

## **Odnos klimatskih promjena i šumskih požara**

### *The relationship between climate change and forest fires*

Izv. prof. dr. sc. Roman Rosavec  
Lovro Pavlenić, mag. ing.  
Prof. dr. sc. Damir Barčić  
Ante Ivanović, mag. ing.

---

#### **SAŽETAK**

Klimatske promjene ključni su čimbenik koji rezultira sve češćom pojavom šumskih požara, posebno u ekstremnim okolnostima. Oni čine ogromne štete uništavajući kompletan biološki sustav i narušavaju stanje krajobraza. Pored toga, sve su učestalije štete na stambenim i gospodarskim objektima, komunalnoj infrastrukturi, a nerijetko šumski požari za posljedicu imaju i ljudske živote. Šumski požari dramatično mijenjaju sastav atmosfere, posebno u smislu koncentracije ugljikova monoksida (CO) i ugljikova dioksida (CO<sub>2</sub>), kao i metana (CH<sub>4</sub>). Šumski požari pogoršavaju klimatske promjene zbog povećane suše, visokih temperatura zraka, niske relativne vlažnosti i jakih vjetrova, što rezultira toplijim, sušnijim i dužim sezonama požara. Klimatske prilike još dodatno potiču napuštanje ruralnih područja i odlazak stanovništva u gradske sredine. Pod utjecajem klimatskih promjena (naročito sušnih razdoblja) stvaraju se nepovoljni uvjeti na dosadašnje aktivnosti seoskog stanovništva kroz poljoprivrednu proizvodnju i stočarstvo. Sve to doprinosi šumskim požarima. WUI - Urban Interface (WUI) označava područje dodira ili preklapanja naseljenih (urbanih) prostora i prirodnog okruženja, ponajprije šuma, makije, raslinja i otvorenog

---

Izv. prof. dr. sc. Roman Rosavec, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvine tehnologije, Zavod za ekologiju i uzgajanje šuma, Svetošimunska 23, 10 000 Zagreb, HR, rrosavec@sumfak.unizg.hr

Lovro Pavlenić, Mihovila Pavleka Miškine 12a, 44 000 Sisak, lovro.pavlenic@gmail.com

Prof. dr. sc. Damir Barčić, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvine tehnologije, Zavod za ekologiju i uzgajanje šuma, Svetošimunska 23, 10 000 Zagreb, HR, dbarcic@sumfak.unizg.hr

Ante Ivanović, mag. ing., Sveučilište u Splitu, Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, Zavod za elektroniku i računarstvo, Ruđera Boškovića 32, 21 000 Split, HR, Ante.Ivanovic@fesb.hr

prostora, gdje postoji povećan rizik od požara raslinja koji ugrožavaju ljude, objekte i infrastrukturu. WUI Požar predstavlja požar koji se događa na područjima gdje se šume, pašnjaci i drugi prirodni krajolici susreću s naseljima, kućama i drugom izgrađenom infrastrukturom. Ovi požari stvaraju značajan rizik jer mogu brzo širiti iz prirodnog okoliša na naseljena područja, uzrokujući veliku materijalnu štetu i ugrožavajući živote. WUI požari javljaju se i u Republici Hrvatskoj. Sustav WUI požara je vrlo složen, gdje su kuće i druge građevine izgrađene unutar ili blizu vegetacije. Ranjivost i posljedice WUI požara su izrazito velike s katastrofalnim posljedicama. To nije samo zbog visoke opasnosti od paljenja, već i zbog koncentracije ranjivih populacija, antropogenih elemenata, uključujući kuće, infrastrukturu i ekosustave. Svima treba biti jasna činjenica da će se šumski požari i dalje u budućnosti događati, s obzirom da su oni prirodna pojava. Stoga, sve aktivnosti treba usmjeriti smanjenju opožarene površine po jednom nastalom požaru. Takvim pristupom ublažile bi se posljedice i učinak koji sada klimatske promjene imaju na šumske požare, a povećao bi se trend zaštite.

**Ključne riječi:** šumski požari, klimatske promjene, WUI

## Summary

*Climate change is a key factor resulting in the increasing frequency of forest fires, especially under extreme conditions. They cause enormous damage by destroying entire biological systems and disrupting the state of the landscape. In addition, damage to residential and commercial buildings and to utility infrastructure is becoming increasingly common, and forest fires often result in loss of human lives. Forest fires dramatically alter the composition of the atmosphere, especially in terms of the concentration of carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), and methane (CH<sub>4</sub>). Forest fires exacerbate climate change due to increased drought, high air temperatures, low relative humidity, and strong winds, resulting in warmer, drier and longer fire seasons. Climatic conditions further encourage the abandonment of rural areas and the migration of the population to urban areas. Under the influence of climate change (especially the dry periods), unfavourable conditions are created for the previous activities of the rural population through agricultural production and livestock breeding. All of this contributes to the occurrence of forest fires. WUI fires also occur in Republic of Croatia. The WUI fire system is very complex, with houses and other buildings built within or near vegetation. The vulnerability and consequences of WUI fires are extremely high, with catastrophic consequences. This*

*is due not only to the high risk of ignition, but also to the concentration of vulnerable populations, anthropogenic elements, including houses, infrastructure, and ecosystems. The fact that forest fires will continue to occur in the future should be clear to everyone, given that they are a natural phenomenon. Therefore, all activities should be aimed at reducing the burned area after each fire. Such an approach would mitigate the consequences and the effect that climate change is now having on forest fires, and the trend of protection would increase.*

