sadrži podatke o nadmorskoj visini svakog piksela, primenom odgovarajućih GIS alata kreirani su rasteri **ekspozicije** (slika 5) i **nagiba** (slika 6).



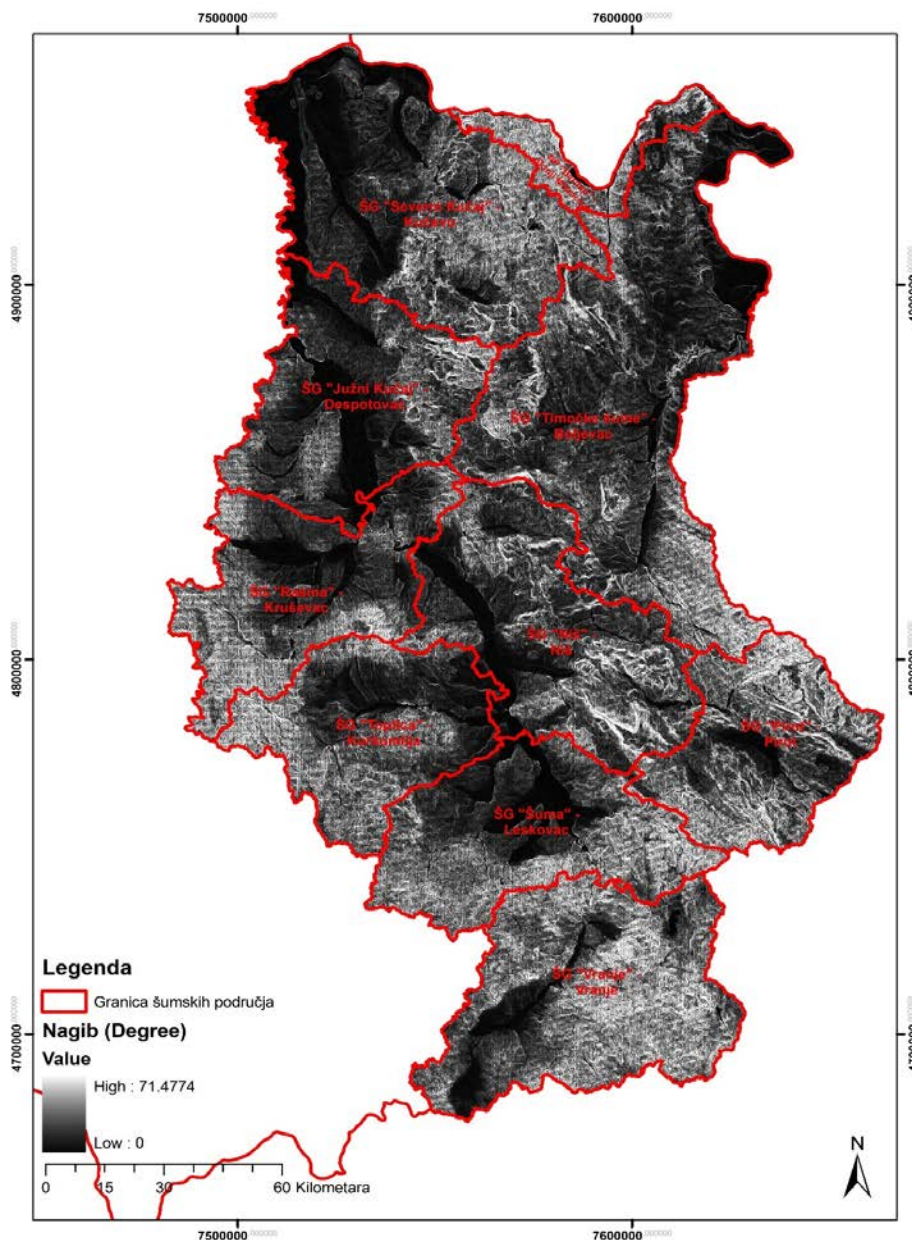
Slika 4: Digitalni elevacioni model 3 ArcSEC

U procesu kreiranja rasterskog sloja ekspozicija, a svaku ćeliju (piksel) digitalnog elevacionog modela računat je intenzitet promene vrednosti piksela u odnosu na vrednosti koje imaju susedni pikseli. U osnovi, maksimalna promena u nadmorskoj visini po distanci između piksela i njegovih osam suseda određuje smer najstrmijeg nagiba tog piksela.



Slika 5. Raster ekspozicije

U procesu kreiranja rasterskog sloja nagiba identifikovan je smer nagiba piksela rastera digitalnog elevacionog modela pri maksimalnom intenzitetu promene vrednosti piksela u odnosu na vrednosti koje imaju njemu susedni pikseli i može se shvatiti kao određivanje smera nagiba. Izlazne vrednosti koje dobijaju pikseli rezultujućeg rastera su zapravo azimuti. Ravne površine dobijaju vrednosti -1. U daljem postupku ovi azimuti mogu biti grupisani u željeni broj strana sveta (N, E, S, W ili N, NE, E...).



Slika 6. Raster nagiba

Dodela vrednosti topografskih elemenata objektima slojeva požara i objektima poligonih i tačkastih slojeva mreže 1x1 km

U daljem postupku bilo je potrebno dodeliti vrednosti nadmorske visine, ekspozicije i nagiba za svaki već registrovani požar, svaku tačku formirane mreže, i svaki objekat kvadratne mreže.

Kada su u pitanju tačkasti slojevi (slojevi požara i mreže tačaka), pridruživanje vrednosti je bilo moguće izvršiti ekstrakovanjem vrednosti piksela ovih rastera u koji tačka pada.

Što se tiče sloja mreže poligona 1x1 km, topografski elementi dodeljeni objektima ovog sloja su u daljoj obradi korišćeni isključivo kao alfanumerički podaci, pa je bilo dovoljno formirati tabelu u kojoj je za svaki kvadrat izračunata statistika za vrednosti piksela koji se preklapaju sa konkretnim kvadratom, korišćenjem odgovarajućeg GIS alata, koji računa osnovne statističke pokazatelje za zone koje definiše drugi sloj geoprostornih podataka – u ovom slučaju kvadrati mreže 1x1 km – sa kojim se rasterski sloj preklapa.

U izlaznoj tabeli, za svaki red sa šifrom zone koja odgovara šifri u tabeli atributa, dati su rezultati osnovne statistike i to: minimum, maksimum, opseg, srednja vrednost, standardna devijacija, medijana i još neki manje standardni parametri.

Generisanje podataka o tipovima vegetacije

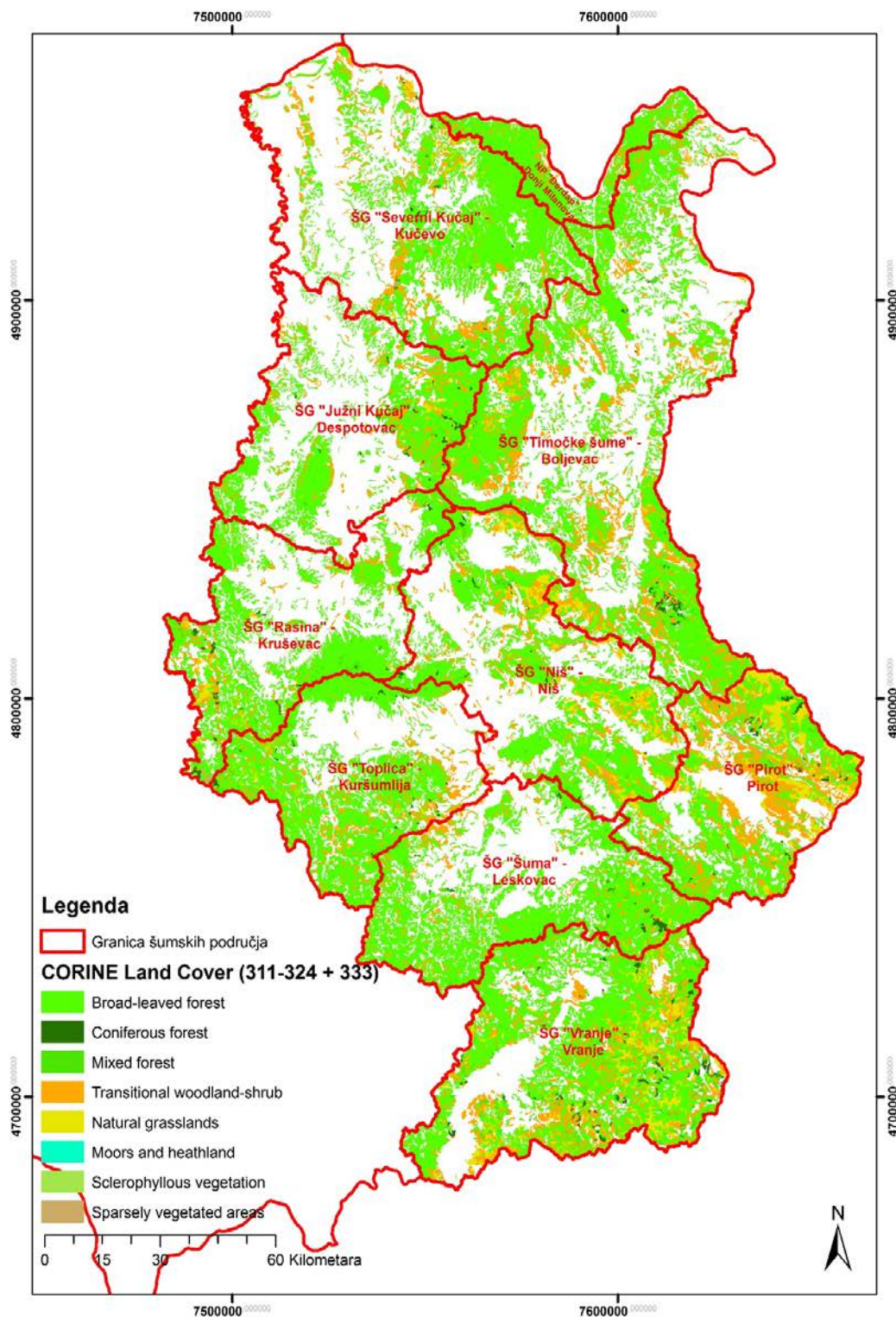
Za generisanje podataka o tipovima vegetacije korišćeni su podaci CORINE-e 2012 i podaci iz geobaze o gazdinskim jedinicama JP „Srbijašume“.

Presekom slojeva požara, mreže tačaka i mreže poligona sa slojem (slojevima) iz CORINE i geobaze o gazdinskim jedinicama dobijeni su podaci o tipu vegetacije za svaku lokaciju požara i svaku lokaciju mreže tačaka dok je za svaki kvadrat mreže izračunata površina pojedinih klasa CORINE-e, (slika 7). Svi objekti ili delovi objekata dobijeni presekom, iz svih ulaznih slojeva, upisani su u rezultujući sloj, pri čemu svaki objekat u rezultujućem sloju nasleđuje sve podatke iz tabela atributa iz svih ulaznih slojeva.

Poligoni sloj o tipovima vegetacije u konačnoj verziji prilagođen je CORINE klasifikaciji, a za presek su izfiltrirani samo objekti klasa zemljišnog pokrivača prikazanih u tabeli 4.

Tabela 4: Spisak klasa zemljišnog pokrivača koji su uzeti u obzir za presek

CLC_CODE	LABEL1	LABEL2	LABEL3
311	Forest and semi natural areas	Forests	Broad-leaved forest
312	Forest and semi natural areas	Forests	Coniferous forest
313	Forest and semi natural areas	Forests	Mixed forest
321	Forest and semi natural areas	Scrub and/or herbaceous vegetation associations	Natural grasslands
322	Forest and semi natural areas	Scrub and/or herbaceous vegetation associations	Moors and heathland
323	Forest and semi natural areas	Scrub and/or herbaceous vegetation associations	Sclerophyllous vegetation
324	Forest and semi natural areas	Scrub and/or herbaceous vegetation associations	Transitional woodland-shrub
333	Forest and semi natural areas	Open spaces with little or no vegetation	Sparsely vegetated areas



Slika 7. Presek slojeva požara, kvadratne i tačkaste mreže

Generisanje podataka o antropogenom uticaju

Podaci o antropogenom uticaju koji su pridruživani svakoj lokaciji požara, svakoj tački mreže i svakom kvadratu mreže 1x1 km su:

- distanca do naselja
- distanca do puta

- distanca do železničke pruge
- gustina populacije
- distanca do poljoprivrednog zemljišta

Slojevi požara, mreže tačaka i mreže kvadrata preklopljeni su sa vektorskim slojevima naselja, puteva železničkih pruga, gustine populacije i slojem CORINE klasifikacije u kome su filtrirani samo objekti klasifikovani kao poljoprivredno zemljište. iz ovih preklapanja ustanovljene su najkraće distance požara, tačaka mreže 1x1 km i kvadrata mreže 1x1 km do naselja, puteva, železničkih pruga i poljoprivrednog zemljišta.

Generisanje podataka o kanadskom indeksu opasnosti od pojave šumskih požara – Fire weather Index-u (FWI)

Kanadski sistem procene opasnosti od pojave šumskih požara (The Canadian Forest Fire Danger Rating System - CFFDRS) razvija se u Kanadi od 1968. godine. Deo sistema CFFDRS, kanadski indeks opasnosti od pojave šumskih požara (Canadian Forest Fire Weather Index - FWI), je u operativnoj upotrebi širom Kanade od 1971. godine (Turner *et al.*, 1978).

Svrha FWI sistema je da objasni efekte prethodnih i trenutnih meteoroloških uslova na šumski gorivi materijal i šumske požare. Sistem koristi meteorološke elemente i pojave, temperaturu vazduha, relativnu vlažnost vazduha, brzinu vetra i 24-časovnu količinu padavina izmerene oko podneva po lokalnom vremenu (merenja u 12 UTC). Ove vrednosti se koriste da se predvidi maksimum uslova za gorenje šumskog materijala koji se dešava tokom najtoplijeg dela dana, oko 16 časova po lokalnom vremenu (de Groot, 1987).

FWI sistem se sastoji od šest komponenti: tri pokazatelja vlažnosti šumskog goriva i tri pokazatelja ponašanja požara:

- **Pokazatelj vlažnosti finog goriva (Fine Fuel Moisture Code - FFMC)** predstavlja sadržaj vlažnosti u prostirci i drugom finom gorivu u sloju do dubine 1-2 cm.
- **Pokazatelj vlažnosti srednjeg goriva (Duff Moisture Code - DMC)** predstavlja sadržaj vlažnosti slabo kompaktnih organskih slojeva umerene dubine, 5-10 cm. Pošto se ovi slojevi nalaze ispod sloja finog goriva, brzina vetra ne utiče na vlažnost srednjeg goriva. Na sadržaj vlažnosti srednjeg goriva utiče količina padavina veća od 1.5 mm.
- **Pokazatelj vlažnosti krupnog goriva (Drought Code - DC)** je indikator sadržaja vlažnosti u dubokim, kompaktnim organskim slojevima, 10-20 cm dubine. Brzina vetra i relativna vlažnost vazduha ne utiču na vlažnost krupnog goriva zbog dubine sloja goriva. Na sadržaj vlažnosti srednjeg goriva utiče količina padavina veća od 2.8 mm.
- **Indeks početnog širenja (Initial Spread Index - ISI)** predstavlja kombinovani uticaj brzine vetra i pokazatelja vlažnosti finog goriva i ukazuje na očekivanu brzinu širenja požara nakon njegovog izbijanja.
- **Indeks ukupnog goriva (Buildup Index - BUI)** je kombinacija pokazatelja vlažnosti srednjeg i krupnog goriva i predstavlja ukupnu raspoloživu količinu goriva dostupnu požaru koji se širi. Često se koristi za preduzimanja mera za sprečavanje i gašenje požara.
- **Indeks opasnosti od pojave šumskog požara (Fire Weather Index - FWI)** je kombinacija indeksa početnog širenja i indeksa ukupnog goriva. Ovaj indeks je numerički pokazatelj potencijalnog intenziteta vatre u standardnom tipu goriva. Ukazuje na intenzitet vatre kombinovanjem stope širenja požara sa ukupnom količinom goriva.

Podaci o komponentama FWI sistema dobijeni su od Republičkog hidrometeorološkog zavoda za svaki datum pojave požara od 2012. do 2017. godine za 24 meteorološke stanice na teritoriji Republike Srbije. Podaci su objedinjeni u odvojene geobaze po godinama (2012 – 2017), pri čemu su formirani tačkasti slojevi meteoroloških stanica na osnovu priloženih koordinata meteoroloških stanica i to za svaki datum pojave požara. Dakle tačkastih slojeva meteoroloških stanica je bilo koliko i datuma pojave požara jer su za svaki sloj u njegovoj tabeli atributa smešteni podaci o šest komponenti FWI sistema.

Da bi se vrednosti FWI sistema (po datumima) dodelile objektima slojeva požara, mreže tačaka i kvadratne mreže 1x1 km, bilo je potrebno generisati rastere dobijene interpolacijom podataka dostupnih za meteorološke stanice po datumima. Za interpolaciju je korišćena metoda Kriging-a.

Interpolacija

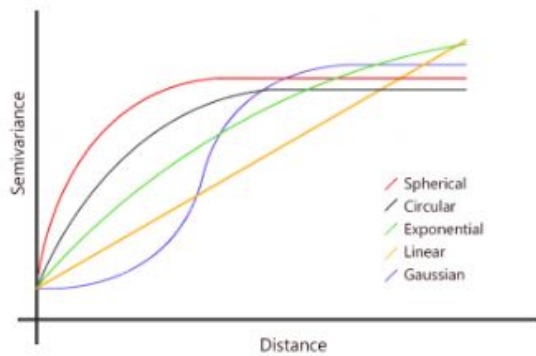
Kriging predstavlja jednu od tehnika prostorne interpolacije podataka i sam po sebi je posebna i široka tema. Za razliku od nekih drugih metoda prostorne interpolacije, kao što je npr. *Inverse Distance Weighted* (IDW) tehnika, kriging daje i verovatnoću procene interpolacije, preko varijanse interpolovanog rastera.

Tehnika interpolacije krigingom zasniva se na tzv. semivariogramu koji, pojednostavljeno rečeno, meri autokorelaciju jer grafički prikazuje varijansu svih parova podataka prema njihovoj međusobnoj udaljenosti. Polazi se od pretpostavke da su objekti bliži jedni drugima u većoj vezi i imaju manju semi-varijansu, dok udaljeni objekti imaju veću semi-varijansu. Pri određenoj vrednosti udaljenosti korelacija (autokorelacija) prestaje da postoji. To se grafički može predstaviti na sledeći način (Slika 8).



Slika 1: Semivariogram

Semivariogram može imati različite oblike u zavisnosti od promene semi-varijanse sa povećanjem udaljenosti objekata. Na osnovu izgleda semivariograma (sferični, kružni, eksponencijalni, onaj koji se približava gausovoj krivoj ili linearni tip semivariograma), može se izabrati više tipova matematičkog izravnavanja (Slika 9).



Slika 9: Različiti tipovi semivariograma

Pre primene metode Ordinary Kriging-a, podaci moraju da zadovolje neke polazne kriterijume kao i kod drugih statističkih metoda:

- distribucija podataka mora da se približava normalnoj distribuciji
- podaci moraju da budu stacionarni (da se lokalna varijansa ne menja drastično preko ispitivane površine)
- da podaci nemaju trend, odnosno da nema sistematske promene podataka na ispitivanoj površini

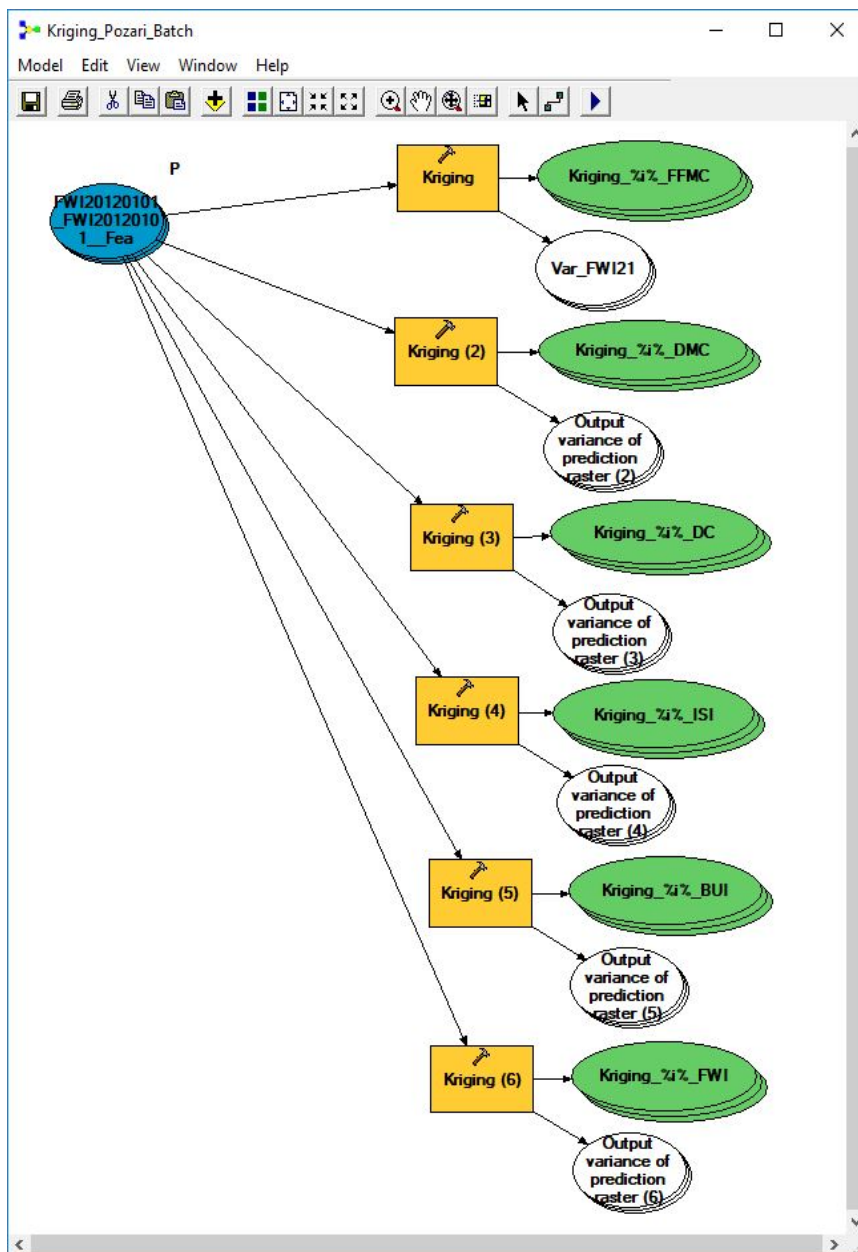
Analizom podataka izabrana je tehnika Ordinary Kriginga i sferični tip semivariograma za interpolaciju tačkastih slojeva dobijenih za sve datume.

S obzirom da je interpolacija vršena za sve komponente FWI sistema (FFMC, DMC, DC, ISI, BUI i FWI) za sve datume pojave požara (470 datuma), sam postupak interpolacije je bilo neophodno automatizovati. U tom cilju iskorišćenja je mogućnost pravljenja modela u tzv *Model builder*-u kombinacijom već postojećih alata. Na sledećoj slici prikazan je model u modu za kreiranje, kojim se automatizuje interpolacija za više unetih slojeva po više promenljivih (Slika 10).

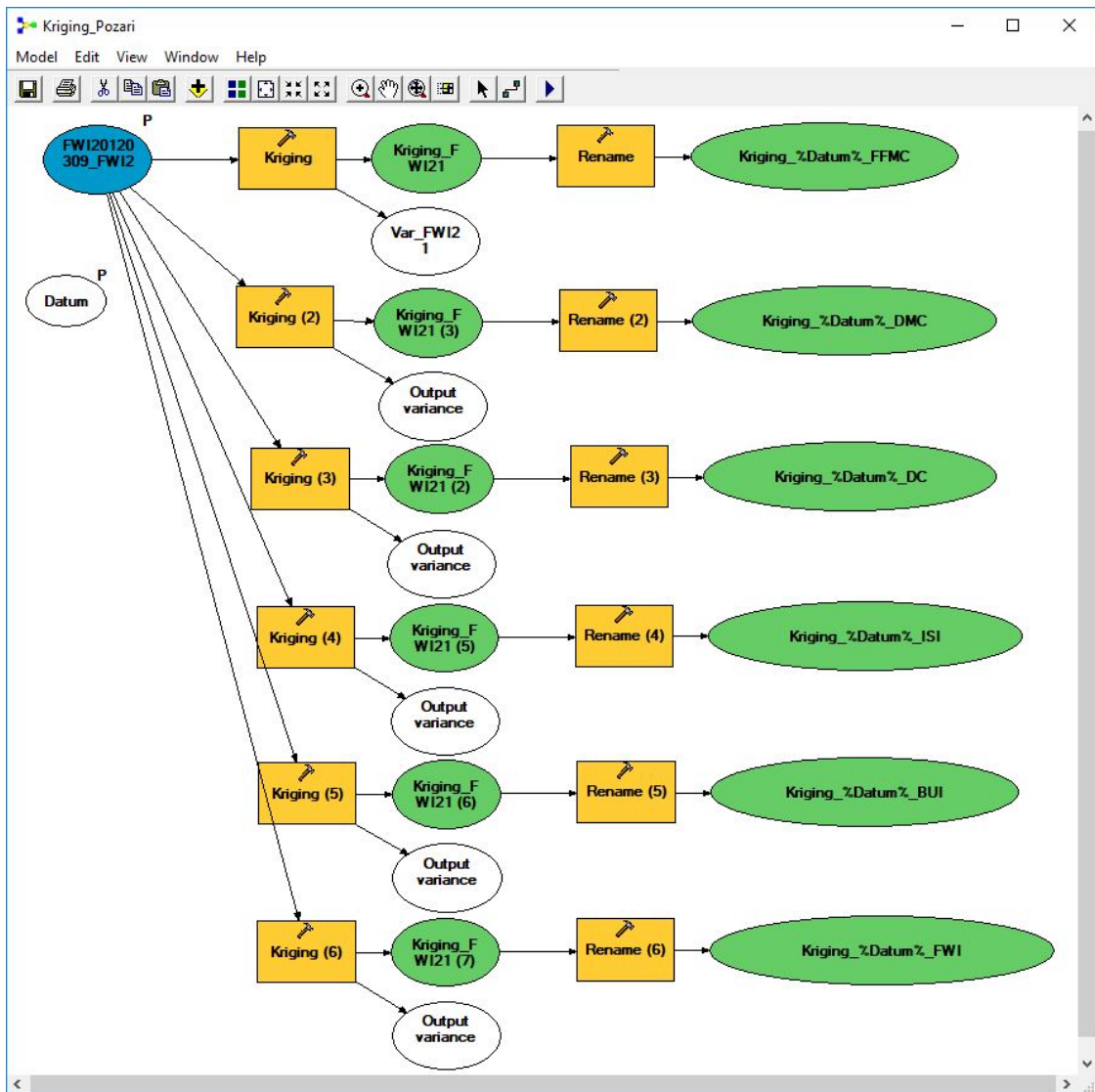
U parametarsku varijablu na krajnjoj levoj strani šeme unose se slojevi za interpolaciju. Aktiviranjem modela ne dobija se prozor za unos podataka, već model automatski obrađuje i upisuje podatke na već određeno mesto, dodajući rezultujućim rasterima redom brojeve onim redom kako su promenljive ubačene. Za slučaj da je potrebno obraditi samo jedan ulazni sloj, ili da se želi obrađivati sloj po sloj, pri čemu se rezultujućim rasterima dodeljuju imena na osnovu unetog datuma, izrađen je još jedan model čija je šema prikazana na slici 11.

