

INTELIGENTNI SUSTAVI ZA RANU DETEKCIJU POŽARA U OTVORENIM PROSTORIMA: PRIMJENA SUSTAVA STRIBOR

Butala, Tin

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac
University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:318317>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-22**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied
Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu

Odjel sigurnosti i zaštite

Stručni diplomski studij Sigurnost i zaštita

Tin Butala

**INTELIGENTNI SUSTAVI ZA RANU
DETEKCIJU POŽARA U OTVORENIM
PROSTORIMA: PRIMJENA SUSTAVA
STRIBOR**

DIPLOMSKI RAD

Karlovac, 2024.

Karlovac University of Applied Sciences

Safety and Protection Department

Professional graduate study of Safety and Protection

Tin Butala

**INTELLIGENT SYSTEMS FOR EARLY
DETECTION OF FIRE IN OPEN SPACES:
APPLICATION OF THE STRIBOR SYSTEM**

FINAL PAPER

Karlovac, 2024.

Veleučilište u Karlovcu

Odjel sigurnosti i zaštite

Stručni diplomski studij Sigurnost i zaštita

Tin Butala

**INTELIGENTNI SUSTAVI ZA RANU
DETEKCIJU POŽARA U OTVORENIM
PROSTORIMA: PRIMJENA SUSTAVA
STRIBOR**

DIPLOMSKI RAD

Mentor: Robert Hranilović, dipl. ing.

Karlovac, 2024.



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Stručni prijediplomski/ **stručni diplomski studij**: Sigurnost i zaštita

Usmjerenje: Zaštita od požara

Karlovac, 2024.

ZADATAK DIPLOMSKOG RADA

Student: Tin Butala

Matični broj: 0420422023

Naslov: INTELIGENTNI SUSTAVI ZA RANU DETEKCIJU POŽARA OTVORENIH
PROSTORA

Opis zadatka:

Predmet rada su inteligentni sustavi za rano otkrivanje i detekciju požara otvorenog prostora koji omogućuju automatizirani nadzor uz automatsku pravovremenu detekciju požara otvorenog prostora naprednim postupcima analize podataka. Omogućeno je i ručno upravljanje video nadzorom što je ključno pri intervencijama gašenja požara otvorenog prostora jer zapovjednicima intervencija omogućuje uvid u stanje na terenu te arhiviranje snimki u cilju analize. Cilj rada je ukazati na važnost inteligentnih sustava za ranu detekciju požara otvorenih prostora u svrhu spašavanja života i prirodnih dobara.

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datum obrane:

Svibanj 2024.

Studeni 2024.

Prosinca 2024.

Mentor:

pred. Ispitnog povjerenstva:

Robert Hranilović, dipl. ing

ZAHVALA

Ovom prilikom posebno zahvaljujem svom mentoru Robertu Hraniloviću, dipl. ing., na prenesenom znanju i vrijednim savjetima tijekom izrade ovog rada. Također, zahvaljujem svim profesorima s Odjela sigurnosti i zaštite Veleučilišta u Karlovcu, kao i svojim kolegama, na pruženoj potpori tijekom mog obrazovanja. Posebnu zahvalnost dugujem članovima svoje obitelji i svojoj supruzi, koji su mi uvijek bili najveća podrška onda kada mi je to najviše trebalo.

Hvala Vam!

SAŽETAK

Požari otvorenog prostora predstavljaju ozbiljnu prijetnju eko sustavu, infrastrukturi i ljudskim životima. Posljednjih su desetljeća požari otvorenih prostora u stalnom porastu diljem svijeta i predstavljaju temeljnu ugrozu za kulturna dobra i šumske površine. Osim preventivnih mjera zaštite od požara jedini efikasni način smanjenja štete uslijed požara otvorenog prostora je pravovremeno uočavanje požara, brza reakcija i sprečavanje širenja požara što omogućuje implementacija inteligentnih sustava za ranu detekciju požara u vatrogastvu. Predmet rada su inteligentni sustavi za ranu detekciju požara otvorenih prostora, dok je cilj rada prikazati važnost implementacije inteligentnih sustava za ranu detekciju požara otvorenih prostora i dijelove tog sustava.

Ključne riječi: *eko sustav, ljudski životi, inteligentni sustavi za ranu detekciju požara otvorenih prostora.*

ABSTRACT

Open space fire pose a serious treat to the ecosystem, infrastructure and human lives. In recent decades, fire in open spaces have been constantly increasing all over the world and represent a fundamental treat to cultural assets and forest areas. In addition to preventive fire protection measures, the only effective way to reduce the damage caused by fires in open spaces is timely detection of fires, quick reaction and prevention of fire spread, which is made possible by the implementation of intelligent systems for early fire detection in the fire department. The subject of the work is intelligent systems for the early detection of fires in open spaces, while the aim of the paper is to show the importants of the implementation of intelligent system for the early detection of fires in open spaces and the of that system.

Keywords: *eco system, human lives, intelligent system for early fire detection open spaces.*

SADRŽAJ

ZADATAK DIPLOMSKOG RADA

ZAHVALA

SAŽETAK

| | |
|--|----|
| 1. UVOD | 1 |
| 1.1. Predmet i cilj rada | 2 |
| 1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja..... | 2 |
| 1.3. Sadržaj i struktura rada..... | 2 |
| 2. POJAM I ODREDNICE GORENJA..... | 4 |
| 2.1. Produkti gorenja..... | 5 |
| 2.2. Toplina i temperatura..... | 6 |
| 2.3. Gorenje tvari prema agregatnom stanju..... | 7 |
| 3. OPĆENITO O POŽARIMA..... | 9 |
| 3.1. Klasifikacija požara | 10 |
| 4. POŽARI NA OTVORENOM PROSTORU | 13 |
| 4.1. Pokretački čimbenici za pojavu i razvoj požara na otvorenom prostoru..... | 13 |
| 4.2. Uzroci pojave požara na otvorenom prostoru..... | 16 |
| 4.3. Šumske površine u Republici Hrvatskoj..... | 18 |
| 4.4. Gašenje požara na otvorenom prostoru..... | 23 |
| 4.5. Preventivne mjere u borbi protiv požara na otvorenom prostoru..... | 24 |
| 5. NAPREDNI AUTOMATSKI NADZORNI SUSTAV | 28 |

| | |
|--|----|
| 6. INTELIGENTNI SUSTAVI ZA RANU DETEKCIJU POŽARA | 36 |
| 7. STRIBOR..... | 39 |
| 7.1. Princip funkcioniranja STRIBOR sustava | 40 |
| 7.1.1. Automatski način rada..... | 47 |
| 7.1.2. Ručni način rada | 51 |
| 8. STRIBOR PROPAGATOR..... | 53 |
| 9. ZAKLJUČAK..... | 58 |
| 10. LITERATURA..... | 60 |
| 11. PRILOZI..... | 62 |
| 11.1. Popis slika..... | 62 |
| 11.2. Popis tablica..... | 63 |

1. UVOD

1.1. Predmet i cilj rada

Požari otvorenog prostora predstavljaju ozbiljnu prijetnju eko sustavu, infrastrukturi i ljudskim životima. Prema prognozama do 2030. godine prepolovit će se količina šumskih površina uslijed požara u koje se ubraja i namjerno paljenje šuma [1]. Nužno je proučavati mjere za sprečavanje nastanka i širenja požara otvorenih prostora kao i učinkovite metode gašenja i saniranja nastale štete uslijed požara. Računa se da u svijetu godišnje, uslijed požara, strada oko 70 milijuna hektara površina pod raznom vegetacijom [1]. Također veliki problem predstavljaju nepristupačni tereni uslijed zaostalih minsko eksplozivnih sredstava iz domovinskog rata gdje se taktika gašenja svodi isključivo na zračne snage.

Posljednjih desetljeća požari otvorenih prostora u stalnom su porastu diljem svijeta te se u predjelu Sredozemlja stavljaju na prvo mjesto kao konstantna opasnost za kulturno dobro i šumske površine. Osim preventivnih mjera zaštite od požara jedini efikasni način smanjenja štete koji uzrokuju požari otvorenog prostora je pravovremeno uočavanje požara, brza reakcija i sprečavanje širenja požara što omogućuje implementacija inteligentnih sustava za ranu detekciju požara u vatrogastvu.

Predmet rada su inteligentni sustavi za ranu detekciju požara u otvorenim prostorima na primjeru sustava Stribor čiji je temeljni zadatak da se automatiziranim motrenjem pravovremeno detektira požar otvorenog prostora, dok je ručno upravljanje video nadzorom ključno pri intervencijama gašenja požara otvorenog prostora jer zapovjednicima intervencija omogućuje uvid u stanje na terenu te arhiviranje snimki u cilju analize istih, dok je cilj rada je prikazati koristi u implementaciji inteligentnih sustava za ranu detekciju požara u otvorenim prostorima te dijelove takvog sustava. Rad može poslužiti kao priručnik za sve one koji se bave poslovima vezanim uz djelatnost vatrogastva, a posebice studentima u pisanju stručnih radova iz područja sigurnosti i zaštite na radu.

1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja

U svrhu što kvalitetnijeg istraživanja problematike rada korišteni su različiti izvori podataka, od stručnih knjiga do internet stranica područja sigurnosti i zaštite i vatrogastva. Ovaj rad istražuje, proučava i analizira postojeće, sekundarne podatke. Rad je rezultat stečenog znanja autora rada tijekom obrazovanja na Veleučilištu u Karlovcu, pri Odjelu Sigurnosti i zaštite te izučavanja domaćih i inozemnih stručno-znanstvenih materijala na zadanu tematiku, ali i stečenog radnog iskustva autora rada u djelatnosti profesionalnog vatrogastva. Pri prezentaciji podataka korištene su znanstvene metode analize, klasifikacije, indukcije, dedukcije i deskripcije.

Materijali za izradu rada prikupljeni su tijekom mjesec dana, a autor rada ih je prikupljao u knjižnici Veleučilišta u Karlovcu, Gradskoj knjižnici Ivan Goran Kovačić u Karlovcu, u pravilnicima te zakonima dostupnima na internetu vezanim uz požare i vatrogastvo, a pri izradi rada je korištena i interna dokumentacija Javne vatrogasne postrojbe Karlovac. U svrhu izrade rada proučavani su i magistarski radovi te doktorske disertacije napisani u razdoblju od 2018. do 2023. godine. Diplomski rad je pisan individualiziranim pristupom uz poznavanje osnovne materije te stečeno radno iskustvo autora diplomskog rada u djelatnosti profesionalnog vatrogastva koje je imalo pozitivan učinak na pisanje rada.

1.3. Sadržaj i struktura rada

Diplomski rad tvori devet poglavlja. Prvo je poglavlje uvod raščlanjen na metode i materijale te sadržaj i strukturu rada, dok se drugo poglavlje odnosi na općenite informacije o požarima. Treće se poglavlje odnosi na napredne automatske nadzorne sustave, a četvrto se poglavlje odnosi na inteligentne sustave za ranu detekciju požara. Peto se poglavlje odnosi na Stribor, a šesto na specifičnosti sustava Stribor Propagator. Sedmo je poglavlje zaključak, dok se osmo odnosi na popis stručne literature koji je na raspolaganju svima koji žele proširiti svoja znanja iz područja vatrogastva, točnije rane detekcije požara u otvorenim prostorima na primjeru sustava Stribor. Izabranom te prikazanom koncepcijom diplomskog rada se ne izlazi iz zadanih okvira, a ujedno se

osigurava više prostora za praktičnu primjenu u obrazovanju ili usavršavanju stručnjacima iz područja zaštite na radu te pripadnicima vatrogasnih postrojbi. Deveto poglavlje donosi popis fotografija, shematskih prikaza, tablica te druge korisne sadržaje koji su do sada parcijalno obrađivani u domaćoj te stranoj stručnoj literaturi, a koji su sadržani u ovom diplomskom radu.

2. POJAM I ODREDNICE GORENJA

Vatra predstavlja samostalno gorenje, koje je namjerno postavljeno tako da proizvodi korisne učinke i koje je kontrolirano svojim opsegom u vremenu i prostoru [1]. Gorjeti znači biti podvrgnut izgaranju, dok izgaranje definiramo kao pojavu oslobađanja topline neke tvari s pomoću druge tvari, koja pomaže izgaranje, načelno uz pojavu plamena, žara i dima. Gorenje je fizikalno-kemijski proces za koji su značajna tri popratna elementa, a to su kemijska promjena tvari, oslobađanje topline, oslobađanje svjetla [2]. Da bi došlo do gorenja potrebna su četiri uvjeta, a to su goriva tvar, tvar koja podržava gorivo (oksidans), toplinska energija potrebna za postizanje temperature paljenja i lančano odvijanje kemijskih reakcija (slika 1.)



Sl. 1. Trokut gorenja [1]

Tvari se međusobno razlikuju prema svojim svojstvima, odnosno u izgledu, boji, topljivosti, okusu, prozirnosti, tvrdoći, ponašanju u plamenu i slično. Izvori paljenja mogu biti otvoreni plamen, trenje, vođenje topline, iskra, električni luk i isijavanje [1].

S vatrogasnog stajališta, tvari se dijele u dvije skupine, na gorive i negorive. Gorive tvari su one, koje se pod normalnim uvjetima i na određenoj povišenoj temperaturi zapale i dalje gore. Negorive su tvari one, koje se u normalnim uvjetima neće zapaliti, ni kada su izložene djelovanju povišene temperature [1].

Gorenje se najčešće odvija u atmosferi zraka, pri čemu se, kao oksidans, pojavljuje kisik iz zraka. Kisik je temeljna tvar za gorenje, plin bez boje, okusa i mirisa, ne gori, ali podržava gorenje i najrašireniji je kemijski element u prirodi [2]. U slobodnom stanju nalazi se u sastavu zraka, (21%), a u vezanom stanju kisika ima u vodi (89%) i u raznim spojevima, tzv. oksidima [1]. U zraku se u obujmnim postocima nalazi dušik (78%), kisik (21%), ostali plinovi poput ugljika, vodika i slično (1%) [1].

Proces gorenja može se razvijati u kraćem ili dužem razdoblju. Brzina gorenja ovisi o brzini spajanja gorive tvari s kisikom, odnosno o brzini oksidacije, pa se tako razlikuje tiha oksidacija, burna oksidacija (obično gorenje) i eksplozija. Tiha ili mirna oksidacija je polagano spajanje tvari s kisikom, bez pojave topline i svjetlosti, poput korozije, truljenja i slično, mjereno mjesecima ili godinama [3]. Burna oksidacija ili obično gorenje je proces oksidacije koja se odvija brzo, uz pojavu topline i svjetlosti, koju daje plamen, poput gorenja drveta, plina i slično, mjereno satima ili danima [1].