**Keywords:** forest fires, climate change, WUI

## UVOD

### *Introduction*

Šumski požari prirodna su pojava koja za svoj nastanak i razvoj treba dostupno šumsko gorivo, kisik i povoljne klimatske uvjete. Najznačajnije promjene vezane su za klimatske uvjete. Oni postaju sve povoljniji za nastanak i širenje šumskih požara. U tom pogledu posebno su značajne promjene klime što predstavlja jedan od najvećih izazova današnjice. Djelovanje klimatskih promjena na prirodni ekosustav najviše se očituje povećanjem temperature zraka, smanjenjem dostupnost vode i djelovanjem na bioraznolikost. Klimatska kriza očituje se u ekstremnom povećanju globalne temperature i pojavi toplinskih valova. Javlja se mogućnost da će uskoro doći i do promjena geografske rasprostranjenosti klimatskih zona, što će rezultirati promjenom rasprostranjenosti mnogih biljnih i životinjskih vrsta. Mnoga staništa će biti pod pritiskom, a neka i trajno izgubljena. Doći će do promjena u ponašanju te u životnom ciklusu životinjskih i biljnih vrsta. Očigledno, destruktivni utjecaj klimatskih promjena očituje se u svim segmentima današnjice. Klimatske promjene ključni su čimbenik koji rezultira sve češćom pojavom šumskih požara, posebno u ekstremnim okolnostima (Crockett i Westerling 2018). Oni čine ogromne štete potpunim uništavanjem bioloških sustava i narušavaju stanje krajobraza. Pored toga, sve su učestalije štete na stambenim i gospodarskim objektima, komunalnoj infrastrukturi, a nerijetko šumski požari za posljedicu imaju i gubitke ljudskih života. Šumski požari označeni su kao glavna razorna sila u gotovo svim zonama šumske vegetacije diljem svijeta (Sutherland i dr. 2005). U prošlosti je djelovanje šumskih požara bilo u većini slučajeva vezano za mediteransko, odnosno priobalno i otočno područje naše zemlje, a danas su požari sve učestaliji i u kontinentalnom dijelu Hrvatske. Mediteransko područje definirano je kao

kritično žarište klimatskih promjena (Giorgi, 2006). Nakon šumskog požara ostaju opustošeni tereni koji su tada skloni negativnom djelovanju vjetra i oborina (vode) pa se često javljaju erozijski procesi koje je teško zaustaviti i opožarene terene sukcesivnim aktivnostima teško je obnoviti. Do sada su se biljke uspjele prilagoditi ekstremnim klimatskim uvjetima na različite načine. U današnje vrijeme naglih promjena, vegetacija se više ne uspijeva prilagoditi brzini klimatskih promjena te su iz tog razloga štetne posljedice izrazito velike i često puta nepovratne. Unatoč tome što skoro sve mediteranske zemlje ulažu znatan trud u poboljšanje i unapređivanje tehnika zaštite od požara, te ulažu znatna financijska sredstva u programe edukacije, promjene na bolje se još nisu dogodile; broj požara i njihova destruktivnost iz godine u godinu se povećava, nestaju ogromni kompleksi šuma, mijenja se izgled okoliša, pogoršava se kvaliteta šumskog tla, dolazi do poremećaja ekološke ravnoteže, a štete gospodarstvu u većini slučajeva su ogromne.

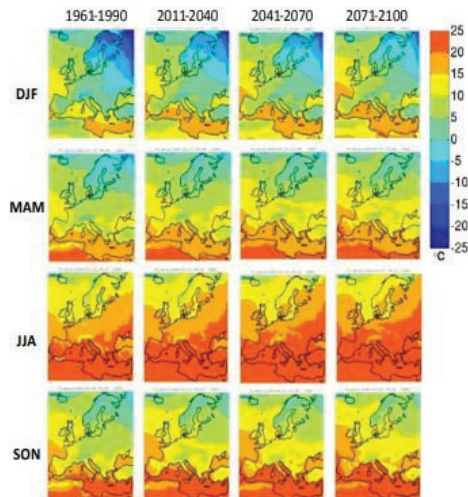
## MEĐUSOBNO DJELOVANJE KLIMATSKIH PROMJENA I ŠUMSKIH POŽARA –

### *Interaction between climate change and forest fires*

Šumski požari ne dovode samo do gubitka raznolikosti, erozije tla, ekonomsko-gospodarskih posljedica i prijetnji ljudskim životima, već i do ogromnih emisija stakleničkih plinova u atmosferu (Chiriaco, 2013). Kada biomasa izgara, staklenički plinovi i čestice emitiraju se izravno u atmosferu (Menon, 2002; Ramanathan, 2008). Ove emisije imaju dubok utjecaj na našu klimu, utječući na atmosfersku situaciju, biokemijske cikluse i ukupnu klimatsku dinamiku. Plinovi i aerosoli koji se oslobađaju tijekom izgaranja biomase igraju ključnu ulogu u oblikovanju klimatskog sustava našeg planeta, doprinose promjenama temperature, obrascima oborina i drugim čimbenicima okoliša. Stoga je razumijevanje oslobađanja tih tvari iz izgaranja biomase ključno za razumijevanje i rješavanje klimatskih promjena i njihovih povezanih utjecaja (Alves, 2010). Šumskim požarom oslobađa se ugljik koji je pohranjen u deblima, granama i lišću drveća, kao i ugljik pohranjen ispod zemlje u tlu. Emisije ugljika temeljni su uzrok klimatskih promjena (Zheng, 2019). Međusobne korelacije između klimatskih promjena i rizika od emisija ugljika potvrdili su autori u svojim istraživanjima (Khan, 2022). Procjena je da su požari 2023. godine oslobodili 6 687 megatona ugljikova dioksida na globalnoj

razini (Rosavec, 2025). Kako šumski požari postaju sve veći i učestaliji, emitiraju više ugljika, dodatno pogoršavaju klimatske promjene i doprinose većem broju požara kao dio povratne veze između požara i klime. Veliki problem predstavlja činjenica da se pri izgaranju plinovi, koji su lakši od okolnog zraka, dižu ravno u atmosferu gotovo okomito. Pri takvom izgaranju mogu nastati i jedni od najotrovnijih spojeva, furani i dioksini. Najštetniji su ugljikov dioksid ( $\text{CO}_2$ ) uz metan ( $\text{CH}_4$ ), freoni i sumporov dioksid ( $\text{SO}_2$ ) koji dovede do povećanja emisija stakleničkih plinova. Da su staklenički plinovi potvrđeni kao primarni uzrok klimatskih promjena, u svojim istraživanjima potvrdili su mnogi autori (Eskander i Fankhauser, 2020; Jiang i dr. 2020).