Kao što se na slici vidi, ovde postoji još jedna parametarska varijabla -*Datum* – dakle, potrebno je uneti datum čija vrednost će biti uneta u naziv rezultujućih rastera dobijenih interpolacijom. Ovde se u jednom koraku vrši interpolacija jednog unetog sloja po svih šest parametara FWI sistema. Aktiviranjem alata dobija se prozor za unos podataka prikazan na slici 12.

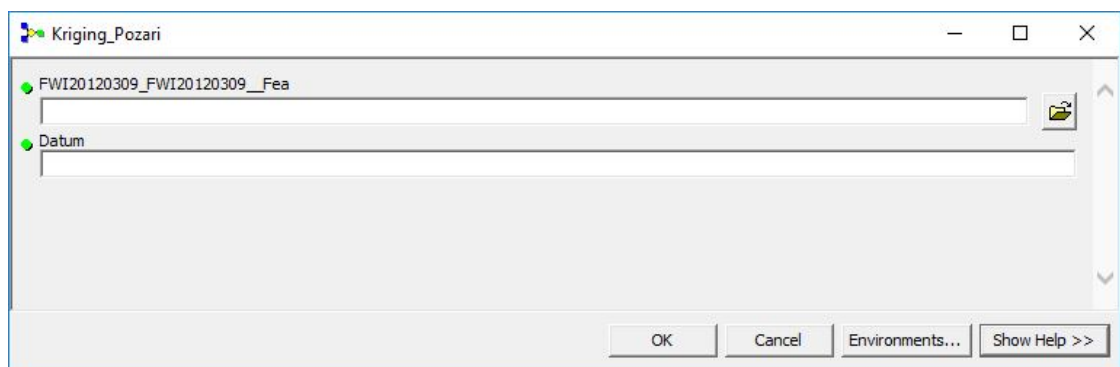
Jedan od rezultata interpolacije prikazan je na slici 13.



Slika 102: Kreiranje modula za automatizaciju interpolacije tehnikom kriginga



Slika 11 Kreiranje modula za automatizaciju interpolacije tehnikom kriginga uz reimenovanje rezultutjućih rastera

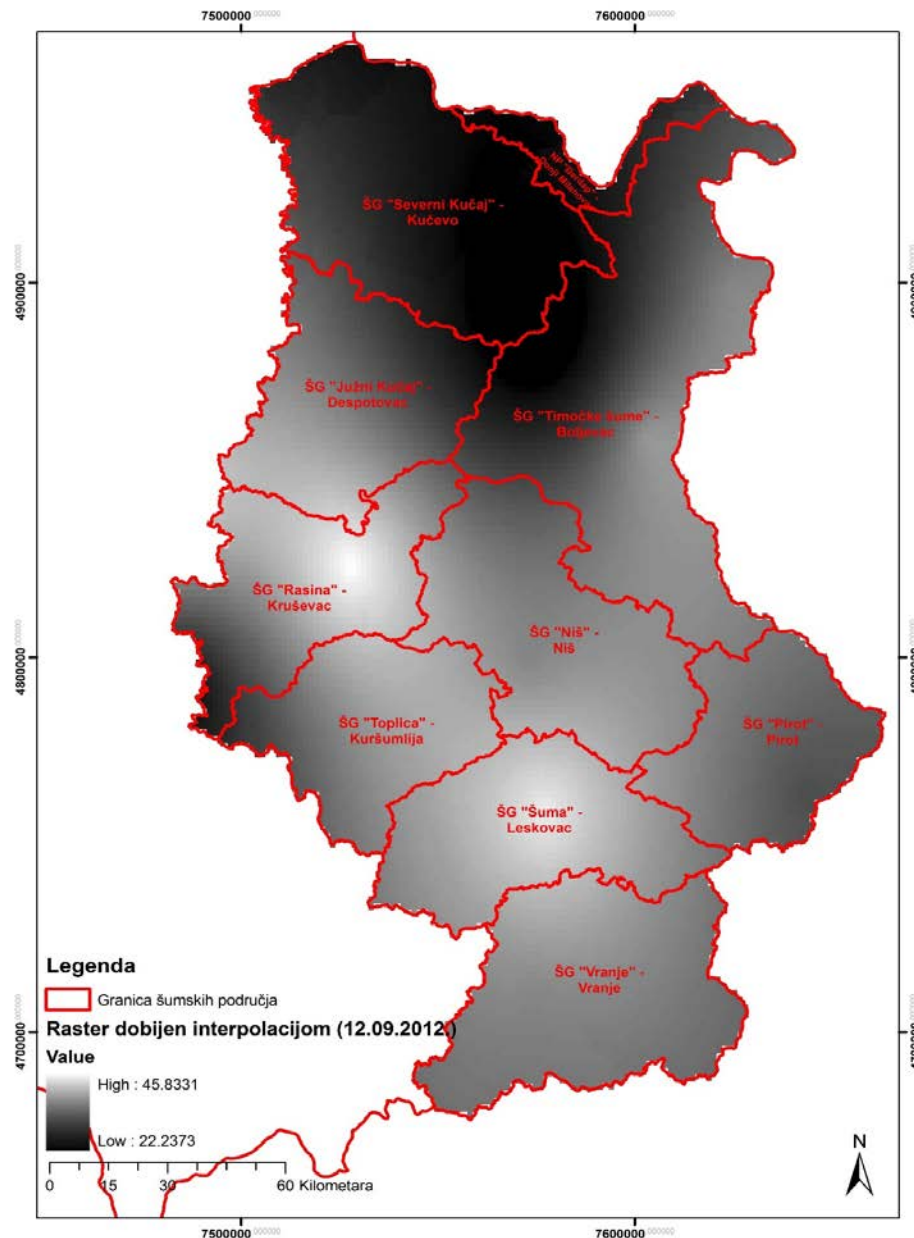


Slika 12. Modul za automatizaciju interpolacije tehnikom kriginga uz reimenovanje rezultutjućih rastera – prozor za unos podataka

U daljem postupku, preklapanjem slojeva požara i sloja tačaka mreže 1x1 km sa rasterskim slojevima dobijenim interpolacijom, svakoj lokaciji požara i svakoj tački mreže, pridruživan je podatak (*Extract*

Values to Points) o šest komponenti FWI sistema, po datumima. Na ovaj način tabele atributa slojeva požara i mreže tačaka 1x1km proširene su i za podatke FWI sistema.

Sloj poligona mreže 1x1 km takođe je preklapljen sa rasterkim slojevima dobijenim interpolacijom i primenom alata zonalne statistike (*Zonal Statistics as Table*), a za svaki kvadrat mreže dobijeni su statistički podaci (minimum, maksimum, opseg, srednja vrednost, standardna devijacija, suma i medijana) za vrednosti FWI sistema po datumima pojave požara.



Slika 13. Rezultujući raster dobijen tehnikom interpolacije - krigingom

Ovako dobijeni podaci korišćeni su u daljim statističkim analizama i formiranju modela zavisnosti pojave požara od različitih orografskih, antropogenih i ostalih ispitivanih uticaja. Takođe u izradi je i model verovatnoće pojave požara za svaki kvadrat mreže 1x1 km na osnovu podataka obrađenih tehnikama geoproceniranja i statističkih metoda.

Predikcija požara

Kako bi se procenila verovatnoća pojave požara za svaku od ovako definisanih površina (1x1 km), korišćeni su retrospektivni podaci o pojavi požara (broj požara na svakoj od površina u periodu 2012-2017), retrospektivni podaci za FWI (godišnji FWI za svaku površinu, računat kao prosečna vrednosti mesečnih FWI), kao i različiti biotički i abiotički faktori kao što su: tip vegetacije, nadmorska visina, udaljenost od puta, udaljenost od vodene površine, udaljenost od naseljenog mesta, broj stanovnika kao i blizina poljoprivrednog zemljišta itd. Kako bi se konstruisao model za procenu verovatnoće pojave požara na osnovu podataka o pojavi požara u periodu od 2012 do 2017 sproveden je dvostepeni postupak.

U prvom koraku korišćen je metod uparivanja najbližnjih površina na kojima se dogodio požar i onih na kojima nije na teritoriji istočne Srbije. Ovo uparivanje urađeno je sa ciljem identifikovanja ključnih faktora koji pod istim uslovima utiču pozitivno na pojavu požara a kao metod je korišćen *Case control matching*³ sa maksimalno 5% odustpanja. Zatim se nad ovako selektovanim parovima lokacija sprovodi logistička regresiona analiza koja za cilj ima da pokaže uspešnost diskriminacije lokacija na one na kojima se požar desio i one na kojima požara nije bilo (opšti pokazatelj podesnosti modela; engl. *hit & miss ratio*), kao i uspešnost predikcije lokacija na kojima su se požari desili (engl. *postive hit*), uspešnost predikcije lokacija na kojima se požari nisu desili (engl. *negative hit*), očekivanje da će se na nekoj lokaciji desiti požar a tu požara nije bilo (engl. *postive miss*), i očekivanje da se na nekoj lokaciji neće desiti požar uprkos tome što je to lokacija na kojoj se požar desio (engl. *negative miss*). Svaki od ovih parametra uzet je u obzir prilikom evaluacije različitih modela. Takođe, kako analiza iziskuje uključivanje relevantnih prediktora u jednačinu, za svaki od modela zasebno su selektovi samo oni prediktori koji ostvaruju nezavisni doprinos predikciji, kako bi se izbegla redundantnost, te posledično i veštačka inflacija uspešnosti modela.

Na taj način konstruisan je model za predikciju požara u kome je kao kriterijum za upraivanje korišćen je prosečni godišnji FWI, a kao prediktori koji sa najvećom preciznošću identifikuju lokacije na kojima se dogodio požar uključeni su relativna zastupljenost različitih tipova vegetacije, udaljenost od puta, udaljenost od naselja, i gustina populacije. Ovaj regresiono-logistički model pokazao je uspešnost predikcije požara od 73.1%, odnosno tačno identifikova 143 lokacija na kojima se dogodio požar.

³ *Case control matching* j

Tablela 5. Klasifikacija lokacija as i bez požra na osnovu predikcije statičkog modela

		predikcija		%
		nije požar	požar	
opservirano	nije požar	140	54	72.4
	požar	51	143	73.8

Stoga je na osnovu ovog modela urađena procena verovatnoće javljanja pozara na celokupnoj teritoriji istočne Srbije. Za procenu verovatnoća korišćen je regresiono-logistiki model sa fiksnim ponderima za različite prediktore kao u Modelu 1, a zatim su dobijene verovatnoće klasifikovane u kategorije rizika spram percentilnih granica na isti način na koji je rađena kalibracija za potrebe procene rizika od požara na osnovu FWI kao jedinstvenog prediktora, i to – percentil 40 – niska opasnost od požara; percentil 46 do 65 – umerena opasnost od požara; percentil 66 do 85 – visoka opasnost od požara; i percentil 86 do 95 – izražena opasnost od požara; i konačno percentil 95 i više ekstremna opasnost od požara.

Karte koje su deo tekstualnog izveštaja, kao dodatak prilažemo i u elektronskoj formi – kao posebne rasterske i vektorske fajlove – mape verovatnoće pojave požara za ispitivano područje, i to:

- 1) Rasterske mape sa legendom kao i u samom izveštaju, ali kao posebne datoteke povećane rezolucije (JPG format, 1200 dpi). Ove mape nisu georeferencirane, ali sadrže jasno obeležene koordinate u državnom projektovanom koordinatnom sistemu (grid), te se po potrebi mogu georeferencirati od strane korisnika i koristiti u kombinaciji (preklopljene) sa mapama prostorne podele u šumarstvu – gazdinskim jedinicama, odeljenjima i odsecima, odnosno sa različitim tematskim kartama koje se i inače prave pri izradi Osnova, ili štampati i koristiti na drugi način. Za upotrebu ovih datoteka nije neophodan posebno specijalizovani softver.
- 2) Rasterske mape georeferencirane u državnom projektovanom koordinatnom sistemu, takođe povećane rezolucije, bez dodatih elemenata kako bi se direktno mogle koristiti u kombinaciji sa drugim mapama u rasterskom ili vektorskom formatu u državnom projektovanom koordinatnom sistemu (prostorna podela u šumarstvu i sl.) i na taj način izrađivati nove, kombinovane mape. Ove mape se najproduktivnije mogu koristiti u različitim softverima za grafičku obradu podataka, kao i u GIS softverima.
- 3) Mape u vektorskom formatu u državnom projektovanom koordinatnom sistemu – .shp datoteke sa odgovarajućim tabelama atributa na osnovu kojih su izrađene rasterske mape. Ovakvi vektorski fajlovi predstavljaju opšte prihvaćeni standard i mogu se koristiti u svim GIS softverima, kako komercijalnim (ESRI – koje poseduje Uprava za šume i svi delovi preduzeća JP Srbijašume i JP Vojvodinašume), tako i u tzv. „Open Source“ programima (Quantum GIS npr.) koji su dostupni za korišćenje bez naknade i mogu se preuzeti sa oficijelnih Internet stranica proizvođača. Korišćenje ovakvih datoteka (slojeva) zahteva samo najbazičnija znanja u korišćenju grafičkih alata, kojima raspolažu planeri – inženjeri šumarstva zaduženi za izradu Osnova gazdovanja šumama.

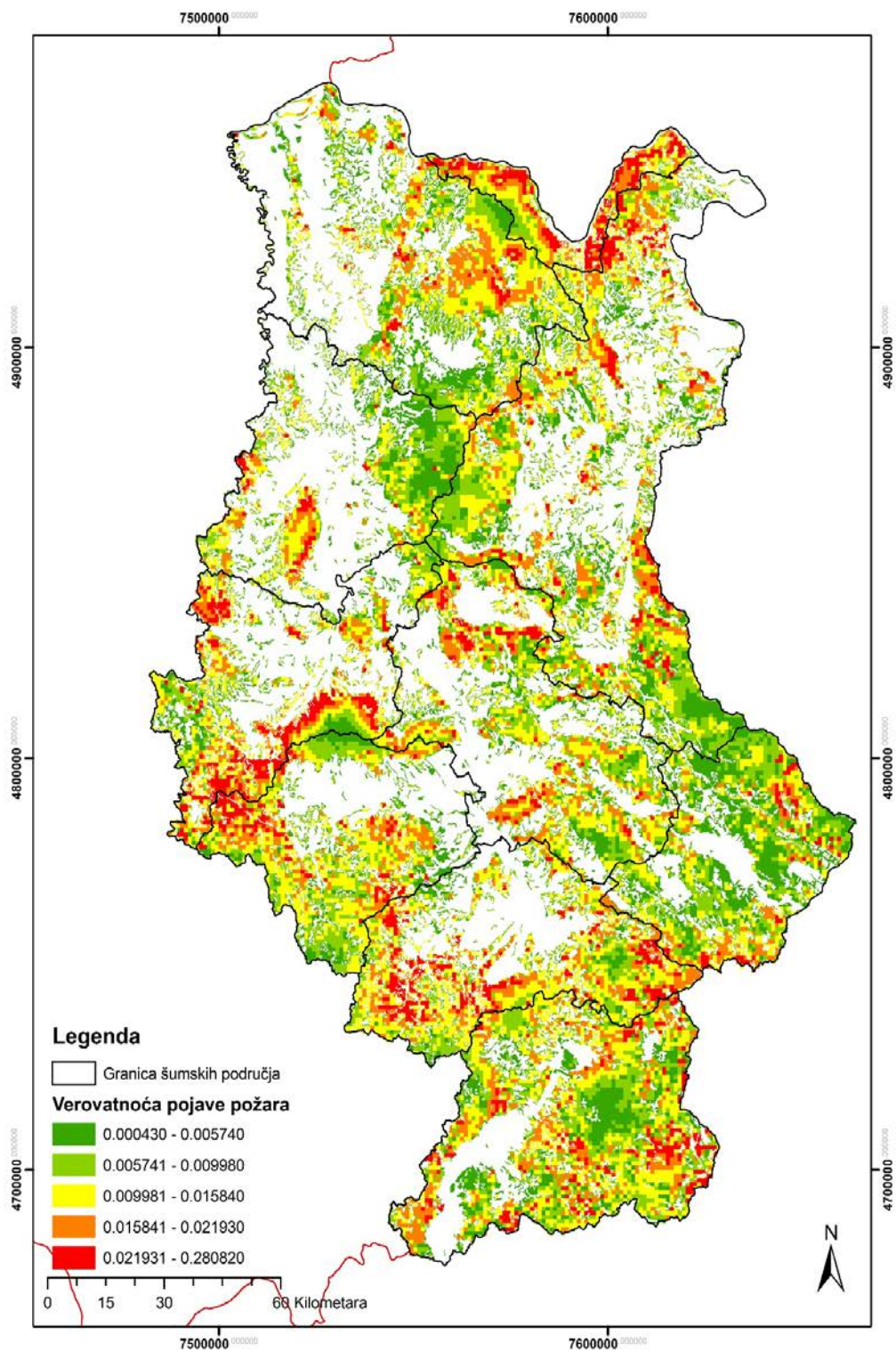
Iako smo razmatrali mogućnost isporuke mapa, naročito rasterskih, po delovima ispitivanog područja, došli smo do zaključka da to nije potrebno jer, iako pri nižim rezolucijama rastera može doći do gubitka podataka, pri rezolucijama ovog nivoa, a s obzirom na prihvaćenu gustinu mreže

od 1x1 km, zumiranjem na razmere veličine prosečnog, pa i najmanjih odseka, ne dolazi do gubitka informacija.

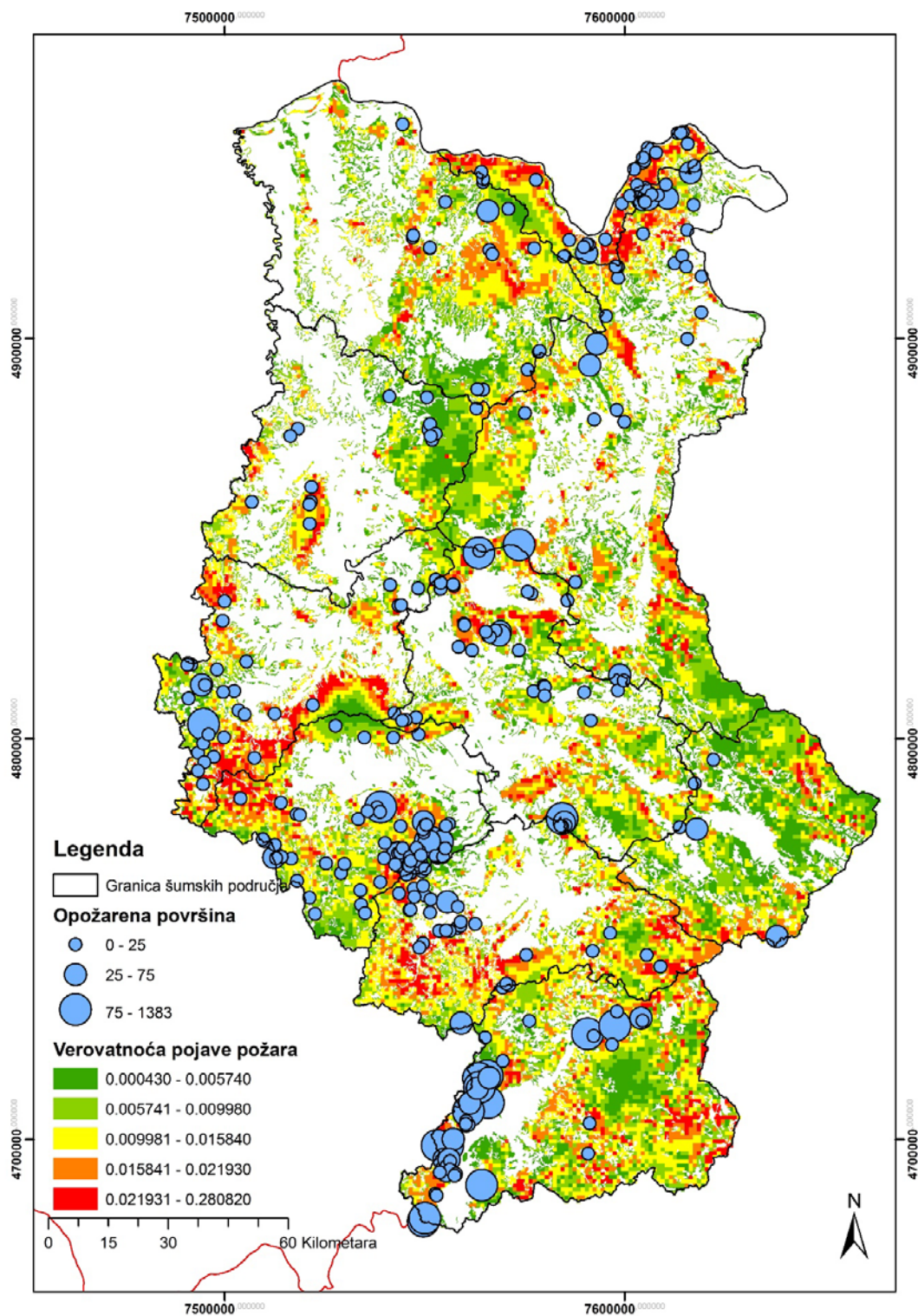
Što se tiče upotrebe vektorskih datoteka, na nju ne utiče veličina oblasti koju datoteke prikazuju, s obzirom da se pri upotrebi vektorskih podataka može zumirati ne razmere manje od prostornog metra. S obzirom na obučenosn planera i nabavljen GIS softver u Upravi za šume i Javnim preduzećima i niz seminara i obuka obavljenih tokom poslednjih osam i više godina, uvereni smo da će se u praksi koristiti skoro isključivo vektorski podaci.

Način na koji će se koristiti karte je višestruk i očigledan: planer ili revirni inženjer će:

- A. Ili preklopiti vektorske mape opasnosti od pojave požara sa vektorskim podacima iz geobaze podataka o gazdinskim jedinicama čije se tabele atributa povezuju sa bazom podataka formiranom u procesu izrade osnova (dostavlja se i Upravi za šume prilikom usvajanja osnova) i iz kombinacije ovih prostornih i alfanumeričkih podataka izvući potrebne zaključke;
- B. Ili preklopiti rasterske georeferencirane mape uroženosti od požara sa
 - a. vektorskim podacima kao u prethodnoj tački;
 - b. drugim rasterskim slojevima prostorne podele u šumarstvu;
- C. Ili georeferencirati mape ugroženosti od požara sa legendom i ostalim elementima kartografskog prikaza i takve mape preklopiti sa vektorskim ili rasterskim slojevima.



Slika 14. Karta verovatnoće pojave požara za istraživano područje



Slika 15. Karta verovatnoće pojave požara za istraživano područje sa požarima za period 2012-2017.

Cilj 2. Izrada modela za procenu opasnosti od požara kao osnova za „dinamičku“ kartu opasnosti od požara

Prikupljanje i generisanje podataka za ovu aktivnost je vršena na isti način kao i za prehodnu aktivnost koja se odnosila na izradu „statičke“ karte opasnosti od požara

Za izradu dinamičkog modela, odnosno modela koji će pored verovatnoća javljanja požara definisanih preko statičkih parametara (antropogenih uticaja i ortografskih karakteristika koje se menjaju u prostoru ali ne i u vremenu) uključiti i promene uslova u vremenu (npr. dnevnu promenu FWI indeksa) konstruisan je „dinamički“ regresioni model:

$$y = p + \beta * FWI$$

U kom je:

y – procena opasnosti od požara;

p – verovatnoća javljanja požara na osnovu nekog od modela predikcije požara koji uključuju statičke/prosečne vrednosti parametara

β – standardizovani ponder (ponder koji označava „važnost“ odnosno „težinu“ FWI indeksa u datoj jednačini);

FWI – promenljivi parametar, odnosno vrednost FWI indeksa koja može biti dnevna, nedeljna, mesečna isl.

Na ovaj način procena opasnosti od požara u obzir uzima, sa jedne strane procenjenu opasnost od požara na datoj lokaciji, koja zavisi od različitih abiotičkih i biotičkih faktora kao što su relativna zastupljenost različitih tipova vegetacije, udaljenost od puta, udaljenost od naselja, i gustina populacije, dok se druge strane oslanja na promene u FWI na svakoj od lokacija – odnosno prilagođava nivo opasnosti trenutnim vremenim uslovima na datoj lokaciji.

Za razliku od statičkog modela u kome je prosečni godišnji FWI korišćen za uparivanje lokacija (tj. formiran je model verovatnoće javljanja požara pod pretpostvkom ujednačenih vremenih uslova koji se bazira na parametrima koji se menjaju u prostoru), u dinamičkom modelu FWI korišćen je kao parametra koji se menja u vremenu i prostoru. Kako bi se to obazbedilo, bilo je nophodno izvršiti uparivanje lokacija po drugim kriterijumima. Tako je konstruisan veći broj modela i to: Model 1 – uparivanje izvršeno spram zastupljenosti različitih tipova vegetacije i Model 2 – uparivanje izvršeno spram prosečne ekspozicije.

U Modelu 1 kao prediktori (pored FWI) korišćeni su prosečna nadmorska visina, udaljenost poljoprivrednog zemljišta, udaljenost od puta, udaljenost od naselja, i gustina populacije. Ovaj model dao je relativno zadovoljavajuće procenete klasifikacije lokacija na kojima se desio i lokacija na kojima se nije desio požar:

Tabela 6. Klasifikacija lokacija sa i bez požara na osnovu predikcije Modela 1

		predikcija		%
		nije požar	požar	
opservirano	nije požar	151	55	73.3
	požar	57	149	72.3

Opšta uspešnost ovog modela je **72.8%**, a ono što ga čini posebno podesnim je što ima relativno visok (i ujednačen) procenat tačne i netačne klasifikacije kako lokacija na kojima se požar desio tako i lokacija na kojima se požar nije desio (engl. *hit & miss ratio*).

