

# Procjena rizika od požara u Splitsko-dalmatinskoj županiji

---

Videković, Klara

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:012757>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-06**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



**Klara Videković**

**Procjena rizika od požara u Splitsko-dalmatinskoj  
županiji**

**Diplomski rad**

**Zagreb  
2023.**



**Klara Videković**

**Procjena rizika od požara u Splitsko-dalmatinskoj  
županiji**

**Diplomski rad**

predan na ocjenu Sveučilištu u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematičkom fakultetu, Geografskom odsjeku,  
radi stjecanja akademskog zvanja  
sveučilišne magistre geografije

**Zagreb  
2023.**

Ovaj je diplomski rad izrađen u sklopu sveučilišnog diplomskog studija *Geografija; smjer: istraživački (Fizička geografija s geoekologijom)* na Sveučilištu u Zagrebu Prirodoslovno-matematičkom fakultetu, Geografskom odsjeku, pod vodstvom doc. dr. sc. Mladena Maradina.



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Geografski odsjek

Diplomski rad

## Procjena rizika od požara u Splitsko-dalmatinskoj županiji

Klara Videković

**Izvadak:** Požari predstavljaju značajnu prijetnju životu, imovini i okolišu, pri čemu učestalost i jačina variraju ovisno o geografskom području. Splitsko-dalmatinska županija, kao jedna od najvažnijih turističkih destinacija Hrvatske, suočava se s potencijalno visokim rizikom od požara, posebno tijekom ljetnih mjeseci kada prevladavaju visoke temperature i sušna razdoblja, stoga je od ključne važnosti razviti sveobuhvatan sustav procjene rizika od požara. Predmet i cilj istraživanja ovog rada je izrada procjene rizika od požara za Splitsko-dalmatinsku županiju prema podacima tridesetogodišnjeg razdoblja, a podaci su analizirani pomoću programa ArcMap. Korištena je metoda višekriterijske analize Analitički Hijerarhijski Proces (AHP) kao metodološki okvir za procjenu rizika od požara. AHP metoda je matematički pristup koji olakšava strukturiranu analizu složenih odluka koje uključuju više kriterija i alternativa. Pristup AHP metode omogućuje integraciju subjektivnih procjena stručnjaka s kvantitativnim podacima, što ga čini prikladnim za procjenu rizika od požara. Rezultati istraživanja pokazali su da kategorija visokog rizika zauzima najveći udio površine županije.

43 stranica, 20 grafičkih priloga, 8 tablica, 17 bibliografskih referenci; izvornik na hrvatskom jeziku

**Glavne riječi:** požari otvorenog prostora, rizik od požara, Analitički Hijerarhijski Proces, Splitsko-dalmatinska županija

Voditelj: doc. dr. sc. Mladen Maradin

Povjerenstvo: doc. dr. sc. Mladen Maradin  
prof. dr. sc. Neven Bočić  
doc. dr. sc. Ivan Šulc

Tema prihvaćena: 10. 2. 2022.

Rad prihvaćen: 7. 9. 2023.

Rad je pohranjen u Središnjoj geografskoj knjižnici Sveučilišta u Zagrebu Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Trg Marka Marulića 19, Zagreb, Hrvatska.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Geography

Master Thesis

**Fire risk assessment of Split-Dalmatia County**

Klara Videković

**Abstract:** Fires pose a significant threat to life, property, and the environment, with frequency and intensity varying depending on the geographical area. The Split-Dalmatia County, as one of Croatia's most important tourist destinations, faces a potentially high risk of fires, especially during the summer months when high temperatures and dry periods prevail. Therefore, it is crucial to develop a comprehensive wildfire risk assessment system. The subject and aim of this research are to create a wildfire risk assessment for the Split-Dalmatia County based on thirty years of data, with data analyzed using the ArcMap program. The Analytic Hierarchy Process (AHP) method of multicriteria analysis was used as the methodological framework for assessing fire risk. AHP is a mathematical approach that facilitates structured analysis of complex decisions involving multiple criteria and alternatives. The AHP method allows for the integration of expert subjective assessments with quantitative data, making it suitable for assessing wildfire risk. The research results showed that the high-risk category occupies the largest portion of the county's area.

43 pages, 20 figures, 8 tables, 17 references; original in Croatian

Keywords: wildfires, fire risk, The Analytic Hierarchy Process, Split-Dalmatia County

Supervisor: Mladen Maradin, PhD, Assistant Professor

Reviewers: Mladen Maradin, PhD, Assistant Professor  
Neven Bočić, PhD, Full Professor  
Ivan Šulc, PhD, Assistant Professor

Thesis title accepted: 10/02/2022

Thesis accepted: 07/09/2023

Thesis deposited in Central Geographic Library, University of Zagreb Faculty of Science,  
Trg Marka Marulića 19, Zagreb, Croatia.



# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. TEORIJSKA OSNOVA RADA.....	3
2.1. POŽAR.....	3
2.2. POŽAR OTVORENOG PROSTORA .....	4
2.3. POŽARI U HRVATSKOJ .....	5
2.4. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA .....	6
2.5. PRETHODNA ISTRAŽIVANJA .....	7
3. PODACI I METODE .....	9
3.1. PODACI.....	9
3.2. METODOLOGIJA .....	12
3.2.1. STANDARDIZACIJA KRITERIJA.....	13
5.2.2. AHP METODA.....	15
4. REZULTATI.....	19
4.1. KLIMATSKI ČIMBENICI NASTANKA POŽARA .....	19
4.1.1. TEMPERATURA ZRAKA.....	20
4.1.2. PADALINE .....	22
4.1.3. VLAŽNOST ZRAKA .....	23
4.1.4. JAČINA VJETRA.....	25
4.2. ANTROPOGENI ČIMBENICI NASTANKA POŽARA .....	28
4.2.1. UDALJENOST OD PROMETNICE .....	28
4.2.2. UDALJENOST OD NASELJA .....	29
4.3. GEOMORFOLOŠKI ČIMBENICI NASTANKA POŽARA .....	30
4.3.1. NAGIB PADINA .....	30
4.3.2. EKSPozICIJA PADINA .....	32
4.3.3. NADMORSKA VISINA.....	34
4.4. EKOLOŠKI ČIMBENIK NASTANKA POŽARA .....	35
4.4.1. CORINE LAND COVER .....	35

4.5.RIZIK OD POŽARA U SPLITSKO-DALMATINSKOJ ŽUPANIJI .....	36
5.RASPRAVA.....	38
6.ZAKLJUČAK .....	40
POPIS LITERATURE I IZVORA .....	41
Literatura .....	41
Izvori .....	42
PRILOZI.....	VIII
Popis slika i tablica.....	VIII

# 1. UVOD

Požar je nekontrolirano kretanje vatre po površini te je poznat kao požar otvorenog tipa, požar vegetacije (Gabban i dr., 2008). Europski dio Mediterana smatra se jednom od najvažnijih regija na svijetu zbog svoje izvanredne značajke bioraznolikosti. Europska Zajednica 1979. godine prvi put uočava probleme šumskih požara i od tada posebnim uredbama primjenjuje mjere zaštite šuma, s ciljem povećanja i razvoja aktivnosti koje se danas koordiniraju na razini Europske Unije za održavanje, praćenje i zaštitu šumskih ekosustava (Gabban i dr., 2008). Požare često uzrokuju ljudi, nepažnjom ili podmetanjem pa je stoga potrebna dobra prevencija. Zbog toga se izrađuje procjena rizika od požara, koja bi pomogla u identificiranju područja podložnih paljenju i širenju požara te u učinkovitoj raspodjeli sredstava i resursa za gašenje istih (Gabban i dr., 2008). Kako bi se ova prijetnja svela na najmanju moguću, najbitnije je identificirati opasnost od šumskih požara u području istraživanja (Gai, 2011).

Ovaj diplomski rad bavi se izradom procjene rizika od požara za Splitsko-dalmatinsku županiju. Razlog odabira ovog područja je taj što pripada prostoru Hrvatske koji zbog svojih geomorfoloških, klimatskih i vegetacijskih obilježja ima vrlo nepovoljan položaj kada su u pitanju požari. Prema podacima Vatrogasne zajednice Splitsko-dalmatinske županije u razdoblju od 2014. do 2022. (IX mjesec) broj intervencija iznosio je 34 195, a od toga je broj požara na otvorenom prostoru bio 9521. Prema izvješću Vatrogasne zajednice Splitsko-dalmatinske županije za 2022. godinu, zaštita od požara raslinja je u zimskim mjesecima, u ožujku i travnju te u listopadu uslijed toplijeg vremena i manjka padalina bila požarno ugroženija u odnosu nego prijašnjih godina. Međutim, u svibnju koji je bio hladniji i kišovitiiji od prosječnog, požarna ugroženost je bila niža, a to je posredno utjecalo i na početak požarne sezone. U analizi će biti korišteni podaci o klimatskim elementima za tridesetogodišnje razdoblje, dobivenih s mrežne stranice DIVA-GIS te o opožarenim područjima za razdoblje od 1990. do 2018. godine, čiji su rasterski podaci Corine land covera skinuti sa stranice Copernicus. Korištenjem AHP metode izradit će se karta rizika od požara za područje Splitsko-dalmatinske županije.

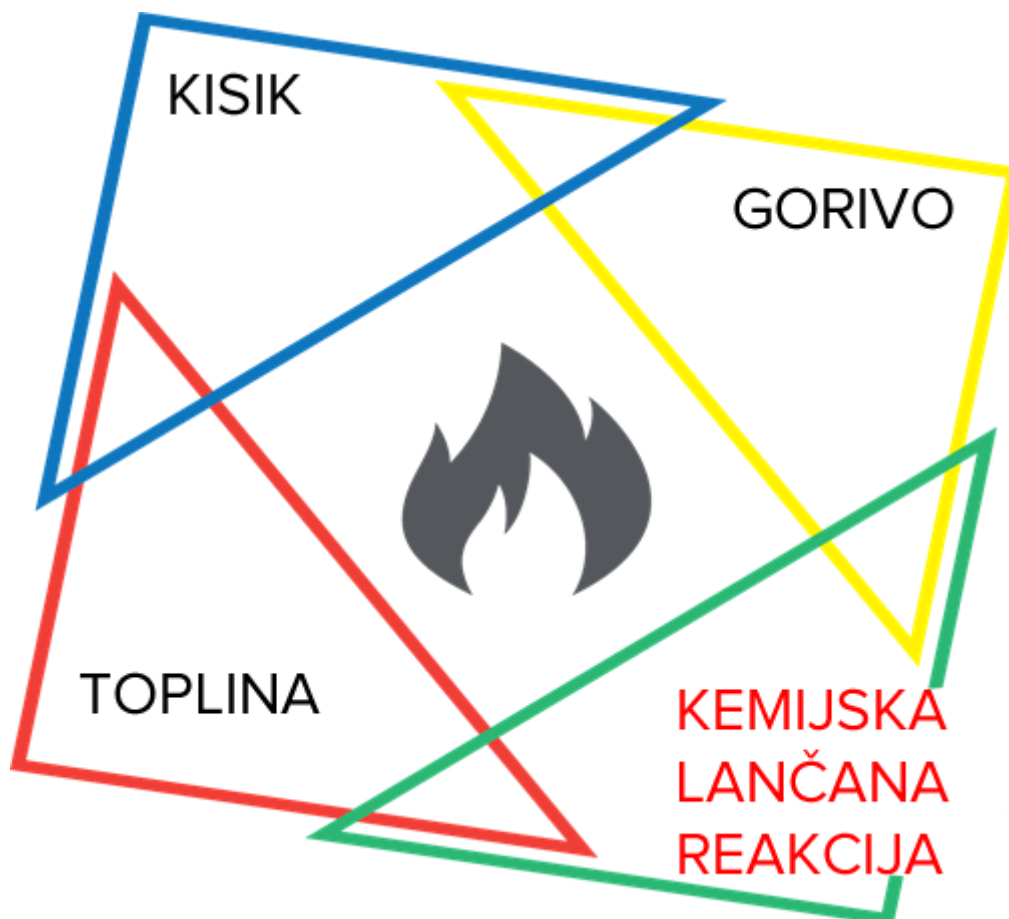
Objekt istraživanja ovog rada su požari otvorenog prostora na području Splitsko-dalmatinske županije. Cilj je procijeniti rizik od požara za Splitsko-dalmatinsku županiju te napraviti kartu rizika na temelju svih kriterija. Hipoteze koje će se pokušati dokazati:

- 1) većina površine Splitsko-dalmatinske županije je u zoni umjerenog i visokog rizika od požara
- 2) rizikom najugroženiji dijelovi su priobalni i otočni dio Splitsko-dalmatinske županije.

## 2. TEORIJSKA OSNOVA RADA

### 2.1. POŽAR

Požar je nekontrolirano kretanje vatre po površini nekog područja. Česti su požari vegetacije u prirodi kao npr. šume, travnjaci, savane i drugi ekosustavi te na ruralnim područjima i tako već dugi niz godina (National Geographic, 2022). Požar izazivaju munje ili slučajno izazivaju ljudi, s tim da kontroliranu vatru koriste kako bi upravljali poljoprivrednim zemljištem i pašnjacima i očistili prirodnu vegetaciju za poljoprivredne površine (The Earth Observatory, 2023). Požari se razlikuju po vrsti, načinu postanka i štetama (Netolicki i dr., 2011). Postoje požari otvorenog prostora u koje spadaju šumski požari, požari makije, napuštenih poljoprivrednih površina, itd. Za nastanak požara potrebni su goriva tvar, kisik i dovoljna količina topline kako bi se postigla temperatura zapaljenja između kojih nastaje kemijska lančana reakcija (Sl.1).



Sl. 1. Uvjeti za nastanak požara

Izvor: FirePro., 2021.

## 2.2. POŽAR OTVORENOG PROSTORA

U požare otvorenog prostora ubrajamo šumske požare, požari makije, požare napuštenih poljoprivrednih površina. „U engleskoj literaturi za požare koji se događaju na otvorenom prostoru pretežno se koriste nazivi *Wildfire ili Forest Fire*, a dosta rijetko *Open Space Fire*. U hrvatskom jeziku udomačili su se nazivi šumski požar ili požar otvorenog prostora što bi bio direktni prijevod naziva *Forest Fire* i *Open Space Fire*, dok se za pojam *Wildfire* nije udomačila niti jedna hrvatska riječ“ (Stipaničev, 2023.). Neki od osnovnih razloga nastanka i veličine požara otvorenog tipa koje Nodilo smatra, spominje u svome radu (Nodilo, 2003), gdje se prvenstveno dotiče priobalja i otoka:

1. Masovni odlazak mladog stanovništva s otoka, a u priobalju iz zaleđa u gradove i turistička mjesta uz more dovodi do manjka ljudske snage koja bi pristupila trenutačnom gašenju požara. Isto tako prestanak obrade vinograda, maslinika i polja stvara napuštene neobrađene posjede, koji omogućuju širenje livadne i šumske vegetacija, posebice alpskog bora, na kojemu se najčešće javlja i najbrže širi požar otvorenog tipa (Nodilo, 2003). Razlog tomu je što borovi lakše gore zbog prisutnosti smole i eteričnih ulja. Dosta često, zbog ostanka stanovništva starije životne dobi u takvim područjima stvara veću potrebu za spaljivanjem korova zbog nemogućnosti obrade tla.
2. U ljetnim mjesecima, ovaj prostor turistički je vrlo poželjan za veliki broj stranog, ali i domaćeg stanovništva, koji većinom nije upoznat vrstom vegetacije na tom području te tako svojim djelatnostima (roštiljanje, pušenje u šumi) povećavaju rizik od pojave požara.
3. „Nedovoljno je isticanje opasnosti i štetnih posljedica od požara otvorenog prostora u javnosti, nedovoljna je upućenost domicilnog stanovništva, a posebno posjetitelja“ (Nodilo, 2003).
4. Zanimanje vatrogasac je izuzetno zahtjevno, a slabo plaćeno, stoga postoji slab odaziv kod mladih ljudi, a vrlo često i vatrogasci koji sudjeluju u gašenju požara su nekompetentni, jer dosta često dolaze ispomoći iz drugih krajeva Hrvatske, a način gašenja nije jednak na otocima i priobalju te unutrašnjosti Hrvatske. Još neki od problema su neadekvatna oprema za gašenje požara, nabavka opreme, tehnike i sredstava za preventivu i gašenje požara što iziskuje velika financijska sredstva pa su brojne vatrogasne postrojbe nedovoljno opremljen, a oprema je često zastarjela.

### 2.3. POŽARI U HRVATSKOJ

“S obzirom na geografski položaj, Republika Hrvatska pripada grupi mediteranskih zemalja, što uvjetuje naglašenu ugroženost od požara raslinja u priobalnom pojasu i na otocima.” (Procjena rizika od katastrofa za Republiku Hrvatsku, 2019). U Hrvatskoj su dva kritična razdoblja povećane pojave požara na otvorenom prostoru, a to su proljetno i ljetno razdoblje. Proljetno razdoblje praćeno sušom i vjetrom, bez prolistale vegetacije, odnosi se na mjesece veljača, ožujak i travanj. Najčešće se javlja u kontinentalnoj, iako nije isključena i priobalna Hrvatska, gdje zbog spaljivanja korova i ostalog biootpada zaostalog nakon čišćenja poljoprivrednih i šumskih površina dolazi do nastanka požara. Ljetno razdoblje odnosi se na mjesece lipanj, srpanj, kolovoz i rujan, najčešće u priobalnom području i na otocima. Požari tada mogu postati vrlo veliki i opasni zbog mogućeg sušnog razdoblja i ostalih ekstremnih klimatskih uvjeta, kao što su jak vjetar, visoka temperature, suhoća zraka, udari groma, itd. Na temelju navedenih pokazatelja u dokumentu Procjena rizika od katastrofa za RH (2019) dana je procjena opasnosti od požara državnih šuma koje su raspoređene u četiri stupnja opasnosti od nastanka požara:

1. Stupanj/vrlo velika opasnost – 1,17% površine (krška područja)
2. Stupanj/velika opasnost – 13,3% površine (90% krš, 10% kontinentalni dio RH)
3. Stupanj/umjerena opasnost – 34,15% površine (38% krš, 62% kontinentalni dio RH)
4. Stupanj/mala opasnost – 51,35% površine (25% krš, 75% kontinentalni dio RH).