Šumski požari dramatično mijenjaju sastav atmosfere, posebno u smislu koncentracije ugljikova monoksida (CO) i ugljikova dioksida ( $\text{CO}_2$ ), kao i metana ( $\text{CH}_4$ ). Ugljikov monoksid (CO) plin je bez boje i mirisa koji nastaje nepotpunim izgaranjem organske tvari, poput vegetacije, tijekom šumskih požara. Ugljikov dioksid ( $\text{CO}_2$ ) plin je koji je povezan s klimatskim promjenama i globalnim zagrijavanjem. Zbog konstantnog povećanja koncentracije ugljikova dioksida u atmosferi od početka industrijske revolucije prosječna temperatura na zemlji porasla je za  $0.63\text{ }^\circ\text{C}$ . Posljedice klimatskih promjena toliko su razorne i zastrašujuće da se kao nužnost nameće smanjenje ispuštanja  $\text{CO}_2$  za 70 % do 2050. godine (Flannery, 2007). Nadalje, još jedan staklenički plin koji se emitira tijekom šumskih požara je metan ( $\text{CH}_4$ ). Metan koji se ispušta u atmosferu pogoršava atmosfersko zagrijavanje i, posljedično, klimatske promjene. Procjenjuje se da se od 1900. do 2005. godine temperatura na Zemlji povećala u prosjeku između  $0.4$  i  $0.8\text{ }^\circ\text{C}$ . Dvadeset i dvije najtoplije godine do sad zabilježene dogodile su se u intervalu od 1980. do 2005., a 2005. je bila među najtoplijim godinama do sad zabilježenim. Procjenjuje se da će globalno povećanje prosječne temperature na Zemlji do 2100. godine biti između  $1.4\text{ }^\circ\text{C}$  i  $5.8\text{ }^\circ\text{C}$  ako ispuštanje stakleničkih plinova nastavi rasti dosadašnjim tempom (globalno zagrijavanje). Prema najnovijim podacima koje je objavio Međuvladin panel o klimatskim promjenama, procjenjuje se da će se godišnje temperature u Europi povećati između  $2$  i  $7\text{ }^\circ\text{C}$ . U mediteranskoj regiji gdje se ubraja i Republika Hrvatska doći će do zagrijavanja od  $5$  do  $7\text{ }^\circ\text{C}$  tijekom ljetnih razdoblja. Istim porastom temperature od  $5$  do  $7\text{ }^\circ\text{C}$  susret će se i sjeverna regija Europe, pri čemu će se zatopljenje osjetiti i iščitati u zimskim razdobljima (slika 1.).



Slika 1. Srednje sezonske temperature u razdoblju 2011.–2040., 2041.–2070., 2071.–2100. i za usporedbu srednje temperature iz razdoblja 1961.-1990. DJF=Dec-Feb, MAM=March-May, JJA=June-Aug, SON=Sep-Nov; Izvor: <http://www.smhi.se/sgn0106/if/rc/RC.htm>

*Figure 1. Mean seasonal temperatures for the periods 2011–2040, 2041–2070, 2071–2100 and, for comparison, the mean temperature for the period 1961–1990. DJF=Dec-Feb, MAM=March-May, JJA=June-Aug, SON=Sep-Nov;*

Prema Projekciji klime u Republici Hrvatskoj za 2040. godinu s pogledom na 2070. godinu objavljenoj u Strategiji prilagodbe klimatskim promjenama u Hrvatskoj za razdoblje do 2040. godine s pogledom na 2070. godinu, u Hrvatskoj se očekuje, dodatno smanjenje vlažnosti tla i oborina uz povećanje sušnih razdoblja. Uz to, očekuje se porast minimalne, srednje i maksimalne temperature, povećanje evapotranspiracije te sunčevog zračenja uz standardne natelete vjetrova što znači i povećanje rizika od šumskih požara.

Šumski požari pogoršavaju klimatske promjene zbog povećane suše, visokih temperatura zraka, niske relativne vlažnosti i jakih vjetrova, što rezultira toplijim, sušnijim i dužim sezonama požara.

## UTJECAJ ČOVJEKA NA KLIMATSKE PROMJENE I ŠUMSKE POŽARE –

### *Human impact on climate change and forest fires*

Ljudski utjecaj na klimu danas višestruko nadmašuje sve ostale prirodne faktore stoga se za ljudske aktivnosti može reći da su glavni uzročnik aktualnih klimatskih promjena.

Djelovanje čovjeka očituje se razvitkom industrije i korištenjem fosilnih goriva, zagađenjem okoliša, ali i gospodarsko-turističkim aktivnostima. Tim turističkim aktivnostima osobito je opterećeno područje Mediterana, a u Hrvatskoj je to priobalno područje i otoci. Tijekom ljetnih mjeseci prisutnost turista (tuzemnih i inozemnih) koji rado i često posjećuju šumske komplekse povećava rizik od nastanka i širenja šumskih požara (Rosavec i dr. 2012; Posavec i dr. 2023). Svaki od tih segmenata daje pozitivan pomak u promjeni klimatskih uvjeta, čime se stvaraju povoljni uvjeti za šumske požare. Nadalje, šumski resursi su pod neprestanim pritiskom ljudskih aktivnosti. U posljednjem desetljeću, područje Dalmatinske zagore suočeno je s vrlo važnim socioekonomskim modifikacijama i teškoćama zbog ozbiljnih krajobraznih promjena (Maršić, 2007). Deforestacija, odnosno sustavna sječa šuma nastavlja se neodrživim tempom. Na tržište se godišnje plasira preko 4 milijarde kubika drvene mase. Veliki problem pri tome prekomjerna je sječa privatnih šuma. Na površinama privatnih posjednika često se izvode gole sječe te se na tako posiječe sav drveni materijal. Projekcije pokazuju da bi globalna potražnja za oblim drvetom (trupcima) mogla porasti za 49 % između 2020. i 2050. godine. Takvim aktivnostima stvaraju se pozitivni čimbenici za šumske požare. Nedavno ažurirani podatci govore da se za razdoblje od 2001. do 2023. godine površina zahvaćena požarima, odnosno opožarena površina povećala za oko 5,4 % godišnje. Sada se zbog posljedica šumskih požara gubi gotovo 6 milijuna hektara više godišnje nego 2001. godine. Dok su šumski požari činili oko 20 % ukupnog gubitka drveća 2001. godine, oni sada čine otprilike 33 %. Ovaj porast štetnih posljedica šumskih požara izrazito je vidljiv posljednjih godina. Pored toga, razvoj ljudskog društva dovodi do gotovo opustjelih sela, poljoprivredne površine se ne obrađuju, događa se obrastanje gustog raslinja, stočarstvo je zapostavljeno, a pašnjaci započinju obrastati drvenastim vrstama. Takve situacije su sve prisutnije u Zagori, Lici, ali i na otocima. Tako se stvara sve veća količina potencijalnog šumskog goriva koje pogoduje nastanku i širenju požara. Klimatske prilike još dodatno potiču napuštanje ruralnih područja i odlazak stanovništva u gradske sredine. Pod utjecajem klimatskih promjena (posebice sušnih razdoblja) stvaraju se nepovoljni uvjeti na dosadašnje aktivnosti seoskog stanovništva koja je ponajprije uključivala poljoprivrednu proizvodnju i stočarstvo. Sve to doprinosi šumskim požarima.