Sa druge strane u Modelu 2 kao prediktori (pored FWI) korišćeni su relativna zastupljenost različitih tipova vegetacije, udaljenost od puta, udaljenost od naselja, i gustina populacije. Ovakav model dao je veoma dobre parametre klasifikacije:

Tabela 7. Klasifikacija lokacija as i bez požara na osnovu predikcije Modela 2

		predikcija		%
		nije požar	požar	
opservirano	nije požar	239	45	84.2
	požar	79	205	72.2

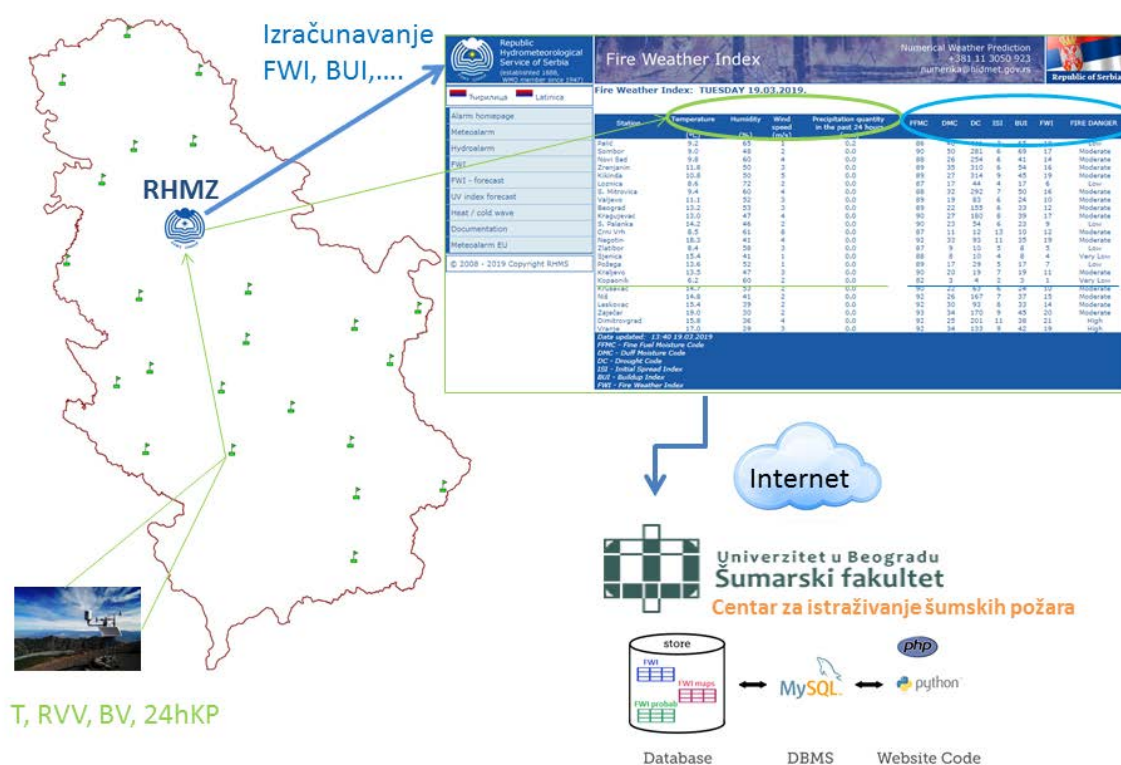
Opšta uspešnost ovog modela je 78.2% što je značajno više nego što je uspešnost predikcije požara koja je dobijena u Modelu 1 (72.8%). Takođe, Model 2 baziran je na većem broju sparenih lokacija (uparivanje lokacija sa i bez požara) te se njegovi rezultati mogu smatrati pouzdanijim. Imajući u vidu načelno veću pouzdanost kao i veći procenat opšte uspešnosti Model 2 je odabran kao osnova za kreiranje dinamičkog modela za predikciju požara. Drugim rečima, verovatniće javljanja požara izračunate su za svaku od 1x1 površina na osnovu Modela 2, a zatim su te verovatnoće uključene u dinamički regresioni model kao parametar „*p*“, dok je kao dinamički parametar korišćena prosečna vrednost FWI na mesečnom nivou.

Opasnost od požara koja se izračuna na osnovu ovakvog modela za svaku od 1x1km površina se ponovo se metodom percentil kategoriše u nivoe rizika opasnosti od požara. Za percentilne granice (40 – niska opasnost; percentil 46 do 65 – umerena opasnost; percentil 66 do 85 – visoka opasnost; percentil 86 do 95 – izražena opasnost; i percentil 95 i više ekstremna opasnost) izračunate su vrednosti za svaki mesec pojedinačno – februar do novembar (Slike se date u prilogu ovog izveštaja).

Na ovaj način moguće je uključiti i konkretne dnevne ili nedeljne vrednosti FWI (odnosno model omogućava uključivanje varijacija u FWI na bilo kom nivou – dnevnom nedeljnom, mesečnom, itd.)

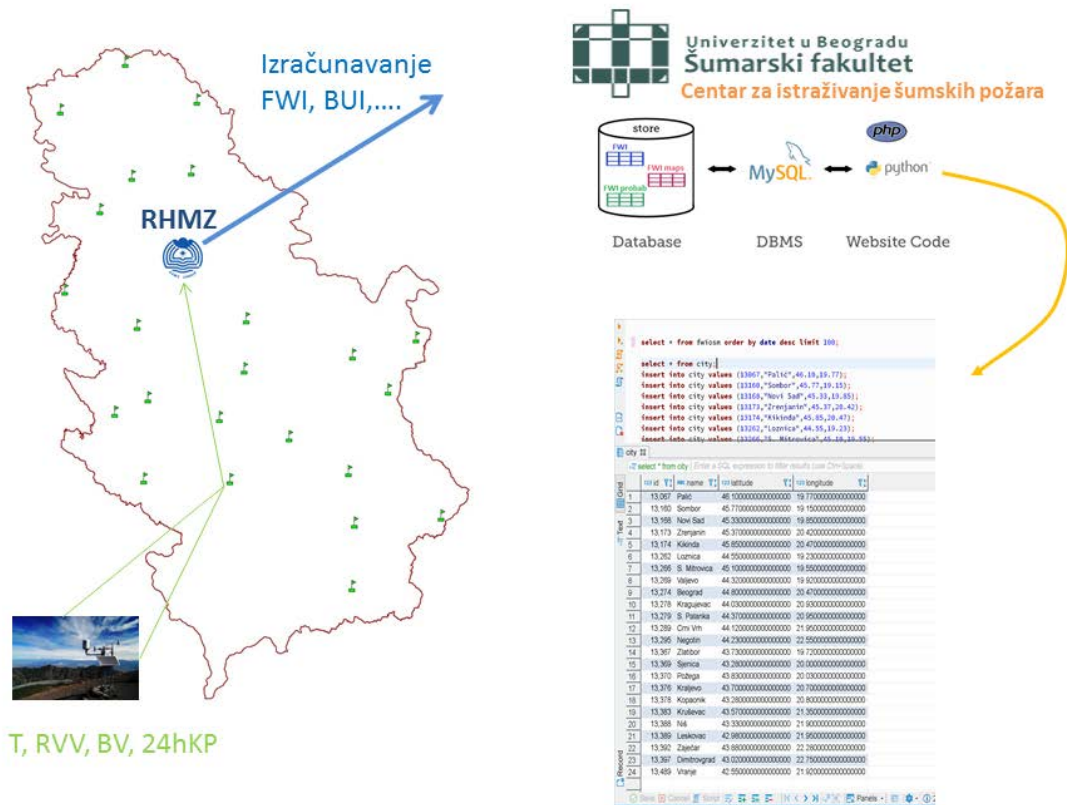
Cilj 2a. Izrada web portala za prognoziranje opasnosti od pojave požara

U okviru Centra za istraživanje šumskih požara postavljeno je razvojno-testno okruženje koje ima za cilj razvoj i unapređenje sistema za prognoziranje opasnosti i ranu detekciju požara. Po uzoru na European Forest Fire Information System (EFFIS), kao probu koncepta (proof of concept), razvili smo sistem koji prikuplja podatke o temperaturi vazduha (T), relativnoj vlažnosti vazduha (RVV), brzini vetra (BV) i 24-časovnoj količini padavina (24hKP) izmerene oko podneva po lokalnom vremenu (merenja u 12 UTC) iz 24 meteorološke stanice na teritoriji Republike Srbije. Podaci se zajedno sa izračunatim vrednostima FWI i njegovim komponentama publikuju svakog dana na Internet prezentaciji Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije.



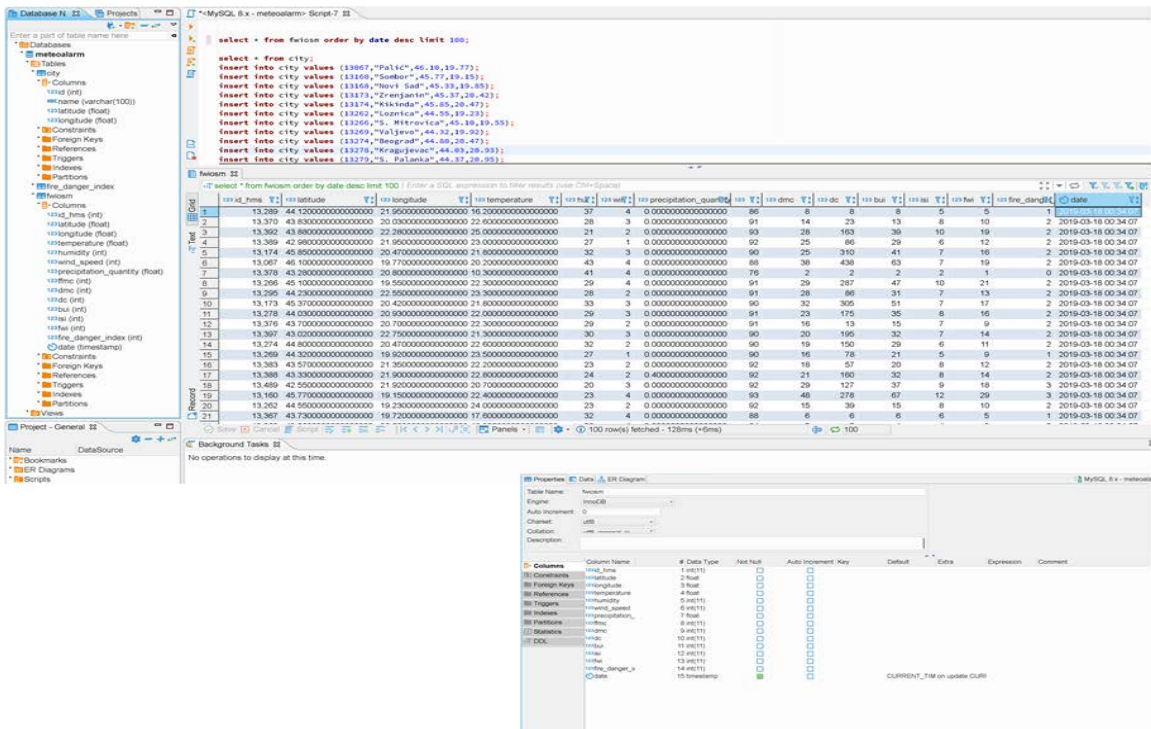
Slika 16. Konceptualna šema prikupljanja i obrade podataka o vremenskim uslovima i FWI sa komponentama

Automatska procedura (script) napisana u programaskom jeziku Pyton omogućava skidanje podataka sa Internet prezentaciji Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije i prebacivanje u MySQL bazu na server Centra za istraživanje šumskih požara.



Slika 17. Prikupljane podataka o vremenski podacima i FWI sa izabranih iz meteoroloških stanica za izabrani dan

Podaci se prikupljaju svakodnevno sa početkom od 1.3.2019 godine. Uyorkovanje se radi jednom dnevno. Svi prikupljeni podaci se skladište u deo baze za naknadnu analizu. U bazu FWI su takođe importovani istorijski podaci za dane kada su se desili požari u period 2012. do 2017. godine.



Slika 18. Izgled baze podataka o vremenski podacima I FWI sa komponentama za izabrani dan

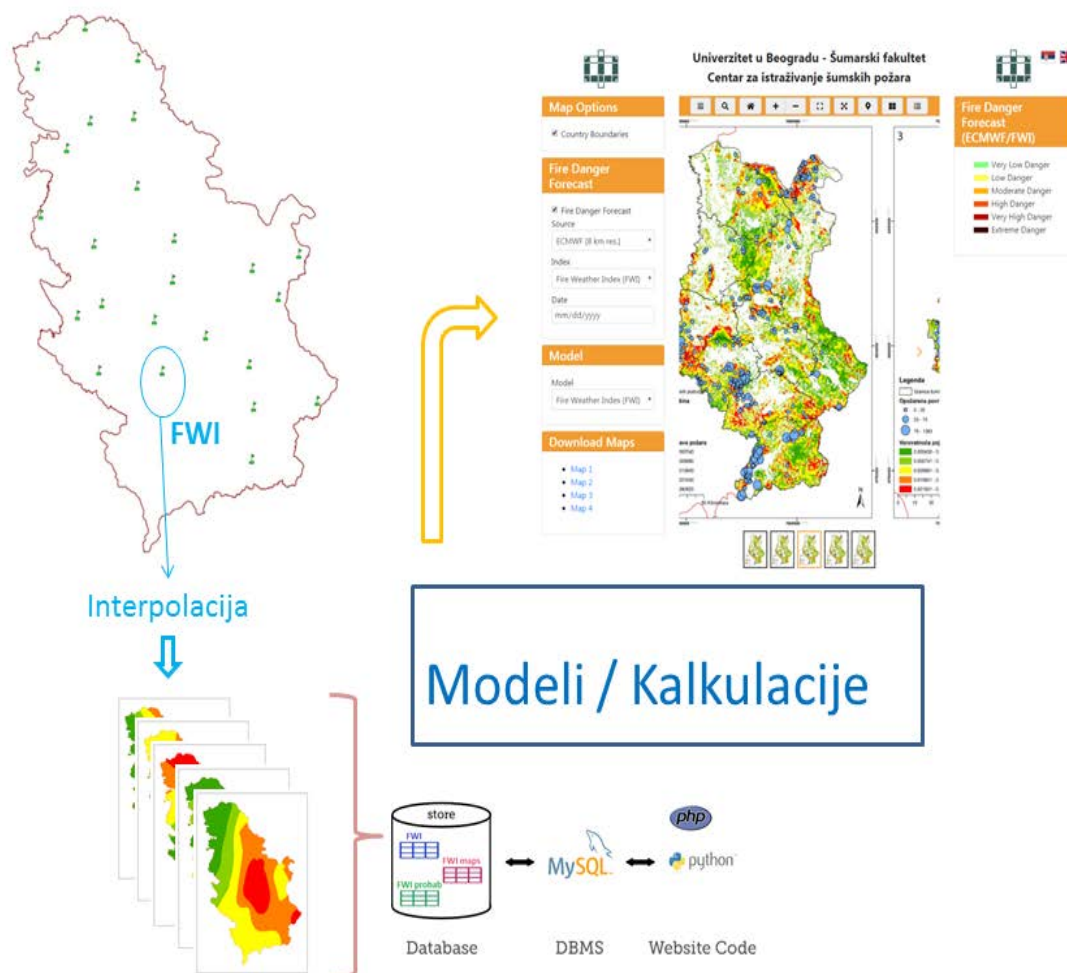
Prvi korak u daljoj analizi je interpolacija podataka dobijenih iz pojedinačnih hidrometroloških stanica za određeni datum. Za interpolaciju je korišćena metoda Kriging-a. uređenja u AcrGIS-u. I tako napravljene mape (raster) čuvaju se u bazi za dalju analizu (FWI mape).

Osnovni cilj Projekta u delu GIS obrade podataka je definisanje površina koje su po nekim geoprostornim kriterijumima do sada bile najugroženije od požara, a zatim i računanje verovatnoća ugroženosti od požara ostatka ispitivane teritorije.

Prediktivni modeli za evaluaciju uticaja različitih faktora na pojavu požara izvedeni su na osnovu podataka o požarima koji su se dogodili u istočnoj Srbiji u periodu od 2012 do 2017. Takođe, korišćeni su parametri koji se odnose na biotičke i abiotičke faktore relevantne za pojavu požara sa 1x1 km

U okviru dela za Modele/Kalkulaciju isprobavani su različiti modeli prikazani u ovom Izveštaju.

Po uzoru na EFFIS u programskom jeziku PHP razvijen je portal koji pruža informacije o opasnosti od pojave požara na teritoriji Istočne Srbije koja je obuhvaćena ovim projektom. Portalu se pristupa preko Internet prezentacije Centra za istraživanje šumskih požara Šumarskom fakulteta Univerziteta u Beogradu.



Slika 19. Portal koji pruža informacije o opasnosti od pojave požara. Konceptualni model

Cilj 3. Projektovanje mreže kamera za ranu detekciju požara za jedan region u Srbiji

U ovoj fazi na osnovu dostupnih podataka i usvojenih kriterijuma primenom višekriterijumskog MABAC (Multi-Attributive Border Approximation area Comparison) [1] i FUCOM (FULL Consistency Method) [2] modela definisane su lokacije za postavljanje kamera na području istočne Srbije.

Višekriterijumski FUCOM-MABAC model realizuje se kroz dve faze: (1) određivanje težinskih koeficijenata kriterijuma evaluacije za izbor lokacija za postavljanje kamera (2) evaluaciju lokacija za postavljanje kamera.

Postupak je razvijen uz pomoć sledećih kriterijuma evaluacije:

- verovatnoća pojave požara
- gustina šuma
- distanca od naseljenih mesta
- distanca od komunikacija

- nagib reljefa
- vertikalna raščlanjenost
- zakrivljenost reljefa
- aspekt reljefa u odnosu na strane sveta

Prikupljanje podataka:

- Metapodaci pokrivenosti šumom korišćeni su High Resolution Layer: Tree Cover Density (TCD) 2015 rezolucije 20x20 metara, izvora European Environment Agency - copernicus@eea.europa.eu. Pristup podacima zasnovan je na principu punog, otvorenog i slobodnog pristupa koji je utvrđen Uredbom (EU) br. 1159/2013 o Kopernikusu i informacijama od 12. jula 2013. godine.
- Digitalni Model Terena (DMT 25x25m), generisan u Vojnogeografskom institutu (VGI).
- GIS baza RATEL (Regulatorna agencija za elektronske komunikacije i poštanske usluge).
- Setovi metpodataka o komunikacijama, naseljima, telekomunikacionim i električnim mrežama preuzeti su iz vektorske baze Digitalne pregledne TK (DTKP 300), izdanja Vojnogeografskog instituta (VGI)

Postupak unosa metapodataka u GIS i generisanje mapa kriterijuma urađen je u okviru ArcGIS Desktop 10.6 softverskog paketa firme ESRI. Za generisanje mapa distanca korišćen je Buffer Analysis Tools na osnovu vektorskog sadržaja naselja i komunikacija preuzetih iz DTKP 300. U generisanju Topografskih elemenata korišćen je Digitalni Model Terena (DMT 25x25m), visinske tačnosti od 2-5 metara. Iz ovog rasterskog sloja koji sadrži podatke o nadmorskoj visini svakog piksela, primenom odgovarajućih GIS alata (Slope, Aspect, Curvature i Focal Statistics), kreirani su rasteri nagiba, ekspozicije, zakrivljenosti i vertikalne raščlanjenosti reljefa.

U prvom koraku, s obzirom da su podaci prikupljeni na različite načine i različitog su formata, prvi korak jeste da svi skupovi podataka budu standardizovani i u jedinicama koje se mogu uporediti. Skupovi podataka su standardizovani primenom fuzzy koncepta na kontinuiranoj skali u zavisnosti od izabrane funkcije pripadnosti. Operativna podloga je raster rezolucije 25x25m. Za vrednovanje podobnost atributa korišćena je kontinuirana skala u opsegu od 0 do 1, gde je 0 isključiva, a 1 najpogodnija vrednost atributa u odnosu na povoljnost izbora lokacije za kamere. Za standardizaciju korišćen je algoritam Fuzzy Membership Spatial Analyst Tools u odnosu na izabranu funkciju članstva za svaki kriterijum.

U drugom koraku izračunati su težinski koeficijenti kriterijuma evaluacije za izbor lokacija za postavljanje kamere. Razmatrano je osam kriterijuma: K1 - Verovatnoća pojave požara, K2 - Gustina šuma, K3 - Udaljenost od naseljenih mesta, K4 - Udaljenost od komunikacija, K5 - Nagib reljefa, K6 - Vertikalna raščlanjenost, K7 - Zakrivljenost reljefa i K8 - Aspekt reljefa u odnosu na strane sveta.

Značajnosti kriterijuma primenom FUCOM-a dobijaju se rešavanjem optimizacionog modela:

$$\begin{aligned}
& \min \chi \\
& s.t. \left\{ \begin{aligned}
& \left| \frac{w_1}{w_7} - 1.73 \right| = \chi, \quad \left| \frac{w_7}{w_3} - 1.22 \right| = \chi, \quad \left| \frac{w_3}{w_4} - 1.15 \right| = \chi, \quad \left| \frac{w_4}{w_6} - 1.19 \right| = \chi, \\
& \left| \frac{w_6}{w_2} - 1.14 \right| = \chi, \quad \left| \frac{w_2}{w_5} - 1.15 \right| = \chi, \quad \left| \frac{w_5}{w_8} - 1.30 \right| = \chi, \quad \left| \frac{w_1}{w_3} - 2.11 \right| = \chi, \\
& \left| \frac{w_7}{w_4} - 1.40 \right| = \chi, \quad \left| \frac{w_3}{w_6} - 1.36 \right| = \chi, \quad \left| \frac{w_4}{w_2} - 1.35 \right| = \chi, \quad \left| \frac{w_6}{w_5} - 1.31 \right| = \chi, \\
& \left| \frac{w_2}{w_8} - 1.49 \right| = \chi, \\
& \sum_{j=1}^8 w_j = 1, \quad w_j \geq 0, \quad \forall j
\end{aligned} \right. \tag{1}
\end{aligned}$$

Rešavanjem modela (1) dobijamo finalne značajnosti kriterijuma evaluacije, Tabela 8.

Tabela 8. Značajnosti kriterijuma evaluacije

Oznaka	Kriterijum	Značajnost
K1	Verovatnoća pojave požara	0,279
K2	Gustina šuma	0,085
K3	Distanca od naseljenih mesta	0,132
K4	Distanca od komunikacija	0,115
K5	Nagib reljefa	0,074
K6	Vertikalna raščlanjenost	0,097
K7	Zakrivljenost reljefa	0,161
K8	Aspekt reljefa u odnosu na strane sveta	0,057

Treći korak podrazumeva agregaciju kriterijuma, primenom WLC (Weighted Linear Combination) koja je integrisana u Spatial Analyst Tools, prema formuli [3,4]:

$$S = \sum w_i x_i \tag{2}$$

gde je S indeks pogodnosti, w_i je normalizovana težina kriterijuma i , i x_i je fuzzy vrednost podobnosti kriterijuma i . Na taj način, množe se težine kriterijuma, dobijenih kao rezultat FUCOM-a, sa fuzzy skorom ćelija svakog kriterijuma i kao rezultat se generiše konačna mapa pogodnosti za lokaciju kamera. Na bazi usvojenih kriterijuma, dobijena je konačna mapa, koja je predstavljena u istom vrednosnom opsegu od 0 do 1. Veće vrednosti ćelija karakterišu prostor koji je povoljniji za lokaciju kamera. Ovaj korak podrazumeva i Standard Deviation defazifikaciju korišćenjem funkcije Reclassify

na osnovu koje se svakom pikselu definiše indeks klase pogodnosti za lokaciju kamera (0 do 10). Brisanje usamljenih vrednosti rasterskih ćelija se vrši primenom Majority Filtera u okviru Spatial Analyst alata.

Sledeća faza se sastoji od dve varijante.

a) Prva varijanta podrazumeva korišćenje mreže antenskih stubova iz GIS baze RATEL (Regulatorna agencija za elektronske komunikacije i poštanske usluge), sa pretpostavkom da će se isti koristiti za postavljanje kamera. U daljem postupku, vrši se preklapanje preuzetih RATEL georeferenciranih lokacija antenskih stubova sa rasterom pogodnosti pri čemu je svakoj lokaciji pridruživani podatak (Extract Values to Points). Na ovaj način tabela lokacija je dobila atribut indeksa klase pogodnosti. Za konačnu lokaciju mesta kamere izdvojene su lokacije RATEL antenskih stubova sa najvišim vrednostima indeksa klase pogodnosti u izolovanim područjima poluprečnika od 10 do 30 km. U području istočne Srbije indetifikovano je 190 povoljnih RATEL lokacija za postavljanje kamere, Prilog Tabela P1.

U posebnoj geobazi podataka, datoj u Prilogu, eksportovan je sloj 190 tačkastih lokacija antenskih stubova, sa tabelom atributa sledeće strukture:

Tabela 9. Tabela atributa – Varijanta 1

Naziv atributa	Opis atributa
FID	Redni broj u tabeli
SHAPE	Oblik geometrije (Point)
OBJECTID	Redni broj objekta RATEL
VISINA	Visina antenskog stuba
X	X koordinata lokacije u Gaus-Krigerovoj projekciji
Y	Y koordinata lokacije u Gaus-Krigerovoj projekciji
LATITUDE	Decimalni zapis koordinate geografske širine
LONGITUDE	Decimalni zapis koordinate geografske dužine
OFFSETA	Visina pozicije kamere u odnosu na tlo
OFFSETB	Visina osmatranih tačaka u odnosu na tlo
AZIMUTH1	Početni azimut osmatranja kamere
AZIMUTH2	Krajnji azimut osmatranja kamere
VERT1	Maksimalni verikalni ugao osmatranja kamere
VERT2	Minimalni verikalni ugao osmatranja kamere
RADIUS1	Minimalni radijus osmatranja kamere
RADIUS2	Maksimalni radijus osmatranja kamere

U sledećem koraku, određuju se zone vidljivosti područja sa 190 izdvojenih lokacija antenskih stubova na osnovu Digitalnog Modela Terena (DMT).

U analizi zona vidljivosti varijante 1 su usvojena sledeća topografska i tehnička ograničenja kamere:

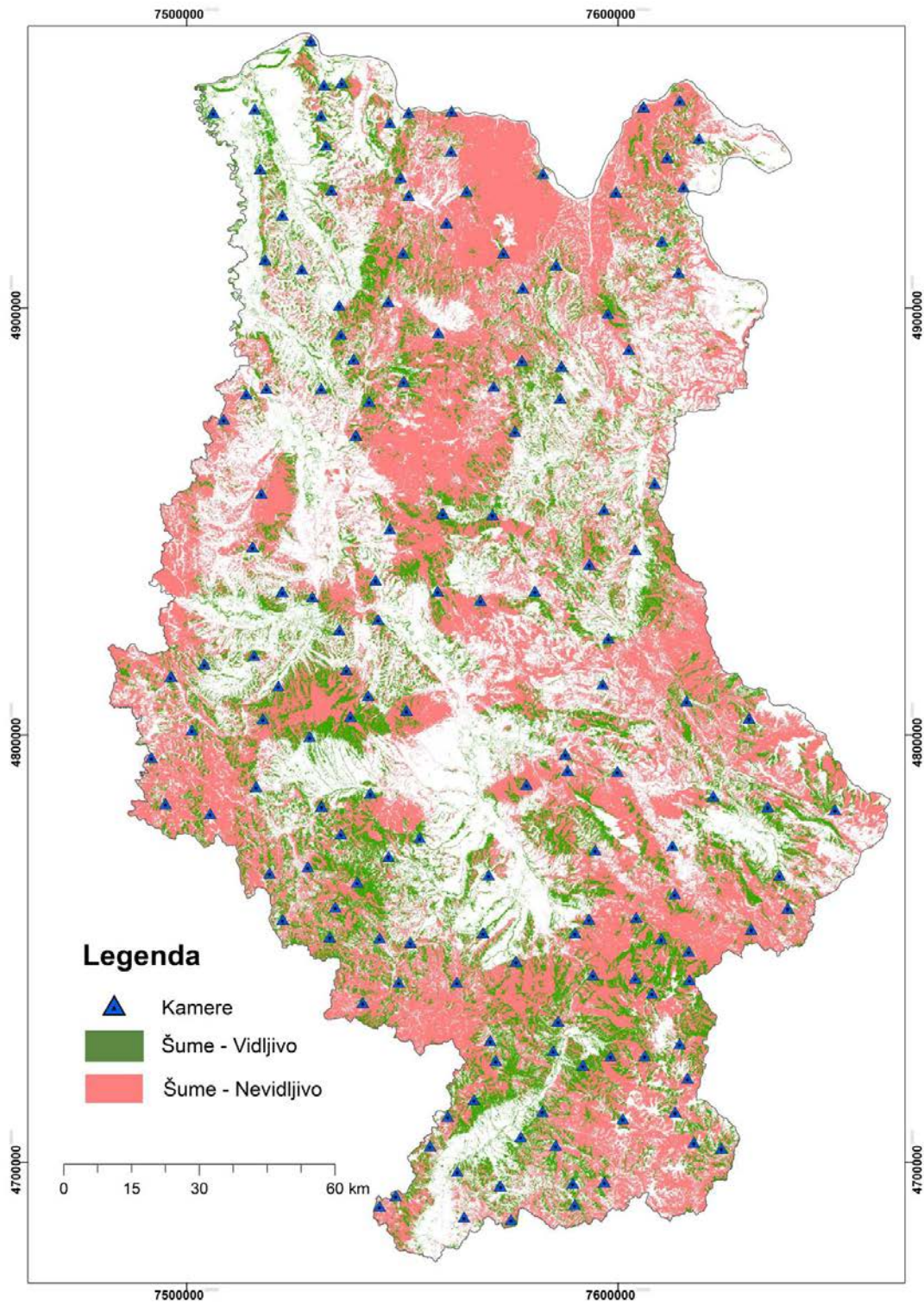
- Visina pozicije kamere u odnosu na tlo je definisana visinom RATEL antenskih stubova;
- Visina osmatranih tačaka u odnosu na tlo je 0 m;
- Radijus osmatranja: minimalno 0 m, maksimalni 20 km;
- Zona horizontalnog osmatranja je 360°;
- Zona vertikalnog osmatranja je od -90° do 90°.