Kako se ovaj rad odnosi na Splitsko-dalmatinsku županiju, važno je spomenuti da je Vlada Republike Hrvatske u dokumentu Procjene rizika od katastrofa izdala i stupanj opasnosti od požara državnih šuma i šumskih zemljišta na kršu u jadranskom/primorskom pojasu:

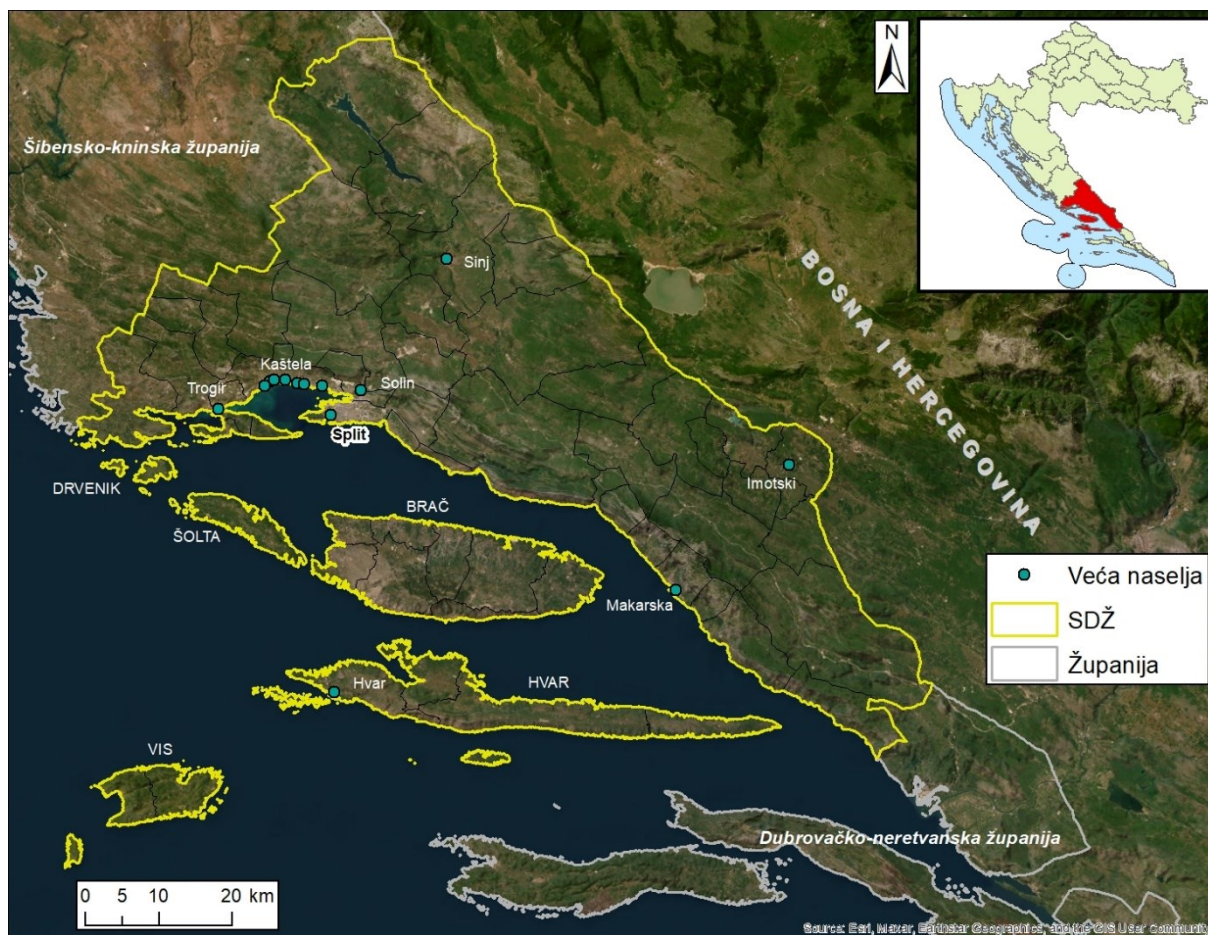
1. Stupanj/vrlo velika opasnost – 23% površine
2. Stupanj/velika opasnost – 45% površine
3. Stupanj/umjerena opasnost – 30% površine
4. Stupanj/mala opasnost – 2% površine.

„Sveukupno gledano u Hrvatskoj na području mediteranskih šuma nastane oko 3/4, a na kontinentskom dijelu Hrvatske 1/4 šumskih požara, dok su od ukupnih opožarenih površina čak 90% područja na kršu” (Procjena rizika od katastrofa za Republiku Hrvatsku).” Prema podacima Hrvatskih šuma, najviše požara nastaje na području Uprave šuma, podružnica Split (Zadar, Biograd, Šibenik, Split, Brač, Benkovac, Knin, Sinj, Drniš, Dubrovnik, Metković), UŠP Gospić (Gračac), UŠP Karlovac (Duga Resa) i UŠP Buzet (Pula, Opatija Matulji, Cres, Buje, Pazin)” (Procjena rizika od katastrofa za Republiku Hrvatsku, 2019).

## 2.4. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Splitsko-dalmatinska županija pripada srednjodalmatinskom dijelu južnog hrvatskog primorja. Dijeli se na tri pojasa, prostrani otočni, izduženi priobalni i široki zagorski pojas (Magaš, 2013). Temeljna značajka ovog područja je najpotpunije izražena prostorna ravnoteža arhipelaga, primorja i zagore. Prirodno-geografska osnova srednjodalmatinskog priobalja očituje se prostranim potopljenim i površinskim flišnim zonama s nižim vapnenačko-dolomitnim pobrđem i udolinama gdje ga krški priobalni hrptovi gorsko-planinskog niza izdvajaju i zaštićuju od kontinentalnih utjecaja (Magaš, 2013). Prema Köppenvoj klasifikaciji srednjodalmatinsko priobalje karakterizira sredozemna klima s vrućim ljetima (Csa). Srednjodalmatinsko otočje karakteristično je po svojoj geomorfološkoj osnovi koju čine dolomitsko-krška jezgra, neotektonski oblikovana, s raščlanjenim obalama te je tradicionalno poljoprivredno vrednovana, no promjene u krajoliku zbog turizma dovode do sve većeg zapuštanja obradivih zemljišta (Magaš, 2013). Otoke također karakterizira Csa klima, sa iznimkom najviših dijelova otočnog niza (Brač-Vidova gora), gdje prelazi u sredozemnu klimu sa suhim toplim ljetom (Csb). Srednjodalmatinsku zagoru geomorfološki karakteriziraju krška polja s ponornicama, krške zaravni i pobrđa, kompozitne doline sa sutjeskama i proširenjima. „Od priobalja ga izdvajaju nizovi Kozjak, Mosor i Biokovo, a od unutrašnjosti Dinare i Kamešnice“ (Magaš, 2013). Prevladava umjereno topla vlažna klima s vrućim ljetima (Cfa), gdje su padaline ravnomjerno raspoređene cijele godine pa nema suhog razdoblja (Šegota, Filipčić, 1996). Na temelju navedenih klimatskih i geomorfoloških obilježja Splitsko-dalmatinska županija predstavlja područje povoljnim za nastanak požara iz već ranije navedenim razlozima, sredozemna (Csa) klima, koju karakteriziraju suha i vruća ljeta, što za vrijeme ljetnih mjeseci donosi visoke temperature i moguća sušna razdoblja. Isto tako zbog krškog reljefa kojeg karakterizira podzemno otjecanje vode i to malo padalina što doprinosi na tlo gubi se odmah u podzemlje i vegetacija ostaje suha. Zbog toga je potrebno analizirati rizik uz dodatne kriterije koji pospješuju pojavu i širenje požara.





Sl. 2. Položaj Splitsko-dalmatinske županije

## 2.5. PRETHODNA ISTRAŽIVANJA

Požari su vrlo česta pojava ne samo u Hrvatskoj, nego i u ostatku svijeta pa ni ne čudi velika potreba za istraživanjem uzroka nastanka požara, vrste požara, procjene rizika od požara, itd. Zbog klimatskih promjena, čije su posljedice iz godine u godinu sve izraženije dodatno se pospješuje pojava požara, stoga klimatski elementi kao što su temperatura, padaline, brzina vjetra i vlažnost zraka, jedni su od bitnijih čimbenika u proučavanju požara. „Svako mjesto ima svoj požarni režim s obilježjima: učestalost požara na nekom području, prosječne godišnje spaljene površine i indeks žestine“ (Agroklimatski atlas RH, 2021).

Kanadski model (FWI) je indeks kojeg Državno hidrometeorološki zavod već 40 godina koristi za procjenu opasnosti od nastanka i širenja požara za jadransko područje te 10-ak godina i za cijelu Hrvatsku. Unutar modela mjere se indeksi vlažnosti finog goriva (FFMC), vlažnosti srednjeg krupnog goriva (DMC), vlažnosti krupnog goriva (DC), te se određuje indeks početnog širenja vatre (ISI) (Agroklimatski atlas RH, 2021). Za izračun svih tih pokazatelja potrebni su podaci o temperaturi zraka, relativnoj vlažnosti zraka i brzini vjetra u 14 sati i

dnevna količina padalina u 7 sati (Agroklimatski atlas RH, 2021). U nastavku su prikazana istraživanja koja drugim metodama istražuju rizik od požara, ne samo u Hrvatskoj već i u svijetu.

Netolicki i dr. (2011) se bave procjenom rizika od požara u Splitsko-dalmatinskoj županiji za vrijeme turističke sezone, odnosno obrađuju podatke za razdoblje od 1. lipnja do 1. listopada 2010. godine. U svojoj višekriterijskoj analizi koriste se GIS alatima u proučavanju klimatskih, antropogenih, topografskih, vegetacijskih čimbenika u svrhu poboljšanja preventivnih mjera i operativnih postupaka.

Gai i dr. (2011) se bave izradom modela procjene rizika za identifikaciju, klasifikaciju i kartiranje područja rizika od šumskih požara. Ovaj model je primijenjen na studiji slučaja rizika od šumskih požara na području Kine. U ovom se modelu razmatraju tri dijela: identifikacija opasnosti, analiza ranjivosti i analiza kapaciteta hitnog odgovora, što se odnosi na vatrogasne brigade, stražarski toranj i izvor vode za helikoptere. Korištenjem GIS-a provode prostornu analizu kombiniranjem pojedinačnih čimbenika na kartama rizika kako bi prikazali ukupan rizik od požara. Težina svakog čimbenika određena je „Grey Relativity Analysis“ (GRA) metodom koja se koristi za rješavanje problema nesigurnosti pod utjecajem diskretnih podataka i nepotpunosti informacija te glavna prednost metode je da se rezultati temelje na izvornim podacima i jednostavnim izračunima.

Nodilo (2003) se bavi osnovnim razlozima učestalosti požara otvorenog prostora otoka i priobalja u Hrvatskoj. Navodi 11 razloga od kojih je najvažniji odlazak mladog stanovništva s otoka i napuštanja poljoprivrednih površina koje su zbog sve većeg zapuštanja pogodnije za nastanak požara. Uz sve to daje 12 prijedloga mjera za sprječavanje nastajanja požara otvorenog tipa i uspješno gašenje istog. Kao glavni primjer daje otok Mljet, koji slabom naseljenošću (manje od 10 stan./km<sup>2</sup>) te nepovoljnoj starosnoj strukturi stanovništva (prosječna starosna dob stanovništva je preko 50 godina) ne uspijeva se oduprijeti pojavi požara, nego u razdoblju od 1980 - 2002. godine imao je 90 katastrofalnih požara, s tim da ih je 31 bilo na području nacionalnog parka.

Jurjević i dr. (2009) se bave požarima u Hrvatskoj u razdoblju od 1992. do 2007. godine. Broj požara i opožarene površine prikazuju različitim pokazateljima, npr. odnos između krša i kontinenta, visokih i ostalih šuma, državnih i privatnih šuma. Također prikazuje preventivne

mjere za zaštitu šuma te procjenu opasnosti šuma od požara na temelju Pravilnika o zaštiti šuma od požara državne šume kojima gospodare Hrvatske šume d.o.o. Procjenu opasnosti svrstavaju u četiri stupnja, gdje prvim stupnjem prikazuju najugroženije područje (oko 22 584 ha), a to su šume na kršu, dok se četvrti stupanj odnosi na najmanje ugrožena područja (oko 991 116 ha), a to su ponajviše šume u kontinentalnom dijelu Hrvatske. Na samom kraju u tablici prikazuju ulaganja hrvatskih šuma u zaštitu šuma od požara, gdje se najviše novaca ulaže u izradu protupožarnih prosjeka s elementima šumskih cesta te održavanju istih, na koje se izdvaja gotovo 70 milijuna kuna. Značajna sredstva troše na motrenje i dojavu požara, izradu promatračnica te njihovo održavanje na koje svake godine troši gotovo 23 milijuna kuna.

Nikhil i dr. (2021) bave se određivanjem rizika od požara u rezervatu Parambikulam u Indiji pomoću GIS-a i AHP metode. Ciljevi studije su AHP metodom i GIS tehnikama ocrtati zone opasnosti od šumskih požara na istraživanom području, procijeniti utjecaj pojedinog čimbenika na nastanak požara te pronaći razloge za pojavu požara na istraživanom području. Odabrani čimbenici su vrste zemljišnog pokrova, nagib padina, ekspozicija, topografski indeks vlažnosti (TWI), udaljenost od naselja i ceste, turističkih atrakcija i kampa protiv krivolova te su pripremljeni pomoću ArcGIS 10.6 i ERDAS Imagine 8.4. Rizik je podijeljen u 5 zona: vrlo nizak, nizak, srednje, visok i vrlo visok. Visoki i vrlo visoki rizik čine gotovo 62% površine istraživanog područja te se pokazalo da faktori topografski indeks vlažnosti, ceste i naselja pokazuju jaku korelaciju s učestalosti pojave požara (Nikhil i dr., 2021)

## 3. PODACI I METODE

### 3.1. PODACI

Podaci u ovom radu mogu se svrstati u klimatske (temperatura zraka, padaline, vlažnost zraka i jačina vjetra), geomorfološke (nagib, ekspozicija i nadmorska visina), antropogene (udaljenost od naselja i prometnica) te ekološke (*Corine Land Cover*). Podaci su analizirani pomoću programa ArcMap 10.4.1. i Excel.

Podaci o klimatskim elementima dobiveni su sa web stranice DIVA-GIS, koja nudi besplatne podatke o temperaturi, padalinama i jačini vjetra za tridesetogodišnje razdoblje (1992 – 2022). Proučavanje klimatskih elemenata dobar je početak za izradu specijaliziranih karata tako što bi se njihovim preklapanjem dobila veća ili manja ugroženost područja u manjim vremenskim razdobljima. Kako se podaci odnose na cijeli svijet, potrebno ih je bilo izvesti na područje

Splitsko-dalmatinske županije alatom *Clip*. Podaci relativne vlažnosti zraka za tridesetogodišnje razdoblje preuzete su sa stranice WorldClim, koja nudi podatke potrebne za analizu za svaku lokaciju naselja. Kada su se prikupili podaci, za izradu karte potrebno ih je bilo odrediti HTRS96/TM projekcijom pomoću alata *Project raster*. Kako su podaci srednje temperature, količine padalina i jačine vjetra u rasterskom formatu za svaki mjesec, lako su se mogle odabrati prosječne vrijednosti za požarnu sezonu (od lipnja do rujna). Pomoću alata *Raster Calculator* vrijednosti za svaki mjesec su se spojile u jedan raster kako bi se dalje mogle analizirati. Karta srednje temperature, količine padalina i jačine vjetra izrađena je na isti način, pomoću alata *IDW* (ponderirane inverzne udaljenosti), koji interpolira površinu rastera iz točaka, stoga se prije upotrebe *IDW*-a, raster morao prebaciti u točkasti sloj alatom *Raster to point*. U izradi karte relativne vlažnosti zraka podaci su uvezeni u ArcMap kao .csv format te su se prikazala mjesta sa svojim vrijednostima u obliku točaka. Na isti način kao i prethodni elementi je izrađena karta relativne vlažnosti zraka za Splitsko-dalmatinsku županiju.

Gemorfološki elementi su izrađeni pomoću digitalnog modela reljefa (DMR), koji je izrađen u projekciji HTRS96/TM na elipsoidu GRS80 te je preuzet s mrežnih stranica Geoportala DGU, čiji se podaci prikupljaju fotogrametrijskim kartiranjem iz aerofotogrametrijskog snimanja s rezolucijom snimaka najmanje 30 cm. Na temelju tih podataka izrađene su karte nagiba, ekspozicije i nadmorske visine.

Karta nagiba izrađena je pomoću alata *Slope (Spatial Analyst tools)*, a sama klasifikacija nagiba padina koja je temeljena na dominantnim morfološkim procesima i reljefnim oblicima, preuzeta je od IGU (International Geographical Union) (Lozić, 1996). Klasifikacija nagiba padina određena je u 6 razreda (tab. 1):

Tab. 1. Klasifikacija nagiba padina

Nagib (°)	Opis
0 – 2	Ravnice
2 – 5	Blago nagnuti teren
5 – 12	Nagnuti teren
12 – 32	Jako nagnuti teren
32 – 55	Vrlo strm teren
> 55	Strmci, litice

Izvor: Lozić, 1996

Karta nadmorske visine izrađena je pomoću vrijednosti visina digitalnog modela reljefa, koje su klasificirane u 9 razreda (0 – 1757 m). Zatim se sloju nadmorske visine povećala transparentnost na 30 % te se ispod njega umetnuo sloj *Hillshade*, koji služi za vizualizaciju topografije i ne daje apsolutne vrijednosti nadmorske visine.