## UČESTALOST POJAVE VELIKIH (MEGA) POŽARA – *Frequency of the occurrence of large (mega) fires*

Povoljni klimatski uvjeti za nastajanje i širenje šumskih požara, vegetacija prikladna za zapaljenje i gorenje sa relativno malim sadržajem vlage i povećanom količinom terpena i smola, te sve brojnija ljudska naselja isprepletana u različitim vegetacijskim zonama, kao i sve veća prisutnost stranih, unesenih vrsta sklonih zapaljenju preduvjet su za nastanak velikih požara (WUI). Ukrasna vegetacija po gradskim naseljima predstavlja novu vrstu WUI goriva. Ova vrsta vegetacije razlikuje se od divlje vegetacije po svojoj heterogenoj strukturi sastavljenoj od izoliranih biljaka i skupina biljaka, koje se ponekad poredaju, čime se osigurava horizontalni kontinuitet potencijalne gorive tvari. Uslijed klimatskih promjena i demografske ekspanzije koncentrirane na malom prostoru sve se više pozornosti posvećuje WUI požarima. Ta se područja često smatraju jednim od glavnih pokretača rizika od požara (Syphard i dr. 2009; Moreira i dr. 2020), jer je rizik za ljudske živote i imovinu, a time i ulog koji treba braniti, najveći (Bar Massada i dr. 2009). Dramatičan razvoj glavna je odlika takvih požara. Oni se šire velikom brzinom, imaju izrazito visoke plamene jezike i ogromni intenzitet, što im omogućuje da u vrlo kratkom vremenu zahvate i unište razmjerno velike površine i učine nepovratnu štetu (slika 2.)



Slika 2. Štete od šumskih požara (foto: D. Bušljeta)

Figure 2. Damage from forest fires (foto: D. Bušljeta)

Predviđa se da će klimatske promjene i promjene u korištenju zemljišta učiniti šumske požare češćim i intenzivnijim, uz globalno povećanje ekstremnih požara do 14 % do 2030., 30 % do kraja 2050. i 50 % do kraja stoljeća, prema novom izvješću Programa UN-a za okoliš. Razumijevanje detaljnih fizičkih i društvenih konteksta koji su vezani za

požare i žrtve WUI požara ključno je u smislu osiguravanja učinkovite prakse upravljanja u takvim situacijama. Istraživanja u dužem razdoblju požarnih slučajeva sa smrtnim posljedicama osiguravanju mijenjanje trendova u ranjivostima i izloženosti (Haynes i dr. 2010; Molina-Terren i dr. 2019). U posljednjim desetljećima razorni WUI požari rezultirali su brojnim gubitcima ljudskih života i imovine te su imali dramatične socioekonomske utjecaje. Posljednjih godina dogodilo se niz katastrofalnih WUI požara koji su doveli do velikog broja smrtnih slučajeva. Upravo se šumski požari sa smrtnim posljedicama smatraju najštetnijim (Matković i dr. 2024). U razdoblju od 1998. do 2008. godine u požarima ili od njihovih posljedica u Republici Hrvatskoj smrtno je stradalo 428 osoba (Mamut, 2011). U Portugalu je u šumskim požarima 2017. godine bilo 66 smrtno stradalih osoba u Pedrogau Grande (Viegas, 2017) i 51 smrtno stradala osoba u središnjoj regiji Portugala (Viegas, 2019). Šumski požar u Grčkoj 2018. je bio sa 102 smrtna slučaja (Xanthopoulos i Athanasiou, 2019). Nikako se ne mogu izostaviti požar na Kornatima 2007. godine, kao i požar u Los Angelesu. Osim njih postoje brojni požari na području cijele Amerike i Australije. U Europi je nedavna analiza šumskih požara i WUI požara pokazala da je došlo do povećanja sa smrtnim posljedicama. Istraživanja u Grčkoj utvrdila su da su oko 75 % smrtno stradalih u šumskim požarima i WUI požarima bili civili. U tim istraživanjima bio je visoki udio muškaraca. Razlog tome jest kasna evakuacija, bilo pješice ili u vozilu te stradavanja tijekom samog gašenja požara (Diakakis, 2016).

WUI požari javljaju se i u našoj državi. Najugroženije je šire priobalno područje i otoci (slika 3.) Razlog tome leži u povoljnim klimatskim uvjetima te vegetacijskoj strukturi koja je lako zapaljiva. Sušna razdoblja su sve češća, a time i požarna opasnost od WUI sve veća. U prilog povećanoj ugroženosti ide i problem turističke prenapučenosti uz nepoznavanje požarne opasnosti. Utjecaj klimatskih promjena jasno je vidljiv u pogledu učestalosti požara u priobalnom i otočnom području (veliki požari na području Makarske, Splita, Šibenika-Vodica, Pelješca, Brača i dr.). Međutim, pod utjecajem klimatskih promjena sve su češći požari i u unutrašnjosti, gdje je od požara najugroženiji istočni dio države (česti požari u parku prirode Kopački rit).