Eksplozija je vrlo burno spajanje s kisikom, odnosno oksidacija koja se odvija trenutačno uz pojavu bljeska te uz razvijanje velike količine topline, popraćena pojavom zvuka, a mjerena je dijelovima sekunde [3]. Eksplozivne smjese mogu tvoriti gorive tvari u sva tri agregatna stanja, ako su dobro pomiješani sa zrakom, odnosno kisikom. To su zapaljivi plinovi, pare zapaljivih tekućina i zapaljive prašine. Materijali koji mogu eksplodirati su obuhvaćaju krute tvari (eksplozivi i pirotehničke smjese), tekuće tvari (nitroglicerina), pare zapaljivih tekućina i zapaljivih plinova (benzin, alkohol i slično) te prašine nekih krutih tvari (drvo, šećer i slično) [1].

2.1. Produkti oksidacije

Pri oksidaciji tvari stvaraju se novi kemijski spojevi, tzv. produkti oksidacije. Izgaranje je proces oksidacije, a pri izgaranju dolaze kao produkti izgaranja, oksidi. Ugljik, koji je u sastavu svih organskih tvari, stvara dva štetna oksida, a to su ugljikov dioksid (CO_2) i ugljikov monoksid (CO) [2]. Koji će se oksid stvoriti, ovisno je o količini kisika koji sudjeluje u procesu izgaranja. Kod potpunog izgaranja dolazi do potpune oksidacije gorive tvari, a

kao produkt nastaje ugljikov dioksid, dok kod nepotpunog izgaranja dolazi samo do djelomične oksidacije gorive tvari, a kao štetni produkt javlja se ugljikov monoksid [3].

Ugljikov dioksid je plin bez boje i mirisa, kiselkastog okusa, teži od zraka, ne gori. U bocama i vatrogasnim aparatima nalazi se pod tlakom od 56 bara (kod 20°C) u tekućem stanju [1]. Ugljikov dioksid nije otrovan, ali je opasan i zagušljiv plin, pa tako može doći do gušenja prilikom gašenja požara, dok u prirodi ispunjava primjerice spilje, a opasnost od gušenja ovim plinom postoji i kod vrenja mošta u podrumima. U koncentracijama 3-10% pojavljuju se simptomi gušenja od kojih je najčešći simptom brže disanje, a kod koncentracija 25-30% uzrokuje smrt.

Ugljikov monoksid je plin bez boje i mirisa, zapaljiv, eksplozivan te vrlo otrovan [1]. Lako se veže na hemoglobin čime onemogućuje vezivanje kisika na isti. Koncentracija ovog plina do 0,1% u zraku predstavlja opasnost po život, a koncentracija od primjerice 0,23% uz izlaganje od 15 minuta uzrokuje smrt [3]. Opasnost od trovanja postoji u metalurgiji, prilikom gašenja požara u zatvorenom prostoru i slično. Za zaštitu je preporuka da se koristi zaštitna maska ili izolacijski aparat.

2.2. Toplina i temperatura

Toplina je oblik energije i u neposrednoj je vezi s kretanjem atoma i molekula. Kad se dva tijela dodiruju, a jedno je toplije od drugog, s vremenom se hladnije tijelo zagrijava, a toplije hladi, što traje sve dok se temperature tijela ne izjednače. Da bi toplina mogla prolaziti s jednog mjesta na drugo ili prelaziti s tijela na tijelo, mora postojati razlika u temperaturama tih mjesta ili tijela. Prijenos topline je značajna pojava, na koju vatrogasci često moraju na vrijeme reagirati. Prijenos topline može se obavljati vođenjem ili kondukcijom (prolaz topline kroz krute tvari poput pegle), strujanjem ili konvekcijom (prijelaz topline s pomoću tekućine ili zraka) te zračenjem ili radijacijom (prijelaz topline putem toplinskih zraka kao što je kod žarulje) [1].

Temperatura je stupanj zagrijanosti tijela, a predstavlja je kretanje molekula atoma u

njima. Temperatura je mjera za toplinsko stanje tvari. Temperatura samozapaljenja je ona temperatura na koju treba zagrijati neku tvar u prisustvu zraka, da se ona upali bez vanjskog izvora pripaljivanja [3]. Temperatura paljenja je najniža temperatura tvari na kojoj se, uslijed djelovanja toplinske energije, ta tvar zapali. Temperatura paljenja može se postići na razne načine koji se nazivaju uzročnici požara. Uzročnici požara mogu biti toplinski, kemijski, električni i mehanički. Toplinski uzročnici požara mogu nastati direktnim dodiranjem i eksplozijom, dok kemijski uzročnici požara mogu nastati kemijskim reakcijama [1]. Električni uzročnici požara mogu nastati elektricitetom, statičkim elektricitetom te udarom groma, dok mehanički uzročnici požara mogu nastati trenjem, udarom te tlakom [2].

2.3. Gorenje zapaljivih tvari prema agregatnom stanju

Sa stajališta zaštite od požara najprikladnija podjela gorivih tvari je prema agregatnom stanju, pa se tako razlikuju zapaljivi plinovi, zapaljive tekućine i zapaljive krute tvari. Gorenje plinova je najjednostavniji proces gorenja. Gorivi plin potrebno je samo pomiješati s potrebnom količinom kisika, odnosno zraka, pa tu smjesu zagrijati na temperaturu paljenja, gdje će se smjesa zapaliti i gorjeti plamenom. Kad neki plin gori, njegove se molekule izravno spajaju s molekulama kisika iz zraka i u tom se procesu oslobađa toplina, koja gorivu smjesu podržava iznad temperature paljenja i zagrije je na visoku temperaturu. Neće svaka smjesa plina i zraka izazvati eksploziju, već postoje određene donje i gornje granične koncentracije koje dovode do eksplozije. Područje između donje i gornje granice eksplozivnosti naziva se područjem eksplozivnosti. Zapaljivi plinovi se razlikuju i prema vrijednostima granice eksplozivnosti i prema širini tog područja [1]. Može se reći da su opasniji oni plinovi koji imaju nižu donju granicu eksplozivnosti i višu gornju granicu, odnosno šire područje eksplozivnosti. Donja granica eksplozivnosti je najmanja koncentracija plina u odnosu na zrak, a koja se može upaliti i eksplodirati, dok je gornja granica eksplozivnosti najveća koncentracija plina u odnosu na zrak, a koja se može upaliti i eksplodirati [2].

Tekućine su tvari koje imaju obujam, ali poprimaju oblik posude u kojoj se nalaze. Zapaljive tekućine zapravo ne gore već ih prethodno treba pretvoriti u stanje para, a pare dovesti do gorenja. Taj se prijelaz iz tekućeg agregatnog stanja u stanje para naziva isparavanje, a može biti brže i sporije, ovisno o brojnim čimbenicima. Tijekom isparavanja, tekućina samo na površini prelazi u stanje para. No, kada tekućina vrije, ona prelazi u stanje para ne samo na površini, već i u unutrašnjosti tekućine, pa se tijekom vrenja iz unutrašnjosti izdižu mjehurići i pare koje izlaze iz nje. Temperaturu na kojoj se opisani proces odvija naziva se vrelištem dotične tekućine. Temperatura tekućine kod koje se, nad njezinom površinom, razvije dovoljna količina para, koje se mogu upaliti, naziva se plamištem i radi se o najnižoj temperaturi na koju treba zagrijati zapaljivu tekućinu, kako bi se iznad njene površine stvorila smjesa koja se može upaliti vanjskim izvorom topline. Prema plamištu tekućine se ocjenjuje opasnost dotične tekućine u odnosu s vatrom. Što je plamište niže, to je tekućina opasnija glede zapaljenja, pa je potreban i veći oprez prilikom rukovanja dotičnom tekućinom.

Gorenju krutih tvari prethodi niz fizikalno-kemijskih promjena, kao što su suha destilacija, taljenje, isparavanje, zagrijavanje i slično. Tijekom gorenja, jedan dio tvari izdvaja se u stanju plina ili pare, što izgara plamenom, a ostatak krute tvari žarom. Ostatak gorenja krutina je pepeo, kojeg sačinjavaju oksidi, mineralne soli i slični sastojci, koji ne mogu do kraja izgarati. Specifično je za krutine da mogu izgarati slično kao plinovi i pare i to uz eksploziju, ako su u obliku čestica uzvitlanih u zraku [3].

3. OPĆENITO O POŽARIMA

Požar je svako nekontrolirano gorenje koje nanosi materijalnu štetu i ugrožava ljudske živote [2]. Od drevnih vremena do suvremenog doba, požar je bio neodvojiv pratitelj čovječanstva, igrajući ulogu u evoluciji i oblikovanju okoliša [2]. Kroz određeno vrijeme požari su postali izazov s kojim se čovjek morao naučiti nositi, a posebice se to odnosi na požare na otvorenom prostoru gdje su često priroda i ljudske aktivnosti u sinergiji. Uzrokovani različitim faktorima, od prirodnih do antropogenih, požari na otvorenom prostoru mogu brzo eskalirati, prijeteći životima, imovini i okolišu [1]. Razumijevanje njihovih uzroka, dinamike i posljedica ključno je za razvoj učinkovitih strategija prevencije, suzbijanja i oporavka [3]. U nastanku požara na otvorenom prostoru veliku ulogu imaju prirodni te antropogeni faktori.

Prirodni faktori često proizlaze iz okoliša i atmosferskih uvjeta, a razlikuju se udari munje, suša, vjetar i toplina. Udari munje su često neizbježan prirodni uzrok požara, posebno u područjima s čestim grmljavinama pri čemu može doći do zapaljenja suhe vegetacije i drugih gorivih materijala. Produženi periodi suše smanjuju vlagu u tlu i vegetaciji, čime se povećava osjetljivost na požare, a suha vegetacija brže gori, olakšavajući širenje požara. Jak vjetar može brzo proširiti požar, pomažući mu da prijeđe velike udaljenosti u kratkom vremenskom razdoblju, no također nosi i iskre i žarke čestice, pokrećući nove požare. Visoke temperature povećavaju isparavanje i isušivanje, čime se stvaraju uvjeti pogodni za brzo širenje požara [1].

Antropogeni faktori su oni koji su nastali djelovanjem čovjeka te su često uzrok požara na otvorenom prostoru, a variraju od nesmotrenosti do namjernog djelovanja. Razlikuju se paljenje otpada, nemar s vatrom, poljoprivredne aktivnosti i namjerno paljenje. Paljenje otpada je izravan antropogeni uzrok pri kojem nesmotreno paljenje otpada može rezultirati požarima koji se brzo šire, posebice u suhim uvjetima. Napuštanje neugašenih vatri ili opušaka cigareta u suhom okolišu može brzo dovesti do požara, a radi se o nemaru sa vatrom. Radnje čovjeka poput spaljivanja poljoprivrednih ostataka ili korištenje poljoprivredne mehanizacije koja može stvarati iskre mogu uzrokovati požare. Neki se požari podmetnu namjerno, bilo iz nepažnje ili čak s namjerom, što može imati ozbiljne posljedice za okoliš i zajednicu.

Razumijevanje prethodno pobrojanih faktora ključno je za razvoj preventivnih mjera i obrazovanje javnosti o odgovornom ponašanju u okolini koja je podložna požarima. Osim toga, integrirani pristup koji uključuje praćenje vremenskih uvjeta, educiranje zajednica te usklađivanje s odgovarajućim zakonodavstvom može znatno smanjiti rizik od požara na otvorenom prostoru [2].

3.1. Klasifikacija požara

Osnovna podjela požara je podjela prema mjestu nastanka, pa se tako razlikuju požari na zatvorenom prostoru i na otvorenom prostoru. Požari u zatvorenom prostoru nastaju u stambenim područjima, industrijskim halama, u jednoj ili više prostorija unutar zgrade u šupljinama konstrukcija zgrade. Uslijed nedostatka kisika požari u zatvorenom znaju satima tinjati dok ih se ne uoči, međutim tinjali ili aktivno gorjeli velika količina vrućih plinova nakuplja se u gornjim dijelovima prostora zahvaćenog požarom. Pod određenim okolnostima požar zatvorenog prostora može prijeći i u otvoreni prostor.

Požari na otvorenom prostoru su oni koji nastaju na vanjskom prostoru tako mogu biti požari trave i makije, šume, deponija, vanjskih dijelova objekta. Ono što ih razlikuje od požara u zatvorenom što na njih bitno utječu vremenske prilike te topografija.

Prema hrvatskoj normi HRN EN2 požari se dijele na pet klasa, a to su klasa A, klasa B, klasa C, klasa D i klasa F. U klasu A požara (slika 2) ubrajaju se požari krutih zapaljivih tvari kao što su primjerice drvo, papir, ugljen, tekstil i slično. Požari klase A se u osnovi gase vodom kako bi se ohladila goriva tvar.



Sl. 2. Oznaka požara klase A [1]

U klasu B požara (slika 3) ubrajaju se požari zapaljivih tekućina kao što su primjerice benzin, nafta, lakovi, maziva i ulja, vosak i slično. Požari klase B se primarno gase pjenom, no moguće gašenje pristupiti i prahom ili ugljičnim dioksidom.



Sl. 3. Oznaka požara klase B [1]

U klasu C požara (slika 4) se ubrajaju zapaljivi plinovi koji gore isključivo plamenom kao što su primjerice metan, propan, butan, acetilen i drugo. Takve se vrste požara gase prahom i ugljičnim dioksidom.



Sl. 4. Oznaka požara klase C [1]

U klasu D požara (slika 5) se ubrajaju požari zapaljivih materijala kao što je primjerice aluminij, magnezij i slično. Ovi se požari gase isključivo suhim sredstvima poput suhog kvarcnog pijeska i posebne vrste praha.



Sl. 5. Oznaka požara klase D [1]

U klasu F požara (slika 6) se ubrajaju požari jestivih masti i ulja, a ovakvi su požari karakteristični u kuhinjama. Ovi se požari gase priručnim sredstvima na način da ih se

istima uguši.



Sl. 6. Oznaka požara klase F [1]

Također postoje određene specijalne vrste prahova i pjena koje se „ubace“ u posude zahvaćene požarom.

4. POŽARI NA OTVORENOM PROSTORU

Požari na otvorenom prostoru predstavljaju prirodnu katastrofu koja prijete cijelom teritoriju Republike Hrvatske, a osobito mediteranskom dijelu države. Pod pojmom požara otvorenog prostora smatra se bilo koji požar koji se ne događa u zatvorenom prostoru (zgradama). Fizikalna događanja kod požara otvorenog prostora vezana su uz izgaranje u slobodnoj atmosferi gdje je dotok kisika neograničen, za razliku od požara zatvorenog prostora kada se izgaranje javlja u prostoru ograničenom ploham (zidovima) što može rezultirati i vrlo opasnim pojavama (povratni plameni udar) [4].