Karta ekspozicije izrađena je pomoću alata *Aspect* u programu ArcMap, gdje vrijednost svake ćelije izlaznog rastera prikazuje smjer kompasa prema kojem je površina okrenuta na toj lokaciji. Vrijednosti se izražavaju u smjeru kazaljke na satu od -1 do 360°, s tim da vrijednosti od -1 do 0 predstavljaju ravne plohe, a od 0 – 360° strane svijeta.

Podaci i slojevi prometnica i naselja dobiveni su sa stranice Geofabrik, koja je povezana s Open Street Map (OSM). Preuzimanje i korištenje podataka je besplatno i dostupni su u .shp formatu, a uz to su svaki dan ažurirani, pa su zbog toga vrlo točni i jednostavni za korištenje. Pošto su podaci za područje cijele Hrvatske, pomoću alata *Clip (Analysis)* izveli su se podaci samo za područje Splitsko-dalmatinske županije. Prometnice su podijeljene na 4 kategorije (autocesta, državne, županijske i lokalne ceste) te su se nakon toga odredile udaljenosti od prometnica o kojima će kasnije biti riječ.

Ekološki kriterij pokrova i namjene zemljišta (*Corine Land Cover*) preuzet je sa web stranice Copernicus u obliku rastera. Sadrži podatke za cijelu Europu, stoga su se podaci izveli za područje Splitsko-dalmatinske županije pomoću alata *Clip*.

Podaci se sastoje od 44 klase pokrova zemljišta koji su podijeljeni u 5 razreda:

1. Izgrađene površine
2. Poljoprivredne površine
3. Šumska i poluprirodna područja
4. Močvare
5. Vode

### 3.2.METODOLOGIJA

Za određivanje rizika od požara potrebno je odrediti kriterije koji utječu na povećanje rizika u većoj ili manjoj mjeri. Korištene su tri vrste kriterija: klimatski, geomorfološki, antropogeni i ekološki (tab. 2). Nakon što su izvedeni podaci za svaki kriterij bilo ih je potrebno standardizirati, odnosno postaviti na zajedničku jedinstvenu skalu pomoću alata *Reclassify*, kako bi se mogli dalje analizirati. Reklasificirani su u 5 klasa od vrlo nisko do vrlo visoko. Nakon što su reklasificirani, međusobno su uspoređeni AHP metodom.

Tab. 2. Kriteriji za određivanje rizika od požara u Splitsko-dalmatinskoj županiji

	Kriteriji	Izvor	Mjerna jedinica
Klimatski	Temperatura	DIVA-GIS	°C
	Padaline	DIVA-GIS	mm
	Vlažnost zraka	ClimaWorld	g/m <sup>3</sup>
	Vjetar	DIVA-GIS	m/s
Geomorfološki	Nagib	DMR	%
	Ekspozicija	DMR	Strana svijeta
	Nadmorska visina	DMR	m
Antropogeni	Prometnice	Geofabrik	-
	Naselja	Geofabrik	-
Ekološki	CLC	Copernicus	

### 3.2.1. STANDARDIZACIJA KRITERIJA

Kako bih se kriteriji mogli usporediti potrebno ih je dovesti na jedinstvenu skalu, pa je u ovom radu korištena metoda kontinuiranih površina (Ergotić, 2020). Metoda kontinuiranih površina prikazuje različiti stupanj prikladnosti varijable i dobivaju se kontinuirane površine s posebnim vrijednostima (Ergotić, 2020). Raspon vrijednosti klasa je od 0 (vrlo nepogodno) do 1 (vrlo pogodno) sa srednjim vrijednostima (tab. 3). Vrijednosti temperature, relativne vlažnosti zraka, padalina, jačine vjetra izračunate su oduzimanjem najveće i najmanje vrijednosti te su se podijelile s brojem klasa, odnosno s pet.

Tab.3. Standardizacija kriterija rizika od požara za Splitsko-dalmatinsku županiju

	<b>Razredi</b>	<b>Rizik ugroženosti</b>
<b>Klimatski elementi</b>		
Temperatura zraka (°C)	< 11,7	1 (vrlo nizak)
	11,7 – 14,0	2 (nizak)
	14,0 – 17,0	3 (umjeren)
	17,0 – 19,0	4 (visok)
	21,0 – 23,7	5 (vrlo visok)
Relativna vlažnost zraka (%)	67,4 – 70,3	1 (vrlo nizak)
	64,5 – 67,4	2 (nizak)
	61,5 – 64,5	3 (umjeren)
	58,6 – 61,5	4 (visok)
	55,7 – 58,6	5 (vrlo visok)
Padaline (mm)	78,0 – 89,5	1 (vrlo nizak)
	70,0 – 78,0	2 (nizak)
	56,0 – 70,0	3 (umjeren)
	44,0 – 56,0	4 (visok)
	33,0 – 44,0	5 (vrlo visok)
Jačina vjetra (m/s)	1,6 – 2,1	1 (vrlo nizak)
	2,1 – 2,5	2 (nizak)
	2,5 – 3,0	3 (umjeren)
	3,0 – 3,4	4 (visok)
	3,4 – 3,9	5 (vrlo visok)
<b>Geomorfološki elementi</b>		

Nagib padina (°)	0 – 2	1 (vrlo nizak)
	2 – 5	2 (nizak)
	5 – 12	3 (umjeren)
	12 – 32	4 (visok)
	32 – 55	5 (vrlo visok)
Ekspozicija padina	Zaravnjeno	4 (visok)
	Sjever	1 (vrlo nizak)
	Sjeveroistok	2 (nizak)
	Istok	3 (umjeren)
	Jugoistok	4 (visok)
	Jug	5 (vrlo visok)
	Jugozapad	5 (vrlo visok)
	Zapad	3 (umjeren)
Sjeverozapad	2 (nizak)	
Nadmorska visina (m)	0 – 400	5 (vrlo visok)
	400 – 800	4 (visok)
	800 – 1200	3 (umjeren)
	1200 – 1600	2 (nizak)
	> 1600	1 (vrlo nizak)
<b>Antropogeni elementi</b>		
Udaljenost od naselja (m)	< 350	5(vrlo visok)
	350 – 650	4(visok)
	650 – 950	3 (umjeren)
	950 – 1500	2 (nizak)
	> 1500	1 (vrlo nizak)
Udaljenost od ceste (m)	< 350	5(vrlo visok)
	350 – 650	4(visok)
	650 – 950	3 (umjeren)
	950 – 1500	2 (nizak)
	> 1500	1 (vrlo nizak)
<b>Ekološki elementi</b>		
CLC	Vode	1 (vrlo nizak)
	Močvare	2 (nizak)



	Izgrađene površine	3 (umjeren)
	Poljoprivredne površine	4 (visok)
	Šumska i poluprirodna područja	5 (vrlo visok)

### 5.2.2. AHP METODA

Nakon standardizacije kriterija drugi korak u dobivanju procjene rizika od požara za neko područje je AHP metoda.

Proces analitičke hijerarhije (AHP) je višekriterijska metoda „mjerenja putem parnih usporedbi i oslanja se na prosudbe stručnjaka za izvođenje ljestvice prioriteta“ (Russo i Camanho, 2015). Pripada među najpoznatije i najviše korištene metode za izbor ili rangiranje više raspoloživih mogućnosti, temelji se na većem broju kriterija različite važnosti pomoću različitih ljestvica (Crnčan i dr., 2016).

Prema Saaty (2008), AHP metodu čine četiri koraka:

1. Definiranje problema i određivanje vrste traženog znanja
2. Strukturiranje hijerarhije odlučivanja
3. Konstruiranje matrice za izračun skupa parnih usporedbi
4. Izračunavanje relativne težine elemenata za svaku razinu

„Za usporedbu potrebna je numerička ljestvica koja pokazuje koliko je puta jedan element važniji ili dominantniji od drugog elementa s obzirom na kriterij ili svojstvo na koje se uspoređuju“ (Saaty, 2008) (tab. 4).

Model AHP-a sastoji se od tri elementa:

1. Cilj
2. Kriteriji
3. Alternativa (Crnčan i dr. 2016).

Intenzitet važnosti kriterija također se izražava matricom relativnih važnosti (tab.4), gdje brojevi u tablici označuju koliko je element A n puta značajniji od elementa B, prema kojemu je element B 1/n puta značajniji od elementa A (tab. 5) (Crnčan i dr. 2016). Pridavanje važnosti svakom kriteriju određuje se prema iskustvu, obuci ili savjetima stručnjaka (Saaty, 1990).

Tab. 4. Osnovna ljestvica relativnih važnosti

<b>Intenzitet važnosti</b>	<b>Definicija</b>	<b>Objašnjenje</b>
<b>1</b>	Jednaka važnost	Dvije aktivnosti podjednako doprinose cilju
<b>2</b>	Slaba ili neznatna	
<b>3</b>	Umjerena važnost	Iskustvo i prosudba blago daju prednost jednoj aktivnosti u odnosu na drugu
<b>4</b>	Umjerena plus	
<b>5</b>	Jaka važnost	Iskustvo i prosudba daju prednost jednoj aktivnosti u odnosu na drugu
<b>6</b>	Jaka plus	
<b>7</b>	Vrlo jaka ili pokazana važnost	Jedna je aktivnost izrazito favorizirana u odnosu na drugu; dominacija pokazana u praksi
<b>8</b>	Vrlo vrlo jaka važnost	
<b>9</b>	Iznimna važnost	Dokazi koji daju prednost jednoj aktivnosti u odnosu na drugu najvišeg su mogućeg reda potvrde
<b>Recipročne vrijednosti od gore navedenih</b>	Ako aktivnost $i$ ima jedan od gornjih brojeva različitih od nule u usporedbi s aktivnošću $j$ , tada $j$ ima recipročnu vrijednost u usporedbi s $i$	
<b>1.1-1.9</b>	Ako su aktivnosti vrlo bliske	Male razlike, ali mogu ukazivat na relativnu važnost aktivnosti

Izvor: Saaty, 2008

Tab. 5. Relativne važnosti hijerarhijskih elemenata

	A	B	C
A	x	y	z
B	1/y	1	q
C	1/z	1/q	x

Izvor: Crnčan i dr. 2016

Nakon što je matrica izrađena potrebno je izračunati faktor prioriteta za svaki kriterij, no prije toga se mora izračunati suma svih pridodanih važnosti za svaki kriterij (Saaty, 1990). Zatim se matrica mora normalizirati, na način da se pridodane važnosti podijele sa dobivenom sumom te prosjek vrijednosti koji se dobije predstavlja faktor prioriteta. Nakon toga potrebno je odrediti težinske vektore (W) za svaku razinu hijerarhije, tako što se izračunava srednja vrijednost za svaki stupac normalizirane matrice.

Težinski se vektor (W) određuje pomoću formule:

$$W = (\lambda_{\max} * v) / (\sum v) \text{ gdje je,}$$

$\lambda_{\max}$  – najveća svojstvena vrijednost

v – svojstveni vektor koji pripada najvećoj svojstvenoj vrijednosti ( $\lambda_{\max}$ )

$\sum v$  – zbroj svih elemenata vektora v

Kada se odrede težinski vektori potrebno je izračunati konzistentnost (CI), koji se temelji na principu koherentnosti, pomoću izraza:

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n-1), \text{ gdje je:}$$

CI – indeks konzistentnosti

$\lambda_{\max}$  – najveća svojstvena vrijednost

n – broj kriterija

Na samom kraju potrebno je odrediti omjer konzistencije (CR), koji mora iznositi manje od 0,1, kako bi se pridodane važnosti mogle smatrati ispravnima (Saaty, 1990), pomoću izraza:

$$CR = CI / RI, \text{ gdje je:}$$

CI – indeks konzistentnosti

RI – indeks slučajne konzistencije

Indeks slučajne konzistencije je prethodno izračunata referentna vrijednost koja se koristi za usporedbu CI i procjenu konzistentnosti. Tablično je definiran za matrice različitih dimenzija kako bi se utvrdilo koliko je matrica konzistentna. Za matricu dimenzija 10X10 iznosi 1,49 (Setiawan i dr., 2014). Ovisno o broju kriterija postoje prihvatljive granice koje se koriste za procjenu konzistentnosti, a prihvatljiva granica je manja ili jednaka od 0,1, što znači da je matrica dovoljno konzistentna.

Tab. 6. Matrica usporedbe intenziteta vrijednosti kriterija

Kriterij	Temp.	Pad.	Vlaž.z.	Jač.vjet.	Prom.	Naselja	Nagib	Eksp.	NMV	CLC	Težinski koeficijent
Temp.	1	2	3	3	2	2	2	2	5	3	0,19
Pad.	1/2	1	3	3	1/5	1/4	1/3	1/3	5	1/4	0,07
Vlaž.z.	1/3	1/3	1	1/3	1/4	1/4	1/2	1/2	2	1/3	0,04
Jač.vjet.	1/3	1/3	3	1	1/3	1/4	1/2	1/2	3	1/2	0,05
Prom.	1/2	5	4	3	1	1	3	3	5	2	0,17
Naselja	1/2	4	4	4	1	1	3	3	5	2	0,17
Nagib	1/2	3	2	2	1/3	1/3	1	3	3	1/2	0,09
Eks.	1/2	3	2	2	1/3	1/3	1/3	1	3	1/2	0,07
NMV	1/5	1/5	1/2	1/3	1/5	1/5	1/3	1/3	1	1/4	0,03
CLC	1/3	4	3	2	1/2	1/2	2	2	4	1	0,11
Suma	4,69	22,96	25,5	20,66	6,14	6,11	13,0	15,66	36,0	10,33	1

Dobivenim težinskim koeficijentima izračunate su vrijednosti najveće svojstvene vrijednosti, konzistentnost i omjera konzistencije:  $\lambda_{\max}=9,94860$ ;  $CI=0,11857$  i  $CR=0,079580$ .

Pridavanje vrijednosti relativne važnosti vođeno je iskustvom i proučavanjem literature i na temelju toga su vrijednosti intenziteta svakog kriterija određene. Temperatura kao kriterij ima najveću važnost, jer visoke temperature povećavaju isušivanje vegetacije i gorivih materijala, čime se povećava rizik od požara i brzina njegovog širenja. Visoke temperature također mogu stvarati uvjete povoljne uvjete za nastanak požara kao posljedica ljudskih aktivnosti, kao što su neoprezno rukovanje otvorenim plamenom ili namjerno ili slučajno odlaganje opušaka. Količina padalina utječe na vlažnost vegetacije i tla. Dugotrajno razdoblje bez padalina može dovesti do isušivanja vegetacije, čineći je suhom i podložnom zapaljenju. S druge strane, kada

su obilne padaline, vrlo često u ljetnim mjesecima mogu dolaziti uz prisutnost munja i olujnog nevremena, stoga povećavaju rizik od pojave požara. Niska vlažnost zraka doprinosi isušivanju vegetacije i gorivih materijala, što povećava lakoću njihovog zapaljenja i širenje požara. Snažan vjetar može brzo proširiti požar, prenoseći iskre i plamen na veće udaljenosti. Vjetar može potaknuti širenje požara s jednog područja na drugo i otežati vatrogascima suzbijanje požara. Udaljenost od naselja i ceste pridonosi pojavi požara zbog prisutnosti ljudi i ljudskih djelatnosti, posebice za vrijeme turističke sezone, a isto tako požar koji se približava naselju predstavlja veću prijetnju ljudima, imovini i infrastrukturi. Također može utjecati na hitnost intervencije, evakuaciju i potrebu za zaštitom imovine.

Nagib padina može utjecati na brzinu širenja požara jer požar ima tendenciju bržeg širenja uzbrdo zbog toplog zraka koji je lakši, uzdiže se i isušuje gorivi materijal pred sobom, a rijetko kada dolazi do širenja požara nizbrdo, osim ako nije pripomognut jakim vjetrom (Netolicki i dr., 2011). Ekspozicija padine pridonosi pojavi požara na način da su padine koje su orijentirane prema jugu obično izloženije jakom suncu i vrućinama, što povećava rizik od požara. Nadmorska visina može utjecati na klimatske uvjete i vegetaciju. Na višim nadmorskim visinama temperature su niže, manje je vegetacije, veća je vlažnost zraka pa je samim time i rizik od pojave požara vrlo nizak.

Pokrov i namjena zemljišta ima vrlo važan utjecaj na pojavu požara, a izdvajaju se šumske i poljoprivredne površine.

Nakon što su podaci obrađeni AHP metodom, reklasificiranim kriterijima pridodan je postotak važnosti (težinski koeficijent) pomoću alata *Weighted Overlay*, gdje se unesu svi reklasificirani kriteriji i za svaki se kriterij unese njegov postotak te se rasporede u skalu vrijednosti: vrlo nizak, nizak, umjeren, visok i vrlo visok rizik od požara.