Slika 3. Šumski požar u nacionalnom parku Paklenica 2007. godine (foto: D. Bušljeta)

*Figure 3. Forest fires in the Paklenica national park, 2007 (photo: D. Bušljeta)*

Sustav WUI požara vrlo je složen, gdje su kuće i druge građevine izgrađene unutar ili blizu vegetacije. U kontekstu rizika od požara, tim se pojmom najčešće koristi za identifikaciju naselja koja su potencijalno u opasnosti (Mell i dr. 2010; Caton i dr. 2016). Mogu se razlikovati različite vrste WUI-ja, kao što su područja ispreplitanja, gdje su prirodna šumska vegetacija, ukrasna vegetacija i ljudska infrastruktura odvojene linijom, te područja miješanja gdje su vegetacija i ljudske građevine potpuno zamršene (Radeloff i dr. 2005). Definicija WUI-ja može se razlikovati od zemlje do zemlje (Johnston i dr. 2020), ali općenito uključuje tri varijable: građevine, vegetaciju i tampon udaljenost. Problem WUI požara izrazito je kompleksan jer je okarakteriziran međudjelovanjem višestrukih pojava raznolike prirode koje se javljaju na različite načine i u različitim dimenzijama, odnosno različitim skalama promatranja: krajobrazno biološka skala te skala naselja i objekata (stanova i kuća). Krajobrazno biološku skalu karakterizira biološka i krajobrazna raznolikost, odnosno cjelokupan biljni i životinjskih svijet na određenom tipu staništa. Skala naselja i objekata često je karakterizirana prisutnošću svih vrsta zapaljivih elemenata koji mogu ugroziti glavnu strukturu: ukrasno raslinje, prizemno rašće, ograde, uskladišteni materijal i sirovine, pomoćne zgrade (garaže, skladišta) ili čak susjedne strukture. U slučaju paljenja ovih elemenata, uz uvjet trajanja plamena i dovoljno značajan intenzitet, posljedice mogu imati ozbiljan učinak. S druge strane, bez obzira na građevinske nacрте i prakse, kuće, odnosno objekti zahvaćeni WUI požarima uvijek imaju elemente koji su podložni izloženosti i utjecaju vatre (otvori-prozori, vrata, ostakljeni dijelovi, podovi, verande, strehe i oluci).

Ranjivost i posljedice WUI požara izrazito su velike sa katastrofalnim posljedicama. To je ne samo zbog visoke opasnosti od paljenja, već i zbog koncentracije ranjivih populacija, antropogenih elemenata, uključujući kuće, infrastrukturu i ekosustave. Ranjivost predstavlja potencijalne posljedice pojave opasnosti, uključujući štete i utjecaje na društveni život zajednice. Ovisi o broju i raznolikosti elemenata izloženih opasnosti od požara. U načelu, razmatraju se četiri klase ranjivosti: fizička, društvena, ekonomska i institucionalna. Ranjivost na lokaciji WUI može se odnositi na ranjivost nekih određenih klasa elemenata, obično kuća i njihovih stanovnika, ili na globalniji pojam ranjivosti cijelog područja s više elemenata, uključujući i ljudske i prirodne ranjivosti (Fuchs i Thaler, 2020).

### **PRILAGODBA KLIMATSKIM PROMJENAMA – *Adaptation to climate change***

Šumski požari čine sve veće štete na šumskim resursima. Uvođenje različitih promjena u sustav gospodarenja šumama i šumskim zemljištem moguće je postići održivo upravljanje prirodnim šumskim resursima. Te promjene potrebno je bazirati na institucionalnim, tehnološkim, društvenim, financijskim, ali i političkim okvirima i platformama. Najveći pomak može se očekivati uvođenjem prilagođenih IT tehnologija kojim bi se formirale različite baze podataka o šumskim resursima. Taj oblik pristupa trebale bi pratiti i jasnije politike i stavovi. Svakako financijska podrška tu ne bi smjela izostati kako bi se potaknuo održivi razvoj i zaštita šuma i šumskih zemljišta. Stoga je potrebno prepoznati ulogu i značaj klimatskih promjena i njihov utjecaj na šumske požare. Poznavanje ponašanja šumskih požara u određenim vremenskim uvjetima na specifičnim reljefnim terenima uz prisutnost određenih vegetacijskih tipova jedan je od osnovnih uvjeta mogućeg nadzora nad šumskim požarima. Tome treba pridodati i poznavanje temeljnih obilježja potencijalnog šumskog goriva, odnosno vegetacije. Ta obilježja su zapaljivost, gorivost i sadržaj vlage šumskog goriva. Sve to osigurava integralni pristup upravljanju šumskim požarima. Svoj doprinos može dati podržavanje i integracija autohtonih, tradicionalnih i suvremenih praksi u borbi sa vatrenom stihijom, dok ulaganja u vatrogasnu operativu zasigurno će povećati kvalitetu rada i sigurnost vatrogasaca.

Prema FAO, pet je poticajnih vrsta aktivnosti koje mogu potaknuti odgovorne i prihvatljive inovacije koje optimiziraju šumska rješenja za globalne izazove:

- (1) podizanje svijesti o važnosti inovacija i stvaranje kulture koja potiče inovacije za postizanje pozitivnih promjena;
- (2) unapređenje vještina, sposobnosti i znanja kako bi se osiguralo da dionici u šumarskom sektoru imaju kapacitet za upravljanje stvaranjem i usvajanjem inovacija;
- (3) poticanje transformativnih partnerstava za smanjenje rizika u inovacijama šumarskog sektora, pružanje mogućnosti za prijenos znanja i tehnologije te izgradnju odgovarajućih zaštitnih mjera;
- (4) osiguranje većih i univerzalno dostupnih financijskih resursa za poticanje inovacija u šumarskom sektoru;
- (5) osiguranje političkog okruženja koje potiče inovacije u šumarskom sektoru.