Klimatski pokazatelji koji se očituju visokim temperaturama, oskudnom količinom oborina te učestalijom pojavom jakih vjetrova (novi smjerovi i nove ruže vjetrova) u ljetnim mjesecima, ali i antropogeni utjecaji (napuštanje poljoprivrednih površina, smanjenje udjela obradivih površina, sve starija ruralna populacija, prodor alohtonih biljnih vrsta), posljednjih pola stoljeća odgovorni su za izraziti porast broja požara otvorenog prostora na cijelom području Republike Hrvatske. Razina opasnosti može se predvidjeti promatranjem različitih klimatskih uvjeta i njihovih elemenata [3].

4.1. Pokretački čimbenici za pojavu i razvoj požara na otvorenom prostoru

Tijekom ljetnih mjeseci gotovo svakodnevno putem javnih medija dobivamo informacije kako je negdje izbio požar. Prema podacima Hrvatske vatrogasne zajednice (HVZ), požari otvorenog prostora u Republici Hrvatskoj u ukupnim štetama izazvanim prirodnim nepogodama sudjeluju sa 6-8 % [2]. U ekstremno toplim, suhim i vjetrovitim godinama, kao što su u zadnjem desetljeću štete su iznosile i do 19 %. Nažalost, krajem požarne sezone zaboravi se na požare do proljeća naredne godine na početku nove sezone.

Izbijanje požara u 95% slučajeva vezano je za ljudsku aktivnost, dok je svega 5 % požara izazvano prirodnom pojavom, najčešće udarom groma [5]. Analizom požara na području Republike Hrvatske posljednja tri desetljeća vidljiva su dva požarna maksimuma. Prvi požarni maksimum je u ožujku i travnju kada veći broj požara izbija u ruralnom dijelu

Republike Hrvatske, a vezani su uz početak poljoprivrednih radova. Najčešći uzrok je čišćenje obradivih površina od korova što najčešće provode stariji stanovnici određenog područja koji ponekada znaju izgubiti kontrolu nad vatrom. Oni problem korova rješavaju kao što su rješavali u svojoj mladosti, kada je odnos obradivih i neobradivih površina bio bitno drugačiji.

Spaljivanje korova i ostalih biljnih ostataka tijekom požarne sezone nije ništa novo. Naime, ruralno stanovništvo smatra prema stečenom iskustvu kako naredne godine na opožarenoj površini prirodna vegetacija ili uzgajani usjevi imaju viši prinos te kvalitetniju krmu. To je oduvijek bio običaj, ali su se kontrolirana paljenja provodila pod drugim okolnostima, kada je većina okolnih površina bila u poljoprivrednom korištenju. Nažalost, zadnjih desetljeća situacija je obratna. Većina okolnih površina više se ne koristi u poljoprivredi i požari koji su nenamjerno izazvani, pa se brzo šire na okolno neobrađeno područje.

Drugi požarni maksimum, u srpnju i kolovozu, vezan je isključivo za priobalje i otoke Republike Hrvatske. Guste te neodržavane šume crnogorice nalaze se daleko od pristupnih cesta i raspoložive vode za gašenje, a prostor je opterećen dodatnim brojem ljudi (turista), kojima je ovo većinom prvi susret s požarima otvorenog prostora.

Požari otvorenog prostora, pri čemu se primarno misli na šumske površine ili na napuštene poljoprivredne površine, složena su pojava u kojoj se isprepliću različita termodinamička i aerodinamička događanja. Na njih značajno utječu konfiguracija terena po kojoj se požar kreće, vrsta i obilježja vegetacije te lokalni pedološki i meteorološki uvjeti na mjestu požarišta. Klasifikacije požara razlikuju se u pojedinim zemljama, premda su u europskim zemljama već dugo vremena prihvaćene standardne podjele. Na otvorenom prostoru mogu nastati različiti požari, a najčešća je podjela na šumske požare, požare livada i pašnjaka i požare trajnih nasada.

Prema tipu gorivog materijala požari u otvorenom prostoru se dijele na podzemne požare, prizemne požare, ovršne požare te požare osamljenog drveća i grmlja. Podzemni požari se na području Republike Hrvatske javljaju se vrlo rijetko. Vatrom je zahvaćen gorivi materijal ispod površine zemlje te zbog takvih uvjeta ti požari se teško otkrivaju, pa njihovo širenje može obuhvatiti velike površine i učiniti velike materijalne štete korijenskom

sustavu bilja prije nego li se otkrije. Kada se otkrije takva vrsta požara potrebno je spriječiti njegovo širenje kopanjem jaraka do ispod razine na kojoj se nalazi gorivi materijal.

Prizemni požari su oni kod kojih gori prizemno raslinje i ostaci na tlu. Intenzivno gorenje ovakvog tipa požara odvija se uglavnom na rubnim dijelovima zapaljenog područja [3]. Na razvoj širenja ovog tipa požara u priobalju znatni utjecaj imaju zidovi napravljeni od kamena (suhozidi) koje je izvađeno iz obradivih poljoprivrednih površina, a služe kao granice i ograde između posjeda. Prizemni požari uništavaju pomladak, oštećuju žilište i donje dijelove drveća uslijed čega dolazi do njihovog sušenja [2].

Ovršni (visoki) požari su požari u kojima dolazi do gorenja krošnje stabla. Najčešće ti požari nastaju iz prizemnih požara kao daljnja faza njihovog razvoja [3]. Ovršnim požarima najčešće podliježu mlade guste šume četinjača na suhim i uzvišenim terenima te degradiranom hrastovom šumom [2]. Razvoju ovršnog požara doprinosi snažan vjetar i strmine kada se prizemni požar širi uzbrdo. Ovakav se tip požara najčešće pojavljuje u ljetnim mjesecima kada sušu prate vjetrovi uslijed čega stabla potpuno propadaju. Požari pojedinih soliternih stabla nisu toliko opasni ako u blizini nema mjesta na koje bi se požar prenio. Najčešće nastaju kao posljedica udara groma [3].

Prema nekim autorima postoji također podjela na tri tipa visokih požara ili požara u krošnjama, a to su pasivni požar krošnje, aktivni požar krošnje i nezavisni požar krošnje. Proizvodnja se zbog neisplativosti i kompleksnosti agrotehničkih intervencija prije 70-ak godina počela premještati s padina i izgrađenih terasa u reljefno ravnija područja, a napuštene terase sve više su bivale podložne sukcesiji vegetacije [5]. Među mnogobrojnim vrstama se alepski bor najčešće uzima kao glavni krivac za brzo širenje požara. Kako je ranije u tekstu već spomenuto, čak 95% požara izazvao je čovjek (često i namjerno), a u takvim uvjetima pojavom visokih požara jednako gore borovi, masline, hrastovi i ostala šumska i nešumska vegetacija.

Ako napuštene poljoprivredne površine (terase) nisu obnovljene unutar kratkog razdoblja, u njima dolazi do akumulacije gorivog materijala, što direktno povećava rizik od pojave požara [1]. Dodatni problem je u tome što je lice većine terasa mediteranskog dijela Republike Hrvatske izrađeno s kontrapadom. Po poljoprivrednom napuštanju terasa na takvim terenima dolazi do "kvantitativnijeg" nakupljanja gorivog materijala čime su

nekadašnje prirodne zapreke za širenje požara (sprječavanje vodne erozije) postale inicijalni prostor novih požarnih žarišta izvan šumskih površina.

Najveći broj požara u otvorenom prostoru zabilježen je na otvorenom prostoru neutvrđenog vlasništva, a čak se oko 90 % događa na površinama koje nisu pod državnom skrbi [4]. Dodatni otežavajući problem napuštenih poljoprivrednih površina je neposredna blizina naselja i prometnica istih, pa u slučaju pojave požara bivaju ugroženi objekti za stanovanje, kao i prometnice na kojima se u to vrijeme godine bilježi povećan promet zbog turista. Kao mogući razlog ovakvog odnosa broj požara na državnom i privatnom zemljištu često se navodi i prenamjena negrađevinskog u građevinsko zemljište, osobito ako su površine u blizini naselja [6]. Naime, lokalno stanovništvo pogrešno vjeruje da je zakonom propisano da se pet godina nakon požara nekoj površini može promijeniti namjena jer niti jedan zakon ni pravilnik Republike Hrvatske ne sadrži takvu odluku.

Ljudske žrtve su neprocjenjiva i nenadoknativa šteta, ali materijalne štete koje se pojavljuju s požarima nisu zanemarive. Neposredna prosječna godišnja šteta od požara (izgorjela vegetacija, gubitak prirasta idućih godina, ponovna obnova – sadnja šumskih ili poljoprivrednih kultura) kreće se od 600 do 800 milijuna eura, dok se posredne štete (posljedice po okoliš – troškovi gašenja, dezertifikacija tla, onečišćenje voda, ublažavanje erozijskih procesa, problem štetnika na fiziološki oslabljenoj vegetaciji, povećanje emisije stakleničkih plinova, negativan utjecaj na izgled krajolika) penju čak i do 3.767 milijuna eura [4]. Ulaganja u preventivna djelovanja kada su u pitanju požari, znatno su niža od nastalih šteta, pa se s ekonomsko-gospodarskog stanovišta ulaganja u preventivna djelovanja uvijek višestruko isplate.

4.2. Uzroci pojave požara na otvorenom prostoru

Državne, a osobito privatne šume (šumoposjedničke šume) najčešće crnogorične, vrlo su guste, ne prorjeđuju se, ne uklanjaju se suha stabla i otpale grane [2]. Šumsko tlo se ne čisti od lako zapaljivog lišća, iglica, češera i granja. Time je na površini tla

koncentrirana visoko zapaljiva goriva masa. Pristupni i protupožarni putovi se vrlo rijetko obnavljaju, pa vatrogasnim vozilima treba nekoliko sati da se približe požarnoj crti.

Problem ekstremnih poskupljenja sirovina za energiju tijekom 2022. godine vjerojatno će učinkovito doprinijeti boljem iskorištenju šumskih resursa. Drvna masa u šumama sve će se više koristiti kao izvor energije što bi moglo dovesti do smanjenja gorive mase u šumskim prostorima u godinama koje dolaze.

Odnos ruralne i urbane populacije sve je porazniji u pogledu broja ruralnog stanovništva. Uslijed pojave filoksere u vinogradima Dalmacije potkraj 19. i početkom 20. stoljeća u prekomorske zemlje je emigriralo oko 100.000 stanovnika [5]. Tu je također problematika industrijalizacije i deagrarizacije što je aktualno od sredine prošlog stoljeća. U to vrijeme osnovni cilj je bila što brža industrijalizacija zemlje što se jedino moglo provesti angažiranjem jeftine agrarne (ruralne) snage. Industrijalizacija je odvodila ljude iz poljoprivrede i sela [1]. Preostali broj ruralnog stanovništva je migrirao tijekom Domovinskog rata ili uslijed indirektnih posljedica rata.

Krajem prošlog i u ovom desetljeću nastavio se trend iseljavanja iz Republike Hrvatske zbog ekonomskih razloga, ponajprije zbog nestabilnosti hrvatskog gospodarskog sustava te visoke stope nezaposlenosti stanovništva. Preostalo stanovništvo ruralnih krajeva Republike Hrvatske je sve starije, a kad i dođe do povratka mlađeg stanovništva, radi se o sezonskim migracijama. Mlađe stanovništvo primarno se ne bavi poljoprivredom, već turizmom. Posljednjih se godina obitelji sve više interesiraju za život u ruralnim područjima i aktivnosti povezane uz agroturizam, što je pozitivan pomak, ali za sada još premalih razmjera da bi značajnije utjecao na modifikaciju otvorenih područja i sprječavanje pojave i širenja požara na istima.

Još jedna od problema na području Republike Hrvatske je taj što se voda za gašenje požara nalazi na mnogim mjestima daleko od mjesta požara, pa se puno dragocjena vremena gubi u transportu vode. Iz tog razloga trebalo bi obvezno izgraditi vodne akumulacije u kojima bi se voda tijekom zimskih mjeseci akumulirala, a bila bi korištena u ljetnim mjesecima ili za gašenje požara ili za navodnjavanje poljoprivrednih kultura [5]. U Republici Hrvatskoj se najčešće koristi zaslanjena voda iz mora za gašenje požara što nepovoljno djeluje na fizikalni i kemijski kompleks tla. Prolazi ispod energetskih

dalekovoda te pružni i cestovni pravci ne održavaju se na zadovoljavajućoj razini i predstavljaju žarišta potencijalnih izvorišta požara [2].

Premještanje požara iz nekih susjednih država Republike Hrvatske poput primjerice Bosne i Hercegovine gdje je vrlo slabo razvijena protupožarna zaštita dovodi do opravdano loše politike zajedničkog gašenja požara u njegovim počecima u susjednim državama. U Republici Hrvatskoj postoji relativno dobar sustav mjera za ublažavanje pojave i posljedica požara, dok je u navedenim susjednim državama sustav zaštite na nižoj operativnoj razini, opremom za gašenje koja je u potpunosti zastarjela i ne obnavlja se [6]. Još uvijek se jedan manji dio površina Republike Hrvatske nalazi u minski sumnjivom području, pa je na ovom prostoru veća opasnost od pojave požara, a i gašenje je kompleksnije, kako iz zraka tako i s površine tla.

Strategija za obnovu opožarene površine, osim u okviru Hrvatskih šuma, za sada još ne postoji. Ograničenja su posljedica nedorečene zakonske legislative. Tako se na primjer na opožarenim područjima pod upravom Hrvatskih šuma ne mogu umjesto šumske vegetacije saditi poljoprivredne kulture. Razlog je jednostavan i banalan, o poljoprivrednim kulturama brinu poljoprivredne institucije, a o šumskim kulturama šumske institucije [6]. Može se zaključiti kako je rad inspekcijskih i ostalih kontrolnih tijela još uvijek slabo učinkovit u promišljanju i izvođenju preventivnih protupožarnih mjera.

4.3. Šumske površine u Republici Hrvatskoj

Šumama u Republici Hrvatskoj gospodari se prema Zakonu o šumama koji se temelji na Ustavu Republike Hrvatske. Teritorijem Republike Hrvatske prolazi granica eurosibirsko – sjevernoameričke i mediteranske regije gdje se razlikuje preko 60 šumskih zajednica te oko 4500 biljnih vrsta i podvrsta. U Republici Hrvatskoj šume imaju pretežito prirodnu strukturu zahvaljujući 150 godišnjoj tradiciji šumarske znanosti. Tablica 1 prikazuje šumska zemljišta prekrivaju gotovo 44% kopnene površine Republike Hrvatske, od čega same šume prekrivaju površinu od 37%.