Napomena: U detaljnoj analizi moguće je za svaku kameru uneti posebne topografsko-tehničke uslove snimanja.

Daljom primenom integrisanog algoritma Visibility, Spatial Analyst Tools, generisan je raster za operativno područje istočne Srbije rezolucije 25x25 metara sa ćelijama vrednosti od 0 do 7. Vrednosti ćelije rastera koje imaju vrednost 0, predstavljaju ćelije rastera koje nisu vidljive ni sa jedne lokacije kamere, dok vrednost od 1 do 7 označava ukupan broj kamera sa kojih se vidi data ćelija rastera.

Ekstrakcijom rastera šumskih područja sa rasterom vidljivosti (Extract Mask) generiše se raster vidljivosti šumskog područja sa lokacija izdvojenih antenskih stubova (Slika 20). Geostatističkom analizom rastera, sa 190 izdvojenih lokacija za postavljanje kamera vidljivo je 4.868 km² (29%) šumskog područja istočne Srbije, dok deo područja šuma koji se ne vidi iznosi 12.292 km² (71%).

b) Druga varijanta podrazumeva vlastiti izbor optimalnih lokacija za postavljanje šumskih kamera primenom MABAC modela. U daljem postupku, u izolovanim područjima poluprečnika od 10 do 30 km, vrši se izdvajanje dominantnih vrhova (Peak funkcija) kojima se pridružuje podatak rastera pogodnosti (Extract Values to Points). Za konačnu lokaciju mesta šumskih kamera izdvojene su Peak lokacije sa najvišim vrednostima indeksa klase pogodnosti. U području istočne Srbije izdvojeno je 109 dominantnih lokacija za postavljanje kamere. U posebnoj geobazi podataka, datoj u Prilogu (Tabela P2), formiran je sloj 109 tačkastih Peak lokacija za postavljanje kamera, sa tabelom atributa sledeće strukture:



Slika 20. vidljivosti šumskog područja kamerama, varijanta 1

Tabela 10. Tabela atributa – Varijanta 2

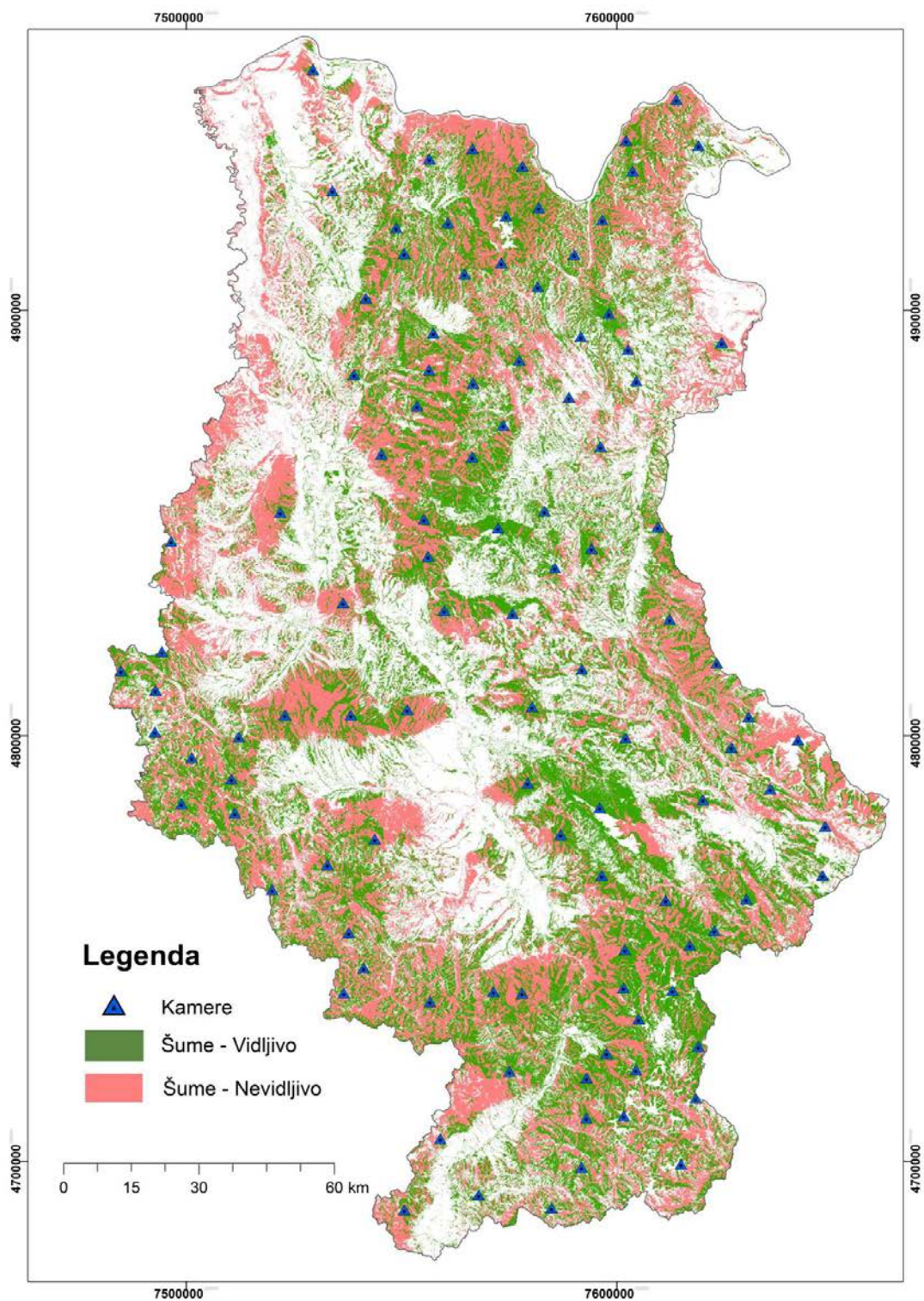
Naziv atributa	Opis atributa
FID	Redni broj u tabeli
SHAPE	Oblik geometrije (Point)
OBJECTID	Redni broj objekta
X	X koordinata lokacije u Gaus-Krugerovoj projekciji
Y	Y koordinata lokacije u Gaus-Krugerovoj projekciji
LATITUDE	Decimalni zapis koordinate geografske širine
LONGITUDE	Decimalni zapis koordinate geografske dužine
OFFSETA	Visina pozicije kamere u odnosu na tlo
OFFSETB	Visina osmatranih tačaka u odnosu na tlo
AZIMUTH1	Početni azimut osmatranja kamere
AZIMUTH1	Krajnji azimut osmatranja kamere
VERT1	Maksimalni verikalni ugao osmatranja kamere
VERT2	Minimalni verikalni ugao osmatranja kamere
RADIUS1	Minimalni radijus osmatranja kamere
RADIUS2	Maksimalni radijus osmatranja kamere

U analizi vidljivosti varijante 2 su usvojena sledeća topografska i tehnička ograničenja kamere:

- Visina pozicije kamere u odnosu na tlo iznosi 20m;
- Visina osmatranih tačaka u odnosu na tlo je 0 m;
- Radijus osmatranja: minimalno 0 m, maksimalni 20 km;
- Zona horizontalnog osmatranja je 360°;
- Zona vertikalnog osmatranja je od -90° do 90°.

Napomena: U detaljnoj analizi moguće je za svaku kameru uneti posebne topografsko - tehničke uslove snimanja.

U sledećem koraku (opisanom u varijanti 1) generisan je raster vidljivosti šumskog područja sa Peak izdvojenih lokacija (Slika 21). Geostatističkom analizom rastera, sa 109 Peak lokacija kamera vidljivo je 8.113 km² (47%) šumskog područja istočne Srbije, dok je deo područja šuma koji se ne vidi iznosi 9.047 km² (53%).



Slika 21. vidljivosti šumskog područja kamerama, varijanta 2

Sastavni deo ovog izveštaja su KML (.kmz) fajlovi sa pozicijama stubova za postavljanje kamera. Prilikom izrade mapa vidljivosti kamera korišćeni su stubovi različite visine, pa su samim tim i kamere postavljane na različite visine. Visine kamera direktno utiču na pokrivenost reljefa (vidljivost). Zato je

neophodno voditi računa da se prilikom korišćenja dostavljenih KML (.kmz) fajlova preuzmu visine koje su date u bazi. Iz navedenog razloga su u prilogu dostavljene tabele sa detaljnim podacima, koji mogu da se učitaju u GIS bazi i na osnovu tih parametara da se generišu sve relevantne informacije. Takođe, potrebno je usaglasiti vidljivost (ugao vidljivosti) kamera koji je korišćen prilikom generisanja dostavljenih mapa. Sve navedene informacije definisane su u GIS programskom paketu i na osnovu toga su definisane dostavljene pozicije. Za svaku dalju verifikaciju dostavljenih podataka neophodno je koristiti kompatibilan softver koji može da uključi sve kredibilne informacije koje su dovele do generisanja dostavljenih mapa.

Definisanje ruta za dronove

U ovoj fazi na osnovu usvojenih evaluacionih kriterijuma primenom FUCOM višekriterijumske tehnike definisane su dve varijante rute dronova. Parametar optimizacije ruta bila je minimizacija rastojanja uz istovremenu pokrivanje svih lokacija sa maksimalnim rizikom od požara.

a) Prva varijanta podrazumeva izbor ruta dronova na osnovu definisanih RATEL antenskih stubova za postavljanje kamera. Postupak je razvijen uz pomoć sledećih kriterijuma evaluacije:

- Vidljivost sa lokacija kamera (varijanta 1)
- Verovatnoća pojave požara
- Distanca od naseljenih mesta
- Distanca od komunikacija
- Distanca od dalekovoda
- Nagib

U prvom koraku ponavljaju se radnje i postupci unosa podataka i njihove standardizacije koji su objašnjeni u predhodnoj fazi. Operativna podloga je raster rezolucije 25x25 m.

U drugom koraku izračunati su težinski koeficijentni kriterijuma evaluacije za definisanje ruta za dronove. Razmatrano je šest kriterijuma: K1 - Vidljivost sa lokacija kamera, K2 - Verovatnoća pojave požara, K3 - Distanca od naseljenih mesta, K4 - Distanca od komunikacija, K5 - Distanca od dalekovoda i K6 - Nagib. Značajnosti kriterijuma primenom FUCOM-a dobijaju se rešavanjem optimizacionog modela:

$$\begin{aligned}
 & \min \chi \\
 & \left. \begin{aligned}
 & \left| \frac{w_1}{w_3} - 1.20 \right| = \chi, \quad \left| \frac{w_3}{w_2} - 2.11 \right| = \chi, \quad \left| \frac{w_2}{w_5} - 1.20 \right| = \chi, \\
 & \left| \frac{w_5}{w_4} - 1.02 \right| = \chi, \quad \left| \frac{w_4}{w_6} - 1.17 \right| = \chi, \quad \left| \frac{w_1}{w_2} - 2.54 \right| = \chi, \\
 & \left| \frac{w_3}{w_5} - 2.54 \right| = \chi, \quad \left| \frac{w_2}{w_4} - 1.02 \right| = \chi, \quad \left| \frac{w_5}{w_6} - 1.20 \right| = \chi, \\
 & \sum_{j=1}^6 w_j = 1, \quad w_j \geq 0, \quad \forall j
 \end{aligned} \right\} \text{s.t.} \tag{3}
 \end{aligned}$$

Rešavanjem modela (3) dobijamo finalne značajnosti kriterijuma evaluacije, Tabela 11.

Tabela 11. Značajnosti kriterijuma evaluacije

Oznaka	Kriterijum	Značajnost
K1	Vidljivost sa lokacija kamera	0,318
K3	Verovatnoća pojave požara	0,125
K2	Distanca od naseljenih mesta	0,264
K5	Distanca od komunikacija	0,102
K4	Distanca od dalekovoda	0,104
K6	Nagib	0,087

Treći korak podrazumeva agregaciju slojeva korišćenjem WLC (Weighted Linear Combination). Postupak je opisan u predhodnoj fazi. Izvršenom agregacijom, dobijen je raster, koji je predstavljen u vrednosnom opsegu od 0 do 1. Veće vrednosti ćelija karakterišu prostor koji je optimalniji za putanju drona.

Četvrti korak podrazumeva primenu algoritma The Cost Distance i Cost Path funkcija sadržanog u Spatial Analyst Tools ArcGIS, izračunavaju se optimalne rute dronova između određenih tačaka po varijanti 1.

U posebnoj geobazi podataka, datoj u Prilogu (Tabela P3), izdvojen je sloj od 17 ruta drona, sa tabelom atributa sledeće strukture:

Tabela 12. Tabela atributa

Naziv atributa	Opis atributa
FID	Redni broj u tabeli
SHAPE	Oblik geometrije (Polyline)
OBJECTID	Broj rute
LENGHT	Dužina rute u km
X_START	X koordinata lokacije početka rute u GK projekciji
Y_START	Y koordinata lokacije početka rute u GK projekciji
X_END	X koordinata lokacije kraja rute u GK projekciji
Y_END	Y koordinata lokacije kraja rute u GK projekciji
OFFSETA	Visina pozicije kamere u odnosu na tlo
OFFSETB	Visina osmatranih tačaka u odnosu na tlo
AZIMUTH1	Početni azimut osmatranja kamere
AZIMUTH1	Krajnji azimut osmatranja kamere
VERT1	Maksimalni verikalni ugao osmatranja kamere

Naziv atributa	Opis atributa
VERT2	Minimalni verikalni ugao osmatranja kamere
RADIUS1	Minimalni radijus osmatranja kamere
RADIUS2	Maksimalni radijus osmatranja kamere

U analizi zona vidljivosti drona su usvojena sledeća topografska i tehnička ograničenja drona:

- Visina pozicije kamere u odnosu na tlo 100 m;
- Visina osmatranih tačaka u odnosu na tlo 0 m;
- Radijus osmatranja: minimalno 0 m, maksimalni 5 km;
- Zona horizontalnog osmatranja je 360°;
- Zona vertikalnog osmatranja je od -45° do -90° ;
- Maksimalna dužina rute 50 km.

Napomena: Topografska i tehnička ograničenja drona su promenljiva.

U sledećem koraku, primenom integrisanog algoritma Visibility, Spatial Analyst Tools, generisan je raster vidljivosti dronom, rezolucije 25x25 metara sa ćelijama vrednosti od 0 do 1. Vrednosti ćelije rastera koje imaju vrednost 0, predstavljaju ćelije rastera koje nisu vidljive ni sa jedne od ruta drona, dok vrednost od 1 označava ćelije koja se vide sa ruta drona. Ekstrakcijom rastera šumskih područja sa rasterom vidljivosti (Extract Mask) generiše se raster vidljivosti šumskog područja dronom, po varijanti 1.

Završni korak predstavlja sumiranje rastera (Map algebra) vidljivosti šumskog područja (varijanta 1) i rastera vidljivosti ruta dronom (varijanta 1). Rezultujući raster ukazuje na šumska područja koja su vidljiva sa lokacija kamera prema varijanti 1 i sa putanje drona prema varijanti 1 (Karta 22).

Geostatističkom analizom rastera, sa 190 RATEL lokacija kamera i 17 definisanih ruta drona vidljivo je 6.989 km² (41%) šumskog područja istočne Srbije, dok je deo područja šuma koji se ne vidi iznosi 10.171 km² (59%). Uočljivo je da ne postoje veći šumski areali koji nisu vidljivi.

b) Druga varijanta podrazumeva izbor ruta dronova na osnovu definisanih Peak lokacija za postavljanje šumskih kamera.

Postupak je razvijen kao i u prvoj varijanti uz pomoć sledećih kriterijuma evaluacije:

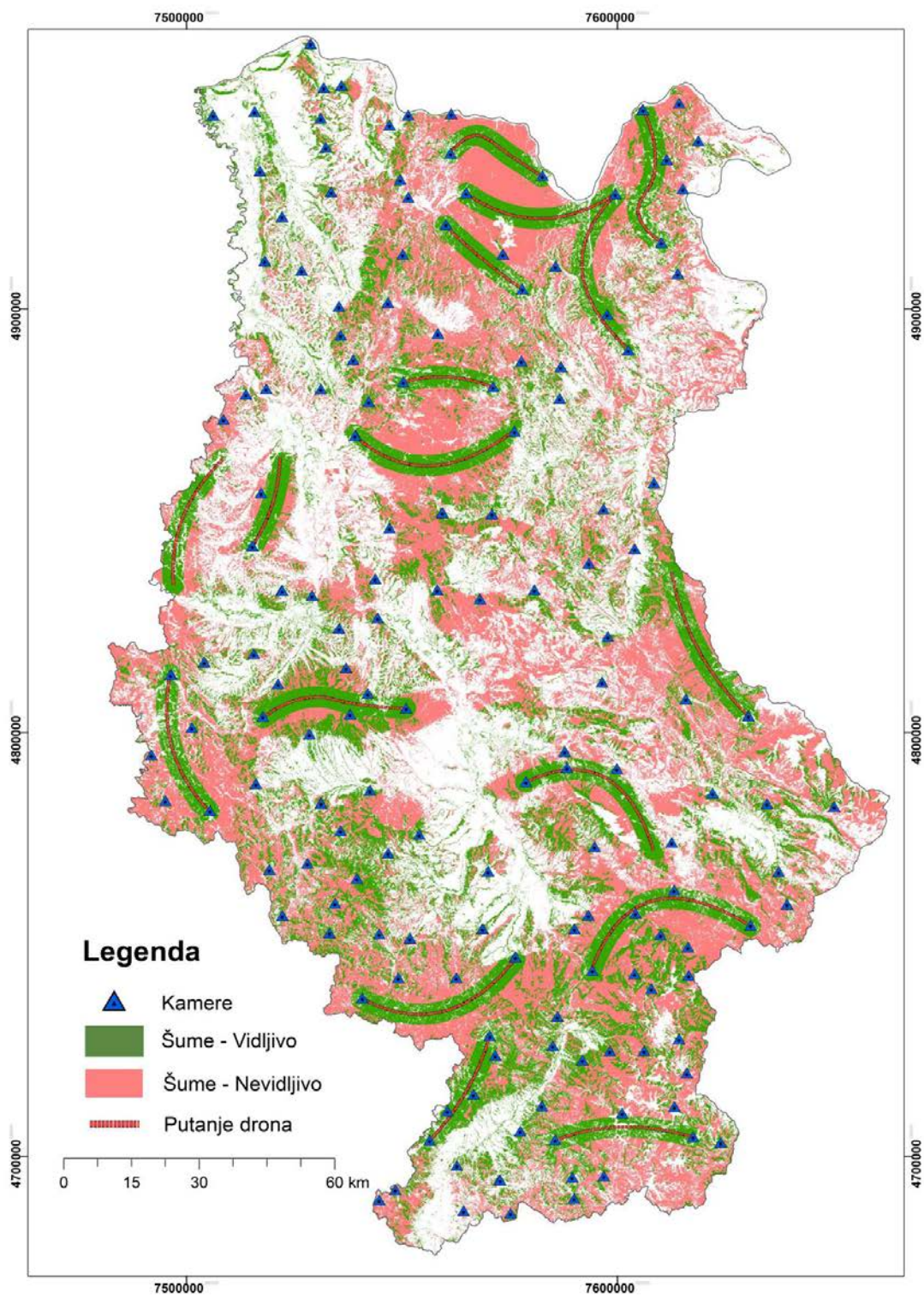
- vidljivost sa lokacija kamera (varijanta 2)
- verovatnoća pojave požara
- distanca od naseljenih mesta
- distanca od komunikacija
- distanca od dalekovoda
- nagib

Nakon definisanja najoptimalnijih trasa dronova između tačaka po varijanti 2, u posebnoj geobazi podataka, datoj u Prilogu, formiran je sloj od 8 ruta drona, sa tabelom atributa iznetoj u varijanti 1.

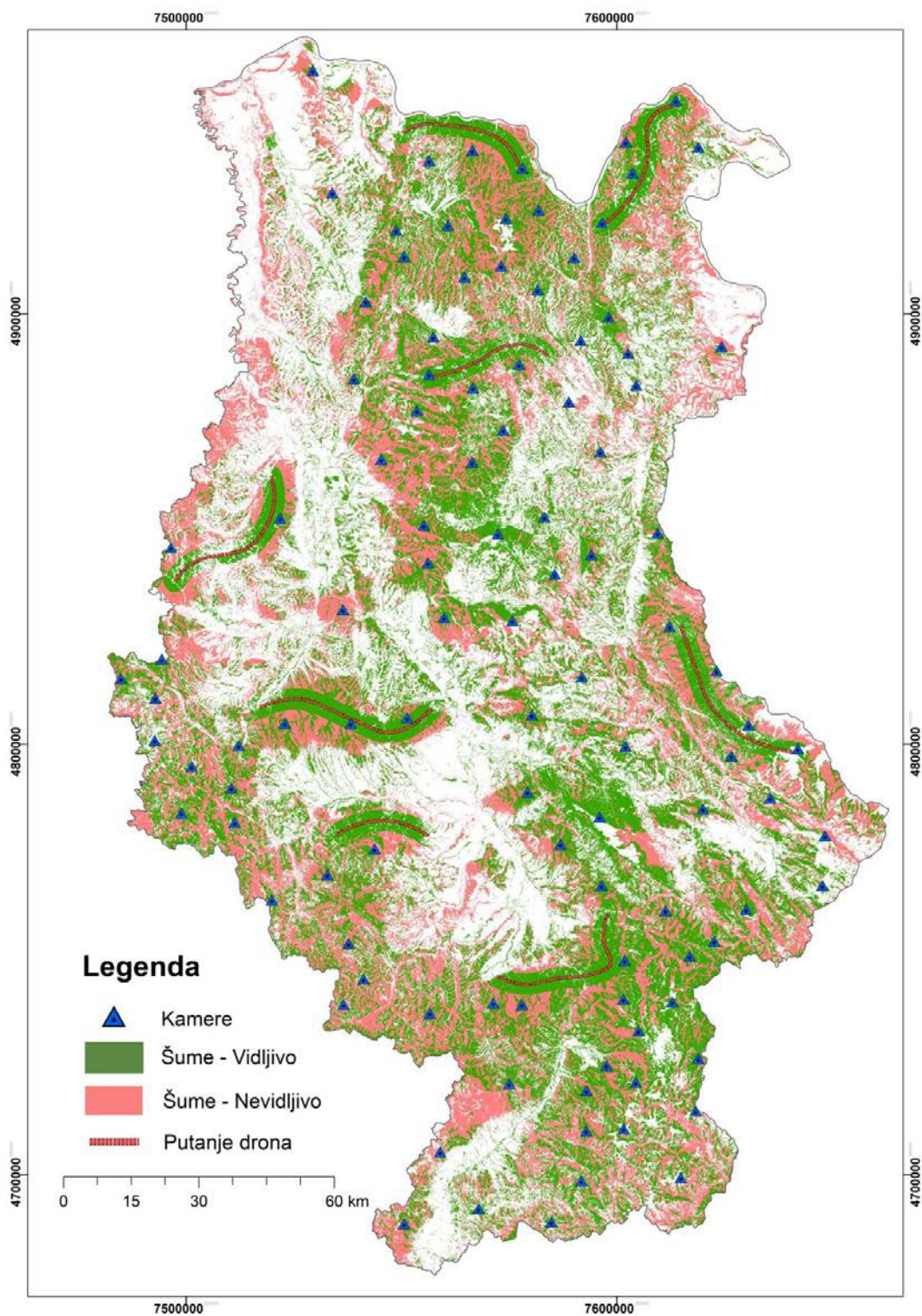
Završni korak predstavlja sumiranje rastera (Map algebra) vidljivosti šumskog područja (varijanta 2) i rastera vidljivosti ruta drona (varijanta 2). Rezultujući raster ukazuje na šumska područja koja su vidljiva sa Peak lokacija kamera i sa putanje drona, prema varijanti 2 (Karta 4).

Geostatističkom analizom rezultujućeg rastera, sa 109 Peak lokacija kamera i 8 definisanih ruta drona (Prilog, Tabela P4) vidljivo je 9.071 km² (53%) šumskog područja istočne Srbije, dok je deo područja šuma koji se ne vidi iznosi 8.089 km² (47%). Šumski areali koji se ne vide razbijeni su vidljivim delovima, tako da ne postoje veliki kompleksi nevidljivog šumskog područja.

Treba istaći da su iz analize rizičnih, izuzeti šumski prostori koji se nalaze u neposrednoj blizini naselja. Izneti analiza se odnosi na regionalni nivo odlučivanja i uočljivo je znatno bolje vizuelno pokrivanje kamerama šumskog područja po varijanti 2.



Slika 22. Sumarna karta vidljivosti šumskog područja, varijanta 1



Slika 23. Sumarna karta vidljivosti šumskog područja, varijanta 2

Pregled karakteristika bespilotnih letelica koje se mogu koristiti u detkciji požara

Upotreba vazuhoplova u nadgledanju terena stara je skoro koliko i vazduhoplovstvo. Korišćenje pilotnih vazduhoplova u svrhu otkrivanja šumskih požara se i ne koristi zbog mnogih specifičnih zahteva takvog nadgledanja, po pitanju bezbednosti, a i zbog izuzetno velikih troškova takvih letačkih operacija.

Razvojem bespilotnih vazduhoplova situacija se drastično menja, po pitanju bezbednosti, a i troškova letačkih operacija.