Civilno društvo i društvene zajednice uključujući vodeće politike država u većini slučajeva nisu pripremljene na novonastale uvjete kao i promjene u pogledu WUI požara. Iako se klimatske promjene dešavaju relativno polako u realnom vremenu, posljedice tih promjena u vidu šumskih požara su izrazito štetne i razorne. Stoga, WUI i šumski požari predstavljaju velike izazove u upravljanju sustavom civilne zaštite i gašenja požara. Samozaštita je stoga postala sve veća potreba u vidu edukacije, seminara, predavanja i izobrazbe ne samo vatrogasne operative, već i civilnog stanovništva. Fokus će se morati staviti na društvene zajednice koje će morati naučiti egzistirati sa šumskim požarima.

Smanjenje vjerojatnosti te utjecaja na šumske požare i WUI požare, pri čemu se isključuju indirektan i individualan izbor djelovanja protiv posljedica klimatskih požara, moguće je putem sljedećih pokazatelja:

- Ne poticati gradnju građevina za vlastite potrebe u blizini šuma sklonih požarima;
- Povećati slobodan prostor između građevina i obližnjih stabala;
- Poticati na održavanje vlastitih zelenih površina, a posebice poticati na košnju trave;
- Koristiti materijale otporne na vatru pri izgradnji objekata;
- Ukloniti goriva (primjerice mrtva stabala) iz šuma;
- Izraditi planove oporavka nakon požara i brže ih provoditi.

Osiguranje kvalitetnog pristupa nastalim i budućim klimatskim promjenama mora se očitovati u jasnim planovima i strategijama kojima se moderno vatrogastvo treba prilagoditi sveukupnim izazovima što ih donose klimatske promje-

ne i razvoj ljudskog društva. Vatrogasnoj operativi odavno je poznata mogućnost korištenja tzv. kontroliranih požara koji su pod kontrolom vatrogasnog sustava. Takvi požari se provode tijekom hladnijih mjeseci s ciljem da bude manje potencijalnog šumskog goriva koje bi se moglo zapaliti tijekom ljetnih mjeseci i prouzročiti velike šumske požare. No, primjena ovog modela ima i određene limitirajuće elemente. Prije svega to su golema financijska sredstva koja su potrebna za provedbu ovakvih aktivnosti, a također, prijeti i potencijalna opasnost da kontrolirani požar izmakne kontroli i preraste u nekontrolirani požar čime prijeti razvoj požara za potencijalnim razornim i katastrofalnim posljedicama. U borbi protiv vatrene stihije i šumskih požara, naročito u nepristupačnim terenima, može pomoći i visokorazvijena tehnologija. Sateliti već odavno služe kao sredstvo pomoći vatrogasnoj operativi u cilju praćenja smjera kojim se veliki požari šire. No, u posljednje vrijeme u tu svrhu se sve više koristi dronovima. Oni se mogu rabiti i za nadzor pošumljenih površina, kao i za vrlo brzo otkrivanje i detekciju požara. Problem pri korištenju dronova može biti internetska veza koja katkad nije dostupna. Još jedan način sprječavanja šumskih požara u budućnosti je sadnja odgovarajućih vrsta drveća i grmlja. Prednost svakako treba dati domaćoj, autohtonoj vegetaciji, iako postoji i mogućnost sadnje onih koje su više udomaćene u toplijim krajevima i više ili manje su naviknute na više temperature. Tijekom posljednjih godina značajan broj propisa, preporuka i zakonskih okvira za ublažavanje opasnosti od šumskih požara je na snazi u zemljama koje su sklone i izložene nastanku i širenju šumskih požara. Takvi propisi trebaju se neprestano nadograđivati novim znanstvenim spoznajama iz predmetne problematike, ali i realnim događajima pri vatrogasnim intervencijama. Ti akti definirani su na europskoj, državnoj, regionalnoj i lokalnoj razini. Iako su neki od njih vrlo dobro definirani i razrađeni, analiza ranjivosti pokazuje da su potrebe nadopune i izmjene. To se ponajprije odnosi na jednostavne modele koji su postali nedovoljni za rješavanje novonastalih posebnih problema u borbi protiv šumskih požara. U Hrvatskoj ima prostora za poboljšanje propagandno-edukativnih aktivnosti u polju podizanja svijesti civilnog društva u pogledu opasnosti koje prijete od šumskih požara. Također, zakonski akti iz područja vatrogastva moraju biti nadograđivani, ali i usklađeni sa ostalim zakonskim aktima koji su uzročno posljedično povezani sa problematikom šumskih požara i klimatskih promjena.

Današnje aktivnosti odnose se na postavljanje reklamnih plakata na vidljivim mjestima cestovnog, pomorskog

i željezničkog prometa u vrijeme požarne sezone duž priobalja i na otocima. Učestala su oglašavanja putem radijskih i televizijskih medija te mrežnih platforma. Tijekom 2025. godine je s pomoću sustava e-visitor provedena akcija osvještavanja opasnosti od požara za turiste kao ciljane skupine, edukacijom i osvještavanjem posjetitelja prisutno je djelovanje Muzeja hrvatskog vatrogastva koji djeluje u sklopu Hrvatske vatrogasne zajednice. Upoznavanje s požarima najmlađeg uzrasta provodi se promotivnim i promidžbenim letcima, bojkankama za najmlađe, rasporedom sati za školski uzrast te edukativnom brošurou: „Vatrogasci: Što? Kako? Zašto?“. Veću pozornost navedenoj propagandi treba dati i u kontinentalnom dijelu naše zemlje. Hrvatska vatrogasna zajednica kao krovna organizacija, u suradnji s regionalnim i lokanim strukturama provodi određene aktivnosti. No, sigurno je moguće sustavnije pristupiti ovoj problematici kroz ciljane radionice kako u područjima (županijama i gradovima) koja su izrazito ugrožena od šumskih požara (priobalno i otočno područje), tako i u ostalim predjelima (kontinentalni dio) gdje su se požari počeli i sve češće će se događati.