Tab. 1. Šumske površine u Republici Hrvatskoj [5]

| | | |
|-----------|-------------------------------|---------------------|
| 1. | Šumom obrasle površine | 2 078 289 ha |
| 2. | Neobraslo šumsko zemljište | 345 952 ha |
| 3. | Neplodno šumsko zemljište | 61 370 ha |
| | UKUPNO | 2 485 611 ha |

Iz tablice 1 je vidljivo kako šumom obrasle površine na području Republike Hrvatske obuhvaćaju ukupno 2.078.289 ha. Neobraslo šumsko zemljište pokriva površinu od 345.952 ha, dok neplodno šumsko zemljište pokriva površinu od 61.370 ha. U pogledu vrste šuma u Republici Hrvatskoj je 84 % bjelogorične šume i 16 % crnogorične šume [5].

U Republici Hrvatskoj državnim šumama pretežito gospodare „Hrvatske šume d.o.o.“ dok manjim dijelom gospodare ostali pravni subjekti. Također je bitno naglasiti kako je gotovo 10% ukupnih površina državnih šuma zagađeno minsko-eksplozivnim sredstvima što predstavlja veliki problem u gospodarenju šuma, a posebno prilikom sanacije i zaštite šuma od štetnih nametnika [6].

Šume u privatnom vlasništvu predstavljaju gotovo 20 % ukupne šumske površine u Republici Hrvatskoj, što čini gotovo 500.000 ha kojom gospodari oko 600.000 vlasnika na gotovo 1.500.000 katastarskih čestica [5]. Kako vlasnici privatnih šuma na području Republike Hrvatske pretežito pripadaju u stariju populaciju ili su vlasnici iselili s područja gdje posjeduju šumu, ne vodi se adekvatna briga o šumskom posjedu u privatnom vlasništvu. Gospodarenje malim šumskim površinama problematično je zato što ne postoje znanstvena istraživanja niti potpore države privatnom šumarstvu stoga takvo stanje rezultira devastacijom privatnih šuma i smanjenju drvne mase [6].

Šumski požari postaju sve učestaliji i rašireniji, uništavajući najmanje dvostruko više drveća danas nego prije dva desetljeća. Tablica 2 prikazuje statistiku požara na području Republike Hrvatske za razdoblje od 2020. do 2023. godine.

Tab. 2. Statistika požara na području Republike Hrvatske od 2020. do 2023. godine [4]

| GODINA | POŽARI NA OTVORENOM PROSTORU | OPOŽARENA POVRŠINA (ha) | UKUPAN BROJ POŽARA | SMRtno STRADALE OSOBE |
|---------------|-------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|------------------------------|
| 2020. | 5.112 | 35.168 | 11.378 | 24 |
| 2021. | 8.146 | 24.105 | 12.574 | 28 |
| 2022. | 10.543 | 62.544 | 15.479 | 35 |
| 2023. | 5.476 | 52.251 | 10.414 | 21 |

U tablici 2 je vidljivo kako je tijekom 2020. godine na području Republike Hrvatske zabilježeno ukupno 11.378 požara od čega je 5.112 (44,9 %) bilo požara na otvorenom prostoru. Izračunom se utvrđuje kako je tijekom 2020. godine na području Republike Hrvatske zabilježen čak 31 požar na dan, od čega 14 (45,1 %) požara na otvorenom prostoru. Iste je godine opožareno ukupno 35.168 ha diljem Republike Hrvatske, pri čemu su smrtno stradale 24 osobe.

Godine 2021. na području Republike Hrvatske je zabilježeno ukupno 12.574 požara od čega je 8.146 (64,8 %) požara bilo na otvorenom prostoru. Izračunom se utvrđuje kako je tijekom 2021. godine na području Republike Hrvatske zabilježen čak 34 požara na dan, od čega je 22 (64,7 %) požara na otvorenom prostoru. Iste je godine opožareno ukupno 24.105 ha diljem Republike Hrvatske, pri čemu je smrtno stradalo 28 osoba.

Godine 2022. je na području Republike Hrvatske zabilježeno ukupno 15.479 požara od čega je 10.543 (68,1 %) bilo požara na otvorenom prostoru. Izračunom se utvrđuje kako je tijekom 2022. godine na području Republike Hrvatske zabilježeno čak 42 požara na dan, od čega je 29 (69 %) požara na otvorenom prostoru. Iste je godine opožareno ukupno 62.544 ha diljem Republike Hrvatske, pri čemu je smrtno stradalo 35 osoba.

Godine 2023. na području Republike Hrvatske je zabilježeno ukupno 10.414 požara od čega je 5.476 (52,6 %) bilo požara na otvorenom prostoru. Izračunom se utvrđuje kako je tijekom 2023. godine na području Republike Hrvatske zabilježeno čak 29 požara na

dan, od čega je 15 (51,7 %) požara na otvorenom prostoru. Iste je godine opožareno ukupno 52.251 ha diljem Republike Hrvatske, pri čemu je smrtno stradala 21 osoba.

Prema podacima nedavno ažuriranim podacima Hrvatske vatrogasne zajednice za razdoblje od 2020. do 2023. godine površina opožarena šumskim požarima povećavala se za oko 5,4% godišnje u navedenom razdoblju. Porast aktivnosti požara izrazito je vidljiv posljednjih godina. Šumski požari postavljaju rekorde po brojnosti te trajanju, ali i satima potrebnima da se obuzdaju te ugase, a najgore požarne godine za Republiku Hrvatsku, ali i druge zemlje Europe su 2020., 2022. i 2023. godina.

Kako je ranije u radu rečeno, klimatske promjene jedan su od glavnih pokretača sve veće aktivnosti požara. Danas su ekstremni toplinski valovi već 5 puta vjerojatniji nego što su bili prije 150 godina i očekuje se da će postati još češći kako se planet nastavlja zagrijavati [7]. Više temperature isušuju krajolik i pomažu stvoriti savršeno okruženje za veće, češće šumske požare. Kada šume gore, one oslobađaju ugljik koji je pohranjen u deblima, granama i lišću drveća, kao i ugljik pohranjen ispod zemlje u tlu.

Kako šumski požari postaju sve većeg opsega i učestaliji, emitiraju više ugljika, dodatno pogoršavajući klimatske promjene i pridonoseći većem broju požara kao dio povratne veze između požara i klime [4]. Navedeno u kombinaciji sa širenjem ljudskih aktivnosti u šumska područja, uzrokuje veći dio povećanja aktivnosti požara. Neminovno je kako danas požari opožaruju sve veće površine, što izravno utječe na kvalitetu života ljudi, ali i na gospodarstvo Republike Hrvatske.

Prema podacima Hrvatske vatrogasne zajednice za prvih šest mjeseci 2024. godine broj požara iznosi nešto manje od trećine (29,4 %) svih požara u 2023. godini, dok je vrijednost procijenjene opožarene površine u prvih šest mjeseci 2024. godine dosegla čak 95,3% procijenjene opožarene površine za cijelu 2023. godinu.

Iznimno topla zima s temperaturama znatno iznad prosjeka te prilično suho razdoblje na priobalnom i kraškom području, a sve češće i u kontinentalnom dijelu zemlje tijekom siječnja i veljače uz primjetno povećanje neprijavljenog i nesavjesnog spaljivanja biljnog pokriva, pridonijeli su porastu broja požara te opožarenih površina diljem Republike

Hrvatske posljednjih godina. Slika 7 prikazuje opožarenu površinu Pelješca nakon požara 2015. godine.



Sl. 7. Opožarena površina Pelješca nakon požara 2015. godine [7]

Kad se govori o požarima na otvorenom prostoru, razlozi nastanka istih su mnogobrojni o čemu se pisalo u prethodnom tekstu rada. Posljedice požara otvorenog prostora po okoliš su brojne, a najvažnije su pogoršavanje fizikalnih značajki tla (narušena hidrofilnost tla, stabilnost strukturnih agregata, propusnost tla), ovisno o temperaturi požara dolazi do promjene mineralnog sastava tla, pogoršanje kemijskih značajki tla (promjena reakcije tla, smanjenje organske tvari u tlu, te pristupačnosti biljci pristupačnih hranjiva, smanjuje se kationsko izmjenjivački kompleks), smanjuje se bioraznolikost i ukupni broj mikroorganizama tla, sve izraženiji erozijski procesi vodom i vjetrom, pojava blatnih tokova, onečišćenje otvorenih vodotoka organskim i anorganskim onečišćenjima s izgorjele površine (uzrokuje promjene temperature vode, reakcije tla, sadržaja pojedinih makro i mikrohranjiva, taloženje sedimenta na dnu vodotoka), smanjenje vidljivosti uslijed erozije vjetrom s opožarene površine, latni tokovi u naseljima i površinama koje nisu zahvaćene požarom, narušavanje izgleda krajolika te narušavanje kvalitete cesta i drugih građevina [8].

Iako nije zabilježena značajnija šteta tijekom požara zabilježenih u razdoblju od 2020. do 2023. godine, pa i u prvoj polovici ove godine (većinom se radilo o požarima trave i niskog raslinja bez zahvaćanja većih šumskih površina) potrošeni su znatni resursi vatrogasnih snaga što za posljedicu ima i povećanje izdataka za vatrogasne organizacije i vatrogasne postrojbe Republike Hrvatske.

4.4. Gašenje požara na otvorenom prostoru

Gašenje požara otvorenog prostora težak je i opasan posao koji zahtjeva dobru psihofizičku spremnost gasitelja koji sudjeluju u akciji gašenja, kao i odgovarajuću opremu i sredstva za gašenje. Zbog lošeg gospodarenja državnih, a posebno privatnih šuma učinkovitost protupožarne zaštite znatno pada, a problem je i pravovremena dojava požara u početnoj fazi zbog teško izvedive motriteljske službe te nedostatka automatskih sustava za dojavu požara. Pristup područjima gdje je izbio požar u većini slučajeva je otežan stoga zemaljskim snagama treba i do nekoliko sati kako bi započeli samo gašenje. Također voda za gašenje se često nalazi daleko od mjesta intervencije što dodatno otežava pravovremeno gašenje.

Najučinkovitiji način pravovremenog gašenja predstavljaju zračne snage, no one ne gase u noćnim uvjetima i za vrijeme jakog vjetra. Šumske površine najveće su obnovljivo prirodno bogatstvo koje ispunjava društveno-ekološku funkciju te obavljaju hidrološku, protuerozijsku, klimatsku, zdravstvenu, rekreacijsku i turističku funkciju. U Kanadi su već davne 1919. godine korištena dva hidro aviona u svrhu pomoći gasiteljima požara otvorenog prostora.

Sama istraživanja o procjeni ugroženosti od požara otvorenih prostora započela su 1928. godine [4]. Zračne snage u borbi protiv požara prvi put su korištene 1931. godine u Kaliforniji, a 1950. godine u Kanadi su se prvi put koristile vreće napunjene vodom za gašenje požara iz zraka [2]. Godine 1967. u Kanadi je proizveden „avion-amfibija“ poznatiji pod nazivom Canadair CL-215 s dva spremnika kapaciteta 5346 litara vode.

Na teritoriju Republike Hrvatske takvi avioni su prvi put korišteni 23. lipnja 1982. godine nedaleko mjesta Brodarice na šibenskom području. Nakon toga uslijedio je napredak u usavršavanju sredstva i organizacije gašenja zračnim snagama bez čijeg bi djelovanja bilo gotovo nemoguće gasiti današnje požare otvorenih prostora na priobalju.

Ekipe gasitelja moraju biti dobro uvježbane i stručne kako bi se efikasno znale služiti raspoloživim sredstvima za gašenje i opremom. Također je neophodan dobar sustav rukovođenja i organizacije kako bi svaki gasitelj znao svoju ulogu i dužnosti tijekom akcije gašenja.

U akciji gašenja požara otvorenog prostora sudjeluju profesionalne vatrogasne postrojbe, dobrovoljne vatrogasne postrojbe, državne vatrogasne interventne postrojbe, te u slučajevima požara velikih razmjera u gašenju se mogu uključiti zračne snage, postrojbe Hrvatske vojske te Civilne zaštite. Što je više snaga angažirano u gašenju požara otvorenih prostora to je i veća odgovornost zapovjednika intervencije koji u zajedničkom cilju treba uskladiti djelovanje svih raspoloživih snaga.

Širenjem požara otvorenog prostora mogu se ugroziti i objekti koji se nalaze na toj površini zbog čega treba u slučaju opasnosti provesti evakuaciju ugroženih ljudi, životinja i materijalnih dobara. Prilikom dolaska na mjesto intervencije potrebno je ustanoviti i prolaz vodova distribucije električne energije kroz ugroženo područje i zatražiti isključivanje istih [3].

4.5. Preventivne mjere u borbi protiv požara na otvorenom prostoru

Kako bi se prevenirala pojava požara na otvorenom prostoru treba ubrzati postupak uvođenja što kvalitetnijeg (krupnije mjerilo) vizualnog zračnog promatranja na cijeli prostor Mediteranskog dijela RH u cilju što bržeg registriranja požara i još bržeg dolaska kako zračnih tako i zemaljskih snaga na izvorište požara. Ulagati u obnovu vatrogasne opreme i edukaciju domaćeg stanovništva za primjenu protupožarnih mjera u jesensko-zimsko-proljetnom dijelu godine.

Važno je također unaprijediti postojeću zakonsku legislativu gospodarenja privatnim šumama i površinama pod NATUROM 2000, budući da požari ne prepoznaju granicu gdje završava privatno zemljište, a gdje počinje područje kojim upravlja Nacionalni park ili Park prirode. Također je važno poboljšati, obnoviti i brojčano povećati meteorološku mrežu mjernih postaja. Provoditi u državnim, a osobito privatnim šumama (gdje se često ne provode) obvezne šumsko-uzgojne radove njege i obnove predviđene propisanim Osnovama gospodarenja, sukladno Pravilniku o uređivanju šuma (Narodne novine br. 97/18). Osnovom gospodarenja određuje se stanje šuma te radovi u neposrednom gospodarenju šumama i šumskim zemljištima gospodarske jedinice.

Ponovno uvesti u državnim (gdje se to manje više uspješno provodi), a osobito privatnim šumama (gdje se skoro ne provodi) obvezno prorjeđivanje šuma, izvlačenje suhih stabala i grana te uklanjanje listinca i drugih zapaljivih ostataka s površine tla. Navedeno bi također trebalo početi provoditi i u Nacionalnim parkovima iako navedeno nije u skladu s načinima upravljanja u ovom zaštićenom području. Provesti uporabu propisanih požara kao mjeru reduciranja biomase na površini tla u kontroliranim uvjetima u svrhu sprječavanja intenzivnih otvorenih požara. Navedeno je nešto o čemu bi se trebalo početi promišljati i u Hrvatskoj vatrogasnoj zajednici.