- Bespilotni vazduhoplovi bezbedno lete na mnogo manjim visinama od tla (30-250m),
- krstareća brzina letenja je od 0 do 100km/sat, uobičajno oko 30-80 km/sat, u zavisnosti od tipa letelice

Bespilotni vazduhoplovi se dele na po tipu konstrukcije na

- čvrsto krilo (avion) (slika 24)
- pokretno krilo (helikopter jedna elisa)
- multirotor (4, 6, 8, 12, 18 elisa) (slika 25)



Slika 24. *Bespilotni vazduhoplovi - sa čvrstim krilom*

Kriterijumi prema kojim se bira tip bespilotnog vazduhoplova za uočavanje požara i pružanja logističke podrške ekipama za gašenje požara:

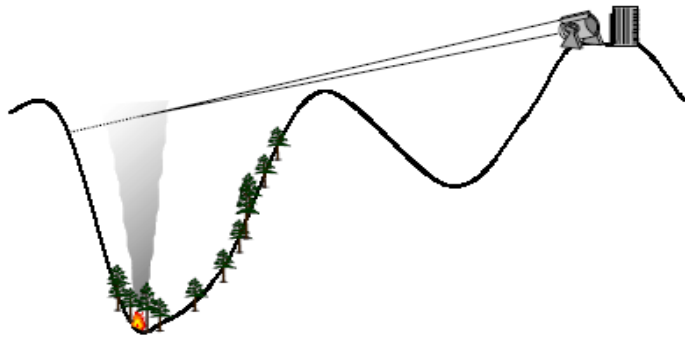
- autonomija leta (tri sata i više bez sletanja)
- do koje maksimalne brzine vetra može da izvodi letačke operacije
- snaga radio komunikacije (siguran domet radio veze za prenos telemetrijskih podataka i slike između RC stanice i vazduhoplova minimum 2km)
- dve RC stanice u paralelnoj komunikaciji
- svetlosna signalizacija orijentacije vazduhoplova
- nosivost korisnog tereta (dve i više kamera uz uređaje za merenje brzine i pravca vetra i vazдушnih struja oko 20-25kg ukupno)
- minimalna i maksimalna brzina letenja
- obavezna mogućnost upravljanja u AT modu
- autopilot (održava konstantnu visinu u odnosu na tlo, brzinu, može da se programira trasa leta, Hom point sistem, dvostruki džps)
- lako sklopiva i rasklopiva za upotrebu i transport



Iz navedenih minimalnih zahteva proizilazi da treba odabrati bespilotni vazduhoplov tipa čvrsto krilo (avion) sa najmanjim rasponom krila od 2,5 metara i pogonom motor sa unutrašnjim sagorevanjem ili multirotor sa minimalno šest rotora i hibridnim napajanjem (motor sa unutrašnjim sagorevanjem + generator)

Slika 25. Bespilotni vazduhoplovi - multirotor sa 6 elisa

Kada kamere ne mogu da precizno da odrede poziciju požara, zbog geografije terena, bespilotni vazduhoplov može, slanjem telemetrijskih podataka sa slikom u nadzorni centar. Takođe može vrlo precizno i efikasno tačno detektuje površinu koja je zahvaćena vatrom. U isto vreme slaće podatke o brzini, pravcu, smeru vetra i geografsku širinu i dužinu terena koji je zahvaćen vatrom.



Slika 26. Uticaj konfiguracije terena na vidljivost kamera

U isto vreme može se slika sa terena direktno sa vazduhoplova slati u komandni centar tima za gašenje požara, a time će se videti stanje prilaznih puteva mestu požara. Bespilotnim vazduhoplovom svo vreme pratimo kretanje ekipa koje rade na gašenju vatre.

Za korišćenje bspilotnih vazduhoplova u monitoringu šuma potrebno je dva rukovaoca bespilotnim vazduhoplovom po vazduhoplovu

Cilj 4. Definisanje smernica kao podrška za izradu planova gazdovanja šumama u odnosu na različite stepene opasnosti od pojave požara

Sve mere za smanjenje šteta od požara mogu se podeliti na one kojima se vrši **procena verovatnoće** pojave požara, **preventivne**, koje imaju za cilj da **smanje verovatnoću pojave** požara ili **opožarenu površinu** ukoliko do njega već dođe, zatim mere koje se sprovode kao odgovor na požar kako bi se nastali požar ugasio (**represivne**) i na kraju mere usmerene na **sanaciju opožarenih površina**. U preventivne mere možemo svrstati prognoziranje opasnosti i ranu detekciju požara što je i bio cilj istraživanja u ovoj fazi realizacije projekta za izabrana šumska područja na istoku i jugu Srbije. Pored ovih, imamo na raspolaganju i čitav niz mera čija primena može dovesti do smanjenja rizika od pojave požara ali i opožarene površine. Sve ove mere neophodno je ugraditi u planska dokumenta, opšte i posebne osnove za gazdovanje šumama, kako bi se korisnicima šuma nametnula obaveza njihovog sprovođenja i time smanjila opšta opasnost od šumskih požara.

Zadatak prognoziranja opasnosti od požara jeste da za određenu površinu pod šumom prvo odredi verovatnoću pojave požara uzimajući u obzir sve relevantne faktore koji na širem području utiču na njegovu pojavu. „Stacionarna karta“ opasnosti od pojave požara, koja predstavlja jedan od rezultata ovog projekta, može se koristiti za dugoročno (strateško) planiranje mera za smanjenje opasnosti od požara. Ukoliko se podaci dobijeni ovim istraživanjem kombinuju sa podacima o sposobnosti gorenja pojedinih tipova šuma, moguće je utvrditi opasnost od požara, odnosno kvantifikovati ovu opasnost uz pomoć matrice rizika.

Realizaciju ovog zadatka remeti nepostojanje pouzdanih podataka o sposobnosti gorenja različitih tipova šuma koji su prisutni u Srbiji. Primeni istraživanja drugih autora o sposobnosti gorenja pojedinih tipova šuma se suprotstavlja nepoduraranje ove podele u Evropi i kod nas. Naročiti problem predstavlja do te mere izvršena podeljenost tipova šuma koja za procenu rizika od požara nema praktičnog smisla i bar za ove potrebe se mora izvršiti njihovo grupisanje. Kako se rezultati istraživanja iz različitih delova Evrope (najčešće Mediterana ili severa Evrope) ne mogu prosto prepisati i primeniti za naše uslove, neophodno je sprovesti sistematsko istraživanje sposobnosti gorenja različitih tipova šuma u Srbiji čime bi se i buduća procena ugroženosti šuma značajno unapredila.

Postojeća podela ugroženosti šuma koju daje Vasić (1992) i koja je u širokoj primeni pri izradi planskih dokumenata u delu koji se odnosi na definisanje opasnosti od požara je u velikoj meri prevaziđena. Ona više definiše mogućnost nastanka požara u različitim šumama nego što govori o štetama do kojih može doći ukoliko se pojavi požar i stvarnoj ugroženosti šuma. Kroz nekoliko primera u daljem tekstu ćemo apostrofirati glavne nedostatke ove podele pored već pomenutog. Prvo ćemo prikazati ovu podelu u tabeli 13 kako bi bilo jasnije o čemu govorimo.

Ova podela ne pravi razliku u starosti koja postoji kod različitih vrsta drveća kada je u pitanju sposobnost gorenja. Za starije prirodne sastojine borova čija stabla imaju jako debelu koru prizemni požari ne predstavljaju veliku opasnost jer ih upravo debela kora štiti od visokih temperatura tako da ne dolazi do oštećenja kambijuma. Isto važi i za ostale vrste koje imaju debelu koru u starosti.

Tako Schelhaas i saradnici (2010) ocenjujući osetljivost različitih vrsta drveća na požare koriste skalu od 1-6, gde ocena 1 predstavlja otpornu vrstu a 6 maksimalno osetljivu. Na ovoj skali crni bor

iznad praga starosti od 50 godina je ocenjen sa 4 a ispod ocenom 6, dok je beli bor iznad praga od 50 godina ocenjen ocenom 2 a ispod ovog praga ocenom 4. Jela i smrča su na primer ocenjeni ocenom 1 ukoliko su stabla starija od 50 godina, odnosno ocenom 3 ukoliko su mlađa od 50 godina. Primera radi, sve izdanačke šume su ocenjene ocenom dva bez obzira na starost (Schelhaas i sar. 2010). Pored debljine, osetljivost na temperaturu različitih vrsta drveća zavisi i od drugih svojstva kore ali i doba godine kada se požar javlja, kao i mogućnost prenošenja požara u krune. Kod starijih sastojina bora gde su stabla čista od grana i po 20 metara opasnost od prenošenja požara u krune je minimalna. Tako, Xanthopoulos i saradnici (2012), na skali od 1 do 5, ocenjuju stara visoka stabla belog bora sa 1 (otporna), a sastojine iste vrste sa 3, odnosno srednje osetljive u odnosu na požare.

Tabela 13. Pregled različitih tipova šuma prema ugroženosti od požara

Stepen	Šume
I	Sastojine i kulture crnog i belog bora i ariša
II	Sastojine i kulture smrče, duglazije i ostalih četinarara
III	Mešovite sastojine četinarara i lišćara
IV	Sastojine graba i hrastova
V	Sastojine bukve i ostalih lišćara
VI	Šikare i šibljadi

Vasić, 1992

Bukva je prema Vasiću (1992) svrstana u otporne vrste, odnosno pripada petom stepenu ugroženosti. Novija istorija šumskih požara demantuje ovu tvrdnju. Tako, u požaru koji se desio katastrofalne 2007. godine, na području Svrljiških planina, stradalo je gotovo 1000 hektara bukove šume a požarna stihija je trajala nekoliko dana i zaustavljena je tek nakon intervencije aviona ruskog spasilačkog centra iz Niša. Sličan primer zabeležen je i na planini Juhor kod Jagodine i Paraćina iste godine, kada je požar zahvatio nekoliko stotina hektara čistih bukovih šuma. Ovaj požar nije imao ljudskih žrtvi ali je sanacija koja je neopravdano sprovedena nekoliko godina nakon požara, odnela dva života usled lomova trulih stabala, koja su pretrpela inicijalno samo minimalna oštećenja u pridanku i kao takva nisu bila zahvaćena sanacijom površine odmah nakon požara. Bukva, kao vrsta sa tankom korom pretrpela je značajna oštećenja usled visokih temperatura u nivou pridanka i došlo je do odumiranja kambijuma. Nakon toga, na mestima sa oštećenom korom, došlo je do infekcija gljive *Nectria coccinea* a kasnije i do prodiranja gljiva truležnica i postepenog sušenja preostalih stabala nakon sanacione seče. Ovaj proces se odvijao nekoliko godina nakon požara dok se nisu osušila sva stabla na opožarenoj površini. Ovi ali i mnogi drugi slučajevi demantuju svrstavanje bukve u peti stepen ugroženosti od požara.

Na kraju, svrstavanje šikara i šibljada u poslednji šesti stepen ugroženosti je potpuno pogrešno. Na osnovu prikupljenih podataka za istraživano područje šumskih oblasti koje pripadaju istočnim i južnim delovima Srbije vidi se da je prosečna opožarena površina najveća upravo u ovom tipu vegetacije. S obzirom na navedene primedbe u prethodnom delu izveštaja nameće se sama po sebi potreba revidiranja rangiranja različitih tipova šumske vegetacije prema ugroženosti od požara. Zbog svega izrečenog sugerišemo naručiocu posla (Upravi za šume) da FINASIRA POSEBAN PROJEKAT KOJI BI ZA CILJ IMAO UTVRĐIVANJE SPOSOBNOSTI GORENJA RAZLIČITIH TIPOVA ŠUMSKE VEGETACIJE I NJENO RANGIRANJE PREMA UGROŽENOSTI OD POŽARA U SRBIJI.

Na osnovu tzv. „stacionarne“ karte opasnosti od nastanka požara i sklonosti ka gorenju različitih tipova šuma (Xanthopoulos et al. 2012) izrađena je matrica ugroženosti (Theocharidou and Giannopoulos, 2015). Kao alternativa rangiranju tipova vegetacije prema sklonosti ka gorenju koju daje Xanthopoulos sa saradnicaim (2012), zbog nepotpune kompatibilnosti sa tipovima vegetacije koji postoje u Srbiji može se kao privremeno rešenje primeniti modifikovana podela koju daje Vasić (1992). Originalno, ova podela se sastoji od šest kategorija, pri čemu su u šestu kategoriju, koja bi trebalo da je najotpornija, svrstane šikare i šibljac koji vrlo često gore i to sa najvećim prosečno opožarenim površinama.

Sklonost ka gorenju pojedinih tipova šuma (Xanthopoulos et al. 2012) ili Vasić (1992)	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Verovatnoća pojave požara na osnovu „stacionarne“ karte				

Slika 26. Matrica ugroženosti šuma od požara za dugoročna planiranja

Pri praktičnoj primeni, preklapanjem mapa verovatnoće pojave požara sa tematskim mapama gazdinskih jedinica, odnosno odeljenjima i odsecima dobija se ulaz za „Matricu ugroženosti“ na sledeći način:

Iz mape verovatnoće pojave požara dobija se ulaz za X osu Matrice, a iz tematske karte za konkretnu GJ, na osnovu baze i geobaze podataka koja se dobija prilikom izrade Osnove gazdovanja šumama za konkretnu GJ, ulaz za Y osu na osnovu klasifikacije prema sklonosti ka gorenju (Xanthopoulos et al. 2012, ili Vasić, 1992). Preklapanjem – kombinacijom ova dva ulaza u prostoru, iz Matrice ugroženosti šuma od požara dobija se nivo rizika ugroženosti od požara: nizak (1-5), srednji (6-10), visok (12-16) i ekstremno (20-25). Ovi podaci, pored klasičnog preklapanja slojeva, mogu se dobiti i primenom standardnog alata za geoprocesiranje – *Inersect* – dostupnog u svim GIS softverima. primenom ovog alata automatski se dobija sloj preseka sa vrednostima X i Y ose svakog poligona.

Za svaki od ovih rizika očitog iz matrice, date su propisane kratkoročne i dugoročne mere zaštite od požara. Preporučujemo da se kao ulaz za Y osu koriste srednje vrednosti klasifikacije po Xanthopoulos

et al. 2012 (tabela P7 iz priloga izveštaja). Ukoliko se kao ulaz za Y osu koristi klasifikacija prema Vasiću (1992), neophodno je koristiti inverznu skalu jer su u ovoj podeli brojem 1 označene najugroženiji a ne najotporniji tipovi vegetacije kao što je to slučaj kod Xanthopoulos *et al.* 2012. Takođe, predlažemo svrstavanje šikara i šibljaka u 2 kategoriju. Naglašavamo i ovde kao i u izveštaju da obe podele imaju svoje nedostatke i da je neophodno izvršiti posebna istraživanja koja bi precizno definisala sklonost ka gorenju pojedinih tipova vegetacije u našoj zemlji.

Lista svih mera za smanjenje ugroženosti šuma od požara koje se mogu ugraditi u planove gazdovanja šumama, kao i njihov opis dati su u tekstu koji sledi. U nastavku teksta ovog izveštaja se nalaze i preporučene mere za pojedine nivoe rizika koje se odnose se na dugoročno planiranje. Odmah iza ovog dela se nalaze i preporučene mere koje treba sprovoditi u požarnoj sezoni radi smanjivanja rizika od požara. Utvrđivanje rizika se vrši na sličan način kao i kod dugoročnih mera, preko Matrice rizika gde se kao ulaz za X osu koriste podaci sa mapa verovatnoće pojave požara iz dinamičkog modela, koje su urađene za pojedine mesece u požarnoj sezoni, a koje će u budućnosti moći da se izrađuju na dnevnom nivou.

Za svaki nivo ugroženosti planiran je set mera koje imaju za cilj da smanje nivo šteta od požara.

nizak	srednji	visok	ekstreman
1-5	6-10	12-16	20-25

PREGLED MERA ZA SMANJENJE UGROŽENOSTI ŠUMA OD POŽARA KOJE TREBA UGRADITI U PLANOVE GAZDVANJA ŠUMAMA

Pored utvrđivanja rizika, kao što je u uvodnom delu ovog segmenta izveštaja rečeno, neophodno je planirati preventivne mere. One se prema (Anonymous, 2014) mogu grupisati u sledeće:

1. Upravljanje vegetacijom i gorivom
2. Formiranje protivpožarnih pruga i pojaseva
3. Unapređenje otpornosti šuma na požare
4. Jačanje otpornosti merama gajenja šuma
5. Mere usmerene na čoveka
6. Planiranje gašenja požara

U nastavku teksta biće predstavljene ukratko sve navedene grupe mera.

Upravljanje vegetacijom i gorivom. Sprovode se na čitavoj površini ako ima sredstava ili samo na lokacijama od posebnog interesa (velika opasnost od pojave požara ili blizina objekata od posebne važnosti, kao što su stambene zone, industrijski i vojni objekti, itd.) i imaju za cilj sprečavanje nagomilavanja gorivog materijala. Podrazumevaju prorede i seče u postojećim šumama kojim bi se

povezale prirodne celine otporne na požare (reke, jezera, itd.) kako bi se izvršilo fragmentiranje većih kompleksa šuma koji su više ugroženi od požara. Pojam „fragmentisanja“ podrazumeva svođenje većih kompleksa šuma, najčešće monokultura, sa većim kapacitetom gorenja na manje jedinice površine prosecanjem protivpožarnih pruga ili proredama koje će otvoriti prostor i omogućiti unošenje „otpornih vrsta“ kako bi se rizik od pojave požara na većoj površini smanjio na najmanju moguću meru. Pod „otpornim vrstama“ drveća podrazumevamo one vrste koje grade tipove šuma rangirane ocenom 1 prema ugroženosti od požara iz tabele P7 u prilogu našeg izveštaja. Prilikom osnivanja novih šuma treba koristiti otpornije vrste, planirati odmah protivpožarne pruge i pojaseve o kojima će u sledećem segmentu biti više reči ali i primenjivati odgovarajuće sisteme gajenja koji će povećati otpornost na požare o kojima će biti više reči u jedno od narednih segmenata kao što je „Fire-smart silviculture“.

Formiranje protivpožarnih pruga i pojaseva. Obe mere imaju za cilj da uspore ili zaustave širenje požara. Protivpožarne pruge predstavljaju prekide u prizemnoj vegetaciji i žbunastim vrstama ili drugom gorivom materijalu sa ciljem da se zaustavi širenje niskih požara kada se uklanja materijal sa površine šumskog tla sve do mineralne podloge. Za zaustavljanje širenja visokih, tzv. požara krune, koriste se protivpožarne pruge koje podrazumevaju uklanjanje čitavih stabala u prugama određene širine sa ciljem prekida prenošenja požara iz krune u krunu. Protivpožarni pojasevi se podižu od lišćarskih vrsta koje su otporne na požare sa zadatkom da uspore ili zaustave širenje prizemnih i požara krune. Moguće je formiranje kombinacije protivpožarnih pruga i pojaseva, koje (Vasić 1992) naziva biološkim prugama, a koji prekidaju vegetaciju ugroženu požarom u vidu pruge koja je sa obe strane obrasla vrstama koje su otporne na požare.

Prilikom planiranja pozicija protivpožarnih pruga ili pojaseva treba voditi računa da one povezuju prirodne celine koje su otporne na požare i da fragmentiraju posebno ugrožene delove šuma. Protivpožarne pruge i pojasevi treba da budu locirani tako da spreče ekstremno ponašanje požara odnosno u podnožju i na vrhu padine. Treba da budu povezani u jedinstvenu mrežu zajedno sa drugim preprekama kao što su putevi, reke i čistine. Svrha im je da veće komplekse ugroženih šuma podele u manje celine kako bi se eventualni požar lakše kontrolisao. Na lokacijama gde postoji opasnost od preskakanja pojaseva i pruga (naročito vetrovita mesta) neophodno je njihovo podizanje u serijama.

Širina protivpožarnih pruga i pojaseva zavisi od očekivanog intenziteta gorenja ukoliko do požara dođe ali prilikom njihovog formiranja treba se držati nekoliko osnovnih pravila.

Što je vegetacija viša to pruge treba da budu šire. Pruge trebaju biti šire tamo gde je rizik viši, naročito ako se takve šume nalaze u blizini naseljenih mesta ili bitne infrastrukture. U tom slučaju moraju biti minimalno 3 puta šire od visine vegetacije. Pruge moraju biti takve minimalne veličine da omoguće pristup vatrogasnim vozilima gde uslovi terena to omogućavaju. Kada su u pitanju protivpožarni pojasevi oni moraju biti najmanje 20 metara široki a u blizini naseljenih zona i širi. Kako bi protivpožarne pruge i pojasevi u potpunosti ostvarili svoju funkciju neophodno je i njihovo periodično održavanje kako bi se sprečilo nagomilavanje gorivog materijala.

Unapređenje otpornosti šuma na požare. Ove mere je moguće sprovesti u postojećim šumama ili ih implementirati prilikom podizanja novih zasada šuma. U postojećim šumama prilikom njihovog obnavljanja treba uvoditi otporne vrste drveća, povećavati diverzitet čime se takođe

povećava otpornost. Prilikom osnivanja novih šuma protivpožarne pruge i pojasevi treba da budu sastavni deo šume i inkorporirani u sva planska dokumenta još od izrade plana pošumljavanja, preko mera nega i gajenja.

Jačanje otpornosti merama gajenja šuma. Otpornost šuma na požare se može povećati pravilnim **izborom vrsta** drveća prilikom pošumljavanja ili konverzije šuma kao i **izborom odgovarajućih mera gajenja**. Otporne vrste drveća treba birati isključivo pri sanaciji požarišta a mere nege kao što su kresanje grana i proređivanje ne smeju da izostanu. Posebnu pažnju treba posvetiti **mrtvom drvetu**, kako dubećem tako i ležećem, u zonama sa visokim rizikom od požara, odnosno njegovo prisustvo treba svesti na minimum kako bi se sprečio nastanak požara gde se oslobađa velika količina toplote i koje je teško gasiti i kontrolisati. Naročitu opasnost čini **dubeće mrtvo drvo** koje može **sistemom lestvica** preneti prizemni požar u krune. Saniranje **poremećaja izazvanih dejstvom abiotičkih faktora** kao što su vetroizvale, vetrolomi, snegoizvale, snegolomi, ledolomi i ledoizvale, naročito u zonama sa povišenim rizikom od požara smanjuje opasnost od prenošenja prizemnog požara u krune pa ga treba hitno sprovoditi. Naročitu pažnju treba posvetiti obnavljanju šumskog plašta u ovim šumama. **Drvni proizvodi koji ostanu u šumi** neiskorišćeni nakon proreda i redovnih seča, kao što su panjevi, grane, vršike i dr. mogu povećati opasnost od požara i zato ih je u zavisnosti od stepena ugroženosti šuma od požara neophodno eliminisati iz šume u manjoj ili većoj meri. To je moguće uraditi njihovim spaljivanjem van požarne sezone ili još bolje iskoristiti kao obnovljivi izvor energije preradom u bio gorivo. Kao ilustracija za primer da nevolja nikad ne dolazi sama može poslužiti nagomilavanje gorivog materijala usled sušenja šuma nakon **prenamnoženja insekata i bolesti šumskog drveća** kada se na velikim površinama povećava opasnost od razvoja katastrofalnih požara. Zato se i kod sušenja pojedinačnih stabala preporučuje njihovo hitno uklanjanje iz sastojina kako bi se smanjio rizik od požara.

Poslednjih dvadesetak godina na zapadu Severne Amerike u suvim staništima četinarara se zagovara primena sistema gajenja šuma „Fire-smart silviculture” koji implementira sledeće principe tretmana gorivog materijala koji imaju kao prioritet povećavanje otpornosti šuma na požare (Agee and Skinner, 2005, Graham et al., 2004):

- a. Smanjiti akumulaciju ili modifikovati strukturu površinskih goriva kako bi se smanjio intenzitet potencijalnog požara, čime se smanjuje oštećenje drveta i olakšava efikasno gašenje požara.
- b. Podizanje osnove kruna, rezanjem donjih grana i uklanjanje goriva koje može dovesti do prevođenja prizemnog u visoki požar, čime se smanjuje i verovatnoća razvoja visokog požara.
- c. Sprovođenje proreda čime se smanjuje mogućnost dodirivanja kruna i ometa prenos vatre između susednih stabala, tj. aktivno širenje visokog požara.
- d. Zadržavanje velikih stabala u sastojini vrsta koje su otporne na požare.

Mere usmerene na čoveka. Izazivač požara u više od 95% slučajeva prema podacima iz Evrope ali i prema domaćim izvorima jeste čovek. Kako bi se smanjila broj požara, neophodno je sve mere usmeriti ka edukaciji stanovništva o štetnim posledicama požara s jedne strane, a s druge strane neophodno je pooštriti kaznene mere za same izazivače požara. U vreme požarne sezone neophodno

je obavještavati građanstvo o zabrani loženja vatre dok traje opasnost za isticanjem znakova upozorenja i opasnosti na vidljivim mestima na prilazima većih šumskih kompleksa kao i unutar njih.

Planiranje gašenja požara. Iako je gašenje požara u nadležnosti Sektora za vanredne situacije Ministarstva unutrašnjih poslova i ne podleže procesu planiranja gazdovanja šumama neka rešenja iz ovih planova mogu prilično da potpomognu i olakšaju proces gašenja šumskih požara. Planovima gazdovanja šumama, odnosno sprovođenjem mera može se poboljšati pristup vodozahvatima. **Izvorišta voda** ne bi trebalo da budu unutar zona šume sa ekstremnim rizikom od pojave požara već na periferiji ovih zona. Svi vodni resursi koji se mogu koristiti za gašenje požara moraju se uneti u protivpožarne karte. Pored poznavanja lokacija sa izvorštima voda, poput jezera, reka i potoka moraju se **ažurirati i podaci o njihovom stanju** i mogućnosti korišćenja za gašenje požara. Planovima gazdovanja treba predvideti lokacije na kojima je moguće formirati **jezerca i pregrade** koje se mogu koristiti u gašenju požara. Pristupačnost je preduslov za njihovu primenu u ove svrhe ali i kapacitet od minimalno 10.000 litara vode tokom sušnih perioda, kao i minimalna dubina od 1,5m kako bi se omogućilo neometano zahvatanje vode vedrom helikoptera.

MERE KOJE SE SPROVODE TOKOM POŽARNE SEZONE SA ZADATKOM SMANJENJA OPASNOSI OD POŽARA

Dinamička karta, koja takođe predstavlja jedan od rezultata projekta, može se koristiti za planiranje kratkoročnih mera koje se sprovode u požarnoj sezoni za sprečavanje pojave većih požara.