## 4. REZULTATI

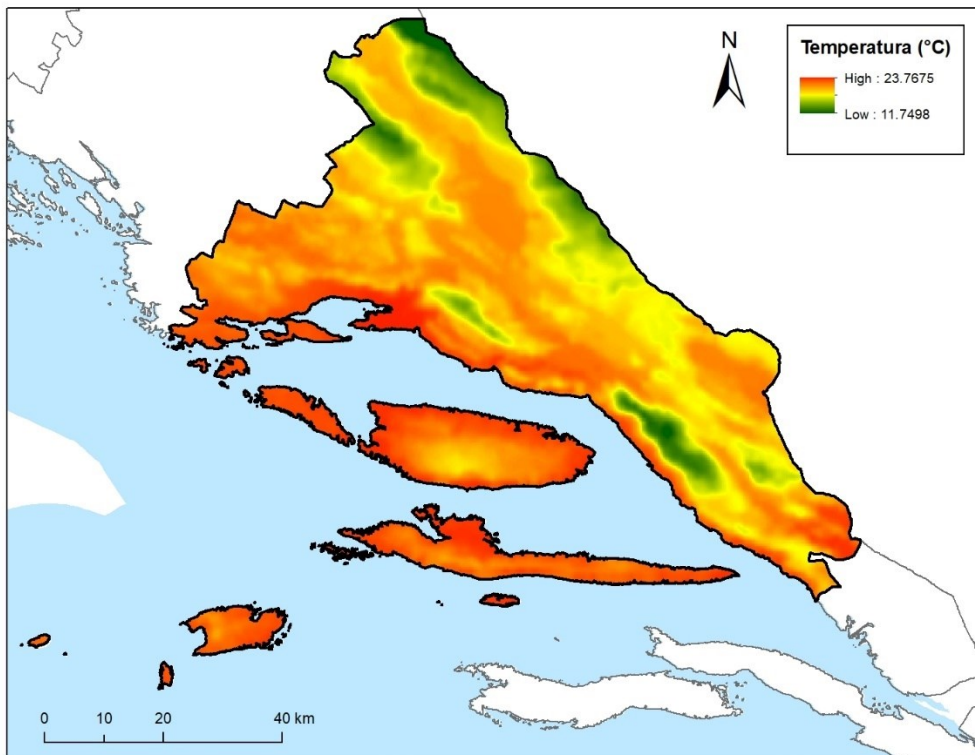
### 4.1. KLIMATSKI ČIMBENICI NASTANKA POŽARA

Splitsko-dalmatinska županija ima umjereno toplu i vlažnu s vrućim ljetima (Cfa), a priobalni dio i otoci imaju sredozemnu klimu sa suhim i vrućim ljetima (Csa) (Netolicki i dr., 2011). „Za potrebe učinkovitog planiranja i prevencije u zaštiti šuma od požara nedovoljan je prikaz općih, makroklimatskih zona kakvim se u većini slučajeva raspolaže“ (Procjena rizika od katastrofa za Republiku Hrvatsku, 2019). Klimatski elementi su vrlo bitni za preventivno planiranje, ali i

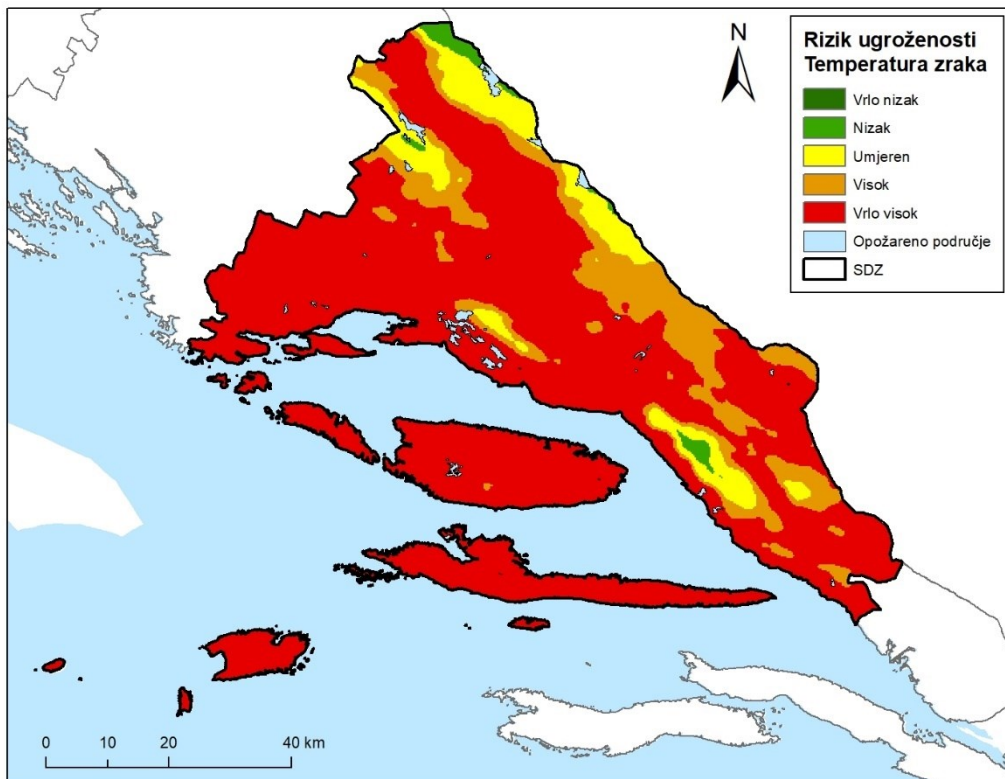
nakon požara za obnovu biljnog pokrova opožarenog područja te očuvanje plodnog tla (Procjena rizika od katastrofa za Republiku Hrvatsku, 2019).

#### 4.1.1. TEMPERATURA ZRAKA

Temperatura zraka je stupanj toplinskog stanja zraka koji ovisi o izravnom i neizravnom zagrijavanju atmosfere. Zemljina atmosfera se najviše zagrijava neizravno sa Zemljine površine, a ovisi o termičkim uvjetima na Zemljinoj površini te o načinu i brzini prenošenja topline sa površine u atmosferu (Šegota i dr., 1996). Temperatura uvelike utječe na pojavu požara, tako što isušuje vegetaciju i zagrijava tlo, stoga i viša temperatura povećava rizik od požara. Goriva prethodno zagrijana na suncu izgaraju brže od hladnih goriva (Government Northwest Territories, 2023). „Prostorna razdioba ugroženih područja od toplinskog stresa na području Hrvatske potvrđuje da je jadransko područje najugroženije s obzirom na klimatske promjene kod nas, a u Europi Sredozemlje“ (Procjena rizika od katastrofa za Republiku Hrvatsku, 2019). Znatno je povećani broj vrućih dana i broj razdoblja s više od deset uzastopnih vrućih dana u posljednjih 30 godina (Procjena rizika od katastrofa za Republiku Hrvatsku, 2010). Na sl. 3 prikazana je srednja temperatura tridesetogodišnjeg razdoblja požarne sezone, za mjesece lipanj, srpanj, kolovoz i rujan. Na sl. 4, temperatura zraka reklasificirana je prema razredima rizika ugroženosti (tab. 3).



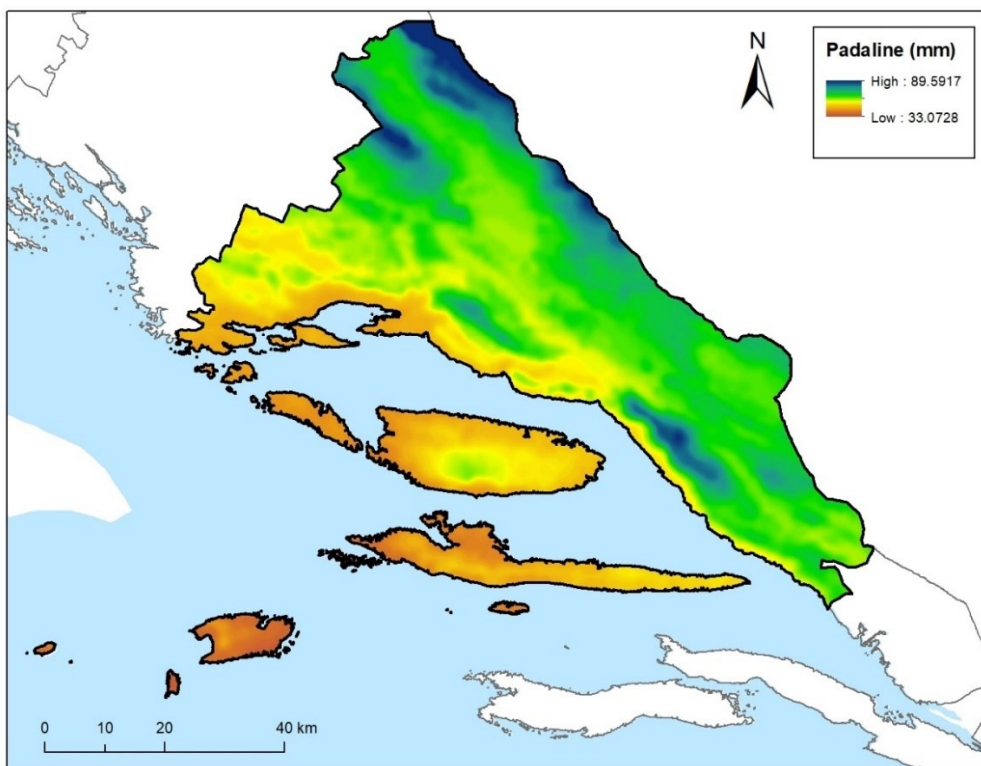
Sl. 3. Srednja temperatura požarne sezone (lipanj, srpanj, kolovoz i rujan) tridesetogodišnjeg razdoblja za Splitsko-dalmatinsku županiju



Sl. 4. Rizik ugroženosti od požara za temperaturu za Splitsko-dalmatinsku županiju

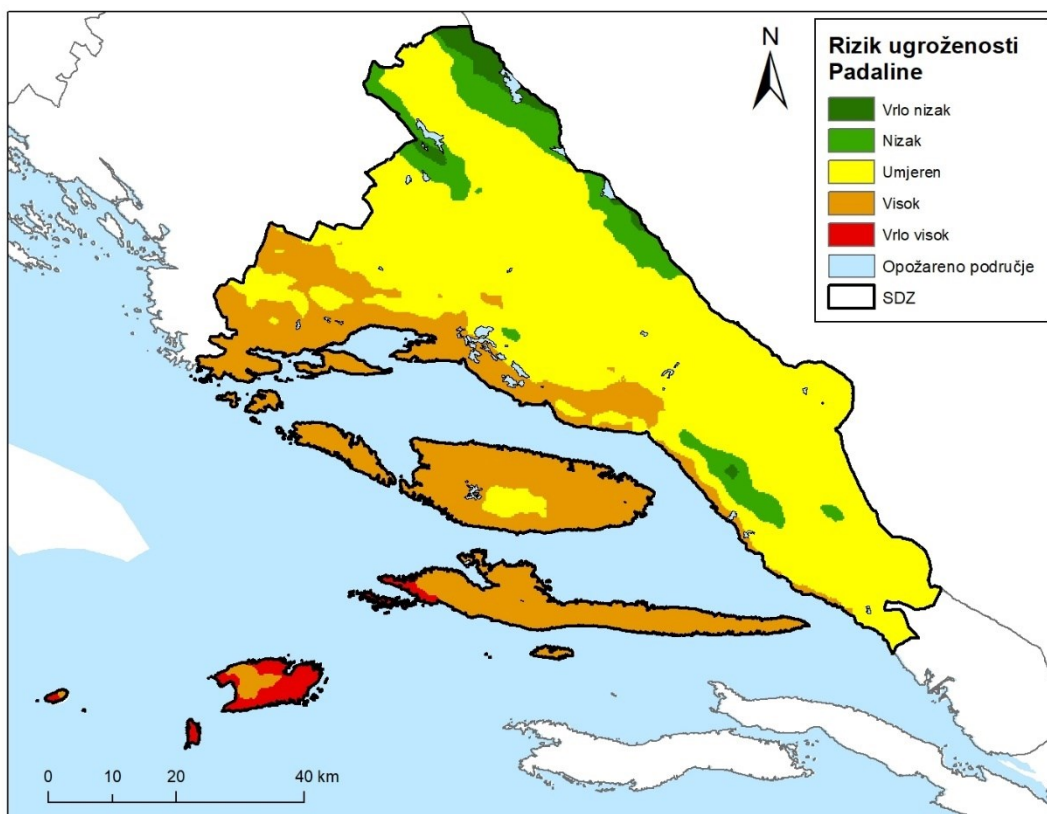
#### 4.1.2. PADALINE

Kada govorimo o padalinama kao elementu kod povećanja rizika od požara trebamo se osvrnuti na element suše kao pokazatelj nedostatka padalina u dužem vremenskom razdoblju. Uz visoke temperature i nisku vlažnost zraka rizik vegetacija, tlo i zrak postaju suši i time se povećava rizik od nastanka požara. Također, padaline će brzo navlažiti površinu goriva do te mjere da požari ne mogu nastati te neće doći do šumskih požara (Government Northwest Territories, 2023). Na sl. 5 prikazane su srednje količine padalina tridesetogodišnjeg razdoblja za požarnu sezonu. Na slici 6 su prikazane reklasificirane vrijednosti padalina prema razredima rizika ugroženosti (tab. 3).



Sl. 5. Srednja količina padalina požarne sezone (lipanj, srpanj, kolovoz, rujan) tridesetogodišnjeg razdoblja za Splitsko-dalmatinsku županiju





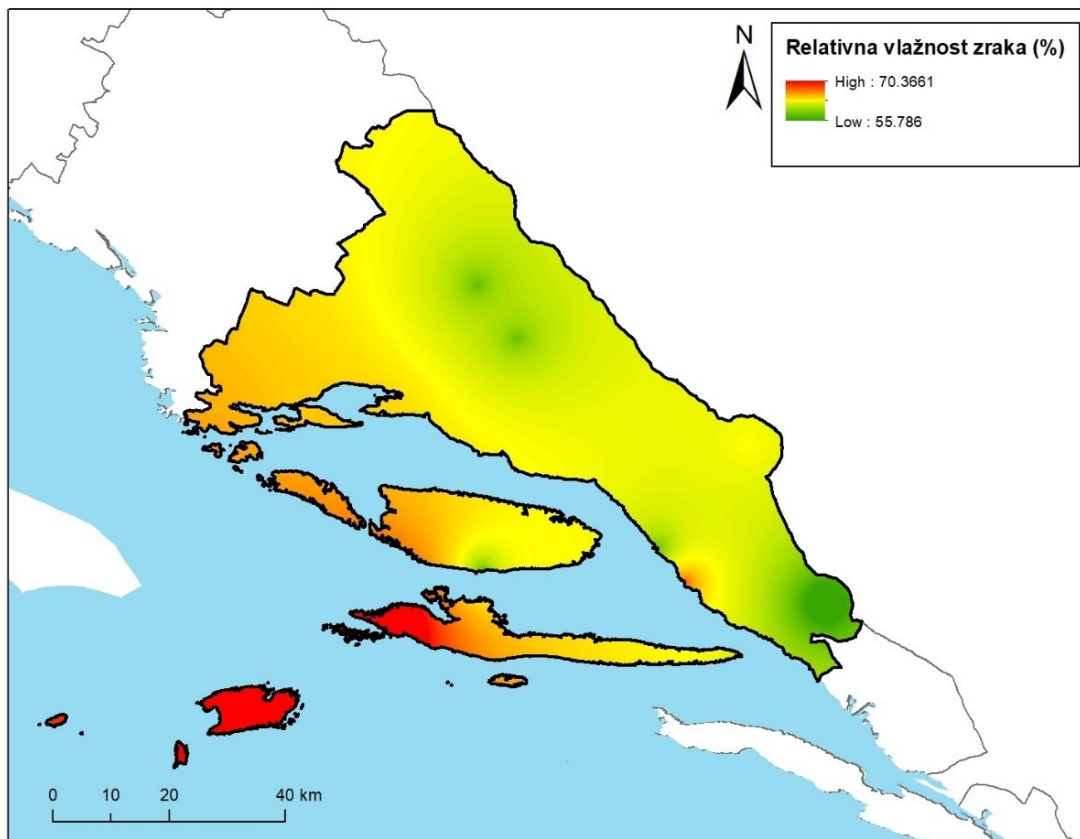
Sl. 6. Rizik ugroženosti od požara za padaline uz opožarena područja za Splitsko-dalmatinsku županiju

#### 4.1.3. VLAŽNOST ZRAKA

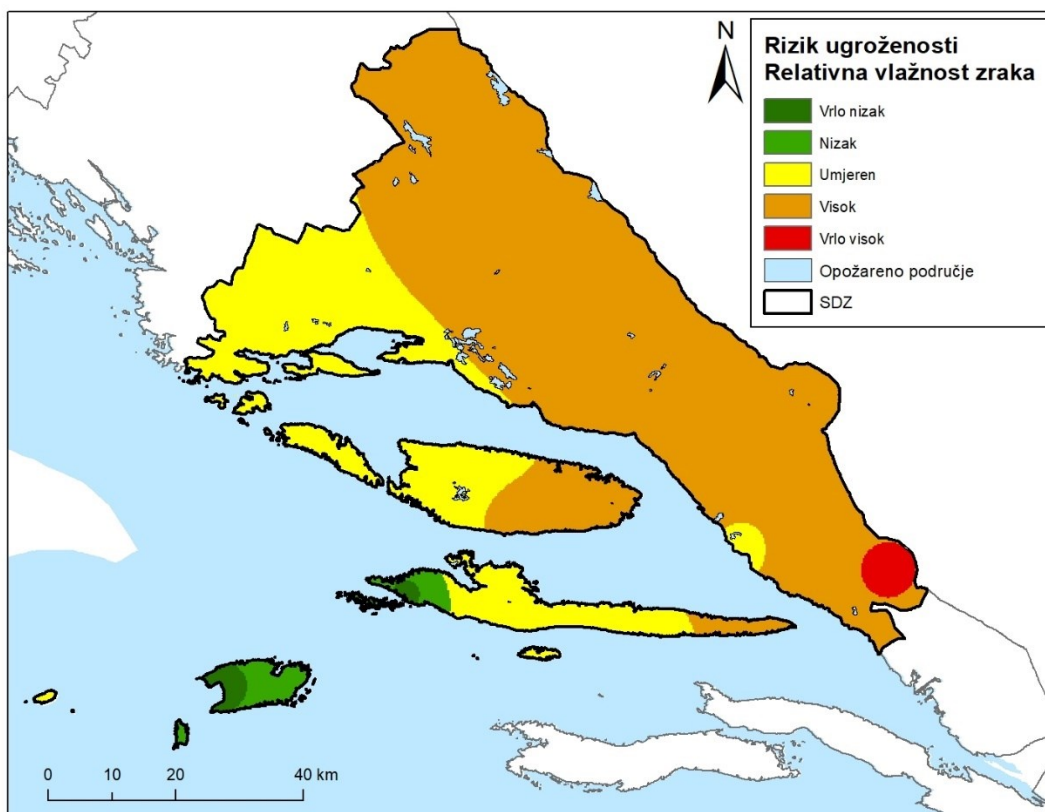
Vlažnost zraka je količina vodene pare u atmosferi (Šegota i dr., 1996). Sunčeva energija uvjetuje isparavanje iz mora, tekućih i stajaćih voda, snijega i leda, Zemljine površine i biljnog pokriva. O količini vodene pare ovisi vjerojatnost pojave padalina, direktno utječe na temperaturu zraka, jer vrlo učinkovito apsorbira dugovalnu radijaciju Zemlje pa količina vodene pare u zraku regulira intenzitet protuzračenja atmosfere.