Na nivou državne strategije i politike bilo bi dobro edukativne aktivnosti po pitanju problematike šumskih požara implementirati u odgojno obrazovni sustav, neovisno radi li se o vrtiću, osnovnoškolskom ili srednjoškolskom obrazovanju. Time bi se potaknula i razvijala svijest o problematici šumskih požara i štetnosti posljedica koje oni nose na biološko-krajobraznu raznolikost, materijalne vrijednosti i ljudske živote.

## ZAKLJUČAK

### *Conclusion*

Klimatske promjene neizbježno su prisutne u današnjoj svakodnevnicu, što jasno govori da će se one i dalje događati. Samim time, događat će se i promjene u požarnom režimu te će se morati mijenjati pristup protupožarnoj problematici. Sve je više različitih utjecaja koji pozitivno djeluju na klimatske promjene, što je dodatni problem u borbi protiv nastanka i širenja šumskih požara. Velike, često puta nepovratne štete i posljedice ti požari ostavljaju na vegetaciju, uništavajući cjelokupnu biološku i krajobraznu raznolikost određenog područja. No, pojavom WUI požara ostaju posljedice i na društveno gospodarskim strukturama i objektima, a često i s ljudskim resursima. Taj oblik požara sve je učestaliji, razorniji i dugotrajniji u svijetu, europskom bazenu te nadasve u Mediteranu, pa tako i u našoj državi. Takvo stanje je neodrživo u budućnosti s obzirom da se poprimaju katastrofalni razmjeri i posljedice. Zaustavljanje takvog trenda moguće je jedino

uključivanjem dionika društva u svim granama i sferama svakodnevnog života jačenjem svijesti civilnog društva, zatim doprinosom znanstveno istraživačke zajednice potpomognute vatrogasnom operativom, ali i političkom odlučnošću državne vlasti. Svima treba biti jasna činjenica da će se šumski požari i dalje u budućnosti dešavati, s obzirom da su oni prirodna pojava. Stoga, sve aktivnosti treba usmjeriti smanjenju opožarene površine po jednom nastalom požaru. Takvim pristupom ublažile bi se posljedice i učinak koji sada klimatske promjene imaju na šumske požare, a povećao bi se trend zaštite biološko-krajobrazne raznolikosti i životnih čimbenika civilnog društva (infrastruktura, objekti, imovina, ljudski životi) u budućim vremenima novih izazova koje nose klimatske promjene.

*Izjava o sukobu interesa:*

*Autori Roman Rosavec i Damir Barčić članovi su uredničkog odbora časopisa Vatrogastvo i upravljanje požarima. Tijekom zaprimanja rukopisa, procesa recenzije i pripreme rada za tisak nisu sudjelovali u donošenju uredničkih odluka, niti su imali pristup sustavu za obradu rukopisa.*

## LITERATURA

### References

1. Alves, C.A., Goncalves, C., Pio, C.A., Mirante, F., Caseiro, A., Tarelho, L., Freitas, M.C., Viegas, D.X. 2010: Smoke Emissions from Biomass Burning in a Mediterranean Shrubland. *Atmos. Environ.* 44, 3024–3033.
2. Bar Massada, A., Radeloff, V.C., Stewart, S.I., Hawbaker, T.J. 2009: Wildfire risk in the wildland–urban interface: a simulation study in northwestern Wisconsin. *Forest Ecol. Manage.* 258, 1990–1999.
3. Caton, S.E., Hakes, R.S.P., Gorham, D.J., Zhou, A., Gollner, M.J. 2016: Review of pathways for building fire spread in the wildland urban interface part exposure conditions. *Fire Technol.* 53 (2), 429–473.
4. Chiriaco, M.V., Perugini, L., Cimini, D., D’Amato, E., Valentini, R., Bovio, G., Corona, P., Barbati, A. 2013: Comparison of Approaches for Reporting Forest Fire-Related Biomass Loss and Greenhouse Gas Emissions in Southern Europe. *Int. J. Wildland Fire.* 22, 730.
5. Crockett, J. i Westerling, A. 2018: Greater Temperature and Precipitation Extremes Intensify Western, U.S. Droughts, Wildfire Severity, and Sierra Nevada Tree Mortality. *J. Clim.* 31, 341–354.
6. Diakakis, M., Xanthopoulos, G., Gregos, L. 2016: Analysis of forest fire fatalities in Greece: 1977–2013. *Int J Wildland Fire.* 25, 797–809.
7. Eskander, S.M., Fankhauser, S. 2020: Reduction in greenhouse gas emissions from national climate legislation. *Nat. Clim. Chang.* 10, 750–756.

8. Flannery, T. 2007: *Gospodari vremena – povijest i utjecaj klimatskih promjena na budućnost*. Algoritam, Zagreb.
9. Fuchs, S., Thaler, T. 2018: *Vulnerability and Resilience to Natural Hazard*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
10. Giorgi, F. 2006: Climate Change Hot-Spots. *Geophys. Res. Lett.* 33, 101029.
11. Globalno zagrijavanje i efekt staklenika: <http://energis.ba/globalno-zagrijavanje-i-efekatstaklenika/#.WtJFkOjFI2w>
12. Haynes, K., Handmer, J., McAneney, J., Tibbits, A., Coates, L. 2010: Australian bushfire fatalities 1900–2008: exploring trends in relation to the “prepare, stay and defend or leave early” policy. *Environ. Sci. Pol.* 13 (3), 185–194.
13. Jiang, Q., Qi, Z., Xue, L., Bukovsky, M., Madramootoo, C.A., Smith, W. 2020: Assessing climate change impacts on greenhouse gas emissions, N losses in drainage and crop production in a subsurface drained field. *Sci. Total Environ.* 705, 135969.
14. Johnston, L.M., Bianchi, R., Jappiot, M. 2020: Wildland-urban interface, *Encyclopedia of Wildfires and Wildland-Urban Interface (WUI) Fires*. Springer, Cham.
15. Khan, M.K., Trinh, H.H., Khan, I.U., Ullah, S. 2022: Sustainable economic activities, climate change, and carbon risk: An international evidence. *Environ. Dev. Sustain.* 24, 9642–9664.
16. Mamut, M. 2011: Veza prirodnogeografske i sociogeografske osnove Dalmacije s ugroženošću otvorenog prostora požarom. *Šumarski list.* 1-2, 37-50.
17. Maršić, M. 2007: Požar kao čimbenik promjena u mediteranskim šumama, magistarski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 136.
18. Mataković, H., Beljan, K., Posavec, S. 2024: Percepcija uzroka i posljedica šumskih požara u Republici Hrvatskoj. *Šumarski list.* 7-8, 327-340.
19. Mell, W.E., Manzello, S.L., Maranghides, A., Butry, D., Rehm, R.G. 2010: The wildland–urban interface fire problem – current approaches and research needs. *Int. J. Wildland Fire.* 19, 238–251.
20. Menon, S., Hansen, J., Nazarenko, L., Luo, Y. 2002: Climate Effects of Black Carbon Aerosols in China and India. *Science.* 297, 2250–2253.
21. Molina-Terren, D.M., Xanthopoulos, G., Diakakis, M., Ribeiro, L., Caballero, D., Delogu, G.M., Viegas, D.X., Silva, C.A., Cardil, A. 2019: Analysis of forest fire fatalities in Southern Europe: Spain, Portugal, Greece and Sardinia (Italy). *Int J Wildland Fire.* 28 (2), 85.
22. Moreira, F., Ascoli, D., Safford, H., Adams, M.A., Moreno, J.M., Pereira, J.M.C., Catry, F.X., Armesto, J., Bond, W., Gonzalez, M.E., Curt, T., Koutsias, N., McCaw, L., Price, O., Pau-