Sklonost ka gorenju pojedinih tipova šuma (Xanthopoulos et al. 2012) ili Vasić, 1992

5	5	10	15	20	25
4	4	8	12	16	20
3	3	6	9	12	15
2	2	4	6	8	10
1	1	2	3	4	5
	1	2	3	4	5

Verovatnoća pojave požara na osnovu „dinamičke“ dnevne karte

Slika 27. Matrica ugroženosti šuma od požara za kratkoro;na (dnevna) planiranja

Za svaki nivo ugroženosti planiran je set mera koje imaju za cilj da smanje nivo šteta od požara.

nizak	srednji	visok	ekstreman
1-5	6-10	12-16	20-25

DUGOROČNE MERE

Za područja niskom opasnošću od pojave požara, odnosno sa niskom ugroženošću

ne preporučuju se nikakve mere

Za područja sa srednjom opasnošću od pojave požara, odnosno sa srednjom ugroženošću preporučuju se sledeće mere:

Planiranje mera iz grupe 1, 3, 4, 5

Za područja sa visokom opasnošću od pojave požara, odnosno sa viskom ugroženošću preporučuju se sprovođenje sledećih mera:

Planiranje mera iz grupe 1, 2, 3, 4, 5 i 6

Za područja sa ekstremno visokom opasnošću od pojave požara, odnosno sa ekstremnom ugroženošću preporučuju se sprovođenje sledećih mera:

Planiranje mera iz grupe 1, 2, 3, 4, 5 i 6

KRATKOROČNE MERE

Za područja niskom opasnošću od pojave požara, odnosno sa niskom ugroženošću

ne preporučuju se nikakve mere

Za područja sa srednjom opasnošću od pojave požara, odnosno sa srednjom ugroženošću preporučuju se sledeće mere:

Intenzivno osmatranje sistemima sa zemlje

Za područja sa visokom opasnošću od pojave požara, odnosno sa viskom ugroženošću preporučuju se sprovođenje mere za područja sa srednjom ugroženošću kao i dodatnih mera:

Intenzivno osmatranje sistemima sa zemlje i aktiviranje dronova za patroliranje onim delovima šume koji nisu pokriveni kamerama

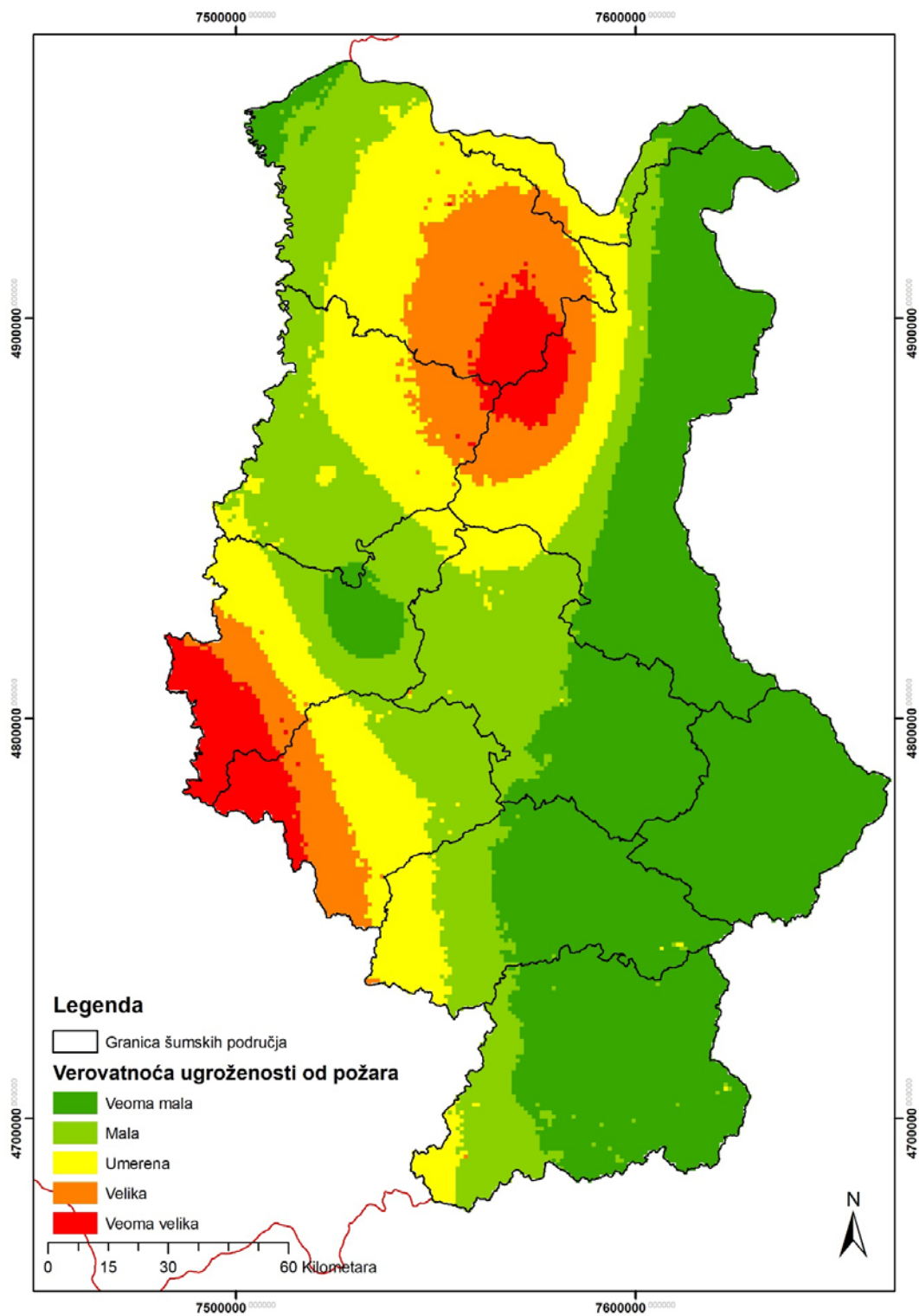
Aktiviranje privremenih rezervoara sa vodom

Za područja sa ekstremno visokom opasnošću od pojave požara, odnosno sa ekstremnom ugroženošću preporučuju se sprovođenje mere za visokom ugroženošću kao i dodatnih mera:

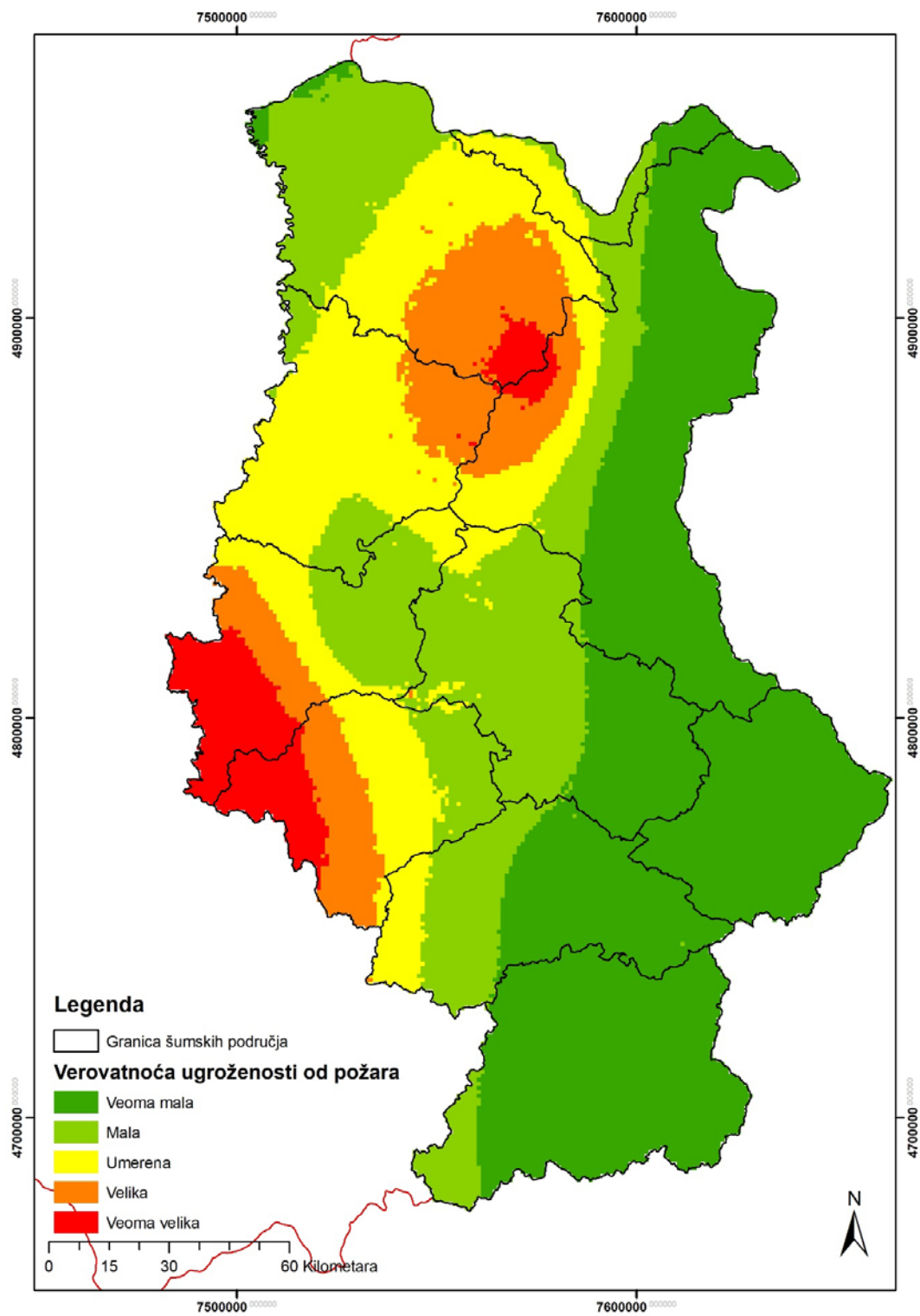
Mobilizacija ljudstva i mehanizacije za gašenje potencijalnih požara i organiovanje dežurstava do prestanka ovog nivoa opasnosti

LITERATURA

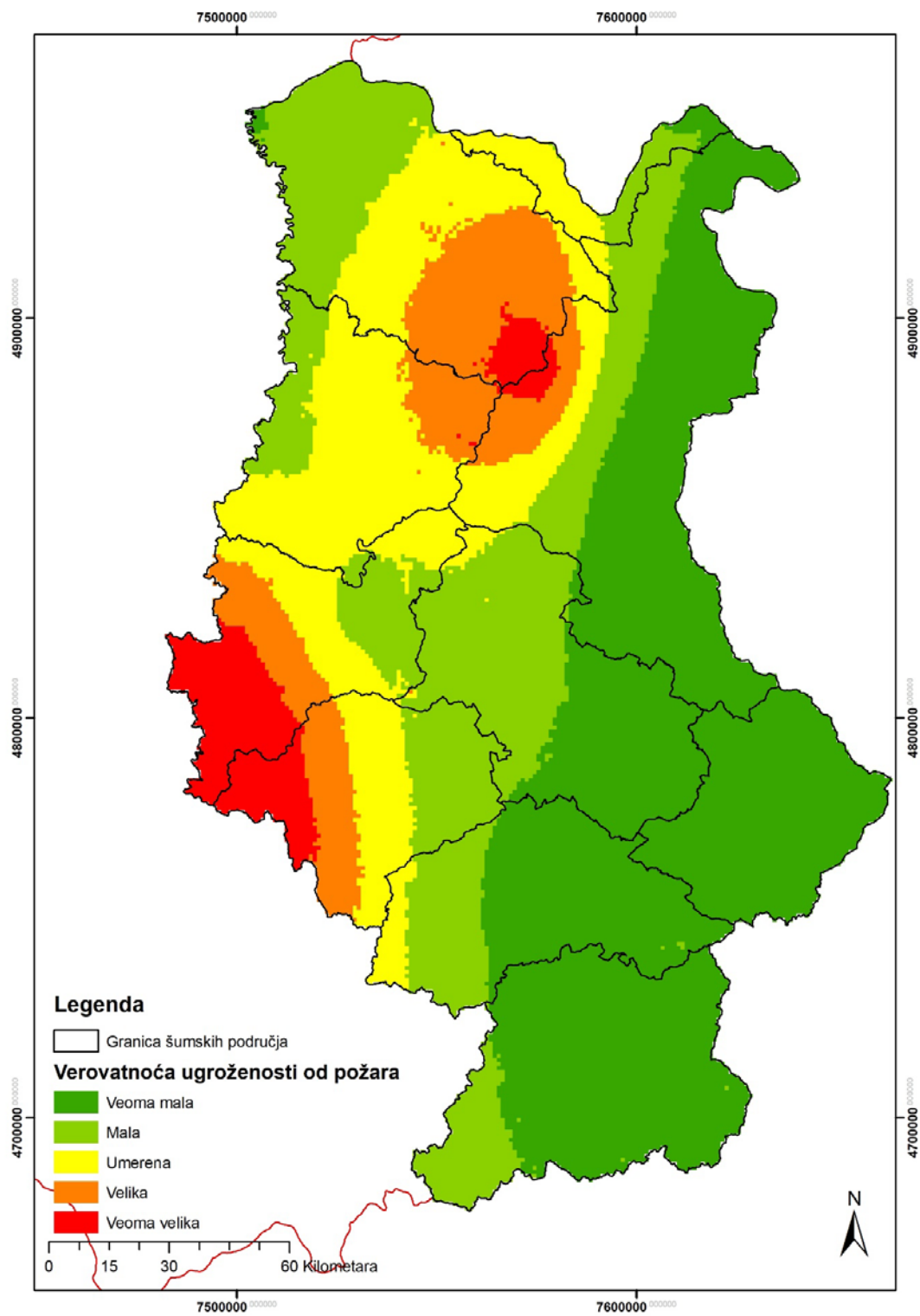
- [1] Pamučar, D., Ćirović, G. (2015). The selection of transport and handling resources in logistics centres using Multi-Attributive Border Approximation area Comparison (MABAC), *Expert Systems with Applications*, 42, pp 3016- 3028.
- [2] Pamučar D, Stević, Ž., Sremac, S. (2018). A New Model for Determining Weight Coefficients of Criteria in MCDM Models: Full Consistency Method (FUCOM). *Symmetry*, 10(9), 393, pp. 1-22. <https://doi.org/10.3390/sym10090393>.
- [3] Wang, Y., Hong, H., Chen, W., Li, S., Pamučar, D., Gigović, Lj., Drobňjak, S., Bui, D.T., Duan, H. (2019). A Hybrid GIS Multi-Criteria Decision-Making Method for Flood Susceptibility Mapping at Shangyou, China. *Remote Sensing*, 11(1), 62; <https://doi.org/10.3390/rs11010062>.
- [4] Gigović, Lj., Pamučar, D., Bajić, Z., Drobňjak, S. (2017). Application of GIS-Interval Rough AHP Methodology for Flood Hazard Mapping in Urban Areas, *Water*, 6(6), article No. 360, pp. 1-26. <https://doi.org/10.3390/w9060360>.
- [5] Schelhaas, MJ., Hengeveld, G., Moriondo, M. et al. Mitig Adapt Strateg *Glob Change* (2010) 15: 681. <https://doi.org/10.1007/s11027-010-9243-0>
- [6] Vasić, M. 1992. Šumski požari-priručnik za šumske inženjere i tehničare. JP Srbijšume, Beograd, pp 1-105.
- [7] Xanthopoulos G., Calfapietra C., Fernandes P. (2012) Fire Hazard and Flammability of European Forest Types. In: Moreira F., Arianoutsou M., Corona P., De las Heras J. (eds) *Post-Fire Management and Restoration of Southern European Forests. Managing Forest Ecosystems*, vol 24. Springer, Dordrecht
- [8] Agee, J., & Skinner, C. (2005). Basic principles of forest fuel reduction treatments. *Forest Ecology and Management*, 211, 83–96
- [9] Graham, R., McCaffrey, S., & Jain, T. (Tech. Eds.) (2004). Science basis for changing forest structure to modify wildfire behavior and severity. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-120. Fort Collins: USDA Forest Service.
- [10] Theocharidou M., Giannopoulos G. (2015) Risk assessment methodologies for critical infrastructure protection. Part II: A new approach. JRC Science and Policy report doi:10.2788/621843
- [11] Schelhaas, MJ., Hengeveld, G., Moriondo, M. et al. Mitig Adapt Strateg *Glob Change* (2010) 15: 681. <https://doi.org/10.1007/s11027-010-9243-0>
- [12] Anonymous, 2014. Building wildfire resilience into forest management planning, Forestry Commission Practice Guide, Edinburgh
- [13] de Groot, W.J. 1987. Interpreting the Canadian Forest Fire Weather Index (FWI) System. Pages 3-14 in *Proceedings: Fourth Central Regional Fire Weather Committee Scientific and Technical Seminar*. April 2, 1987, Winnipeg, Manitoba. Canadian Forestry Service, Northern Forestry Centre, Edmonton, Alberta.
- [14] Turner, J.A.; Lawson, B.D. 1978 *Weather in the Canadian forest fire danger rating system. A user guide to national standards and practices*. Fisheries and Environment Canada, Canadian Forest Service, Pacific Forest Research Centre, Victoria, BC. Information Report BC-X-177.40 p



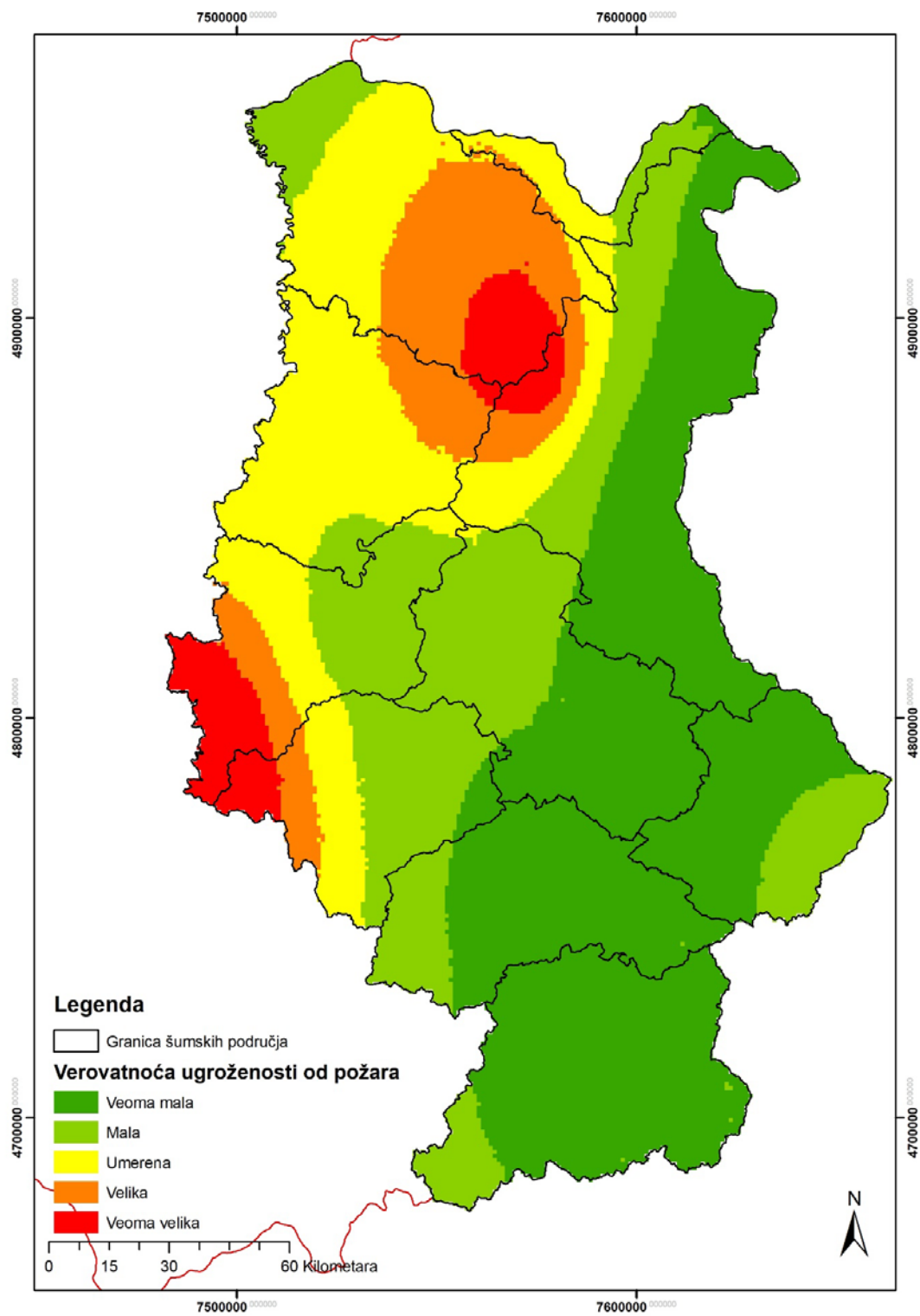
Slika P1. Verovatnoća pojave požara tokom marta za istraživano područje (deo dinamičkog modela)



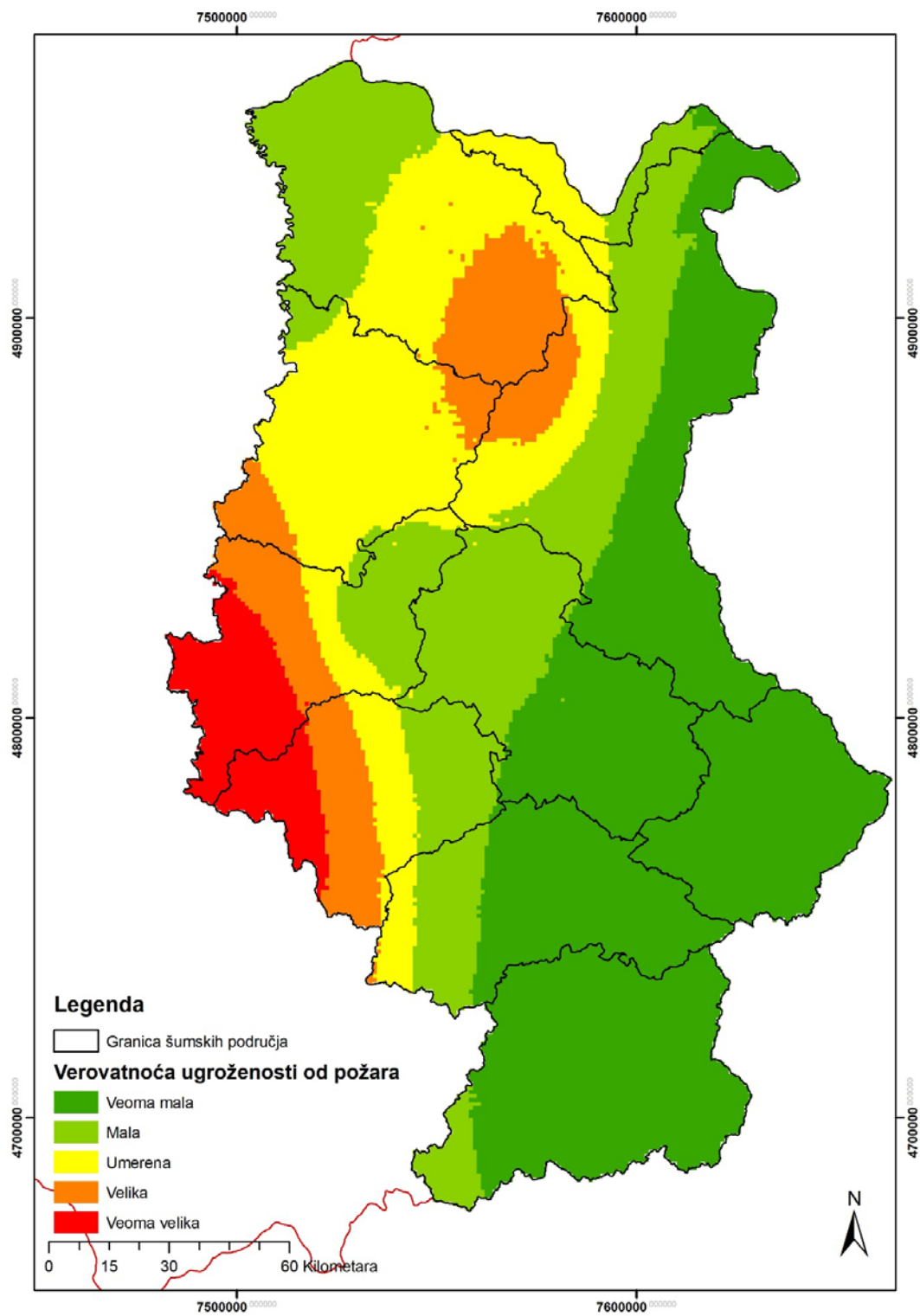
Slika P2. Verovatnoća pojave požara tokom aprila za istraživano područje (deo dinamičkog modela)



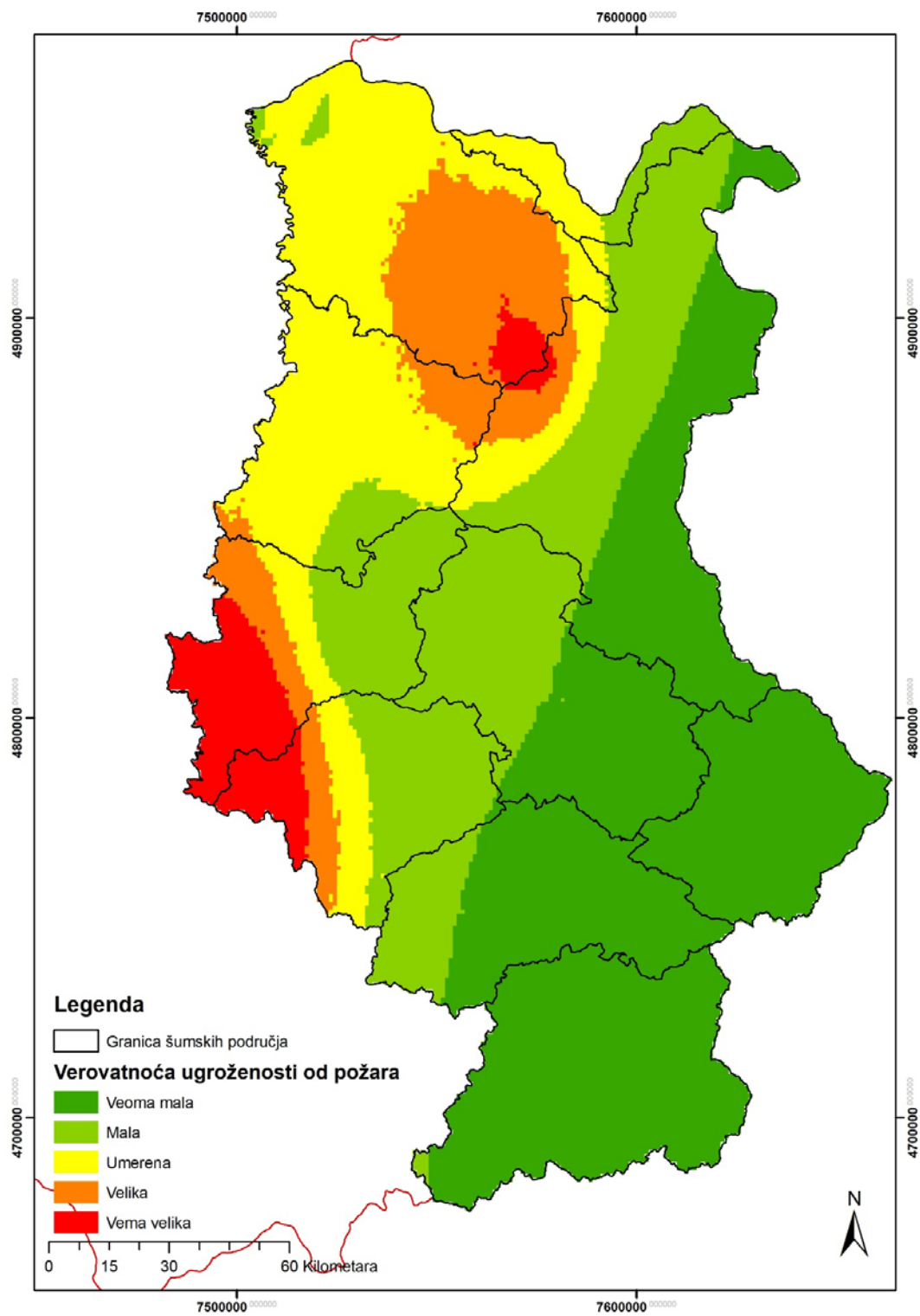
Slika P3. Verovatnoća pojave požara tokom maja za istraživano područje (deo dinamičkog modela)