„*Relativna vlažnost zraka* je broj koji u postotcima pokazuje odnos između količine vodene pare, koja stvarno postoji u zraku u određenom momentu, i maksimalne količine vodene pare koju bi zrak na toj temperaturi mogao primiti da bi bio zasićen“ (Šegota i dr., 1996). Relativna vlaga je važna jer pokazuje stupanj zasićenosti zraka vodenom parom, a najčešće je najveća ujutro, a najmanja kad je temperatura najviša, što znači da je dnevni hod relativne vlažnosti obratan od dnevnog hoda temperature. Također, relativna vlažnost zraka veća je zimi nego ljeti te veća je na otocima nego na obali (Netolicki i dr., 2011). Njezina važnost očituje se u tome što ima veliki utjecaj na mogućnost nastanka i širenja požara u obliku zračne vlage, vlažnosti staništa i gorive tvari. Kada je relativna vlažnost zraka niža od vlage goriva, goriva se počinju sušiti. „Ako je gorivi materijal suh, gori brže i brže se postiže temperatura od 200°C, a ako je

vlažnost zraka manja, suhi zrak lakše upija vodenu paru koja se oslobađa iz gorivog materijala i iz tla na kojemu traje proces gorenja“ (Netolicki i dr., 2011). Ovo je važan čimbenik u gašenju požara, jer mokra i većina zelenih goriva neće slobodno gorjeti (Government Northwest Territories, 2023). Na sl. 7 prikazana je srednja relativna vlažnost zraka tridesetogodišnjeg razdoblja za Splitsko-dalmatinsku županiju. Na sl. 8 prikazane su reklasificirane vrijednosti relativne vlažnosti zraka prema razredima rizika ugroženosti (tab. 3).



Sl. 7. Srednja relativna vlažnost zraka požarne sezone (lipanj, srpanj, kolovoz, rujanj) tridesetogodišnjeg razdoblja za Splitsko-dalmatinsku županiju



Sl. 8. Rizik ugroženosti od požara za relativna vlažnost zraka za Splitsko-dalmatinsku županiju

#### 4.1.4. JAČINA VJETRA

Gibanje zraka u atmosferi naziva se strujanje, a horizontalno strujanje vjetar (Šegota i dr., 1996). U svakoj točki vjetar ima svoju jačinu (brzinu) i smjer. Procjena jačine vjetra izražava se u boforima, na temelju vizualnog efekta, a jačina vjetra mjeri se anemometrom i izražava se u m/s (tab. 4).

Tab. 7. Prikaz jačine vjetra pomoću boforove ljestvice

Bofori	Kategorija vjetra	Brzina (m/s)
0	tišina	0 - 0,2
1	lahor	0,3 - 1-5
2	povjetarac	1,6 - 3,3
3	slabi vjetar	3,4 - 5,4
4	umjereni vjetar	5,5 - 7,9
5	umjereni jaki vjetar	8 - 10,7
6	jaki vjetar	10,8 - 13,8
7	žestoki vjetar	13,9 - 17,1

8	olujni vjetar	17,2 - 20,7
9	jaki olujni vjetar	20,8 - 24,4
10	orkanski vjetar	24,5 - 28,4
11	jaki orkanski vjetar	28,5 - 32,6
12	orkan	32,7 - 36,9

Izvor: Šegota i dr., 1996.

Što je vjetar jači, požar se brže širi. Vjetar dovodi dodatni dotok zraka u vatru (Government Northwest Territories, 2023). Poravnava plamen koji prethodno zagrijava gorivo ispred i uzrokuje požare na mjestima raspuhivanjem iskri i žara ispred glavne vatre u nove izvore goriva. Brzina širenja fronte požara ovisi o atmosferskoj stabilnosti tako da su brzine fronte požara 50 % ili više veće tijekom vjetrova brzine od 2 do 6 m/s u nestabilnim uvjetima (Beer, 1991). Na slici 9 prikazane su prosječne jačine vjetra (m/s) tridesetogidšnjeg razdoblja požarne sezone u rasponu od 1,6 do 3,9 m/s.

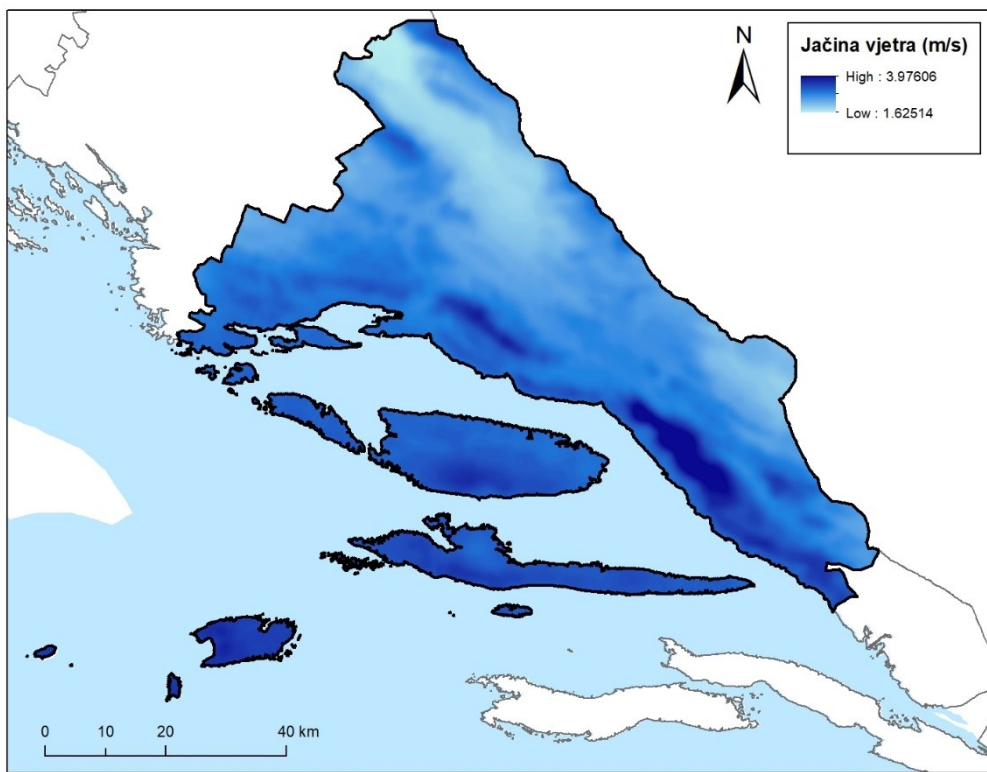
Najvažniji vjetrovi na Jadranu pa tako i u Splitsko-dalmatinskoj županiji su bura, jugo i maestral. Svojim djelovanjem utječu na širenje požara u većoj ili manjoj mjeri.

U južnoj Dalmaciji **Jugo** je jugoistočni vjetar i puše paralelno s uzdužnom osi Jadranskog mora jer ga kanaliziraju Apenini i Dinaridi. Puše 3 - 9 dana, iznimno do tri tjedna i tako podiže razinu mora. Javlja se kroz cijelu godinu, no duže puše tijekom zime prosječnom jačinom od 4 – 5 bofora, a intenzitet mu se povećava prema južnom Jadranu. Jugo nastaje u zračnoj masi koja se giba iz sjeverne Afrike preko Sredozemnog mora te se pritom navlaži pa time donosi relativno topao i vlažan zrak te redovite padaline.

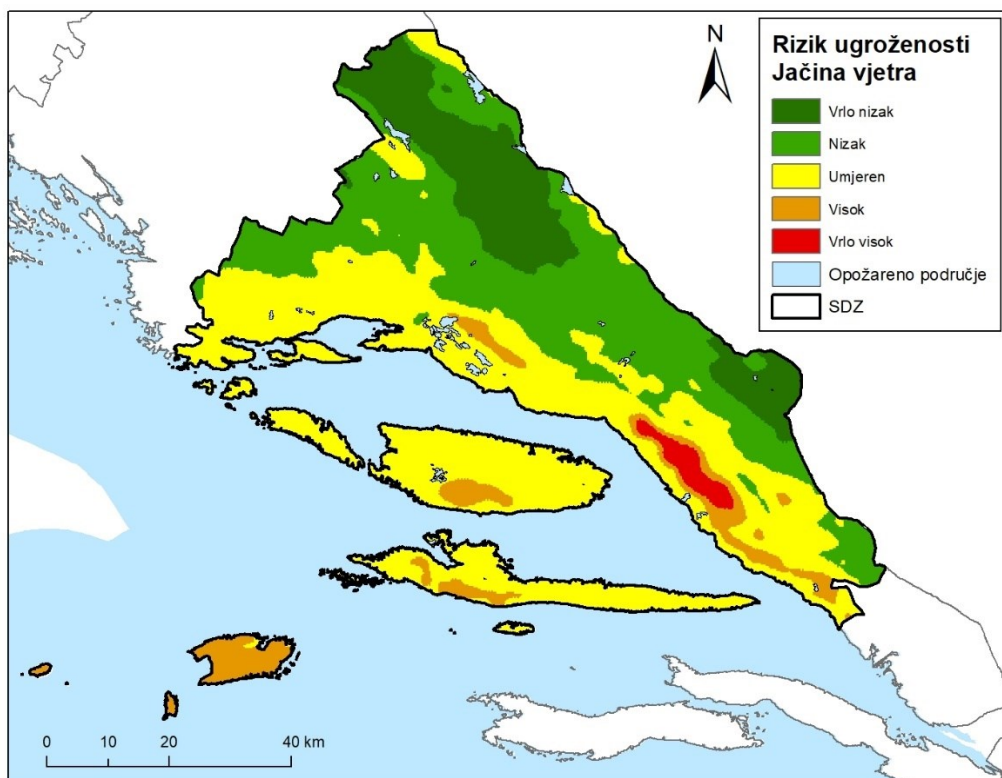
**Bura** je suh, hladan i izrazito mahovit vjetar. Najčešće puše kao sjeveroistočni vjetar, a na području Splitsko-dalmatinske županije nastaje tako kad hladan zrak sa sjevera naiđe na Dinaride koji djeluju kao prepreka te se taj zrak prelije preko planinske barijere iz unutrašnjosti na obalu (Šegota i dr., 1996). Spuštanjem niz Dinaride se adijabatički zagrijava i na obalu dolazi mnogo topliji nego je bio na vrhu planine. Struja hladnog zraka se kanalizira kroz planinske lance i riječne doline pa otuda i njezina velika brzina. Obično traje 2 -3 dana, a pri kraju brzina joj opada, a time temperatura i vlažnost zraka rastu, a tlak zraka pada.

**Maestral** puše u popodnevrim satima u toplom dijelu godine za lijepog i vedrog vremena. Puše konstantnom brzinom i jednolično, a dan, dva, prije promjene vremena potpuno nestaje.

Na sl. 9 prikazana je srednja jačina vjetra tridesetogodišnjeg razdoblja Splitsko-dalmatinske županije. Sl. 10 prikazuje reklasificirane vrijednosti jačine vjetra prema riziku ugroženosti (tab 3).



Sl. 9. Srednja jačina vjetra požarne sezone (lipanj, srpanj, kolovoz, rujanj) tridesetogodišnjeg razdoblja za Splitsko-dalmatinsku županiju



Sl. 10. Rizik ugroženosti od požara za jačinu vjetra za Splitsko-dalmatinsku županiju

## 4.2. ANTROPOGENI ČIMBENICI NASTANKA POŽARA

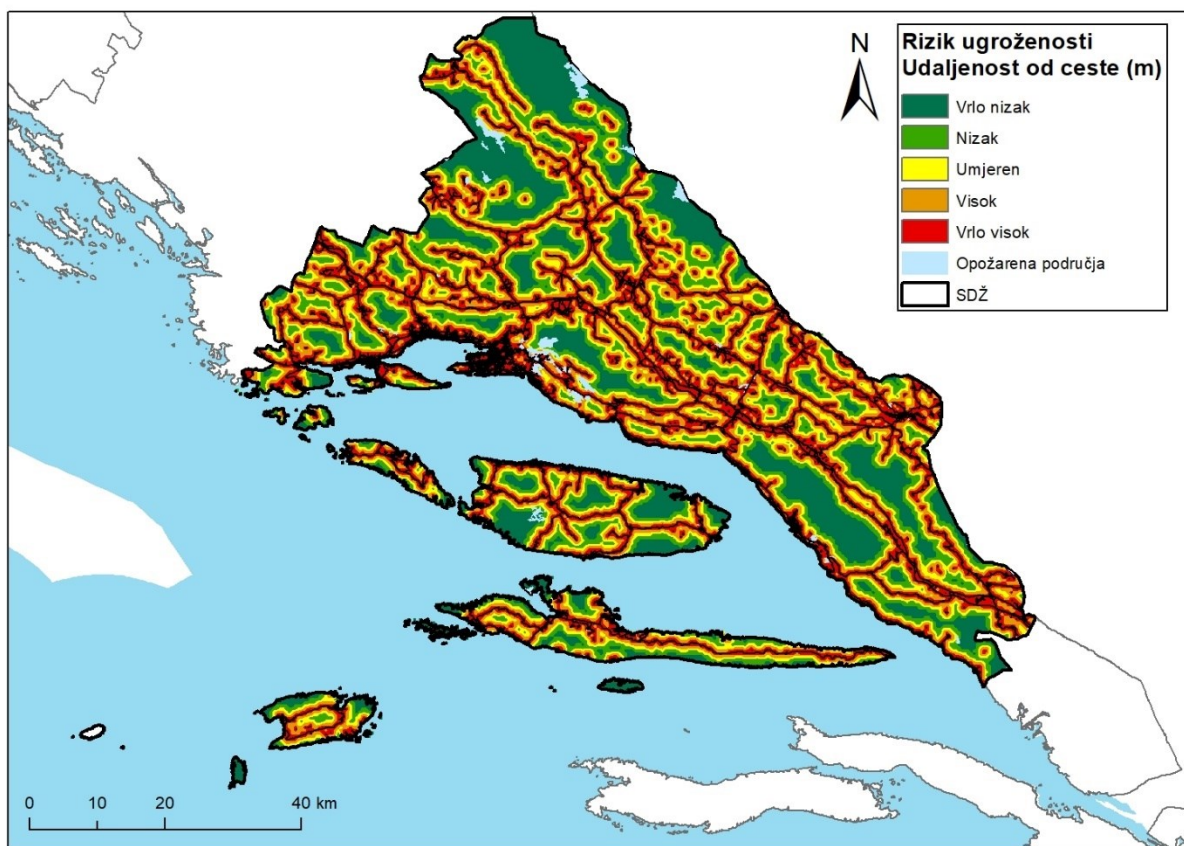
Ljudska djelatnost je najčešći uzročnik pojave požara, a po strukturi dijelimo ih u nekoliko grupa: nesretni slučajevi (eksplozije, promet), nepažnja i grubi nemar (poljoprivredni, radovi u šumi, izletnici, turisti, prolaznici, dječje igre, neuređeni deponij i dr.), požari nastali namjernim paljenjem (piromani, osveta, diverzija itd.) te požari kojima se nije mogao utvrditi uzrok (Jurjević i dr., 2009). U ovom radu analiziraju se udaljenost od naselja i prometnica jer su direktno povezani s ranije spomenutim ljudskim djelatnostima.