Navedene mjere za sada snosi sam vlasnik šuma, a budući da se temelje na volonterskoj osnovi, iz toga razloga se i ne provode. Na temelju navedenog, ideja je da se dio preventivne zaštite od požara potpuno komercijalizira te da se u razdoblju od 1. listopada pa do 30. travnja privatnim poduzetnicima koji bi zapošljavali lokalno stanovništvo izdavanjem koncesija (sve pod strogim nadzorom poduzeća "Hrvatske šume") prepusti čišćenje i održavanje šuma, kao i prikupljanje drvne mase koja bi se mogla koristiti kao izvor energije (drvna sječka, peleti, briketi) koji vrlo uspješno zamjenjuje fosilna goriva pa se na ovaj način smanjuje emisija stakleničkih plinova.

Novoizgrađene i obnovljene stare ceste koje će poslužiti za brži dolazak vatrogasnih vozila na žarište požara mogu poslužiti i za razvoj raznih oblika ruralnog turizma. Novostvoreni protupožarni putevi i ceste mogli bi istovremeno postati primjerice nove šetnice te prostor za vožnju biciklom i druge aktivnosti na otvorenom. Izgradnja vodnih akumulacija može imati višestruku ulogu cijele godine, pa tako zimi može ublažiti pojavu

erozijskih procesa, vododerina (jaruga) i blatnih tokova, a ljeti može poslužiti kao izvor vode za navodnjavanje i za gašenje požara. U isto vrijeme vodne akumulacije će vizualno oplemeniti prostor te povećati bioraznolikost.

U uvjetima klimatskih promjena sve više temperature zraka i duža razdoblja suše s većim brojem sezona kada imamo ekstremno suha i ekstremno vruća ljeta sigurno će utjecati na zapaljivost šumske vegetacije i povećani broj požara u onim područjima koja će biti više zahvaćena. Unatoč tome, šumski ekosustavi se mogu učinkovito čuvati povećanim preventivnim mjerama i radovima, tj. pravilnim i pravovremenim šumsko-uzgojnim silvikulturnim mjerama. U tom slučaju i povećani broj požara ne mora utjecati na ključan podatak, a to je prosječno manje površine zahvaćene jednim požarom [10].

Ključan dio u zaštiti šuma od požara odnosi se na prevenciju i različite preventivne mjere. U nacionalnom zakonodavstvu županije, gradovi i općine moraju planirati i provoditi sljedeće preventivno-uzgojne radove na površinama šuma koje se nalaze na njihovom području, a koje su u vlasništvu šumoposjednika što obuhvaća izradu i održavanje protupožarnih prosjeka i puteva, zatim izradu i održavanje protupožarnih prosjeka s elementima šumske ceste, uz prethodnu suglasnost šumoposjednika preko čijih čestica prelazi trasa – kod izgradnje nove trase, potom čišćenje i održavanje rubnih pojaseva uz javne prometnice i željezničke pruge te čišćenje i uspostavu sigurnosnih visina i udaljenosti na trasama elektroenergetskih vodova, ali i održavanje čistim i uređivanje postojećih izvora vode u šumama uz provedbu svih ostalih preventivno-uzgojnih radova planiranih godišnjim planovima ili planovima zaštite od požara.

Pod preventivno-uzgojnim radovima smatraju se njega sastojina, pravodobna proreda sastojina, piljenje i uklanjanje suhog granja na stablima i suhih stabala, izrada i održavanje protupožarnih prosjeka i puteva, izrada i održavanje protupožarnih prosjeka s elementima šumske ceste te svi ostali preventivno - uzgojni radovi u šumskim predjelima koji su ispresijecani prometnicama.

Kao zanemarena grana šumarstva može se istaknuti agrošumarstvo kojim u budućnosti nužno posvetiti više pažnje u svrhu preveniranja požara otvorenog prostora. Agrošumarstvo je na području današnje Republike Hrvatske bilo razvijeno godinama, no poslije Drugog svjetskog rata je ovaj oblik gospodarenja prostorom napušten, zbog

preseljenja većeg dijela stanovništva u gradove. U vrijeme provođenja agrošumarstva u mediteranskom dijelu Republike Hrvatske, broj požara bio je mali, no napuštanjem ovog načina poljoprivrednog gospodarenja požari su postajali sve zastupljeni. Najjednostavnija definicija agrošumarstva glasi da je to sustav koji uključuju kombinaciju uzgoja drveća i poljoprivrednih kultura ili stoke na istoj proizvodnoj površini [11].

Na prostoru Socijalističke Republike Hrvatske je 1954. godine donesen Zakon o zabrani uzgoja koza kojih je u to doba na prostoru bivše Države bilo oko 3 milijuna. Taj je Zakon donesen kao posljedica različitih utjecaja, ekonomskih i političkih te inzistiranja šumara o štetnosti koza i vrlo površnoga mišljenja o ulozi koza u okolišu [9]. Negativne posljedice tog Zakona osjećaju se još i danas. U to vrijeme prevladavalo je mišljenje da koza preintenzivno brsti svu biljnu i drvenu masu, pa je zato spomenutim zakonom bilo zabranjeno držati koze na slobodnoj ispaši, a svako kršenje zakona poticalo je slobodni odstrel svake koze. Krajem 70-ih prošlog stoljeća se ukida sporni Zakon i koze se ponovno službeno smiju držati [11]. Danas na području Republike Hrvatske obitava oko 80.000 koza [9].

Oblici agrošumarstva koji bi mogli ponovno biti interpolirani na prostor Republike Hrvatske u cilju preventivnog smanjenja broja požara su agrisilvikultura (interakcija poljoprivrednih kultura i drveća ili grmlja te drveća i grmlja), silvopašnjaštvo (interakcija pašnjaka, domaćih životinja i drveća), agrosilvopašnjaštvo (interakcija poljoprivrednih kultura, pašnjaka s domaćim životinjama i drvećem) te ostali oblici (interakcija više vrsta drveća npr. pčelarstvo i drveće te ribarstvo i drveće) [9].

5. NAPREDNI AUTOMATSKI NADZORNI SUSTAVI

Na inicijativu gospodarskog odjela Splitsko-dalmatinske županije 2004. godine pokrenuta je inicijativa koja se temelji na regionalnim rješenjima preventivne zaštite od požara otvorenih prostora te na informacijskim sustavima za rano otkrivanje, gašenje i sanacije opožarenih površina [7]. Financiranje razvojnih programa preventivne protupožarne zaštite potrebno je koncipirati na drugačiji način koji objedinjuje javne interese državnih i županijskih institucija i organizacija te privatne interese svih vrsta poduzetnika i građana. Ideja koncepta je izgraditi sustav samoodrživog financiranja razvoja u području preventivne zaštite od požara koji bi samostalno funkcionirao na bazi preklapanja uzajamnih interesa svih sudionika [7].

Osim preventivnih protupožarnih mjera, jedini efikasni način smanjenja štete koji uzrokuju požari otvorenog prostora je pravovremeno uočavanje požara u nastajanju, te brza i odgovarajuća intervencija. Zbog toga se veliki napori ulažu u rano otkrivanje požara koje se tradicionalno temelji na ljudskim osmatračima koji tijekom požarne sezone dežuraju 24 sata na osmatračkim lokacijama nastojeći uočiti svaki požar u nastajanju. Prema hrvatskim zakonima i propisima organizacije koje skrbe o šumama, odnosno gradovi, općine i županije dužne su organizirati odgovarajuću osmatračko-motrilačku službu za što su zadužene Hrvatske šume i DVD-ovi.

Za otkrivanje požara u ranoj fazi danas se koriste razni nadzorni sustavi. Takvi sustavi većinom su u obliku kamera koje mogu identificirati dim ili vatru nakon čega alarmni signal prosljeđuju nadležnim institucijama. Razlikuju se dvije vrste protupožarnih sustava, a to su automatski detektorski sustav te automatski nadzorni i motrilački sustav [4].

Važno je naglasiti kako najveći broj požara otvorenog prostora u Republici Hrvatskoj nisu prijavili profesionalni osmatrači locirani na osmatračkim lokacijama, već građani i to najčešće putem mobilnih komunikacija [4]. Problem kod dojava građana, ali i kod profesionalnih osmatrača, s obzirom na to da na osmatračnicama rade priučeni sezonski radnici, a ne obučeni vatrogasci, je u tome što je na temelju njihovih prijava vatrogasnom zapovjedniku vrlo teško sagledati stvarni razmjer požara i donijeti odluku o veličini potrebne intervencije. Pravovaljani opisi požarnih razmjera dobiju se tek dolaskom

vatrogasaca na teren, čime se samo gubi vrijeme, a u gašenju požara otvorenog prostora vrijeme je jedan od najvažnijih faktora.

Navedeno nije samo problem Republike Hrvatske, već je to problem i u ostalim zemljama pogođenim požarima otvorenog prostora, pa se 90-godina posebno potaknuto razvojem suvremenih informacijsko – komunikacijskih tehnologija (ICT) počinju pojavljivati tehnologijski puno napredniji sustavi protupožarnog nadzora temeljeni na ljudskim osmatračima i daljinski upravljanim kamerama postavljenim na motrilačke lokacije. Osmatrač se s motrilačke lokacije prebacuje u operativni centar, pa više nije priučeni sezonski radnik, već obučeni vatrogasni osmatrač.

Ovakvi sustavi imaju brojne prednosti, a najvažnije su da jedan operater može nadzirati puno veće područje pokriveno s nekoliko daljinski upravljanih kamera postavljenim na motrilačke lokacije te osim ranog uočavanja požara koje operater obavlja dok se kamera automatski okreće pokrivajući cijeli vidokrug motrilačke lokacije, ovakvi sustavi daju i važnu mogućnost daljinske video prisutnosti. Daljinski upravljane kamere obično su opremljene vrlo moćnim optičkim zumom (najčešće minimalno 22x povećanja), pa operater može dodatno provjeriti svako sumnjivo područje [7]. Ovo je pogotovo značajno ako je postavljena mreža motrilačkih kamera tako da se svaka lokacija može sagledati s više pozicija. Prednost je i što ovakvi sustavi najčešće imaju mogućnost pohrane snimaka ili video sekvenci, što je posebno značajno za naknadne analize.

Osnovni nedostatak ovakvog sustava je što je detekcija požara i dalje ovisna isključivo o operateru koji mora cijelo vrijeme gledati u ekrane ako želi uočiti požar u nastajanju, što kao posljedicu ima zamor operatera koji teško može biti koncentriran duže vremena [9]. Upravo zbog toga javila se potreba za automatizacijom postupka prepoznavanja požara u nastajanju te se pristupilo nadogradnji sustava temeljenog na video kamera postavljenim na motrilačkim lokacijama razvojem dodatnih modula za automatsko prepoznavanje požara. Kod ovakvih automatskih protupožarnih nadzornih sustava operater više ne treba cijelo vrijeme gledati u ekrane, već sustav automatski analizira slike i tek ako otkrije nešto sumnjivo podiže alarmni prozor i aktivira zvučni signal. Operater provjerava i donosi konačnu odluku da li se radi o požaru ili ne. Svojstvo daljinske video prisutnosti najčešće je i dalje zadržano kao vrlo važna osobina

protupožarnih nadzornih sustava, štoviše najčešće je i dodatno unaprijeđeno različitim brzim načinima usmjeravanja i upravljanja kamerom, posebno uz pomoć integracije sustava s GIS-om (Geografskim Informacijskim Sustavom) [7].

Razlikuju se automatski protupožarni detektorski sustavi i automatski protupožarni nadzorni i motrilački sustavi. Najvažniji cilj automatskih detektorskih sustava je detekcija požara u njegovoj ranoj fazi i određivanje njegove zemljopisne lokacije. Automatski detektorski sustavi se dijele na satelitske i zemaljske sustave. Satelitski sustavi pogodni su za nadzor velikih nenastanjenih područja, a temeljni im je nedostatak loša prostorna i vremenska rezolucija, stoga su za područja kao što je hrvatska obala i priobalje su gotovo neuporabljivi.

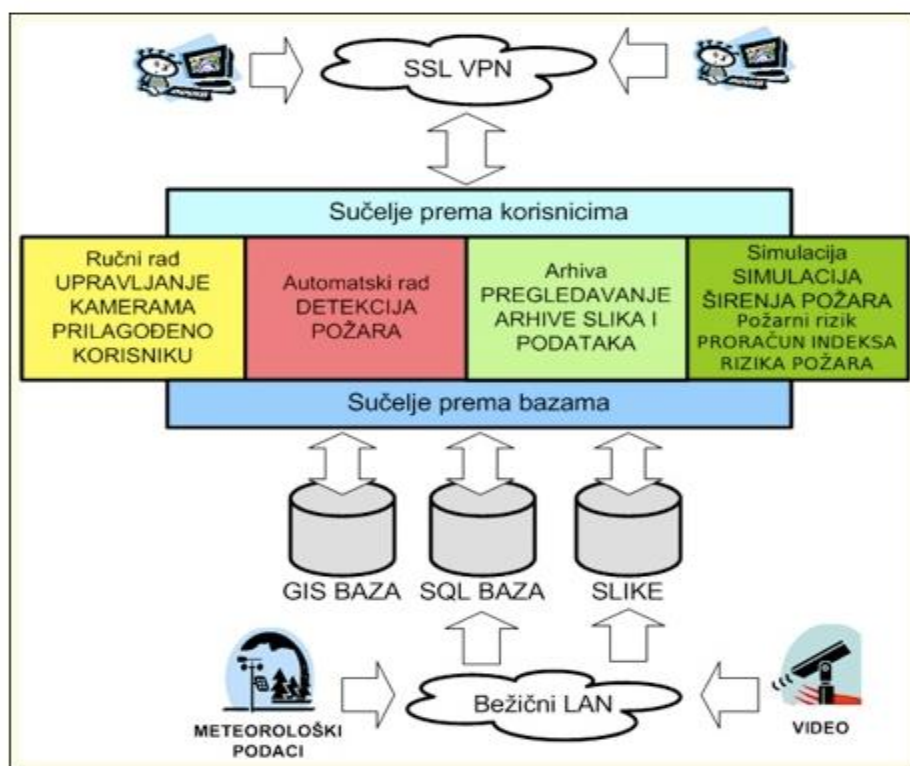
Zemaljski sustavi koriste različite senzore postavljene na motrilačke lokacije kao što su kamere, specijalni video detektori, optički spektrometri, laserski predajnici i prijemnici ili temperaturni senzori. Glavni nedostatak ovih sustava je nemogućnost daljinske video produkcije što je za operativne vatrogasne snage vrlo važno. Ponekad se ovaj nedostatak ispravlja dodavanjem još jedne kamere i to najčešće daljinski upravljane kolor video kamere, čime sustavi prelaze u kategoriju automatskih protupožarnih nadzornih i motrilačkih sustava, no na taj se način samo nepotrebno duplicira oprema i povisuje cijena motrilačkih jedinica s obzirom na to da je danas moguće vrlo uspješno imati mogućnost i rane detekcije požara i daljinske video prisutnosti koristeći samo daljinski upravljane kolor video kamera, prije svega zahvaljujući današnjem stupnju razvoja računarstva i računalnih algoritama za analizu i razumijevanje slike temeljenim na umjetnoj i računalnoj inteligenciji [12]. Činjenica je kako ovi sustavi imaju nešto veći postotak lažnih detekcija od specijaliziranih detektora požara, ali kako je i ekonomska kategorija u tehnici vrlo važna, upitno je da li se isplati instalirati skupe detektore da bi se broj lažnih detekcija smanjio za nekoliko postotaka.