- sas, J.G., Rigolot, E., Stephens, S., Tavsanoglu, C., Vallejo, V.R., Van Wilgen, B.W., Xanthopoulos, G., Fernandes, P.M. 2020: Wildfire management in Mediterranean-type regions: paradigm change needed, *Environ. Res. Lett.* 15 (1) 011001.
23. Posavec, S., Barčić, D., Vuletić, D., Vučetić, V., Čavlina Tomašević, I., Pezdevšek Malovrh, Š. 2023: Forest Fires, Stakeholders' Activities, and Economic Impact on State-Level Sustainable Forest Management. *Sustainability*, 15 (22), 16080.
  24. Radeloff, V.C., Hammer, R.B., Stewart, S. 2005: Rural and suburban sprawl in the U.S. Midwest from 1940 to 2000 and its relations to forest fragmentation. *Conserv. Biol.* 19 (3), 793–805.
  25. Ramanathan, V., Carmichael, G. 2008: Global and Regional Climate Changes Due to Black Carbon. *Nat. Geosci.* 1, 221–227.
  26. Rosavec, R., Ugarković, D., Barčić, D. 2025: Utjecaj klimatskih promjena na šumske požare. Zbornik radova 19. Stručnog skupa vatrogasaca u Opatiji. Opatija, 65-78.
  27. Rosavec, R., Španjol, Ž., Bakšić, N. 2012: Šumski požari kao ekološki i krajobrazni čimbenik u području Dalmatinske zagore. *Vatrogastvo i upravljanje požarima*, 2 (1), 51-64.
  28. Sutherland, E.R., Make, B.J., Vedal, S., Zhang, L., Dutton, S.J., Murphy, J.R., Silkoff, P.E. 2005: Wildfire Smoke and Respiratory Symptoms in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *J. Allergy Clin. Immunol.* 115, 420–422.
  29. Syphard, A.D., Radeloff, V.C., Hawbaker, T.J., Stewart, S.I. 2009: Conservation threats due to human-caused increases in fire frequency in Mediterranean-climate ecosystems. *Conserv. Biol.* 23, 758–769.
  30. Viegas, D.X., Almeida, M.A., Ribeiro, L.M., Raposo, J., Viegas, M.T., Oliveira, R., Alves, D., Pinto, C., Rodrigues, A., Ribeiro, C., Lopes, S., Jorge, H., Viegas, C.X. 2019: *Análise dos Incendios Florestais Ocorridos a 15 de outubro de 2017*, Centro de Estudos sobre Incendios Florestais (CEIF/ADAI/LAETA).
  31. Viegas, D.X., Almeida, M.F., Ribeiro, L.M., Raposo, J., Viegas, M.T., Oliveira, R., Alves, D., Pinto, C., Jorge, H., Rodrigues, A., Lucas, D., Lopes, S., Silva, L.F. 2017: O complexo de incendios de Pedrogao Grande e concelhos limitrofes, iniciado a 17 de junho de 2017, Centro de Estudos sobre Incendios Florestais (CEIF/ADAI/LAETA).
  32. Xanthopoulos, G., Athanasiou, M. 2019: Attica region Greece, July 2018. *Wildfire*. 28 (2), 18–21.
  33. Zheng, X., Streimikiene, D., Balezentis, T., Mardani, A., Cavallaro, F., Liao, H. A 2019: Review of greenhouse gas emission profiles, dynamics, and climate change mitigation efforts across the key climate change players. *J. Clean. Prod.* 234, 1113–1133.

## Jeste li znali?



Karlovac je u rujnu  
Kugostio Svjetsko  
prvenstvo u spašavanju  
u prometu (World  
Rescue Challenge),  
jedno od najznačajnijih  
međunarodnih  
natjecanja timova hitnih  
službi. Na ovogodišnjem  
izdanju sudjelovala su  
72 spasilačka tima iz

25 zemalja, koji su kroz niz realističnih scenarija prikazali vrhunsku obučenost, tehnike spašavanja i najnovije inovacije u radu na terenu.

Događaj su organizirali Grad Karlovac i Javna vatrogasna postrojba Karlovca, uz pokroviteljstvo Vlade Republike Hrvatske i podršku Hrvatske vatrogasne zajednice. Organizacija je ocijenjena iznimno uspješnom, a tijekom završne svečanosti naglašeno je kako ovo natjecanje predstavlja ključnu platformu za razmjenu znanja, stručno usavršavanje i jačanje međunarodne suradnje među timovima koji svakodnevno spašavaju ljudske živote. *Foto: Cindra*