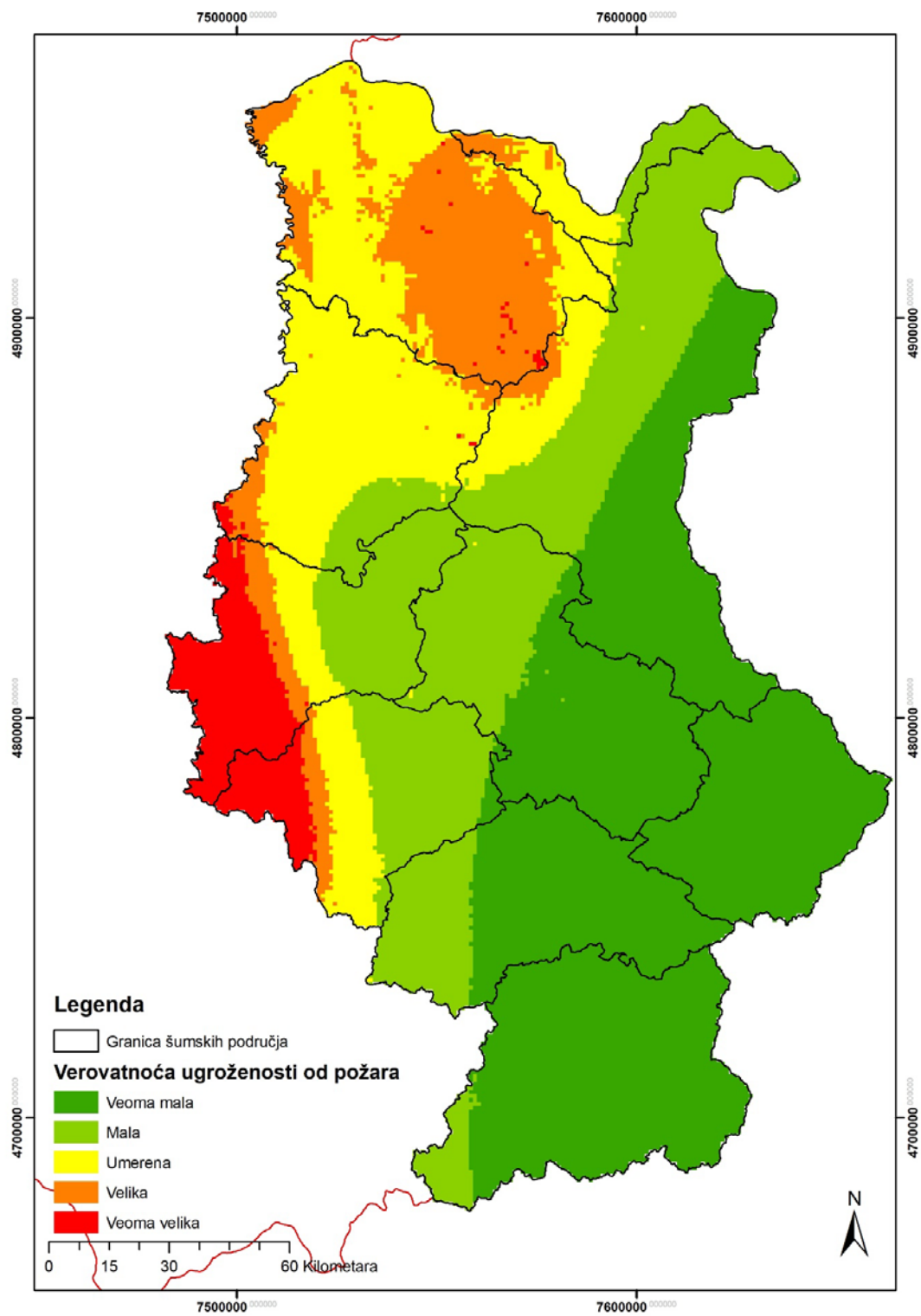
Slika P4. Verovatnoća pojave požara tokom juna za istraživano područje (deo dinamičkog modela)



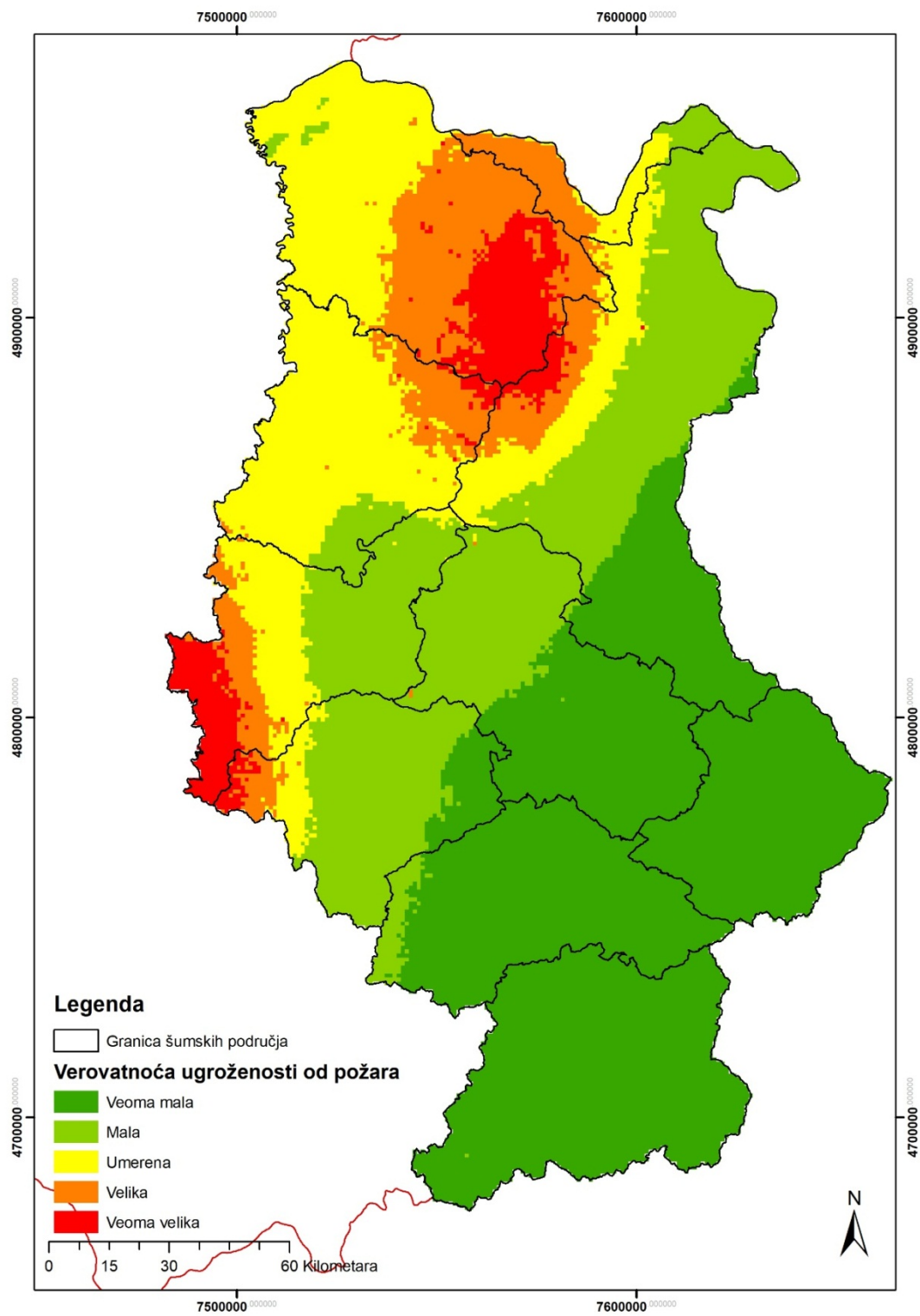
Slika P5. Verovatnoća pojave požara tokom jula za istraživano područje (deo dinamičkog modela)



Slika P6. Verovatnoća pojave požara tokom avgusta za istraživano područje (deo dinamičkog modela)



Slika P7. Verovatnoća pojave požara tokom septembra za istraživano područje (deo dinamičkog modela)



Slika P8. Verovatnoća pojave požara tokom septembra za istraživano područje (deo dinamičkog modela)

Tabela P1. Pozicije antenskih stubova – RATEL

OBJ.ID	VIS	X	Y	LAT	LONG	OFFS.A	OFFS.B	AZIM1	AZIM2	V1	V2	RAD1	RAD2
2	45	4921801.0	7522157.8	44.4404	21.2784	45	0	0	360	90	-90	0	20000
26	22	4900580.9	7535388.0	44.2488	21.4432	22	0	0	360	90	-90	0	20000
42	45	4938121.5	7532334.7	44.5869	21.4073	45	0	0	360	90	-90	0	20000
45	14	4926366.4	7551421.0	44.4800	21.6465	14	0	0	360	90	-90	0	20000
137	23	4909102.9	7526706.8	44.3259	21.3349	23	0	0	360	90	-90	0	20000
149	22	4962586.1	7528777.9	44.8072	21.3638	22	0	0	360	90	-90	0	20000
157	20	4912838.0	7550142.8	44.3583	21.6291	20	0	0	360	90	-90	0	20000
161	23	4927639.7	7533554.2	44.4925	21.4219	23	0	0	360	90	-90	0	20000
354	36	4832326.3	7529148.0	43.6347	21.3613	36	0	0	360	90	-90	0	20000
442	45	4818608.1	7515636.4	43.5116	21.1934	45	0	0	360	90	-90	0	20000
524	32	4824619.8	7535391.6	43.5651	21.4382	32	0	0	360	90	-90	0	20000
526	28	4833486.3	7522014.7	43.6454	21.2729	28	0	0	360	90	-90	0	20000
528	24	4844051.3	7515279.6	43.7407	21.1897	24	0	0	360	90	-90	0	20000
534	24	4870090.8	7539279.8	43.9742	21.4896	24	0	0	360	90	-90	0	20000
568	24	4848259.0	7547084.4	43.7772	21.5850	24	0	0	360	90	-90	0	20000
597	46	4813674.4	7496504.4	43.4673	20.9568	46	0	0	360	90	-90	0	20000
617	45	4833709.2	7558170.6	43.6454	21.7211	45	0	0	360	90	-90	0	20000
645	18	4791542.3	7599833.8	43.2615	22.2298	18	0	0	360	90	-90	0	20000
649	11	4767238.8	7637352.9	43.0369	22.6858	11	0	0	360	90	-90	0	20000
658	19	4928368.3	7615116.5	44.4906	22.4476	19	0	0	360	90	-90	0	20000
659	45	4939620.6	7618704.8	44.5913	22.4952	45	0	0	360	90	-90	0	20000
666	23	4811932.4	7596410.2	43.4455	22.1913	23	0	0	360	90	-90	0	20000
672	45	4851834.2	7559365.4	43.8085	21.7380	45	0	0	360	90	-90	0	20000
676	45	4783422.4	7531200.4	43.1944	21.3839	45	0	0	360	90	-90	0	20000
691	36	4878856.4	7586583.6	44.0490	22.0806	36	0	0	360	90	-90	0	20000
695	50	4788431.8	7578766.8	43.2360	21.9699	50	0	0	360	90	-90	0	20000
696	39	4762852.6	7613083.7	43.0014	22.3872	39	0	0	360	90	-90	0	20000
701	22	4710220.7	7601072.7	42.5293	22.2304	22	0	0	360	90	-90	0	20000
704	36	4947033.9	7605801.7	44.6600	22.3343	36	0	0	360	90	-90	0	20000
706	36	4931438.7	7582571.5	44.5227	22.0389	36	0	0	360	90	-90	0	20000
709	36	4747030.4	7576261.7	42.8635	21.9334	36	0	0	360	90	-90	0	20000
718	36	4694353.0	7572505.9	42.3897	21.8807	36	0	0	360	90	-90	0	20000
719	39	4886332.0	7586841.2	44.1163	22.0851	39	0	0	360	90	-90	0	20000
721	39	4805764.4	7550948.8	43.3944	21.6290	39	0	0	360	90	-90	0	20000

730	30	4890275.7	7602451.9	44.1497	22.2809	30	0	0	360	90	-90	0	20000
733	39	4871104.1	7576083.9	43.9804	21.9485	39	0	0	360	90	-90	0	20000
734	29	4803961.1	7630312.6	43.3686	22.6081	29	0	0	360	90	-90	0	20000
735	18	4782577.3	7650216.0	43.1725	22.8478	18	0	0	360	90	-90	0	20000
737	15	4754574.4	7630825.3	42.9241	22.6028	15	0	0	360	90	-90	0	20000
739	23	4773076.5	7594688.9	43.0959	22.1633	23	0	0	360	90	-90	0	20000
744	21	4757381.5	7604140.8	42.9534	22.2765	21	0	0	360	90	-90	0	20000
748	23	4753739.3	7568671.9	42.9247	21.8413	23	0	0	360	90	-90	0	20000
757	23	4781616.1	7505430.4	43.1787	21.0668	23	0	0	360	90	-90	0	20000
763	22	4912837.5	7573403.6	44.3563	21.9209	22	0	0	360	90	-90	0	20000
765	22	4767699.9	7519221.2	43.0532	21.2360	22	0	0	360	90	-90	0	20000
769	19	4728483.8	7570347.7	42.6971	21.8587	19	0	0	360	90	-90	0	20000
772	17	4795570.6	7587734.7	43.2993	22.0815	17	0	0	360	90	-90	0	20000
775	28	4751450.3	7551832.9	42.9054	21.6348	28	0	0	360	90	-90	0	20000
1290	36	4751455.5	7551832.7	42.9054	21.6348	36	0	0	360	90	-90	0	20000
1305	30	4811493.5	7521260.5	43.4474	21.2627	30	0	0	360	90	-90	0	20000
1323	30	4811934.5	7596411.0	43.4455	22.1913	30	0	0	360	90	-90	0	20000
1352	21	4694432.2	7572759.6	42.3904	21.8838	21	0	0	360	90	-90	0	20000
1364	30	4703856.1	7556405.7	42.4766	21.6861	30	0	0	360	90	-90	0	20000
1005	26	4945700.5	7506163.1	44.6558	21.0777	26	0	0	360	90	-90	0	20000
1252	36	4824627.9	7535394.7	43.5651	21.4382	36	0	0	360	90	-90	0	20000
1045	30	4687173.0	7564285.8	42.3257	21.7801	30	0	0	360	90	-90	0	20000
1149	30	4753745.0	7568661.7	42.9247	21.8412	30	0	0	360	90	-90	0	20000
1158	30	4878924.5	7586600.3	44.0496	22.0809	30	0	0	360	90	-90	0	20000
1184	52	4946598.9	7515794.2	44.6637	21.1992	52	0	0	360	90	-90	0	20000
1193	30	4900614.2	7535381.6	44.2491	21.4431	30	0	0	360	90	-90	0	20000
1207	30	4912850.1	7573432.5	44.3564	21.9213	30	0	0	360	90	-90	0	20000
1242	30	4952268.2	7531837.3	44.7142	21.4019	30	0	0	360	90	-90	0	20000
1566	30	4909103.2	7526703.7	44.3259	21.3348	30	0	0	360	90	-90	0	20000
1617	36	4704647.8	7617508.3	42.4768	22.4293	36	0	0	360	90	-90	0	20000
1636	30	4962587.0	7528777.7	44.8072	21.3638	30	0	0	360	90	-90	0	20000
1644	30	4836344.7	7543760.7	43.6702	21.5427	30	0	0	360	90	-90	0	20000
1684	30	4870091.7	7539280.2	43.9742	21.4896	30	0	0	360	90	-90	0	20000
1706	30	4848260.3	7547084.1	43.7772	21.5850	30	0	0	360	90	-90	0	20000
1708	30	4733008.5	7586050.4	42.7363	22.0510	30	0	0	360	90	-90	0	20000
1726	24	4785747.6	7622030.9	43.2061	22.5019	24	0	0	360	90	-90	0	20000

1763	21	4946997.1	7605892.6	44.6597	22.3354	21	0	0	360	90	-90	0	20000
1773	30	4844052.9	7515282.3	43.7407	21.1898	30	0	0	360	90	-90	0	20000
1395	24	4886361.0	7586815.3	44.1165	22.0848	24	0	0	360	90	-90	0	20000
1396	30	4851898.9	7559273.6	43.8091	21.7368	30	0	0	360	90	-90	0	20000
1417	30	4767705.5	7519224.8	43.0533	21.2360	30	0	0	360	90	-90	0	20000
2132	36	4705954.5	7577414.3	42.4936	21.9419	36	0	0	360	90	-90	0	20000
1821	30	4927643.9	7533541.8	44.4925	21.4218	30	0	0	360	90	-90	0	20000
1844	30	4756902.7	7593207.4	42.9505	22.1424	30	0	0	360	90	-90	0	20000
1862	36	4858952.0	7608466.5	43.8670	22.3496	36	0	0	360	90	-90	0	20000
1865	21	4747052.0	7576316.7	42.8637	21.9341	21	0	0	360	90	-90	0	20000
1876	36	4815286.2	7537017.4	43.4810	21.4577	36	0	0	360	90	-90	0	20000
1938	36	4888039.6	7538704.2	44.1358	21.4838	36	0	0	360	90	-90	0	20000
1949	30	4882802.9	7550299.1	44.0879	21.6282	30	0	0	360	90	-90	0	20000
2055	30	4945691.8	7506142.5	44.6557	21.0775	30	0	0	360	90	-90	0	20000
2489	36	4803819.4	7517691.6	43.3784	21.2184	36	0	0	360	90	-90	0	20000
2495	36	4801183.0	7501238.1	43.3549	21.0153	36	0	0	360	90	-90	0	20000
2497	30	4809228.1	7542042.5	43.4262	21.5193	30	0	0	360	90	-90	0	20000
2499	36	4833487.0	7522226.0	43.6454	21.2755	36	0	0	360	90	-90	0	20000
2511	30	4794781.4	7491851.1	43.2972	20.8996	30	0	0	360	90	-90	0	20000
2517	36	4816677.9	7504115.0	43.4944	21.0509	36	0	0	360	90	-90	0	20000
2530	18	4783973.6	7495093.8	43.1999	20.9396	18	0	0	360	90	-90	0	20000
2533	18	4827118.6	7544370.1	43.5871	21.5495	18	0	0	360	90	-90	0	20000
2534	12	4804373.6	7537941.7	43.3827	21.4683	12	0	0	360	90	-90	0	20000
2535	36	4813660.3	7496294.2	43.4672	20.9542	36	0	0	360	90	-90	0	20000
2573	25	4742193.6	7549145.2	42.8222	21.6011	25	0	0	360	90	-90	0	20000
2585	24	4749380.4	7616304.4	42.8797	22.4239	24	0	0	360	90	-90	0	20000
2586	36	4767287.9	7569962.4	43.0465	21.8588	36	0	0	360	90	-90	0	20000
2588	36	4753666.5	7589991.8	42.9218	22.1025	36	0	0	360	90	-90	0	20000
2589	36	4742166.5	7562591.1	42.8210	21.7656	36	0	0	360	90	-90	0	20000
2594	25	4752514.3	7544706.2	42.9154	21.5476	25	0	0	360	90	-90	0	20000
2595	18	4737413.4	7540807.3	42.7797	21.4988	18	0	0	360	90	-90	0	20000
2596	24	4743924.0	7594160.1	42.8336	22.1519	24	0	0	360	90	-90	0	20000
2598	24	4743100.1	7603949.4	42.8249	22.2715	24	0	0	360	90	-90	0	20000
2600	30	4739584.9	7607823.3	42.7927	22.3182	30	0	0	360	90	-90	0	20000
2602	30	4724919.9	7606161.9	42.6610	22.2951	30	0	0	360	90	-90	0	20000
2604	36	4752253.1	7609939.6	42.9065	22.3465	36	0	0	360	90	-90	0	20000

2605	12	4742694.0	7616503.5	42.8194	22.4249	12	0	0	360	90	-90	0	20000
2626	14	4831561.9	7568072.5	43.6253	21.8436	14	0	0	360	90	-90	0	20000
2628	29	4833701.4	7580683.9	43.6433	22.0002	29	0	0	360	90	-90	0	20000
2643	18	4791734.4	7588277.6	43.2647	22.0875	18	0	0	360	90	-90	0	20000
3177	24	4727736.6	7614224.3	42.6852	22.3940	24	0	0	360	90	-90	0	20000
3178	24	4695094.9	7589468.0	42.3946	22.0868	24	0	0	360	90	-90	0	20000
3179	36	4714626.2	7566580.7	42.5727	21.8111	36	0	0	360	90	-90	0	20000
3181	24	4686571.2	7575164.0	42.3194	21.9120	24	0	0	360	90	-90	0	20000
3182	14	4689726.7	7544696.4	42.3501	21.5426	14	0	0	360	90	-90	0	20000
3185	24	4711955.9	7582403.9	42.5472	22.0035	24	0	0	360	90	-90	0	20000
3190	12	4722731.8	7591837.5	42.6431	22.1201	12	0	0	360	90	-90	0	20000
3191	12	4690101.9	7589894.8	42.3496	22.0912	12	0	0	360	90	-90	0	20000
3193	24	4723808.8	7571619.1	42.6549	21.8736	24	0	0	360	90	-90	0	20000
3196	24	4703321.2	7623877.3	42.4639	22.5065	24	0	0	360	90	-90	0	20000
3198	24	4711763.3	7613164.4	42.5415	22.3779	24	0	0	360	90	-90	0	20000
3201	12	4719682.9	7616070.5	42.6124	22.4149	12	0	0	360	90	-90	0	20000
3202	18	4728455.7	7570380.3	42.6969	21.8591	18	0	0	360	90	-90	0	20000
2317	18	4887716.9	7577677.4	44.1298	21.9708	18	0	0	360	90	-90	0	20000
2320	30	4910081.6	7585607.6	44.3302	22.0735	30	0	0	360	90	-90	0	20000
2324	36	4927121.6	7599464.7	44.4817	22.2505	36	0	0	360	90	-90	0	20000
2326	24	4912836.8	7573402.5	44.3563	21.9209	24	0	0	360	90	-90	0	20000
2327	18	4904729.0	7577924.3	44.2829	21.9764	18	0	0	360	90	-90	0	20000
2331	20	4927358.9	7564874.1	44.4878	21.8157	20	0	0	360	90	-90	0	20000
2333	15	4881595.5	7571114.8	44.0753	21.8880	15	0	0	360	90	-90	0	20000
2335	30	4851929.5	7559342.9	43.8094	21.7377	30	0	0	360	90	-90	0	20000
2387	24	4881161.4	7518523.0	44.0747	21.2313	24	0	0	360	90	-90	0	20000
2393	30	4873927.9	7508610.2	44.0097	21.1074	30	0	0	360	90	-90	0	20000
3208	24	4843427.1	7603973.1	43.7279	22.2907	24	0	0	360	90	-90	0	20000
3209	36	4908346.1	7613959.7	44.3107	22.4286	36	0	0	360	90	-90	0	20000
3211	24	4947011.8	7605905.0	44.6598	22.3356	24	0	0	360	90	-90	0	20000
3227	30	4948586.6	7614296.6	44.6727	22.4417	30	0	0	360	90	-90	0	20000
3228	45	4898710.6	7597590.6	44.2263	22.2217	45	0	0	360	90	-90	0	20000
3234	36	4935264.2	7611387.7	44.5533	22.4022	36	0	0	360	90	-90	0	20000
3236	36	4807933.1	7615857.7	43.4067	22.4306	36	0	0	360	90	-90	0	20000
3237	78	4839995.2	7593326.7	43.6984	22.1580	78	0	0	360	90	-90	0	20000
3240	24	4822679.8	7597744.5	43.5420	22.2097	24	0	0	360	90	-90	0	20000

2401	30	4879829.7	7513818.8	44.0628	21.1725	30	0	0	360	90	-90	0	20000
2403	36	4881097.9	7531163.4	44.0737	21.3891	36	0	0	360	90	-90	0	20000
2404	36	4878124.3	7542261.8	44.0463	21.5274	36	0	0	360	90	-90	0	20000
2405	30	4870085.3	7539079.5	43.9741	21.4871	30	0	0	360	90	-90	0	20000
2407	30	4856557.5	7517320.9	43.8532	21.2155	30	0	0	360	90	-90	0	20000
2417	36	4888041.9	7538672.6	44.1358	21.4834	36	0	0	360	90	-90	0	20000
2806	45	4783265.7	7634642.3	43.1816	22.6565	45	0	0	360	90	-90	0	20000
2807	24	4803961.3	7630335.8	43.3686	22.6084	24	0	0	360	90	-90	0	20000
2812	25	4759532.3	7639291.9	42.9672	22.7077	25	0	0	360	90	-90	0	20000
2814	36	4774124.6	7612542.8	43.1029	22.3828	36	0	0	360	90	-90	0	20000
2817	24	4783338.9	7531244.1	43.1936	21.3845	24	0	0	360	90	-90	0	20000
2820	30	4756843.5	7522219.8	42.9554	21.2724	30	0	0	360	90	-90	0	20000
2821	34	4776005.9	7554017.8	43.1263	21.6640	34	0	0	360	90	-90	0	20000
2825	36	4776862.3	7535725.0	43.1351	21.4392	36	0	0	360	90	-90	0	20000
2827	36	4759767.9	7534417.9	42.9813	21.4221	36	0	0	360	90	-90	0	20000
2830	36	4771620.6	7546809.3	43.0873	21.5750	36	0	0	360	90	-90	0	20000
2831	42	4786414.7	7542551.7	43.2207	21.5238	42	0	0	360	90	-90	0	20000
2833	36	4799680.4	7528497.1	43.3408	21.3515	36	0	0	360	90	-90	0	20000
2834	30	4787960.9	7516115.4	43.2357	21.1984	30	0	0	360	90	-90	0	20000
2837	36	4752738.3	7533173.8	42.9180	21.4064	36	0	0	360	90	-90	0	20000
2839	18	4769170.2	7528079.0	43.0662	21.3448	18	0	0	360	90	-90	0	20000
2840	30	4765572.1	7539510.3	43.0333	21.4849	30	0	0	360	90	-90	0	20000
2843	18	4919919.9	7560188.4	44.4213	21.7560	18	0	0	360	90	-90	0	20000
2844	18	4894210.9	7558305.4	44.1900	21.7294	18	0	0	360	90	-90	0	20000
2846	30	4901484.5	7546713.0	44.2563	21.5851	30	0	0	360	90	-90	0	20000
2847	36	4911372.6	7518153.4	44.3466	21.2277	36	0	0	360	90	-90	0	20000
2853	36	4952733.9	7535941.5	44.7182	21.4537	36	0	0	360	90	-90	0	20000
2855	36	4944993.0	7531151.2	44.6488	21.3928	36	0	0	360	90	-90	0	20000
2856	36	4932543.7	7517029.5	44.5372	21.2143	36	0	0	360	90	-90	0	20000
2863	36	4943401.2	7547083.6	44.6336	21.5935	36	0	0	360	90	-90	0	20000
2872	16	4936729.5	7561256.2	44.5725	21.7714	16	0	0	360	90	-90	0	20000
2873	18	4930534.3	7549580.5	44.5176	21.6237	18	0	0	360	90	-90	0	20000
2875	12	4909078.5	7526703.1	44.3257	21.3348	12	0	0	360	90	-90	0	20000
2879	24	4946070.7	7561410.2	44.6565	21.7744	24	0	0	360	90	-90	0	20000
3247	36	4915690.4	7610138.3	44.3773	22.3823	36	0	0	360	90	-90	0	20000
3249	36	4851652.0	7570887.1	43.8059	21.8811	36	0	0	360	90	-90	0	20000

3294	24	4697852.9	7562734.3	42.4220	21.7624	24	0	0	360	90	-90	0	20000
3295	12	4703916.6	7585523.2	42.4744	22.0402	12	0	0	360	90	-90	0	20000
3412	30	4893794.7	7535777.9	44.1877	21.4476	30	0	0	360	90	-90	0	20000
3446	24	4753745.6	7568686.1	42.9247	21.8415	24	0	0	360	90	-90	0	20000
3505	18	4945731.0	7551442.4	44.6543	21.6487	18	0	0	360	90	-90	0	20000
3582	18	4710753.4	7560488.7	42.5384	21.7365	18	0	0	360	90	-90	0	20000
3583	18	4724868.8	7598201.5	42.6616	22.1980	18	0	0	360	90	-90	0	20000
3587	24	4695372.5	7596825.2	42.3962	22.1762	24	0	0	360	90	-90	0	20000
3589	18	4726128.5	7584921.3	42.6745	22.0362	18	0	0	360	90	-90	0	20000
3592	24	4692194.8	7548419.7	42.3721	21.5880	24	0	0	360	90	-90	0	20000
3597	36	4852808.4	7596724.3	43.8133	22.2024	36	0	0	360	90	-90	0	20000
3624	30	4945691.6	7506194.2	44.6557	21.0781	30	0	0	360	90	-90	0	20000