### 4.2.1. UDALJENOST OD PROMETNICE

Prisutnost ceste je vrlo bitan element zbog ljudskog djelovanja, iz razloga što do požara može doći slučajno ili namjerno zbog kretanja vozila i putnika na cesti (Nikhil i dr., 2021). Morrison, (2007), govori o tome kako su postojale tvrdnje da izgradnja više cesta preko javnog zemljišta vatrogascima daje pristup za brzu kontrolu požara prije nego što zajednica i prirodni resursi budu ugroženi, no u radu je dokazano kako većina šumskih požara uzrokovana ljudskim djelovanjem počinje uz ceste. Požari s lakoćom prolaze krajolikom popločenim cestama, stoga iako poboljšavaju pristup vatrogascima, iste omogućuju pristup neopreznim vozačima,



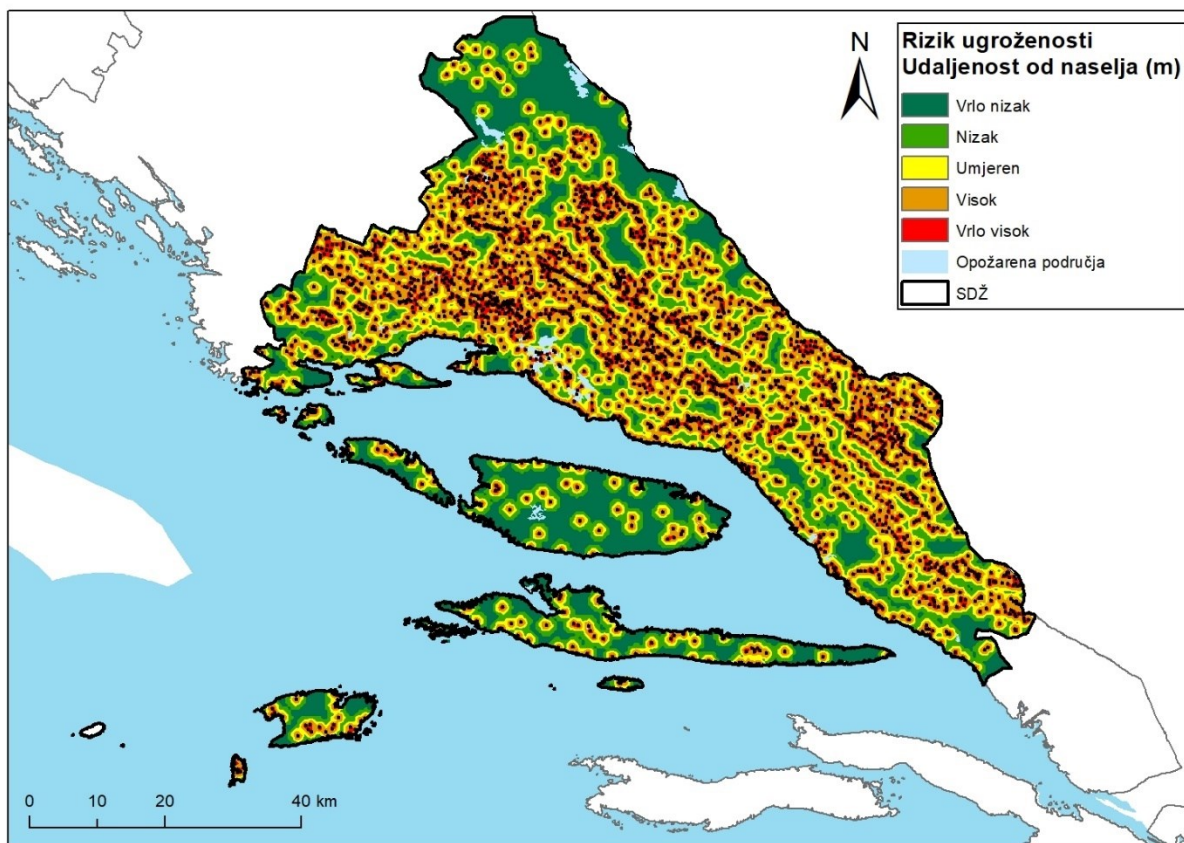
kamperima i piromanima (Morrison, 2007). Na sl. 11 prikazane su reklasificirane vrijednosti udaljenosti od ceste prema razredima rizika ugroženosti (tab. 3).



Sl. 11. Rizik ugroženosti od požara za udaljenosti od ceste za Splitsko-dalmatinsku županiju

#### 4.2.2. UDALJENOST OD NASELJA

Ljudska djelatnost, odnosno aktivnosti ljudi kojima se bave, turizam, rekreacija, poljoprivreda, prisutne su izvan i unutar naselja. Što je veća blizina naselju, veća je i koncentracija ljudi pa samim time zbog svih djelatnosti ranije navedenih rizik od pojave požara je veći. Razlog tomu je što se zbog slučajnih događaja (bačeni opušak, nesreće...) i namjernih događaja (potpaljivanje napuštenih poljoprivrednih površina, piromanija...) mogu uzrokovati požari. Zbog toga se može zaključiti, što je manja udaljenost od naselja, rizik od pojave požara je veći i obratno. Stoga su se naselja reklasificirala u istih 5 razreda kao i prometnice, što se može vidjeti na sl. 12.



Sl. 12. Rizik ugroženosti od požara za udaljenost od naselja za Splitsko-dalmatinsku županiju

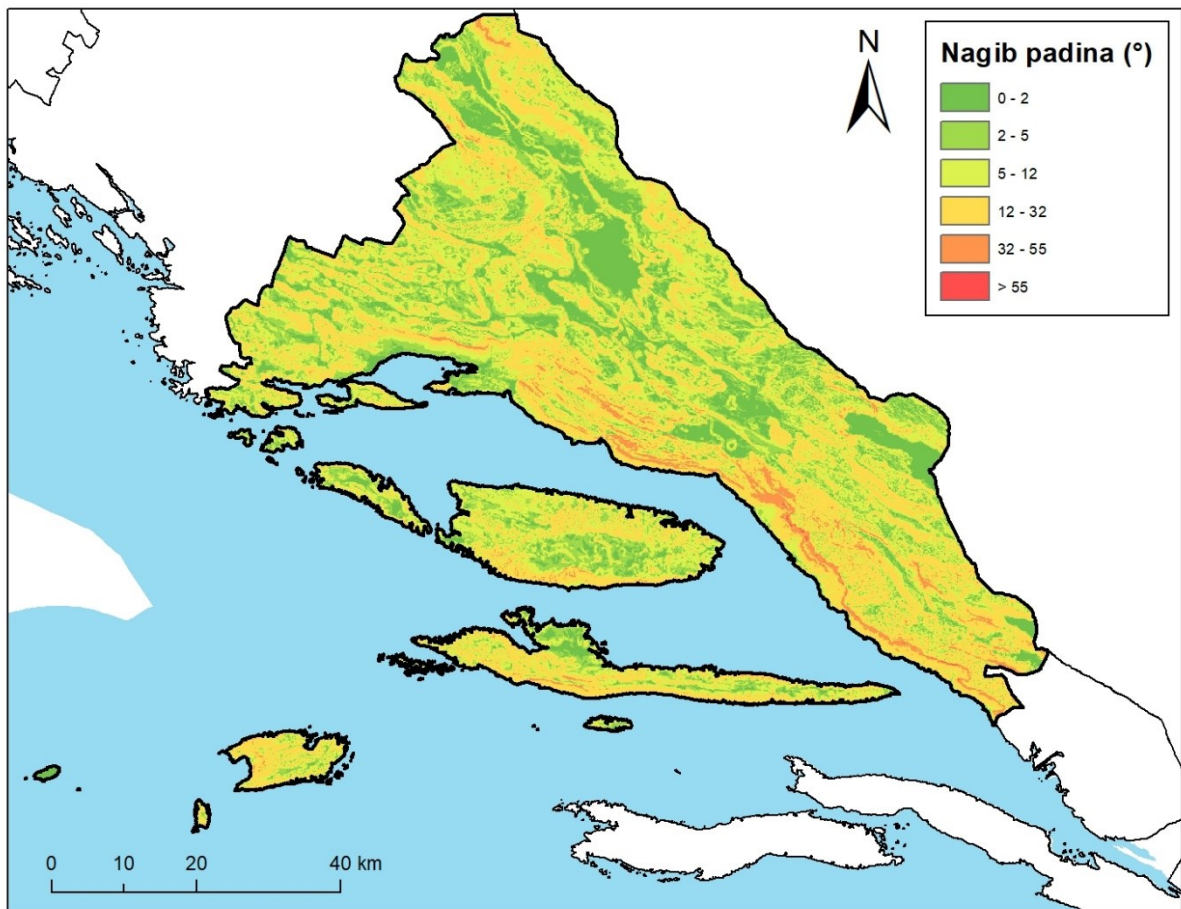
### 4.3. GEOMORFOLOŠKI ČIMBENICI NASTANKA POŽARA

Topografija kao geomorfološki element može utjecati na protok zraka i lokalnu mikroklimu pa samim time utječe na pojavu i širenje požara (Gai i dr., 2011). Najbitniji geomorfološki čimbenici koji utječu na pojavu i širenje požara su: utjecaj nagiba, ekspozicije padina i nadmorska visina.

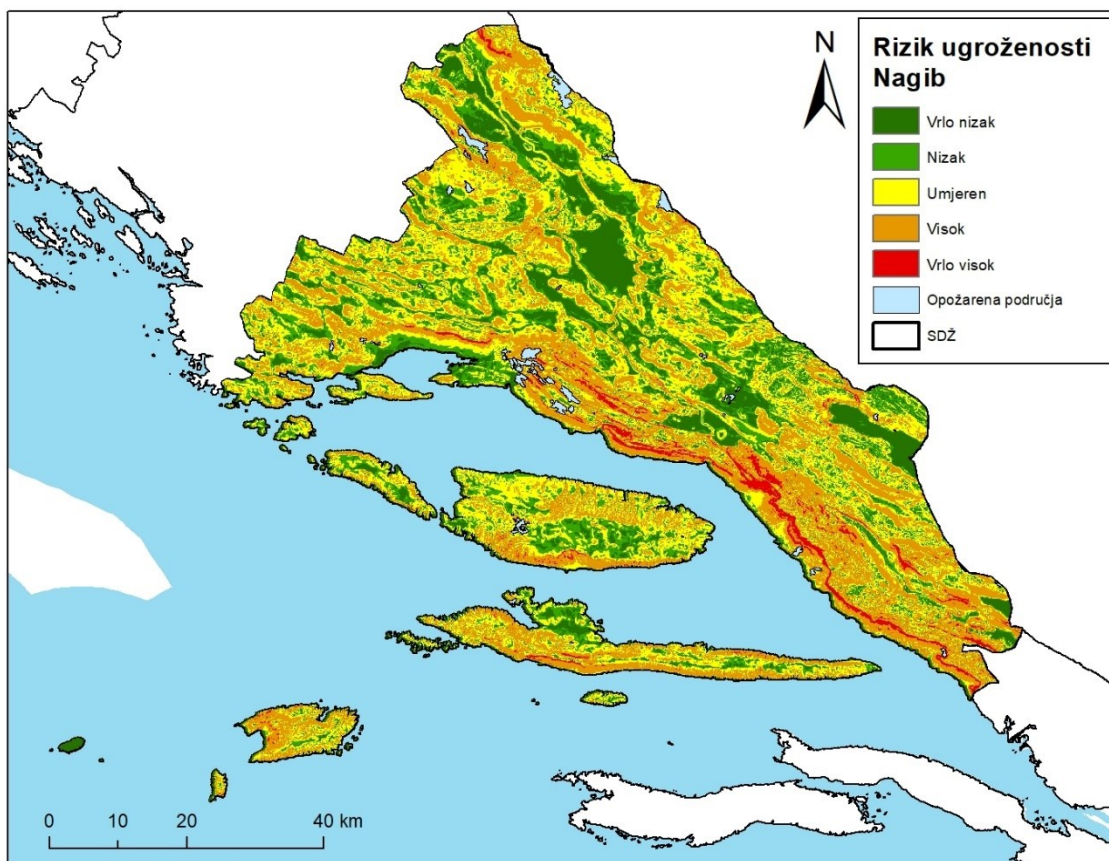
#### 4.3.1. NAGIB PADINA

Nagib je jedan od najvažnijih faktora koji utječe na širenje požara. Poznato je da se požar brže širi uzbrdo, nego nizbrdo, stoga je brzina širenja požara 10 do 20 puta veća od osnovne brzine širenja ukoliko nagib terena naraste s  $0^\circ$  na  $30^\circ - 40^\circ$  (Stipaničev, 2023). Razlog širenja na nagnutim terenima je topli zrak, koji je lakši i diže se uz padinu i tako dodatno isušuje gorivi materijal (Netolicki, 2011). Splitsko-dalmatinska županija ima veliki raspon nagiba, od  $0^\circ$  do  $64^\circ$  kao što je vidljivo na sl. 13. Nakon što se odredio nagib, na sl. 14 prikazane su njegove reklasificirane vrijednosti prema razredima rizika ugroženosti (tab. 3).





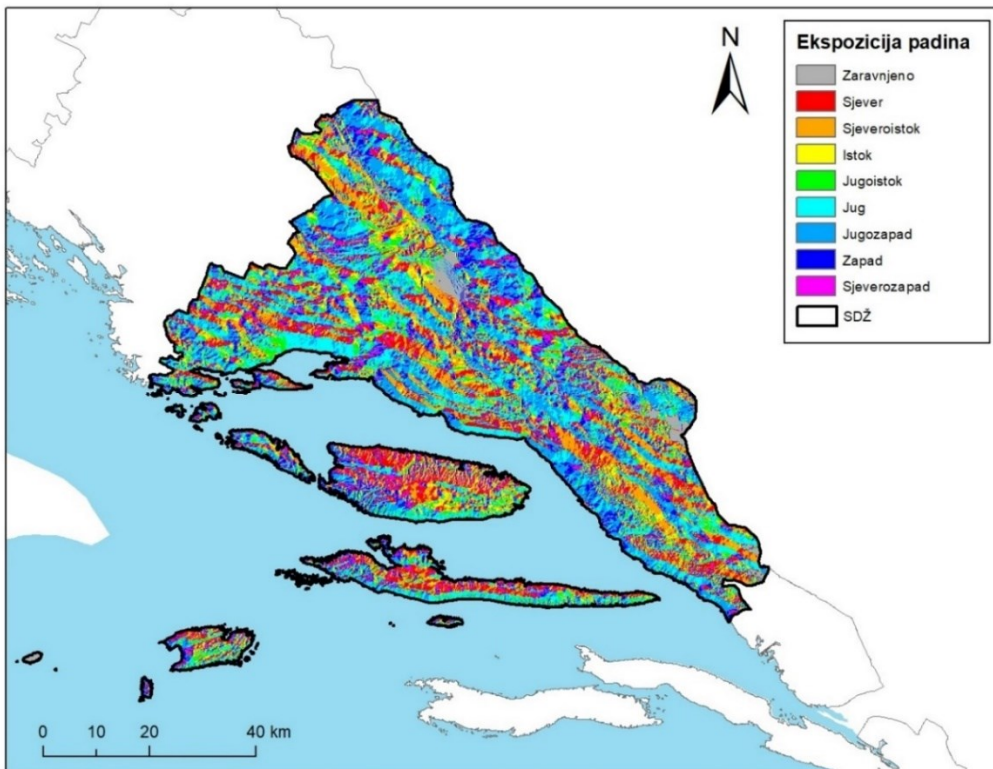
Sl. 13. Nagib padina u Splitsko-dalmatinskoj županiji



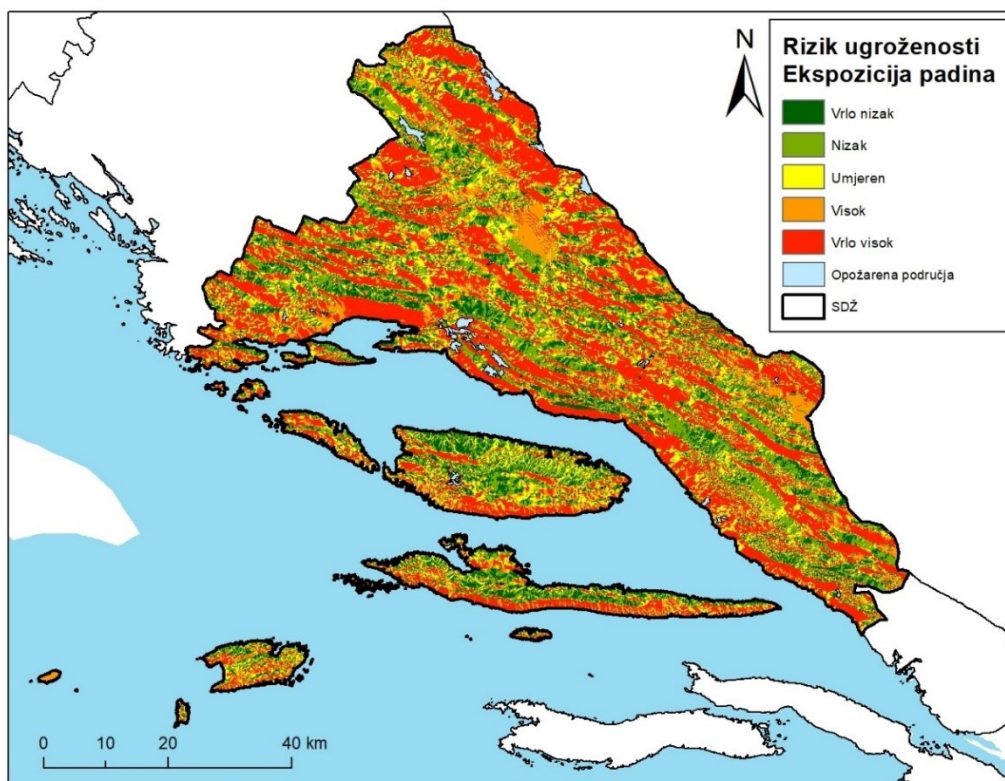
Sl. 14. Rizik ugroženosti od pojave požara za nagib padina za Splitsko-dalmatinsku županiju

#### 4.3.2. EKSPozICIJA PADINA

Ekspozicija ili orijentacija padina ukazuju na količinu sunčeve radijacije na temelju strane svijeta prema kojoj je orijentirana padina. „Količina sunčeve radijacije direktno utječe na količinu vlage u gorivu, a to opet direktno utječe na način širenja požara“ (Stipaničev, 2023). Na sl. 15 prikazana je orijentiranost padina Splitsko-dalmatinske županije, gdje većinom prevladavaju južne, jugozapadne i zapadne padine. Može se zaključiti kako su južne, jugozapadne i zapadne padine najviše osunčane pa samim time imaju veći rizik od pojave i širenja požara. Njihove reklasificirane vrijednosti prema tab. 3 prikazane su na sl. 16.