Ako je moguće korištenjem samo jedne daljinski upravljive kamere riješiti i problem ranog otkrivanja požara i problem daljinske video prisutnosti, onda je to svakako prednost. Upravo ovakvim razmišljanjem rukovodili su se brojni istraživači koji su ponudili veći broj automatskih protupožarnih nadzornih i motrilačkih sustava temeljenih na analizi slike daljinski upravljive video kamere, danas najčešće posljednje generacije visoko osjetljivih

kamera koje rade u dvojnog režimu rada, po danu kao kolor kamera osjetljiva u vidljivom dijelu spektra, a po noći kao crno-bijela kamera osjetljiva u bliskom infra-crvenom području spektra [12].

IPNAS je integralni i inteligentni protupožarni nadzorni i motrilački sustav temeljen na video kamerama u vidljivom i infra-crvenom dijelu spektra. Požar otvorenog prostora u nastajanju detektira se koristeći napredne postupke digitalne obrade i analize slike. Inteligentni algoritam prepoznavanja požara otvorenog prostora automatski analizira sliku nastojeći na njoj otkriti vizualne karakteristike požara, posebno pojavu dima tijekom dana i pojavu plamena tijekom noći.

Primjer automatskog požarnog detektorskog sustava implementiranog i u vatrogastvo Republike Hrvatske je IPNAS (slika 8).

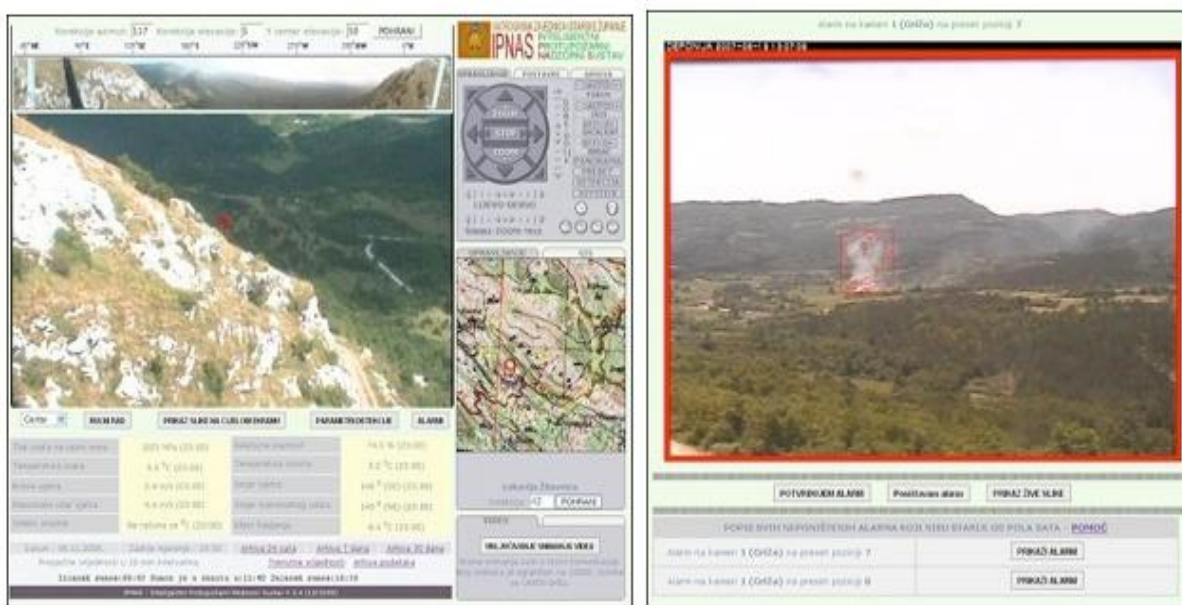


Sl. 8. Struktura inteligentnog protupožarnog nadzornog sustava IPNAS [12]

To je Web informacijski sustav, pa je jedino korisnikovo sučelje standardni Web preglednik. Sustav se temelji na terenskim motrilačkim jedinicama i centralnom poslužitelju. Terenske motrilačke jedinice sadrže mrežnu (IP) kameru upravljivu po

azimutu, elevaciji i zumu, osjetljivu i u vidljivom i u bliskom infra-crvenom području, mrežnu (IP) mini meteorološku stanicu i komunikacijsku, obično bežičnu jedinicu, kojom se terenske jedinice spajaju s centralnim poslužiteljem [12]. Centralna poslužiteljska jedinica prihvaća podatka s maksimalno 5 kamera, analizira ih, obrađuje, pohranjuje i prikazuje. IPNAS ima četiri osnovna moda rada, a to su ručni rad, automatski rad, pregledavanje arhive i simulacijski rad.

Ručni rad je ručno upravljanje kamerom preko sučelja maksimalno prilagođenog korisniku koristeći upravljačku palicu, virtualne komande, panoramske prikaze i slično. slično (slika 9). Automatski rad se temelji na automatskom okretanju kamere uz automatsko prepoznave pojave dima tijekom dana, odnosno pojave vatre preko noći koja rezultira u podizanju požarnog alarma kojeg operater može poništi ili potvrditi.



Sl. 9. Ekran ručnog rada sustava IPNAS [12]

Pregledavanje arhive je način rada u kojem korisnik može pregledati sve pohranjene ulazne snimke, generirane alarme, meteorološke podatke ali i sve reakcije operatera vezane s paljenjem gašenjem automatskog rada, promjenom osjetljivosti algoritma detekcije i slično [12]. Simulacijski mod je važan i u pred-požarnim aktivnostima kada se na temelju trenutnih meteoroloških podataka, karakteristika terena i vegetacije, te socioloških faktora računa trenutni dinamički mikrolokacijski indeks opasnosti od požara,

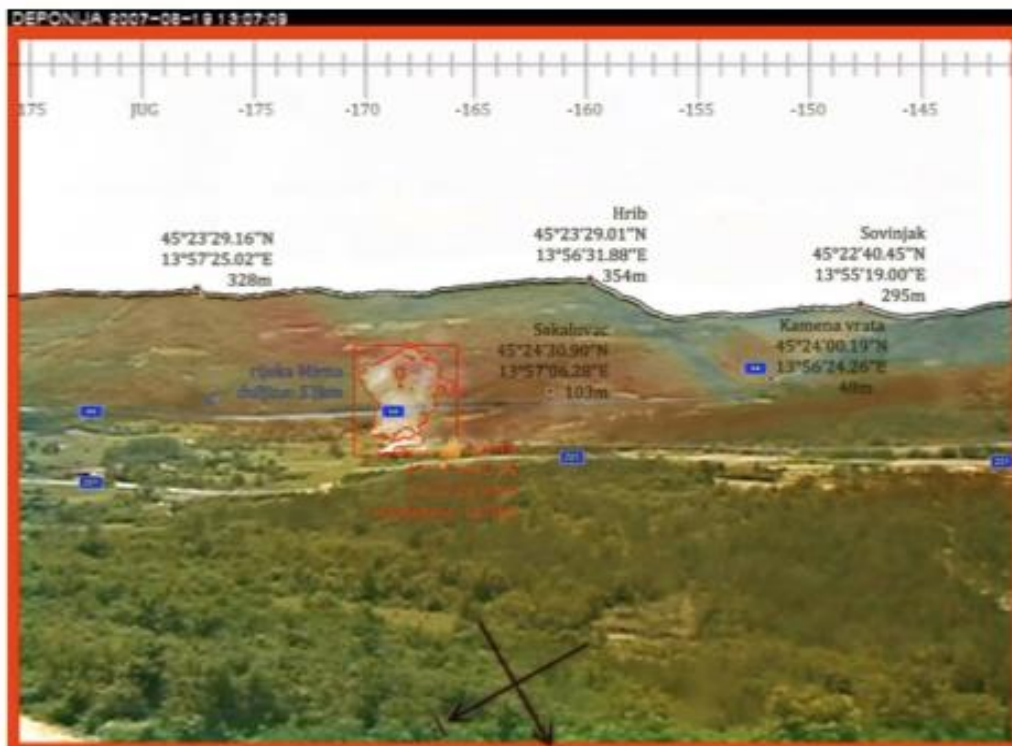
a nakon izbijanja požara simulira se budući razvoj požara. Proračuni i simulacije se temelje na meteorološkim podacima, karakteristikama terena i vegetacije, ali i na sociološkim utjecajnim faktorima [4].

IPNAS je integralni zbog toga što se temelji na tri tipa podataka, a to su video informacije, meteorološki podaci i geografski informacijski sustav. Digitalni video signal se koristi i u ručnom i u automatskom režimu rada sustava. U automatskom režimu rada iz video signala se izvlače pojedinačne slike na kojima se traže karakteristike požara otvorenog prostora, dok u ručnom režimu rada video signal služi za potrebe daljinske video prisutnosti i daljinskog video nadzora promatranog područja [12]. Meteorološki podaci se koriste u post-procesoru sustava za eliminaciju lažnih alarma i za proračun indeksa opasnosti od šumskog požara za vrijeme pred-požarne, nadzorne faze ili za predviđanje putanje širenja požara za vrijeme požarne faze [4].

Geografski informacijski sustav (GIS) sadrži zemljopisne i ostale informacije važne za požare otvorenog prostora kao što su vegetacijske karakteristike, arhivirani meteorološki podaci i slično. IPNAS je inteligentan zato što je temeljen na tehnologijama umjetne i računalne inteligencije kao što su primjerice agentska arhitektura, napredni postupci digitalne obrade, analize i razumijevanja slika, zatim napredni postupci za smanjenje lažnih detekcija te proširena stvarnost.

Programska struktura sustava temelji na agentskoj arhitekturi, a inteligentni programski agenti obavljaju sve poslove vezane uz dohvat slika i meteoroloških podataka, njihovu sadržajnu provjeru, obradu i analizu, te generiranje alarma [12]. U automatskom režimu rada koriste se napredni i inteligentni postupci digitalne obrade, analize i razumijevanja slike. U svrhu smanjenja lažnih detekcija koriste se napredni postupci provjere temeljeni na logičkoj fuziji informacija i produkcijskom ekspertnom sustavu. Proširena stvarnost se temelji na tome da je cijeli sustav geo-referenciran, pa se u modulu javlja živa video slika koja integrira i unapređuje GIS informacijama i rezultatima simulacije (slika 10).

IPNAS je modularno i hardverski i softverski. Hardverska modularnost omogućava mu lako dodavanje novih motrilačkih lokacija i postavnih pozicija kamere, dok softverska modularnost ovom sustavu omogućava lako dodavanje potpuno novih funkcionalnosti [12].

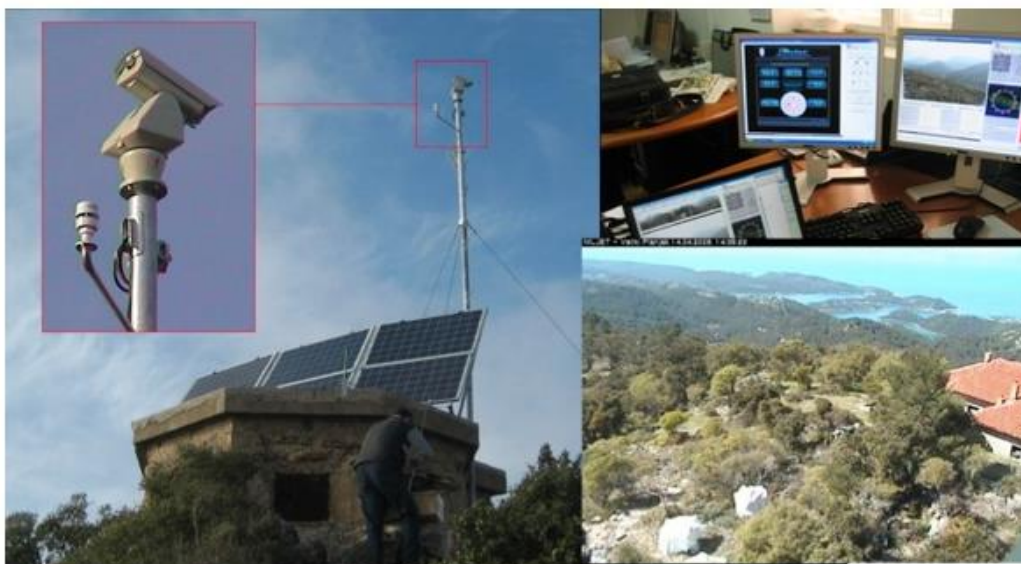


Sl. 10. Primjer proširene stvarnosti kod protupožarnih video nadzornih sustava [12]

Tijekom eksperimentalnog perioda sustava IPNAS operativna baza sustava je bila u Vatrogasnom operativnom središtu DUZIS-a u Divuljama. Nakon perioda testiranja, uvažavajući primjedbe vatrogasnih operativaca koji su ga koristili, unesene su brojna unapređenja, primjerice uveden je ručni rad upravljanja kamerom maksimalno prilagođen korisniku kojeg u početnoj verziji sustava nije bilo. Vatrogasni operativci su naglašavali da im je podjednako važna i automatska detekcija i mogućnost daljinske video prisutnosti na mjestu požarišta. Od 2006. godine kreće komercijalna ugradnja sustava IPNAS u Nacionalne parkove i Parkove prirode Republike Hrvatske (slika 11).