Tabela P2. Pozicije antenskih stubova – PEAK

OBJ.ID	VIS	X	Y	LAT	LONG	OFFS.A	OFFS.B	AZIM1	AZIM2	V1	V2	RAD1
1	4879046.9	7588818.6	44.0505	22.1086	25	0	0	360	90	-90	0	20000
2	4882889.2	7604455.6	44.0830	22.3044	25	0	0	360	90	-90	0	20000
3	4890269.8	7602569.9	44.1497	22.2823	25	0	0	360	90	-90	0	20000
4	4891897.8	7624290.0	44.1610	22.5542	25	0	0	360	90	-90	0	20000
5	4887692.1	7577269.1	44.1296	21.9657	25	0	0	360	90	-90	0	20000
6	4920700.0	7596593.9	44.4243	22.2133	25	0	0	360	90	-90	0	20000
7	4927588.6	7533897.6	44.4920	21.4263	25	0	0	360	90	-90	0	20000
8	4923618.9	7581771.5	44.4524	22.0276	25	0	0	360	90	-90	0	20000
9	4918870.6	7548720.9	44.4127	21.6118	25	0	0	360	90	-90	0	20000
10	4921626.2	7574243.8	44.4353	21.9327	25	0	0	360	90	-90	0	20000
11	4920006.7	7560708.3	44.4220	21.7625	25	0	0	360	90	-90	0	20000
12	4902349.4	7541688.8	44.2644	21.5222	25	0	0	360	90	-90	0	20000
13	4885447.9	7556339.7	44.1113	21.7039	25	0	0	360	90	-90	0	20000
14	4908007.9	7564559.0	44.3137	21.8094	25	0	0	360	90	-90	0	20000
15	4894115.3	7557321.5	44.1892	21.7171	25	0	0	360	90	-90	0	20000
16	4912578.6	7590063.0	44.3521	22.1298	25	0	0	360	90	-90	0	20000
17	4910618.0	7573115.5	44.3364	21.9170	25	0	0	360	90	-90	0	20000
18	4898681.7	7598085.4	44.2260	22.2279	25	0	0	360	90	-90	0	20000
19	4939385.7	7602077.3	44.5917	22.2858	25	0	0	360	90	-90	0	20000
20	4938195.7	7618903.2	44.5785	22.4974	25	0	0	360	90	-90	0	20000
21	4949001.8	7613753.8	44.6765	22.4350	25	0	0	360	90	-90	0	20000
22	4956003.6	7529397.8	44.7479	21.3713	25	0	0	360	90	-90	0	20000
23	4932189.7	7603612.6	44.5268	22.3037	25	0	0	360	90	-90	0	20000
24	4933357.6	7578018.1	44.5405	21.9819	25	0	0	360	90	-90	0	20000
25	4937481.4	7566451.4	44.5788	21.8369	25	0	0	360	90	-90	0	20000
26	4912797.1	7550567.9	44.3579	21.6344	25	0	0	360	90	-90	0	20000
27	4905007.8	7581579.8	44.2850	22.0223	25	0	0	360	90	-90	0	20000
28	4893305.8	7591555.3	44.1785	22.1452	25	0	0	360	90	-90	0	20000
29	4884382.5	7538961.9	44.1028	21.4867	25	0	0	360	90	-90	0	20000
30	4882305.3	7566558.0	44.0822	21.8312	25	0	0	360	90	-90	0	20000
31	4872478.3	7573556.9	43.9930	21.9172	25	0	0	360	90	-90	0	20000
32	4877011.7	7553559.4	44.0356	21.6683	25	0	0	360	90	-90	0	20000
33	4865012.7	7566408.7	43.9265	21.8271	25	0	0	360	90	-90	0	20000
34	4865655.3	7545296.8	43.9339	21.5643	25	0	0	360	90	-90	0	20000

OBJ.ID	VIS	X	Y	LAT	LONG	OFFS.A	OFFS.B	AZIM1	AZIM2	V1	V2	RAD1
35	4850422.6	7555150.5	43.7961	21.6854	25	0	0	360	90	-90	0	20000
36	4841647.7	7556114.8	43.7171	21.6965	25	0	0	360	90	-90	0	20000
37	4848308.8	7572368.0	43.7756	21.8991	25	0	0	360	90	-90	0	20000
38	4843493.9	7594030.0	43.7298	22.1673	25	0	0	360	90	-90	0	20000
39	4826839.0	7612193.8	43.5774	22.3893	25	0	0	360	90	-90	0	20000
40	4848568.2	7609456.2	43.7734	22.3598	25	0	0	360	90	-90	0	20000
41	4867481.5	7596113.0	43.9455	22.1975	25	0	0	360	90	-90	0	20000
42	4852306.2	7583184.6	43.8105	22.0341	25	0	0	360	90	-90	0	20000
43	4852015.5	7521835.7	43.8122	21.2714	25	0	0	360	90	-90	0	20000
44	4845159.6	7496462.4	43.7508	20.9561	25	0	0	360	90	-90	0	20000
45	4830733.7	7536366.3	43.6200	21.4506	25	0	0	360	90	-90	0	20000
46	4814756.8	7484824.6	43.4769	20.8124	25	0	0	360	90	-90	0	20000
47	4819278.5	7494315.6	43.5178	20.9297	25	0	0	360	90	-90	0	20000
48	4800443.7	7492718.6	43.3482	20.9102	25	0	0	360	90	-90	0	20000
49	4810211.5	7492836.9	43.4361	20.9115	25	0	0	360	90	-90	0	20000
50	4783547.4	7498833.9	43.1961	20.9857	25	0	0	360	90	-90	0	20000
51	4789350.0	7510497.1	43.2483	21.1293	25	0	0	360	90	-90	0	20000
52	4799229.4	7512187.6	43.3372	21.1503	25	0	0	360	90	-90	0	20000
53	4804348.9	7538191.1	43.3824	21.4714	25	0	0	360	90	-90	0	20000
54	4804311.4	7522894.3	43.3827	21.2826	25	0	0	360	90	-90	0	20000
55	4805638.5	7551304.2	43.3933	21.6334	25	0	0	360	90	-90	0	20000
56	4828928.8	7559884.8	43.6023	21.7419	25	0	0	360	90	-90	0	20000
57	4828182.3	7575745.4	43.5941	21.9382	25	0	0	360	90	-90	0	20000
58	4838987.8	7585554.4	43.6903	22.0614	25	0	0	360	90	-90	0	20000
59	4815134.1	7591819.8	43.4749	22.1351	25	0	0	360	90	-90	0	20000
60	4798526.9	7641967.8	43.3176	22.7505	25	0	0	360	90	-90	0	20000
61	4803916.1	7630547.8	43.3682	22.6110	25	0	0	360	90	-90	0	20000
62	4803916.1	7630547.8	43.3682	22.6110	25	0	0	360	90	-90	0	20000
63	4816586.4	7623116.2	43.4834	22.5222	25	0	0	360	90	-90	0	20000
64	4796744.9	7626548.1	43.3043	22.5600	25	0	0	360	90	-90	0	20000
65	4787019.4	7635546.7	43.2152	22.6685	25	0	0	360	90	-90	0	20000
66	4778257.4	7648295.7	43.1340	22.8230	25	0	0	360	90	-90	0	20000
67	4799019.0	7601981.2	43.3285	22.2577	25	0	0	360	90	-90	0	20000
68	4806307.3	7580259.0	43.3967	21.9909	25	0	0	360	90	-90	0	20000
69	4698864.9	7614826.0	42.4252	22.3956	25	0	0	360	90	-90	0	20000

OBJ.ID	VIS	X	Y	LAT	LONG	OFFS.A	OFFS.B	AZIM1	AZIM2	V1	V2	RAD1
70	4935057.8	7556402.3	44.5578	21.7101	25	0	0	360	90	-90	0	20000
71	4763354.1	7519933.1	43.0141	21.2446	25	0	0	360	90	-90	0	20000
72	4710223.8	7601548.7	42.5293	22.2362	25	0	0	360	90	-90	0	20000
73	4724927.6	7597549.6	42.6622	22.1901	25	0	0	360	90	-90	0	20000
74	4698092.5	7591736.9	42.4213	22.1149	25	0	0	360	90	-90	0	20000
75	4688534.3	7584757.2	42.3360	22.0287	25	0	0	360	90	-90	0	20000
76	4691655.8	7567834.3	42.3658	21.8237	25	0	0	360	90	-90	0	20000
77	4688140.7	7550608.8	42.3355	21.6142	25	0	0	360	90	-90	0	20000
78	4720625.3	7575031.9	42.6260	21.9148	25	0	0	360	90	-90	0	20000
79	4719110.0	7592908.9	42.6104	22.1325	25	0	0	360	90	-90	0	20000
80	4704829.4	7558973.3	42.4851	21.7174	25	0	0	360	90	-90	0	20000
81	4709725.5	7592842.1	42.5259	22.1302	25	0	0	360	90	-90	0	20000
82	4721027.7	7604344.9	42.6262	22.2722	25	0	0	360	90	-90	0	20000
83	4714377.2	7618250.5	42.5643	22.4404	25	0	0	360	90	-90	0	20000
84	4732885.9	7604964.4	42.7328	22.2820	25	0	0	360	90	-90	0	20000
85	4739651.7	7612868.1	42.7926	22.3799	25	0	0	360	90	-90	0	20000
86	4740293.7	7601473.5	42.8000	22.2407	25	0	0	360	90	-90	0	20000
87	4739026.4	7577956.4	42.7913	21.9530	25	0	0	360	90	-90	0	20000
88	4739398.7	7571314.9	42.7953	21.8719	25	0	0	360	90	-90	0	20000
89	4737070.5	7556555.0	42.7756	21.6912	25	0	0	360	90	-90	0	20000
90	4739027.6	7536557.5	42.7944	21.4469	25	0	0	360	90	-90	0	20000
91	4753195.3	7537696.4	42.9219	21.4618	25	0	0	360	90	-90	0	20000
92	4744983.5	7541162.0	42.8478	21.5037	25	0	0	360	90	-90	0	20000
93	4726515.1	7618882.5	42.6735	22.4506	25	0	0	360	90	-90	0	20000
94	4775212.4	7543727.7	43.1198	21.5374	25	0	0	360	90	-90	0	20000
95	4769254.0	7532774.5	43.0667	21.4025	25	0	0	360	90	-90	0	20000
96	4781349.4	7511231.4	43.1763	21.1382	25	0	0	360	90	-90	0	20000
97	4794393.4	7501252.5	43.2938	21.0154	25	0	0	360	90	-90	0	20000
98	4749288.0	7601793.9	42.8809	22.2462	25	0	0	360	90	-90	0	20000
99	4753761.9	7622547.4	42.9181	22.5012	25	0	0	360	90	-90	0	20000
100	4761124.4	7629981.8	42.9832	22.5940	25	0	0	360	90	-90	0	20000
101	4760846.8	7611254.6	42.9836	22.3643	25	0	0	360	90	-90	0	20000
102	4788416.0	7579204.1	43.2358	21.9753	25	0	0	360	90	-90	0	20000
103	4782660.9	7595940.4	43.1821	22.1803	25	0	0	360	90	-90	0	20000
104	4776305.2	7586874.9	43.1259	22.0678	25	0	0	360	90	-90	0	20000

OBJ.ID	VIS	X	Y	LAT	LONG	OFFS.A	OFFS.B	AZIM1	AZIM2	V1	V2	RAD1
105	4766682.2	7596457.4	43.0382	22.1839	25	0	0	360	90	-90	0	20000
106	4750283.5	7616882.1	42.8877	22.4311	25	0	0	360	90	-90	0	20000
107	4766716.9	7647714.1	43.0302	22.8128	25	0	0	360	90	-90	0	20000
108	4784494.0	7619936.4	43.1951	22.4759	25	0	0	360	90	-90	0	20000

Tabela P3. Pozicije antenskih stubova – RATEL

OBJ.I D	VIS	X	Y	LAT	LONG	OFFS. A	OFFS. B	AZIM 1	AZIM 2	V1	V2	RAD 1	RAD 2
1	34. 4	7605962. 0	4946790. 0	7610150. 0	4915780. 0	100	0	0	360	- 45	- 90	0	5000
2	34. 5	7517737. 2	4803520. 0	7550790. 0	4805740. 0	100	0	0	360	- 45	- 90	0	5000
3	35. 0	7496213. 9	4813800. 0	7505240. 0	4781440. 0	100	0	0	360	- 45	- 90	0	5000
4	40. 1	7578736. 5	4788300. 0	7608320. 0	4772290. 0	100	0	0	360	- 45	- 90	0	5000
5	46. 7	7630798. 9	4754370. 0	7593900. 0	4743880. 0	100	0	0	360	- 45	- 90	0	5000
6	32. 5	7585522. 7	4703800. 0	7617330. 0	4704540. 0	100	0	0	360	- 45	- 90	0	5000
7	40. 6	7540670. 6	4737200. 0	7576190. 0	4746530. 0	100	0	0	360	- 45	- 90	0	5000
8	28. 7	7556363. 5	4703690. 0	7570360. 0	4728400. 0	100	0	0	360	- 45	- 90	0	5000
9	38. 7	7612561. 1	4837820. 0	7630160. 0	4804100. 0	100	0	0	360	- 45	- 90	0	5000
10	42. 3	7599413. 0	4926890. 0	7602700. 0	4890200. 0	100	0	0	360	- 45	- 90	0	5000
11	21. 3	7550213. 6	4882670. 0	7571100. 0	4881510. 0	100	0	0	360	- 45	- 90	0	5000
12	41. 0	7538974. 1	4870060. 0	7576090. 0	4871330. 0	100	0	0	360	- 45	- 90	0	5000
13	22. 2	7521690. 6	4864860. 0	7515220. 0	4843870. 0	100	0	0	360	- 45	- 90	0	5000
14	33. 0	7496984. 9	4834850. 0	7508540. 0	4864540. 0	100	0	0	360	- 45	- 90	0	5000
15	23. 3	7560074. 7	4919570. 0	7577890. 0	4904620. 0	100	0	0	360	- 45	- 90	0	5000
16	37. 0	7564846. 2	4927310. 0	7599310. 0	4927000. 0	100	0	0	360	- 45	- 90	0	5000
17	25. 7	7561241. 0	4936750. 0	7582340. 0	4931240. 0	100	0	0	360	- 45	- 90	0	5000

Tabela P4. Pozicije antenskih stubova – PEAK

OBJ.I D	VIS	X	Y	LAT	LONG	OFFS. A	OFFS. B	AZIM 1	AZIM 2	V1	V2	RAD 1	RAD 2
1	39. 8	7571956. 5	4746071. 4	7597832. 8	4760517. 6	100	0	0	360	- 20	- 90	0	5000
2	23. 0	7534808. 9	4778932. 7	7556399. 0	4778615. 2	100	0	0	360	- 20	- 90	0	5000
3	43. 5	7614819. 1	4827510. 3	7641965. 4	4797982. 7	100	0	0	360	- 20	- 90	0	5000
4	43. 5	7517028. 9	4808619. 0	7556875. 2	4808301. 5	100	0	0	360	- 20	- 90	0	5000
5	38. 1	7497343. 8	4837829. 0	7519727. 6	4862276. 6	100	0	0	360	- 20	- 90	0	5000
6	30. 1	7583942. 1	4890137. 3	7556240. 2	4885136. 6	100	0	0	360	- 20	- 90	0	5000
7	35. 9	7613981. 4	4948471. 0	7596587. 7	4920492. 9	100	0	0	360	- 20	- 90	0	5000
8	32. 7	7550272. 2	4942066. 3	7578048. 0	4933167. 3	100	0	0	360	- 20	- 90	0	5000

Tabela P5. Geostatistička analiza vidljivosti šumskog područja

R. br.	Ime područja	Šumsko gazdinstvo	Ukupno šuma (km ²)	VARIJANTA 1		VARIJANTA 2		VARIJANTA 1		VARIJANTA 2	
				(KAMERE)		(KAMERE)		(DRON)		(DRON)	
				nevidljivo (km ²)	vidljivo (km ²)	nevidljivo (km ²)	vidljivo (km ²)	vidljivo (km ²)	vidljivo (km ²)		
1	JUŽNOMORAVSKO	Vranje	2.353	1.521	832	1.155	1198	270	3		
2	JABLANIČKO	Šuma	1.786	1.202	583	981	805	300	189		
3	NIŠAVSKO	Pirot	1.355	1.016	339	698	657	129	52		
4	TOPLIČKO	Toplica	1.432	880	551	811	621	76	146		
5	MORAVSKO	Niš	1.657	1.248	410	597	1.060	202	65		
6	JUŽNOKUČAJSKO	Južni Kučaj	1.362	1.083	280	914	449	335	122		
7	NP ĐERDAP	Đerdap	513	488	25	328	185	217	211		
8	TIMOČKO	Timočke šume	3.059	2.248	811	1.524	1.535	519	263		
9	RASINSKO	Rasina	1.494	1.066	429	897	597	256	151		
10	SEVERNOKUČAJSKO	Severni Kučaj	2.145	1.537	607	1.141	1.004	273	107		
	UKUPNO		17.156	12.289	4.867	9.045	8.112	2.576	1.308		

Tabela P6. Geostatistička analiza vidljivosti šumskog područja

Zona ugroženosti	FWI	Ukupno šuma (km ²)	VARIJANTA 1		VARIJANTA 2		VARIJANTA 1		VARIJANTA 2	
			(KAMERE)		(KAMERE)		(DRON)		(DRON)	
			vidljivo (km ²)	%	vidljivo (km ²)	%	vidljivo (km ²)	%	vidljivo (km ²)	%
1	0,000430-0,005740	3.230	1.235	38,2	774	24,0	286	8,9	150	4,6
2	0,005740-0,009980	4.653	1.851	39,8	963	20,7	529	11,4	254	5,5
3	0,009980-0,015840	5.017	2.299	45,8	1.203	24,0	795	15,8	401	8,0
4	0,015840-0,021930	2.792	1.543	55,3	1.113	39,9	551	19,7	293	10,5
5	0,021930-0,280820	1.464	1.184	80,9	823	56,2	415	28,3	210	14,3

Tabela P7. Ugroženost različitih tipova vegetacije od požara

No.	Vegetation type		European forest type classification	Min	Max	Mean
1	Semiborealne šume planinskog bora (Pinus mugo)	2.1	Semiborealne šume	3	<u>3</u>	3.0
2	Semiborealne šume belog bora (Pinus sylvestris)	2.1	Semiborealne šume	2	<u>2</u>	2.0
3	Šume belog bora (Pinus sylvestris) umerenog klimatskog pojasa sa primešanom smrčom (Picea excelsa), brezama (Betula sp.), bukvom (Fagus sp.), hrastovima (Quercus sp.) itd. gde, u zavisnosti od kvaliteta staništa varira ugroženost od požara	2.2	Šume belog bora umerenog klimatskog pojasa	2	<u>4</u>	3.0
4	Visoke (odrasle) šume belog bora sa primešanom bukvom i ostalim listopadnim vrstama	2.5	Mešovite šume belog bora i bukve	1	<u>1</u>	1.0
5	Visoke (odrasle) šume belog bora sa primešanim hrastovima i ostalim lišćarskim vrstama	2.6	Mešovite šume belog bora i lužnjaka	1	<u>1</u>	1.0
6	Subalpska šuma ariša	3.1	Subalpska šuma ariša, bora arole i patuljastih borova	1	<u>2</u>	1.5
7	Šume smrče i mešovite šume smrče i jele	3.2	Subalpske i planinske šume smrče i planinske mešovite šume smrče i jele	2	<u>2</u>	2.0
8	Alpska šuma belog i crnog bora	3.3	Alpska šuma belog i crnog bora	3	<u>3</u>	3.0
9	Visoke (odrasle) šume listopadnih hrastova (Quercus pedunculata/robur)	5.1	Šume lužnjaka i graba	2	<u>2</u>	2.0
10	Visoke (odrasle) šume hrastova (Quercus sp.)	5.2	Šume kitnjaka i graba	1	<u>2</u>	1.5
11	Šume bukve (Fagus sp.) (nizijske)	6.1	Nizijske šume bukve južne Skandinavije i severne Srednje Evrope	1	<u>1</u>	1.0
12	Šume bukve (Fagus sp.)	6.4	Srednjeevropske submontane šume bukve	1	<u>1</u>	1.0
13	Šume bukve (Fagus sp.) sa lužnjakom	6.5	Karptska submontana šuma buve	2	<u>2</u>	2.0
14	Šuma bukve (Fagus sylvatica & moesiaca) sa hrastovima i ostalim mediteranskim lišćarskim drvećem	6.7	Mezijska submontana šuma bukve	2	<u>2</u>	2.0
15	Šume bukve	7.1	Planinska (montana) šuma bukve jugozapadne Evrope	1	<u>1</u>	1.0
16	Šume bukve	7.2	Planinska (montana) šuma bukve Srednje Evrope	1	<u>1</u>	1.0
17	Šume bukve (Fagus sylvatica) sa tisom (Taxus baccata), božikovinom (Ilex aquifolium), sitnolisnom lipom (Tilia cordata) itd.	7.3	Apeninsko – Korzikanska planinska (montana) šuma bukve	2	<u>2</u>	2.0
18	Šuma bukve (Fagus sylvatica)	7.5	Karpataska planinska (montana) šuma bukve	2	<u>2</u>	2.0
19	Šuma hrasta medunca (Quercus pubescens)	8.1	Šuma hrasta medunca	2	<u>2</u>	2.0
20	Šuma cera (Quercus cerris)	8.2	Šuma cera, sladuna i kitnjaka	2	<u>3</u>	2.5
21	Šuma pirinejskog hrasta (Quercus pyrenaica)	8.3	Šuma pirinejskog hrasta	1	<u>2</u>	1.5
22	Šuma hrasta Quercus faginea	8.4	Iberijska šuma portugalskog i hrasta mirbek (Q. canariensis)	2	<u>2</u>	2.0
23	Šuma makedonskog hrasta (Quercus trojana)	8.5	Šuma makedonskog hrasta	2	<u>3</u>	2.3
24	Šuma valonijskog hrasta (Quercus ithaburensis)	8.6	Šuma valonijskog hrasta	3	<u>4</u>	3.5
25	Šuma kestena (Castanea sativa)	8.7	Šuma kestena	2	<u>4</u>	2.7
26	Šume ostalih termofilnih listopadnih vrsta (Carpinus orientalis, Ostrya carpinifolia, etc.)	8.8	Šume ostalih termofilnih listopadnih vrsta	2	<u>3</u>	2.5
27	Lišćarske uvek-zelene šume (makija u kojima dominira hrast)	9.1	Meditranske uvek-zelene šume hrastova	3	<u>5</u>	4.0
28	Lišćarske uvek-zelene šume (izdanački hrast)	9.1	Meditranske uvek-zelene šume hrastova	3	<u>5</u>	3.3
29	Lišćarske uvek-zelene šume (hrast plutnjak)	9.1	Meditranske uvek-zelene šume hrastova	3	<u>5</u>	3.3
30	Lišćarske uvek-zelene šume (crnika)	9.1	Meditranske uvek-zelene šume hrastova	3	<u>4</u>	3.5

No.	Vegetation type		European forest type classification	Min	Max	Mean
31	Lišćarske uvek-zelene šume (maslina i rogač)	9.2	Šume masline i rogača	3	<u>5</u>	4.3
32	Laurisylva forest	9.4	Macaronesian laurisilva	1	<u>1</u>	1.0
33	Lišćarske uvek-zelene šume (makija) kojima ne dominiraju hrastovi (odrasli, visoki)	9.5	Ostale sklerofilne šume	3	<u>4</u>	3.7
34	Lišćarske uvek-zelene šume (makija) kojima ne dominiraju hrastovi (niski do srednje visoki)	9.5	Ostale sklerofilne šume	2	<u>4</u>	2.7
35	Mešovita žbunasta vegetacija – vresišta (Erica, Ulex, Pterospartium)	9.5	Ostale sklerofilne šume	5	<u>5</u>	5.0
36	Garizi	9.5	Ostale sklerofilne šume	2	<u>5</u>	3.0
37	Lišćarske uvek-zelene do delimično listopadne šume	9.6	Marokanske makaronezijske šume	1	<u>1</u>	1.0
38	Šume alepskog bora (Pinus halepensis)	10.1	Šume mediteranskih borova	3	<u>5</u>	4.1
39	Šume bora Pinus brutia	10.1	Šume mediteranskih borova	4	<u>5</u>	4.8
40	Mešovite šume alepskog bora i hrastova	10.1	Šume mediteranskih borova	4	<u>5</u>	4.3
41	Šume pinjola (Pinus pinea)	10.1	Šume mediteranskih borova	3	<u>3</u>	3.0
42	Šume primorskog bora (Pinus pinaster)	10.1	Šume mediteranskih borova	5	<u>5</u>	5.0
43	Šume crnog bora (Pinus nigra)	10.2	Meditranska i anadolska šuma crnog bora	3	<u>5</u>	3.8
44	Šuma belog bora (Pinus sylvestris)	10.4	Meditranska i anadolska šuma belog bora	3	<u>3</u>	3.0
45	Šume munike (Pinus leucodermis)	10.5	Šume borova alti-mediteranske zone	2	<u>2</u>	2.0
46	Šume jele (Abies sp.)	10.6	Meditranska i anadolska šuma jele	1	<u>3</u>	2.0
47	Šume klaka (Juniperus sp.)	10.7	Šume kleka	1	<u>4</u>	2.8
48	Šume čempresa (Cupressus sp.)	10.8	Šume čempresa	2	<u>5</u>	3.5
49	Kedrove šume (Cedrus libani var. brevifolia)	10.9	Kedrove šume	1	<u>5</u>	3.0
50	Šume Tetraclinis articulata	10.10	Sastojine Tetraclinis articulata	2	<u>2</u>	2.0
51	Šume jove	13.1	Šume jove	3	<u>3</u>	3.0
52	Veštački podignute sastojine alepskog bora i bora Pinus brutia	14.1	Veštački podignute sastojine na prrodnim staništima	4	<u>5</u>	4.5
53	Veštački podignute sastojine jele (Abies alba)	14.1	Veštački podignute sastojine na prrodnim staništima	3	<u>3</u>	3.0
54	Veštački podignute sastojine pinjola	14.2	Veštački podignute sastojine na alohtonim staništima	5	<u>5</u>	5.0
55	Veštački podignute sastojine eukaliptusa (Eucalyptus sp.)	14.2	Veštački podignute sastojine na alohtonim staništima	4	<u>5</u>	4.5
56	Žbunje vrste Ulex parviflorus			4	<u>4</u>	4.0
57	Šumsko pustinsko everno-afričko zemljište akacije			3	<u>3</u>	3.0
58	Pašnjaci			3	<u>3</u>	3.0
59	Gajeni pašnjaci			2	<u>3</u>	2.3
60	Štepski pašnjaci (Stipa tenacissima, Artemisia inculta, Noaea mucronata ...)			4	<u>4</u>	4.0

Preuzeto iz: Xanthopoulos G., Calfapietra C., Fernandes P. (2012) Fire Hazard and Flammability of European Forest Types. In: Moreira F., Arianoutsou M., Corona P., De las Heras J. (eds) Post-Fire Management and Restoration of Southern European Forests. Managing Forest Ecosystems, vol 24. Springer, Dordrecht