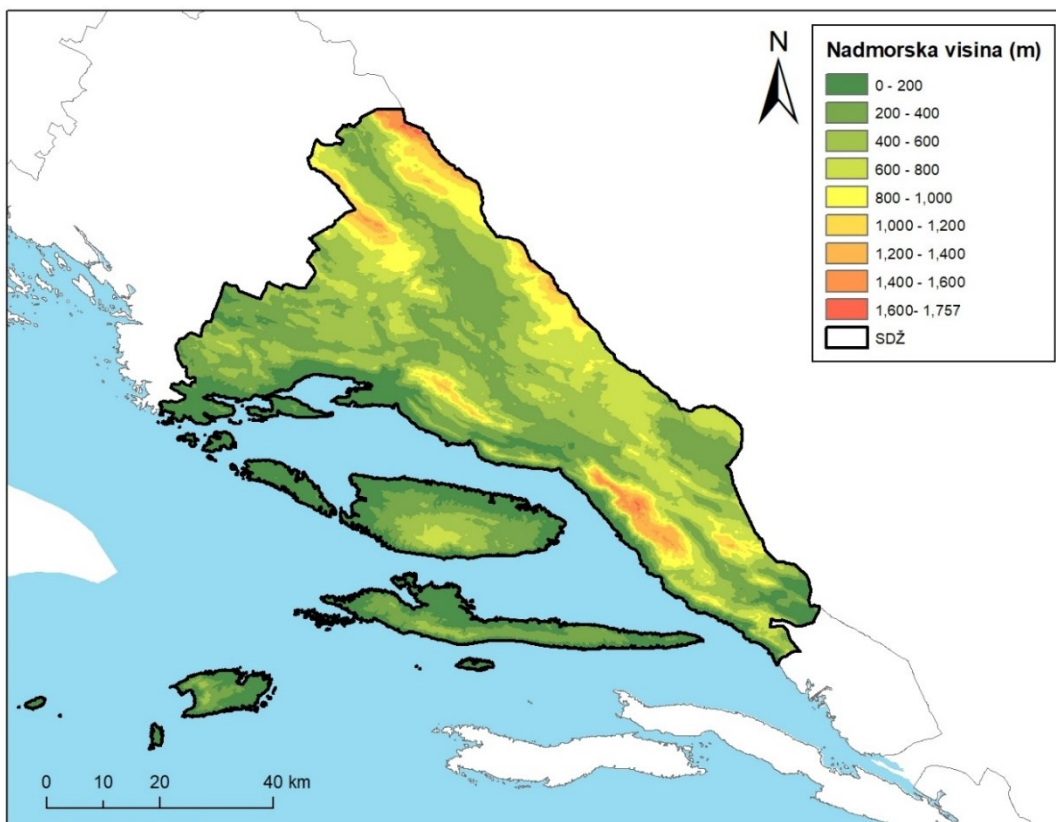
Sl. 15. Ekspozicija padina u Splitsko-dalmatinskoj županiji



Sl. 16. Rizik ugroženosti od pojave požara i opečarena područja za element ekspozicija padina za Splitsko-dalmatinsku županiju

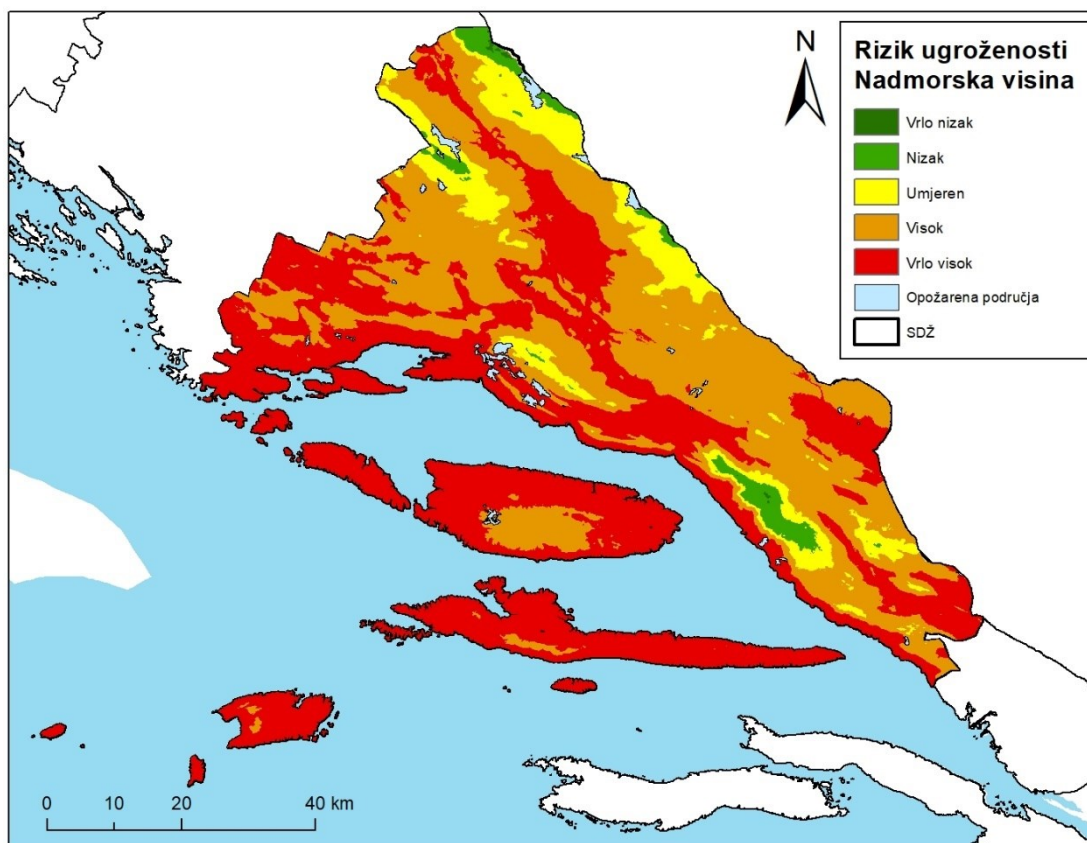
### 4.3.3. NADMORSKA VISINA

Porastom nadmorske visine temperatura zraka se snižava, a vlažnost zraka se povećava. U odnosu je s količinom padalina i temperaturom, što utječe na podložnost nastanka požara (Hrvatska Udruga Kriznog Menadžmenta, 2019). U nižim predjelima, posebice ljeti, temperatura je viša te padalina je vrlo malo, što dovodi do isušivanja gorivog materijala i mogućnosti zapaljenja istog. Iako Splitsko-dalmatinska županija ima vrlo visoke dijelove, s najvišim vrhom od 1757 m, većinom prevladavaju visine od 0 do 600 m nadmorske visine, što je vidljivo na sl. 17. Rizik ugroženosti od požara za nadmorsku visinu prikazan je na sl. 18, izrađen prema reklasificiranim vrijednostima iz tab. 3.



Sl. 17. Nadmorska visina Splitsko-dalmatinske županije



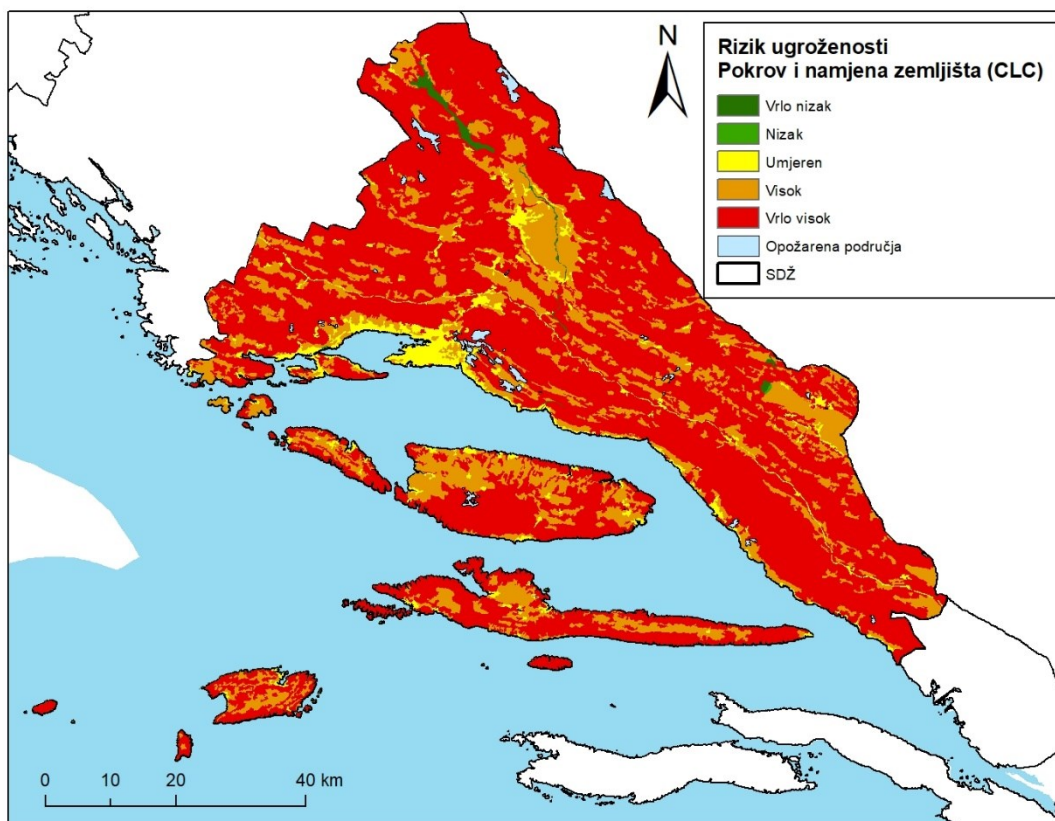


Sl. 18. Rizik ugroženosti od pojave požara za nadmorsku visinu za Splitsko-dalmatinsku županiju

#### 4.4. EKOLOŠKI ČIMBENIK NASTANKA POŽARA

##### 4.4.1. CORINE LAND COVER

*Corine Land Cover* (CLC) pruža važne informacije o pokrovu zemljišta na određenom području, kao i o promjenama u uporabi zemljišta tijekom vremena. Na temelju CLC-a mogu se lako identificirati područja s visokim rizikom od pojave požara na temelju klasifikacije pokrova zemljišta, na primjer šumska područja, makija i garig, poljoprivredne površine, travnjaci su vrlo pogodni za pojavu požara (Netolicki i dr., 2011). Takva područja za vrijeme visokih temperatura lako se suše i gore te zbog velikog udjela u površini županije lako se šire i stvaraju prijetnju ostatku pokrova. Sl. 19 prikazuje rizik ugroženosti CLC-a prema reklasificiranim vrijednostima iz tab. 3.



Sl. 19. Rizik ugroženosti za pokrov i namjenu zemljišta za Splitsko-dalmatinsku županiju

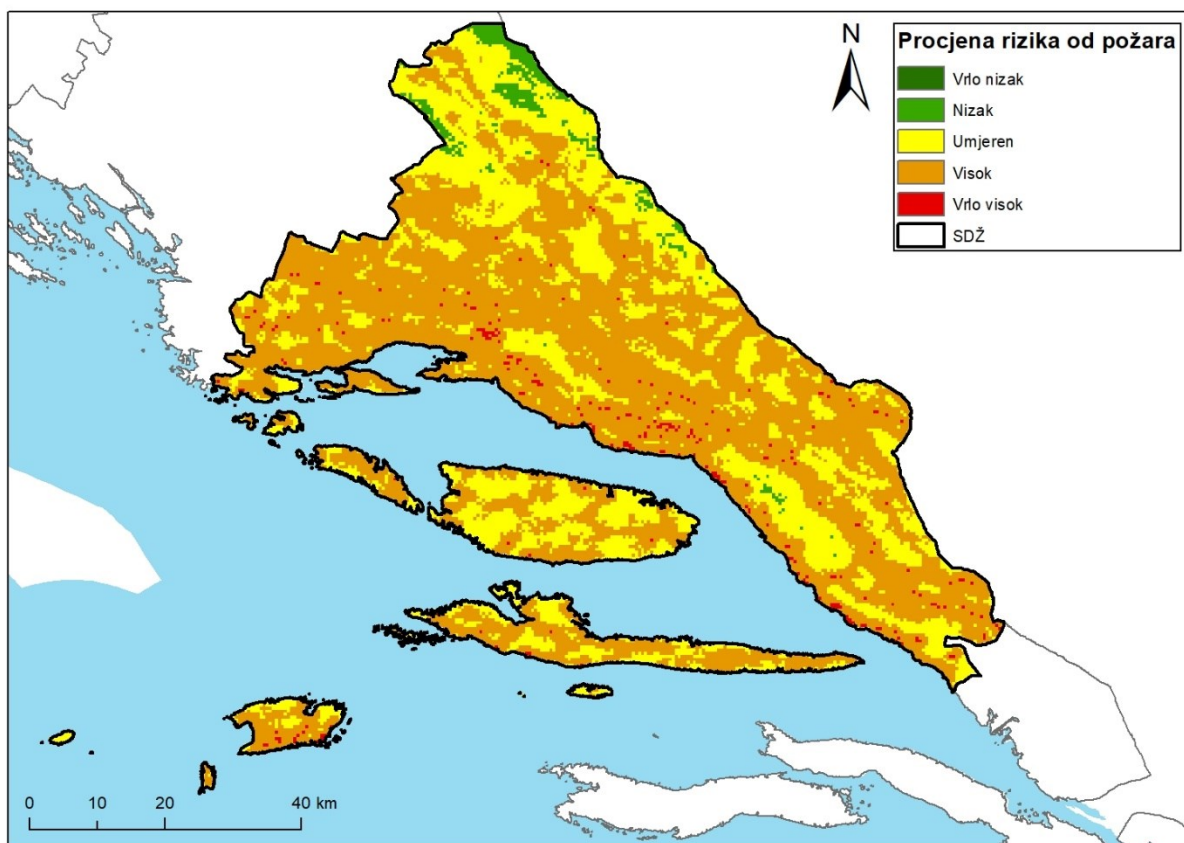
#### 4.5. RIZIK OD POŽARA U SPLITSKO-DALMATINSKOJ ŽUPANIJI

Provedenom analizom svih kriterija i njihovih podataka, dobivena je karta rizika od požara za Splitsko-dalmatinsku županiju. Iz priloženog se vidi (sl. 20) kako je najveći dio površine županije u zoni visokog i umjerenog rizika. Najugroženiji dijelovi su priobalni dio i otoci iz razloga što su prema svim kriterijima pogodni za nastanak požara, odnosno, razredi vrlo visokog i visokog rizika u četiri najvažnija kriterija (temperatura, udaljenost od naselja i prometnica i CLC) zauzimaju dijelove priobalja i otoka. U tab. 8. prikazane su ukupne površine (km<sup>2</sup>) i udio (%) površine kategorija rizika od požara u ukupnoj površini Splitsko-dalmatinske županije. Najveći udio u površini zauzimaju kategorije umjerenog i visokog rizika, koje su najzastupljenije na područjima oko naselja i gradova na obali i otocima. Razlog toga je velika prisutnost ljudi koja povećava rizik kriterijima udaljenosti od naselja i prometnica te kriteriju CLC, tako što je manjom udaljenošću od spomenutih kriterija ljudska aktivnost zastupljenija i pristupačnost lako zapaljivog materijala, kao što je vegetacija dovodi do pojave požara. Nizak rizik od pojave požara imaju sjeverniji (granica s BiH) i najviši dijelovi Splitsko-dalmatinske županije iz razloga što su to područja veće udaljenosti od prometnica i naselja te je ljudska

aktivnost na vrlo niskoj razini. Također, na tom području se nalaze planine Dinara, Kamešnica, Biokovo i Mosor gdje zbog nadmorske visine, temperatura zraka je niža od ostalih dijelova Splitsko-dalmatinske županije, a samim time i količina padalina je viša, što dodatno utječe na smanjenje rizika od pojave požara.

Tab. 8. Ukupna površina kategorije rizika od požara (km<sup>2</sup>)

Kategorija	Površina (km <sup>2</sup> )	Udio (%)
Vrlo nizak rizik	0,1	0,002
Nizak rizik	96	2,144
Umjeren rizik	1509	33,705
Visok rizik	2831	63,233
Vrlo visok rizik	41	0,916



Sl. 20. Rizik od požara u Splitsko-dalmatinskoj županiji

## 5. RASPRAVA

Procjena rizika od požara za Splitsko-dalmatinsku županiju napravljena je višekriterijskom GIS analizom temeljenom na 10 kriterija. Kriteriji su reklasificirani metodom kontinuiranih površina kako bi se doveli na jedinstvenu zajedničku skalu, od vrlo niskog do vrlo visokog rizika. Poznato je da učinkovita zaštita od rizika od šumskih požara i smanjenje gubitaka važno za dugoročno planiranje i strategije upravljanja šumskim požarima (Gai i dr., 2011). Kako bi se rizik sveo na najmanju moguću mjeru, glavni zadatak je identificirati opasnost od šumskih požara na istraživanom području. „Stupanj ili razina opasnosti prilikom požara ovisi o snazi vatrogasne grupe, intenzitetu gorenja, reljefnom izgledu terena, sastavu raslinja, meteorološkim i drugim uvjetima“ (Netolicki i dr., 2011).