Od 2008. godine krenulo se u razvoj kooperativnog protupožarnog nadzornog sustava temeljenog na mreži motrilačkih jedinica koje se međusobno nadopunjavaju tako da su posebno ugrožena područja vidljiva od strane više motrilačkih jedinica i operativnih centara međusobno povezanih u virtualnu mrežu. Unapređenje sustava se sastoji u tome da operater samo klikne na lokaciju na karti koju želi vidjeti na ekranu, sustav proračuna sa kojih motrilačkih lokacija je ta točka vidljiva koristeći napredne GIS analize, te

automatski okreće samo te kamere prema mjestu na koje je kliknuto i podiže u posebnom prozoru video signal sa tih motrilačkih jedinica [12].



Sl. 11. Motrilački sustav u sklopu NP Mljet [12]

Jedan od razloga zašto se u većini zemalja protupožarni nadzorni i motrilački sustavi temelje na vlastitom razvoju je i taj što takvi sustavi zahtijevaju permanentna unapređivanja i nadogradnje. Znanja i tehnologije u području informacijsko-komunikacijskih i računalnih znanosti iz dana u dan napreduju, pa je stalni razvoj ovakvih sustava nužan. Primjena mreže naprednih video motrilačkih jedinica nije samo u požarnim aktivnostima, već zbog mogućnosti napredne daljinske video tehnologije ovi sustavi mogu biti od izuzetno korisni i u svim drugim izvanrednim i katastrofalnim situacijama, posebno pri traganju i spašavanju. Izgradnja ovakvog sustava danas nije niti financijski značajna stavka, pa bi ulaganje u ovakve sustave, kojima se znatno može smanjiti požarna šteta diljem Republike Hrvatske bilo opravdano i korisno.

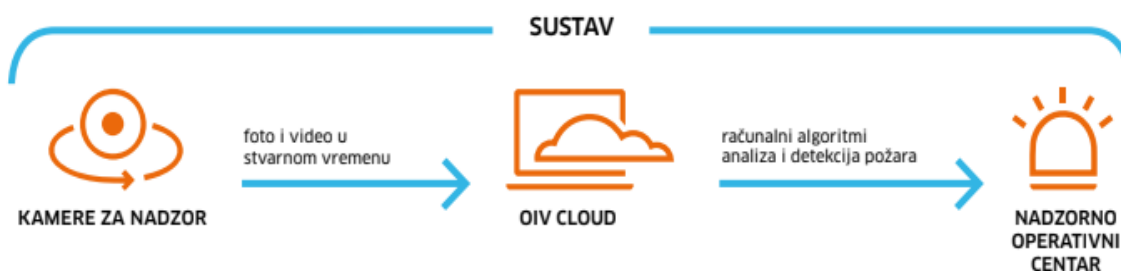
6. INTELIGENTNI SUSTAVI ZA RANU DETEKCIJU POŽARA

Inteligentni komunikacijski sustav za video nadzor udaljenih lokacija i otkrivanja požara otvorenih prostora u stvarnom vremenu pod nazivom „OIV Fire Detect AI“ namijenjen je svim službama čija je svrha i cilj zaštita šumskih površina i spašavanje osoba i imovine.

Sustav se sastoji od tri cjeline, a to su:

- video kamere na antenskim stupovima,
- OIV cloud podatkovnog centra i aplikacija,
- nadzorno-operativnog centra [8].

Kombinacija napredne tehnologije i stručnosti OIV omogućuje ranu detekciju i daljinski nadzor više požara istovremeno na nepristupačnim lokacijama 24 sata na dan. Na slici 12 prikazana je shema rada OIV Fire Detect AI sustava.



Sl. 12. Shema rada „OIV Fire Detect AI“ sustava [13]

Kamere u automatskom načinu rada uz pomoć naprednog *AI-powered algoritma* nadziru teren. Ranu detekciju požara omogućuju *AI-powered algoritmi* koji analiziraju video stream, dok se podaci o stvarnim požarima koriste za rad na poboljšanjima algoritama za buduće detekcije. Operateri mogu dodatno provjeriti označene situacije [13]. Sve što vide operateri u NOC-evima, vide također i vatrogasni zapovjednici na terenu na zaslonu mobitela. Nakon što softver detektira požar, automatski se aktivira alarm s točnom lokacijom požara. Mogućnost simulacije širenja fronte požara i slanje rezultata simulacije ekipama na terenu. Potvrda alarma znači da su se operateri uvjerali da je algoritam detektirao stvarni požar, nakon potvrde alarma djelatnik centra za alarmiranje

obavještava službe za hitne intervencije [13]. Ručno upravljanje kamerama za vrijeme gašenja požara vatrogascima omogućuje uvid u stanje na terenu.

U tablici 3 prikazane su ključne funkcije i prednosti inteligentnih sustava za ranu detekciju požara.

Tab. 3. Ključne funkcije i prednosti inteligentnih sustava za ranu detekciju požara [14]

| KLJUČNE FUNKCIJE | PREDNOSTI |
|-------------------------------------|---|
| PANORAMSKE FULL HD VIDEO KAMERE | Pokrivaju 360° nadziranog područja i prepoznaju elemente požara u stvarnom vremenu |
| AUTOMATSKI I RUČNI NAČIN RADA | U automatskom načinu rada može se detektirati požar na udaljenosti do 10km, a u ručnom načinu rada na udaljenosti do 25km |
| ANTENSKI STUPOVI | Na svaki stup na povišenim lokacijama nalaze se po dvije kamere |
| AI SOFTWARE ZA DETEKCIJU POŽARA | Automatskom analizom slike otkriva požar što omogućuje ranu detekciju i brzu reakciju |
| DETEKCIJA POŽARA 24/7 | Sustav automatski detektira dim i vatru danju i noću |
| EFIKASNI NADZORNO OPERATIVNI CENTAR | Visoka pouzdanost sustava zbog redundancije i kontinuiranog neprekidnog rada (operater nadzire do 100.000 ha površine) |
| OIV KNOW-HOW | Iskustvo u komunikacijama izvan urbanih središta |
| STABILAN RAD CIJELOG SUSTAVA | Kamera, prijenosne mreže, DC napajanja, server, pohrana i otklanjanje smetnji bez izlaska na teren |

Implementacijom sustava „OIV Fire Detect AI“ značajno se povećava sigurnost i zaštita

ljudskih žrtava, imovine i šuma, čime se omogućuje smanjenje broja požara širih razmjera, smanjenje opožarenih površina i troškova sanacije te smanjenje troškova vatrogasnih intervencija [4].

7. STRIBOR

Nema zemlje u kojoj nema barem povremenih požara na otvorenom prostoru, posebice u šumama, a koji uzrokuju materijalnu štetu i ugrožavaju živote. Prevencija šumskih požara te rana i brza reakcija mjere su za smanjenje šteta koje provode gospodaritelji šuma. Navedeno omogućuje STRIBOR sustav koji je prepoznat kao koristan alat za prevenciju štete i rano otkrivanje požara u otvorenom prostoru.

STRIBOR je suvremeni inteligentni sustav za videonadzor i nadzor šumskih požara (kasnije nazvan OiV Fire Detect AI) koji je od velike pomoći u djelatnosti vatrogastva u svrhu prevencije požara otvorenog prostora. Programski sustav STRIBOR razvila je skupina znanstvenika sa Sveučilišta u Splitu. STRIBOR je video-sustav je posebno prilagođen projektu protupožarnog video motrenja s velikim brojem kamera.

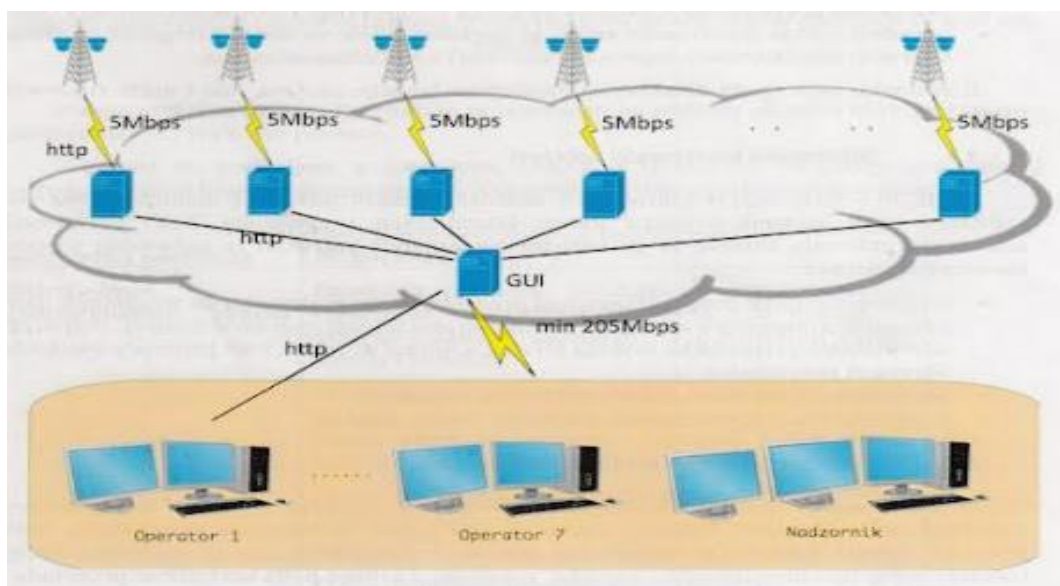
Osnovna koncepcija video-sustava STRIBOR je klijentsko-poslužiteljske arhitekture web tipa, što znači da se svi postupci odvijaju na poslužitelju, a klijent svim dijelovima sustava pristupa preko web poslužitelja koristeći standardni web preglednik [15]. Video-sustav se sastoji od aplikacije prilagođene tzv. motrilačkom nadzornom centru, u kojeg se dovodi signal s kamera raspoređenih na odabranim lokacijama. Način rada sustava te primjena istog će biti detaljnije opasano u dalnjem tekstu rada.

Inženjeri i tehničari STRIBOR sustava pokazali su se vještima za planiranje, projektiranje i instalaciju infrastrukture sustava što uključuje montažu kamera, sigurnu telekomunikacijsku mrežu, instalaciju i održavanje podatkovnog centra. Podatkovni centar čini mreža s niskom potrošnjom energije za dugotrajnu komunikaciju pri niskim brzinama, bežično povezivanje na regionalnoj i nacionalnoj razini te osigurava rad senzora na bateriju do 10 godina, a podržava dvosmjernu komunikaciju za stalni pristup uređajima.

7.1. Princip funkcioniranja STRIBOR sustava

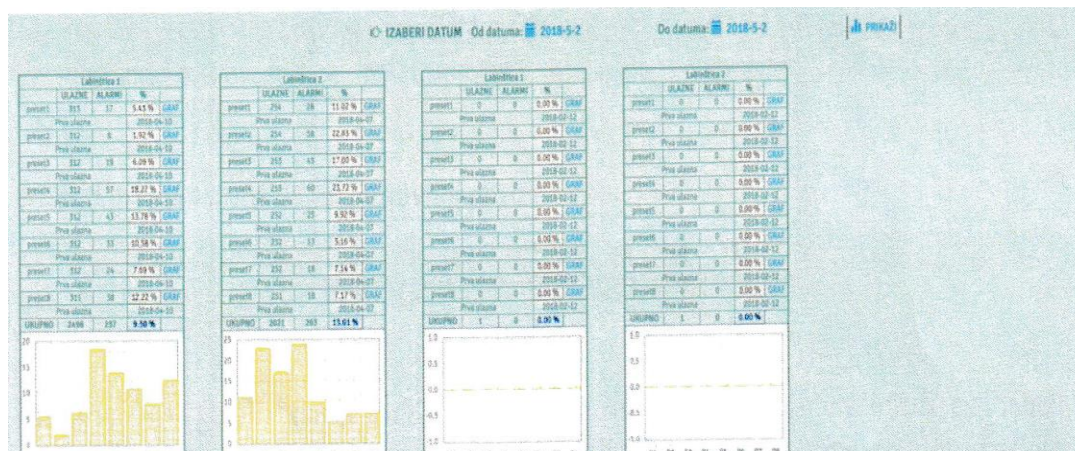
STRIBOR sustav vrši kontinuirani nadzor otvorenog prostora, a zadatak mu je da nadzire i detektira svaku pojavu požara i dima na otvorenom prostoru kad se nalazi u opciji nadzora, a zatim informacije o jačini i širenju požara te pojavi dima daje zapovjednicima. STRIBOR sustav se sastoji od modernih i inovativnih inteligentnih algoritama za detekciju šumskih požara, integracije s geografskim informacijskim sustavom, podrške analize podataka za donošenje odluka, distribuirane skalabilne arhitekture koja osigurava izolaciju i konkurentnost svih dijelova te integraciju svih informacija u web korisničko sučelje [16]. Blok shema STRIBOR sustava prikazana je na slici 13.

Programski dio sustava STRIBOR sastoji se od podsustava za automatski rad uz prepoznavanje pojave dima otvorenog područja, podsustava za ručno upravljanje motrilačkim kamerama i podsustava za pohranu i pretraživanje pohranjenih snimaka [15].



Sl. 13. Blok shema STRIBOR sustava [15]

Svaki se događaj sustava STRIBOR bilježi i čuva sedam dana u arhivi. Razlikuje se arhiva sa svih lokacija (slika 14), arhiva jedne kamere i pretraživanje arhive kamere uz mogućnost preuzimanja arhive i ulaznih slika [15]. Snimke se ciklički brišu na način da se na mjesto najstarijih snimaka upisuju nove.