S obzirom na to da je područje Splitsko-dalmatinske županije svake godine, osobito u ljetnim mjesecima, pogođeno požarima, vrlo je bitno uvidjeti koji su to prostori s najvećim rizikom od nastanka požara. Zbog svog geomorfološkog izgleda, klimatskih karakteristika za vrijeme ljetnih mjeseci i povećanog broja stanovništva za vrijeme turističke sezone odabrano je 10 kriterija pomoću kojih se odredio rizik od požara. Svi kriteriji na neki način pridonose pojavi i širenju požara, stoga su svedeni na jedinstvenu skalu kako bi im se mogla kasnije odrediti važnost jednim na drugim. Dominantnost jednog kriterija nad drugim u ovom radu se računa pomoću AHP metode. „Analitički hijerarhijski proces je metoda pogodna za donošenje odluka u svim fazama strateškog planiranja“ (Dragičević, 2007), zbog toga je vrlo pogodna u ovom radu, odnosno za određivanje rizika od požara, iz razloga što su požari vrlo opasni jer često uzrokuju gubitke ljudskih života i vlasništva i nanosi štetu ekologiji i okolišu tog prostora (Gai i dr., 2011).

Pomoću matrice, dimenzija 10 x 10, usporedili su se kriteriji, tako što je najveću važnost dobila temperatura, jer za vrijeme ljetnih mjeseci na području Splitsko-dalmatinske županije vrlo visoke temperature uz dugotrajnu nisku vlažnost zraka pospješuje isušivanje gorivog materijala na tlu i vegetacije, a uz pojavu suše, temperatura stvara još povoljnije uvjete za nastanak požara (Procjena rizika od katastrofa za Republiku Hrvatsku, 2019). Druga dva kriterija s najvećom važnošću su udaljenost od prometnice i naselja. U radu Morrison (2007), *Roads and Wildfires*, ispitivanjem prostornog odnosa cesta i šumskih požara u SAD-u, otkriveno je kako 88% svih šumskih požara diljem države uzrokuju ljudi, a od toga koje je uzrokovao čovjek, njih 95% dogodilo se unutar pola milje (oko 800 m) od ceste. Također, područja koja su vrlo blizu ceste imaju višestruko više požara nego područja udaljenija od ceste (Morrison, 2007). Također,



može se zaključiti kako naselja na isti način utječu na pojavu požara, odnosno što je blizina naselja veća, mogućnost od pojave požara je veća, zbog prisutnosti stanovništva, ljudske djelatnosti i prometnica. Nagib, ekspozicija padina i padaline imaju podjednaku važnost s tim da prevladava dominacija kriterija nagiba iz razloga što omogućuje brže površinsko otjecanje, suši površinsko gorivo i pogoršava širenje požara (Gai i dr., 2011). Jačina vjetra je isto tako vrlo važan kriterij kada se uzima u obzir širenje požara, jer dovodi dodatni zrak u vatru i poravnava plamen koji prethodno zagrijava gorivo ispred i uzrokuje požare na mjestima raspuhivanjem iskri i žara (Government Northwest Territories, 2023). Vlažnost zraka i nadmorska visina, kao kriterij s najmanjom važnošću imaju podjednaki utjecaj za nastanak i širenje požara, a u međudnosu su s temperaturom i količinom padalina. Vlažnost zraka utječe na vjerojatnost pojave padalina, direktno utječe na temperaturu zraka (Šegota i dr., 1996), dok nadmorska visina svojim porastom snižava temperaturu i povećava vlažnost zraka i samim time količinu padalina (Hrvatska Udruga Kriznog Menadžmenta, 2019). Kriterij *Corine Land Cover* ima podjednaku važnost s kriterijem cesta i naselja jer su u međusobnoj interakciji i utječu jedan na drugog pa tako i pojačavaju njihov negativan utjecaj na pojavu požara. Zbog suhe vegetacije, odnosno šuma, makije i gariga i poljoprivrednih površina koje su napuštene, lako se pod visokim temperaturama i djelovanjem čovjeka dovodi do požara i opasnosti od širenja prema naseljima i ljudima.

Ukupno gledano, postotak važnosti za svaki kriterij pomaže donositeljima odluka i stručnjacima za požare da identificiraju rizična područja i razumiju ključne čimbenike koji utječu na požare na otvorenom prostoru. Ovaj pristup omogućuje fokusiranje preventivnih mjera, planiranje intervencija i bolje upravljanje vatrogasnim resursima kako bi se smanjila šteta od požara i povećala sigurnost zajednica i okoliša. Neke od mjera prevencije zaštite požara na otvorenom prostoru koje donosi Hrvatska platforma za smanjenje rizika od katastrofa su, izbjegavanje paljenja vatre pri vjetrovitom vremenu i za vrijeme sušnog razdoblja, ne spaljivati istovremeno velike količine raslinja, ne paliti suhu travu i raslinje u blizini nasad voćnjaka i vinograda, ne parkirati vozila kod nadzemnih i podzemnih hidranata, spaljivanje korova prijaviti nadležnoj vatrogasnoj postrojbi, itd. (e-Građani, 2023).

Nakon što su izračunati težinski koeficijenti za svaki kriterij i izračunat njihov postotak važnosti, napravljena je završna karta koja prikazuje prostornu raspodjelu od vrlo niskog do vrlo visokog rizika od požara. Time se prema tab. 8, potvrđuje hipoteza 1, gdje je udio površine umjerenog (33,7%) i visokog rizika (63,2%) u ukupnoj površini Splitsko-dalmatinske županije najveći te uz potvrdu hipoteze 2 prema sl. 20, može se zaključiti kako su priobalni dio i otoci najugroženiji iz razloga što su zbog svojih klimatskih, antropogenih i ekoloških kriterija

pogodni za pojavu požara. Visoke temperature za vrijeme ljetnih mjeseci, blizina naselja i prometnica te suha i lako zapaljiva vegetacija, zajedno s prisutnošću ljudi međusobno utječu i stvaraju rizik od pojave požara.

## 6. ZAKLJUČAK

Požar je nekontrolirano kretanje vatre po površini te je poznat kao požar otvorenog tipa, požar vegetacije. Zbog sve veće učestalosti požara u današnjem svijetu, postoje mnogi radovi koji se bave tom problematikom, a cilj im je dati rezultate koji pridonose boljoj prevenciji i obrani od istih. Svake godine, pogotovo za vrijeme turističke sezone svjedočimo požarima u različitim razmjerima, koji dovode u opasnost ljudski život i imovinu i čini štetu prirodi i okolišu područja. Zbog toga je vrlo bitno razumijevanje samog prostora i odnosa prirodnih i ljudskih čimbenika na pojavu i širenje požara. Za izradu procjene rizika od požara geoprostorne analize i višekriterijske analize vrlo lako mogu te odnose prikazati i dokazati, stoga se u ovom diplomskom radu na temelju 10 kriterija uspio prikazati rizik od požara. Izrada ovog rada ukazuje na to da većina površine Splitsko-dalmatinske županije pripada umjerenom i visokom riziku, s tim da se ne smije zanemariti i rezred vrlo visokog rizika, jer je požar pojava koja se vrlo lako širi prostorom. Razlog tomu je što Splitsko-dalmatinska županija u ljetnim mjesecima, kada su požari zastupljeni ima vrlo visoke temperature uz pojavu sušnog razdoblja, suhu i lako zapaljivu vegetaciju, veliku prisutnost ljudi te uz sve ostale kriterije koji su se u ovom radu analizirali pogoduje se pojavi požara. Najveći rizik od požara zastupljen je na području priobalja i otoka, koji zbog svojih klimatskih, geomorfoloških, antropogenih i ekoloških karakteristika zadovoljavaju sve kriterije za pojavu i širenje požara, a najmanji rizik imaju područja više nadmorske visine. Današnjim razvojem tehnologija, geoprostorni podaci su lako dostupni za prikupljanje, pohranu, obradu i vizualiziranje te zbog toga su nužni za dobivanje kvalitetnih podataka i proizvoda koji će služiti ljudima. AHP metodom su se lako odredili težinski koeficijenti za svaki kriterij i uz geoprostorni prikaz kriterija pomoću ArcGis-a se dobio kvalitetan prikaz rizika od požara na karti. Analizom svih kriterija i izvođenjem karte rizika od požara, potvrđene su hipoteze rada, gdje je Splitsko-dalmatinska županija najvećim dijelom u kategoriji umjerenog i visokog rizika s naglaskom na područje priobalja i otoka.

## POPIS LITERATURE I IZVORA

### Literatura

Beer, T., 1991: *The interaction of wind and fire*, Boundary – Layer Meteorology, 54, 287-308.

Crnčan A., Kralik I., Kristić J., Hadelan L., 2016: Primjena metode višekriterijskog odlučivanja u poljoprivrednoj proizvodnji, *Krmiva* 58, 33-40

Ergotić F., 2020: *Vrednovanje pogodnosti zemljišta za razvoj ekoturizma primjenom višekriterijskih GIS analiza*, Diplomski rad, Sveučilište u Zadru, <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:162:707683>

Gabban A, San-Miguel-Ayanz J, Viegas D., 2008: *Assessment of Forest Fire Risk in European Mediterranean Region: Comparison of Satellite-Derived and Meteorological Indices*, European Communities, Luxembourg (Luxembourg)

Gai, C., Weng, W., Yuan, H., 2011: GIS-based Forest Fire Risk Assessment and Mapping, *Fourth International Joint Conference on Computational Sciences and Optimization*, Department of engineering Physics, Institute of Public Safety Research, Tsinghua University 1240-1244.

Jurjević, P., Vuletić, D., Gračan, J., Seletković, G., 2009: Šumski požari u Republici Hrvatskoj (1992-2007), *Šumarski list* 133 (1-2), 63-72.

Lozić, S., 1996: Nagib padina kopnenog dijela Republike Hrvatske, *Acta Geographica Croatica* 31, 41-50.

Magaš, D., 2013: *Geografija Hrvatske*, Sveučilište u Zadru, Meridijan, Zadar

Morrison P. H., 2007: Roads and Wildfires, *Pacific Biodiversity Institute*, Winthrop, Washington

Netolicki, A., Blažević, T., Antolović, A., 2011: Multicriteria Analysis of Fire Risk in the Split-Dalmatia County/ Višekriterijska analiza rizika od požara u Splitsko-dalmatinskoj županiji, *Kartografija i geoinformacije* 11 (17), 4-24.

Nikhil, S., Homian Danumah, J., Saha, S., Prasad M., K., Rajaneesh A., Mammen P., C., Ajin R., S., Kuriakose, S., L., 2021: Application of GIS and AHP Method in Forest Fire Risk Zone Mapping: a Study of the Parambikulam Tiger Reserve, Kerala, India, *Journal of Geovisualization and Spatial Analysis* 5, 14.

Nodilo, J., 2003: Požari otvorenog prostora otoka i priobalja – slučajnost ili logičan slijed događanja?, *Šumarski list* 3-4., 171-176.

Russo, R.D.F.S.M. and Camanho, R., 2015: Criteria in AHP: A Systematic Review of Literature, *Procedia Computer Science* 55, 1123-1132

Saaty T.L., 1990: How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process, *European Journal of Operational Research* 48, 9-26

Saaty T.L., 2008: Decision making with the analytic hierarchy process, *International Journal of Services Science*, 1 (1) 83-98

Setiawan A., Sedyono E. i Moekoe D.A.L., 2014: Application of AHP Method in Determining Priorities of Conversion of Unusedland of Food Land in Minahasa Tenggara, *International Journal of Computer Applications* 89 (8), 37-44

Šegota, T., Filipčić, A., 1996: *Klimatologija za geografe*, Školska knjiga Zagreb

#### Izvori

ArcGIS Pro, 2023: *Hillshade function*, <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/analysis/raster-functions/hillshade-function.htm> (5.2.2023.)

ArcGIS Pro, 2023: *How Aspect works*, <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/how-aspect-works.htm> (5.2.2023.)

Copernicus, 2023: *CORINE Land Cover*, <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover> (5.6.2023.)

DIVA GIS, 2023: *Free Spatial Data*, <https://www.diva-gis.org/Data> (30.2.2023.)

Environment and Climate Change, 2023: *Wildfire science*, <https://www.gov.nt.ca/ecc/en/services/wildfire-operations/wildfire-science> (5.6.2023)

Državni hidrometeorološki zavod, 2021: *Agroklimatski atlas Hrvatske u razdobljima 1981. – 2010. i 1991. – 2020.*, Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb

e-Građani, 2023: *Požari*, <https://gov.hr/hr/pozari/1174> (25.8.2023.)

Geofabrik.de, 2023: *OpenStreetMap Shapefiles*, <https://www.geofabrik.de/data/shapefiles.html> (30.2.2023.)

Geoportal DGU, 2023: *DMR (Digitalni model reljefa)* <https://dgu.gov.hr/> (1.2.2023.)

Government of Northwest Territories, 2023: *Wildfire operations*, <https://www.gov.nt.ca/ecc/en/services/wildfire-operations/wildfire-science> (30.5.2023.)

Hrvatska Udruga Kriznog Menadžmenta, 2019: *Procjena rizika od požara južnog dijela Republike Hrvatske*, <https://hukm.hr/hr/2019/05/27/procjena-rizika-od-sumskih-pozara-juznog-dijela-republike-hrvatske/> (5.4.2023.)

- National Geographic, 2023: *Wildfires*, <https://education.nationalgeographic.org/resource/wildfires/> (1.3.2023.)
- Procjena rizika od katastrofa za Republiku Hrvatsku, Vlada Republike Hrvatske, 2019  
[https://civilna-zastita.gov.hr/UserDocsImages/DOKUMENTI\\_PREBACIVANJE/PLANSKI%20DOKUMENTI%20I%20UREDBE/Procjena%20rizika%20od%20katastrofa%20za%20RH.pdf](https://civilna-zastita.gov.hr/UserDocsImages/DOKUMENTI_PREBACIVANJE/PLANSKI%20DOKUMENTI%20I%20UREDBE/Procjena%20rizika%20od%20katastrofa%20za%20RH.pdf)  
(26.2.2023)
- Stipaničev, D., 2023: *Proračun rizika od požara*, [http://vatra.fesb.hr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=55&Itemid=64](http://vatra.fesb.hr/index.php?option=com_content&view=article&id=55&Itemid=64)  
(2.3.2023.)
- Stipaničev, D., 2023: *Faktori koji utječu na širenje požara raslinja*, [http://vatra.fesb.hr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=99&Itemid=118](http://vatra.fesb.hr/index.php?option=com_content&view=article&id=99&Itemid=118)  
(2.3.2023.)
- The Earth Observatory, 2023: *Fire*, [https://earthobservatory.nasa.gov/global-maps/MOD14A1\\_M\\_FIRE](https://earthobservatory.nasa.gov/global-maps/MOD14A1_M_FIRE) (1.3.2023.)
- Vatrogasna zajednica Splitsko-dalmatinske županije, 2023: Intervencije vatrogasnih postrojbi za razdoblje od 2014. do 2020. godine
- WorldClim, 2023: *Global climate and weather data*, <https://www.worldclim.org/data/index.html> (30.2.2023.)

## PRILOZI

### Popis slika i tablica

Sl.1. Uvjeti za nastanak požara .....	3
Sl.2. Položaj Splitsko-dalmatinske županije .....	7
Sl.3. Srednja temperatura požarne sezone (lipanj, srpanj, kolovoz i rujan) tridesetogodišnjeg razdoblja za Splitsko-dalmatinsku županiju.....	21
Sl.4. Rizik ugroženosti od požara za temperaturu za Splitsko-dalmatinsku županiju .....	21
Sl.5. Srednja količina padalina požarne sezone (lipanj, srpanj, kolovoz, rujan) tridesetogodišnjeg razdoblja za Splitsko-dalmatinsku županiju .....	22
Sl.6. Rizik ugroženosti od požara za padaline uz opožarena područja za Splitsko-dalmatinsku županiju .....	23
Sl.7. Srednja relativna vlažnost zraka požarne sezone (lipanj, srpanj, kolovoz, rujan) tridesetogodišnjeg razdoblja za Splitsko-dalmatinsku županiju .....	24
Sl.8. Rizik ugroženosti od požara za relativna vlažnost zraka za Splitsko-dalmatinsku županiju .....	25
Sl.9. Srednja jačina vjetra požarne sezone (lipanj, srpanj, kolovoz, rujan) tridesetogodišnjeg razdoblja za Splitsko-dalmatinsku županiju.....	27
Sl.10. Rizik ugroženosti od požara za jačinu vjetra za Splitsko-dalmatinsku županiju.....	28
Sl.11. Rizik ugroženosti od požara za udaljenosti od ceste za Splitsko-dalmatinsku županiju	29
Sl.12. Rizik ugroženosti od požara za udaljenost od naselja za Splitsko-dalmatinsku županiju .....	30
Sl.13. Nagib padina u Splitsko-dalmatinskoj županiji .....	31
Sl.14. Rizik ugroženosti od pojave požara za nagib padina za Splitsko-dalmatinsku županiju .....	32
Sl.15. Ekspozicija padina u Splitsko-dalmatinskoj županiji .....	33
Sl.16. Rizik ugroženosti od pojave požara i opožarena područja za element ekspozicija padina za Splitsko-dalmatinsku županiju.....	33

Sl.17. Nadmorska visina Splitsko-dalmatinske županije .....	34
Sl.18. Rizik ugroženosti od pojave požara za nadmorsku visinu za Splitsko-dalmatinsku županiju .....	35
Sl.19. Rizik ugroženosti za pokrov i namjenu zemljišta za Splitsko-dalmatinsku županiju....	36
Sl.20. Rizik od požara u Splitsko-dalmatinskoj županiji .....	37
Tab. 1. Klasifikacija nagiba padina .....	11
Tab. 2. Kriteriji za određivanje rizika od požara u Splitsko-dalmatinskoj županiji.....	12
Tab. 3. Standardizacija kriterija rizika od požara za Splitsko-dalmatinsku županiju .....	13
Tab. 4. Osnovna ljestvica relativnih važnosti .....	16
Tab. 5. Relativne važnosti hijerarhijskih elemenata.....	17
Tab. 6. Matrica usporedbe intenziteta vrijednosti kriterija .....	18
Tab. 7. Prikaz jačine vjetra.....	25
Tab. 8. Ukupna površina kategorije rizika od požara (km <sup>2</sup> ).....	37