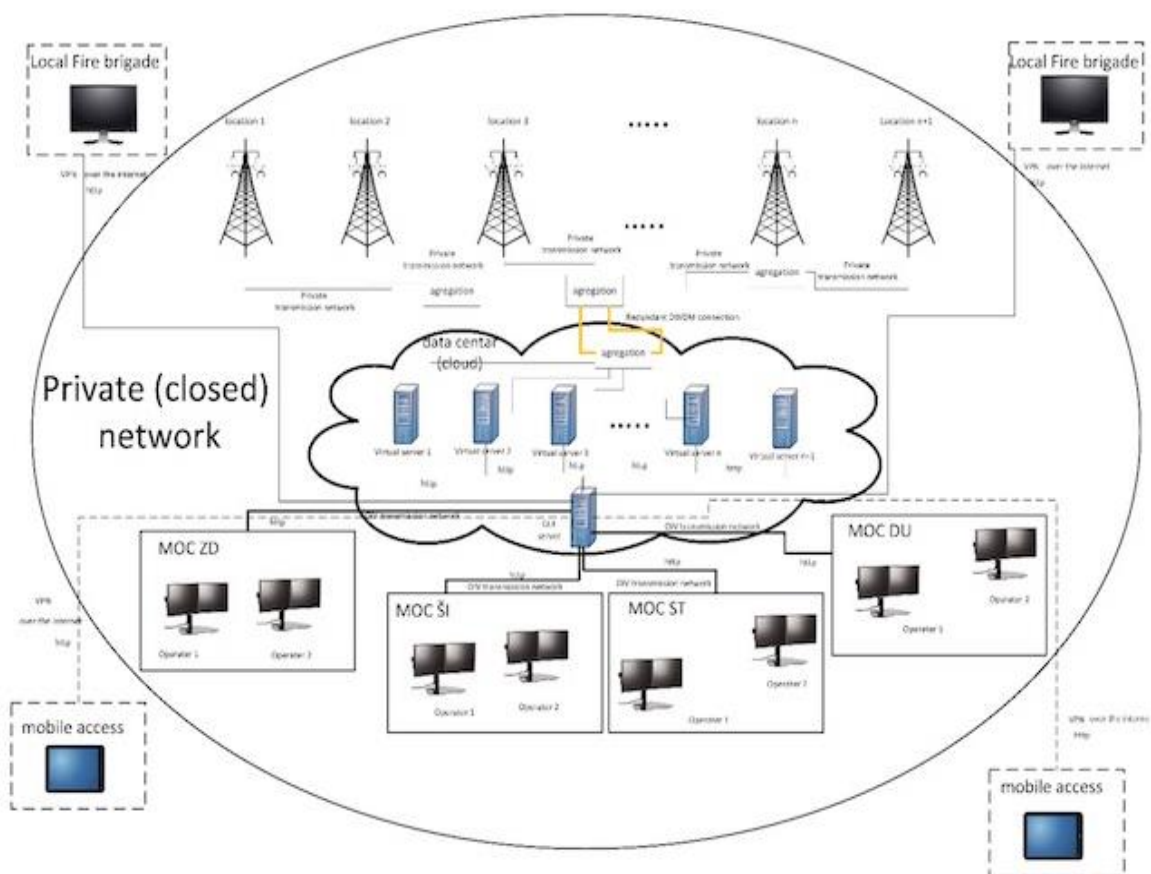


Sl. 14. Prikaz arhive sa svih lokacija [15]

STRIBOR sustav sačinjavaju tri cjeline, a to su video kamere na antenskim stupovima, OIV cloud podatkovni centar i aplikacija te nadzorni operativni centar. Spoj napredne tehnologije i stručnosti OIV-a omogućuje ranu detekciju i daljinski nadzor više požara istovremeno na nepristupačnim lokacijama 24 sata dnevno. Video senzor se smješta na područje koje bi inače bilo teško dostupno te daje video informacije o stanju nadziranog prostora. Slika 15 prikazuje bazičnu strukturu sustava STRIBOR.

Fire Detect aplikacija omogućava prikaz trenutnih video snimaka sa svih kamera u digitalnom M-JPEG ili MPEG-4 formatu, zatim pohranjuje pojedinačne video snimke u digitalnom formatu (JPEG) do maksimalno 10.000 slika po svakoj postavljenoj poziciji u pred-definiranim vremenskim razmacima, pregledava arhivske video snimke po datumu i vremenu, automatski detektira požar otvorenog prostora na temelju prepoznavanja pojave dima po danu, odnosno pojave vatre po noći u pred-definiranim postavljenim pozicijama kamere kojih ima osam čime je pokriven cijeli vidokrug kamere, upozorava operatera zvukom i svjetlećom ikonom alarma kojeg operater može poništiti ili potvrditi, pohranjuje sve detektirane moguće požarne alarme s podacima o datumu, satu, tko ga je potvrdio/poništiio, kada ga je potvrdio ili poništio, zatim omogućuje daljinsko ručno upravljanje upravljivom pokretnom motrilačkom video kamerom po azimutu, elevaciji i zumiranju, također omogućuje daljinsko ručno postavljanje pokretne video kamere u pred-definirane pozicije u kojima se provodi automatska detekcija pojave dima i vatre u 8 postavljenih pozicija, omogućuje i daljinsko upravljanje okretanjem kamere preko panoramskog prikaza vidokruga kamere po azimutu i elevaciji uz mogućnost

pregledavanja arhivskih video snimaka i požarnih alarma po datumu i satu [16]. Sustav također omogućuje aktiviranje programa za simulaciju mogućeg širenja požara STRIBOR PROPAGATOR te ima ugrađeni sustav autorizacije kojim se korisnici dijele na četiri kategorije s različitim ovlastima [15].



Slika 15. Bazična struktura STRIBOR sustava [16]

Senzori sustava STRIBOR se nalaze na postojećoj komunikacijskoj infrastrukturi što jamči dobru pokrivenost područja te osigurava postojanje električne energije i komunikacije i za video kamere (slika 16). Obrada video signala odvija se u podatkovnom centru te se dobiveni signal kontinuirano prenosi do nadležnog vatrogasnog operativnog centra, a po potrebi i do drugih ovlaštenih dionika koji im daju video informacije s terena [16].



Sl. 16. Nadzorna video kamera STRIBOR sustava [16]

Postavljeno je preko 90 kamera na telekomunikacijske stupove [16]. Visokorezolucijske kamere imaju mogućnost rada u vidljivom dijelu spektra (dnevni mod) i bliskom infracrvenom području (noćni mod), pri čemu je prijelaz iz dnevnog u noćni mod i obrnuto, automatski. Pored navedenog, uz precizno upravljanje i veliku mogućnost uvećanja (zoom do 32x), navedene kamere osiguravaju jednako dobru vidljivost u dnevnom te noćnom režimu rada u kojem automatski prelazak u blisko infracrveno područje dodatno poboljšava vidljivost u odnosu na obične kamere ili motritelja na lokaciji [16].

Kako bi se omogućilo nesmetano pristupanje STRIBOR sustavu te se osigurala upotreba bez smetnji potrebno je zadovoljiti sljedeće hardverske zahtjeve:

- korištenje standardnog internetskog preglednika, uz napomenu da preglednik mora omogućiti automatsko otvaranje skočnih prozora (engl. pop-up windows), a preporučuje se korištenje preglednika Mozilla Firefox, Chrome ili Safari, dok se ne preporuča se korištenje Microsoft Edge preglednika,
- minimalna brzina internetske veze 2 MBps po kameri,
- korištenje dva Full HD zaslona rezolucije 1920x1080px [15].

Korisnici sustava organizirani su u Nadzorno-operativne centre (NOC) (slika 17). Prijava u sustav STRIBOR moguća je isključivo za ovlaštene korisnike koji posjeduju unaprijed zadan identitet, a ista se odvija putem internetskog preglednika.



Sl. 17. Nadzorno - operativni centar [16]

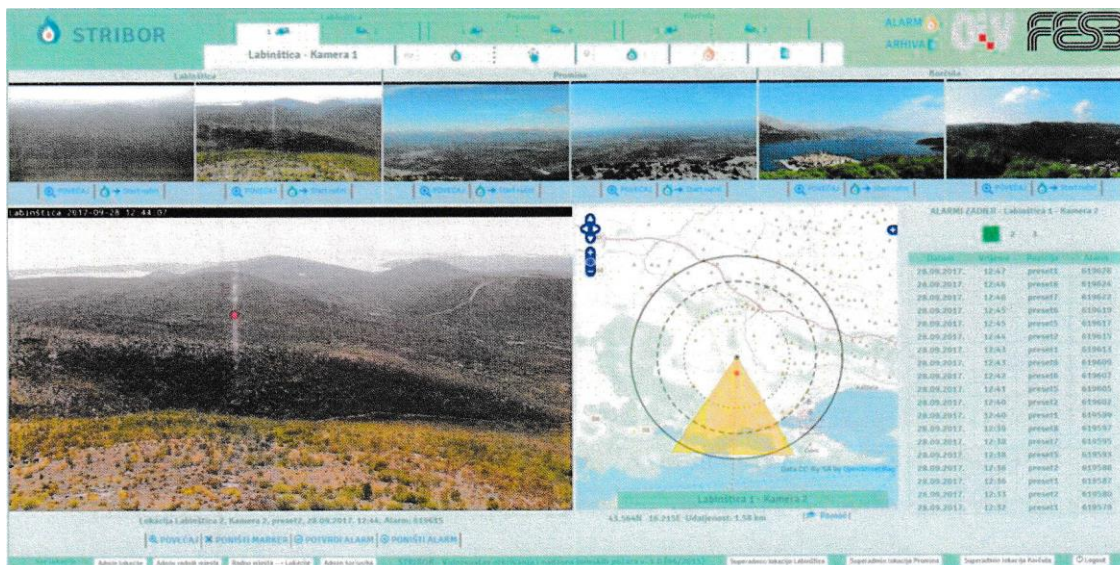
Identitet korisnika čine individualna identifikacija svakog pojedinog korisnika kojem je dodijeljena jedinstvena zaporke, a unosom te zaporke u zadana polja korisnik se prijavljuje u sustav STRIBOR. Po izvršenju unosa zaporke u sustav STRIBOR korisnika se preusmjerava na početnu stranicu sustava. Na slici 18 prikazan je zaslon za prijavu u sustavu STRIBOR.



Sl. 18. Izgled zaslona za prijavu u STRIBOR sustav [15]

Nakon uspješne prijave korisnika se preusmjerava na početnu stranicu sustava koja

se u pregledniku otvara u dva prozora. Korisnici su podijeljeni u kategorije, koje im uvjetuju pristup određenoj razini funkcionalnosti sustava što ovisi o autorizaciji koji isti ima. Nakon izvršene prijave na sučelju se otvaraju osnovni ekrani koji prikazuju kamere na lokacijama na radnom mjestu korisnika. Na svakom od ekrana otvore se minimalno tri lokacije, svaka s dvije kamere [15]. Sučelje je logički podijeljeno u četiri cjeline, koje korisniku omogućavaju brz i jednostavan rad te nadzor nad sustavom (slika 19).



Sl. 19. Sučelje STRIBOR sustava [15]

Navedene cjeline koje korisniku omogućuju brz i jednostavan rad te nadzor nad sustavom su navigacija, prikaz kamere na lokacijama, detaljan prikaz trenutno odabranih opcija na lokaciji te administracija [15]. Konačnu odluku o pokretanju alarmiranja nadležne vatrogasne postrojbe donosi operater pregledom označenih dijelova slike. Video zid reproducira video uživo s naglašenim sumnjivim dijelovima slike na koje je potrebno obratiti pozornost. U svrhu bolje analize pozicije označenog dijela slike, sustav omogućava uvećanje i odabira slojeva za prikaz na georeferenciranoj karti [16].

Operateri rade na nekoliko lokacija, do maksimalno šest lokacija, pri čemu svi operateri istovremeno rade na računalu s dva zaslona. Operateri su odgovorni za alarmiranje vatrogasne brigade u slučaju požarnog alarma i kontrolu kamere na mjestu požara. Kamere u automatskom načinu rada uz pomoć naprednog algoritma nadziru teren, a automatsku ranu detekciju šumskog požara omogućuju napredni postupci analize

podataka. Podaci o stvarnim požarima koriste se za rad na poboljšanjima algoritama umjetne inteligencije [15]. Ako se kamera prebacuje u ručni način rada, znači da operateri rade dodatne provjere. Sve što vide operateri u NOC-u, ali i vatrogasni zapovjednici na terenu na zaslonu mobitela.

Nakon što softver detektira požar, automatski se aktivira radijska komunikacijska mreža CRONECT [16]. Postoji mogućnost simulacije širenja fronte požara i slanje rezultata simulacije ekipama na terenu, a potvrda alarma znači da su se operateri uvjerali da je algoritam detektirao stvarni požar. Alarmima je moguće pristupiti na nekoliko načina. Prethodno je navedeno kako se prilikom prijave u sustav otvaraju prozori u kojima je prikazan zadnji aktivni alarm, a isti podaci se učitavaju i klikom na dugme alarm u navigaciji.

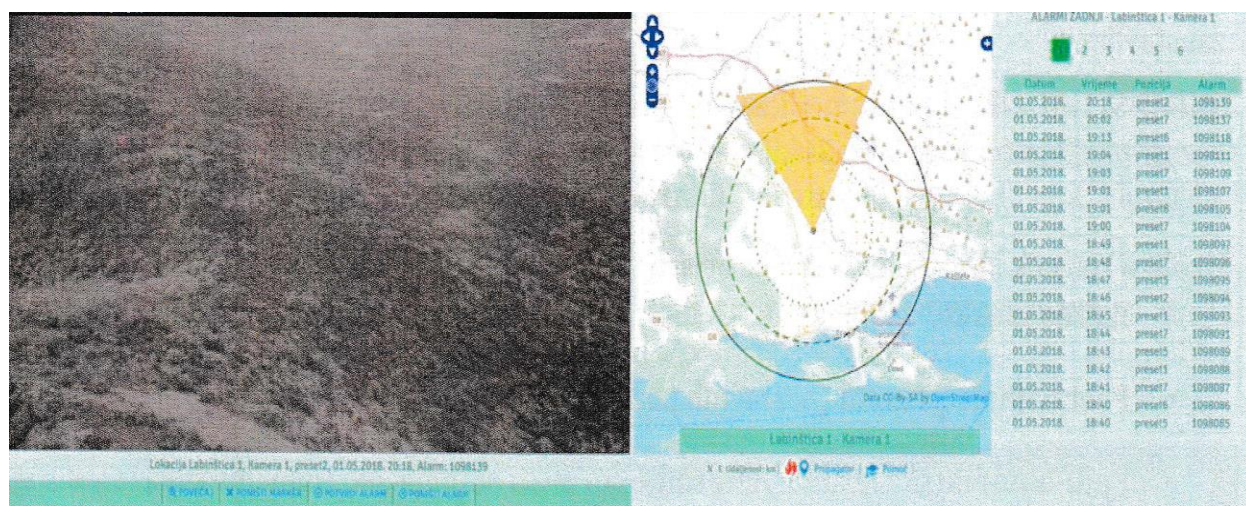
Nakon što se potvrdi alarm, djelatnik centra za alarmiranje obavještava službe za hitneintervencije. Ova opcija se zove zadnji alarm sa svih lokacija i razlikuje se od pregleda alarma za pojedinu kameru. Ako korisnik želi pregledati alarme za određenu kameru na lokaciji, podacima se može pristupiti putem ikone plamena u izborniku kamere (slika 20). Kada dođe do detekcije mogućeg požara ikona alarm u navigaciji će mijenjati boju iz crvene u bijelu, a sustav će se i zvučno oglasiti ako je uključena opcija zvučne signalizacije. Zvučni signal se može uključiti i isključiti za svaku kameru. Ručno upravljanje kamerama za vrijeme gašenja požara vatrogascima omogućuje uvid u stanje na terenu.



Sl. 20. Ikona alarma [15]

Zaslon za prikaz alarma se sastoji od tri dijela, a to su prikaz slike alarma s opcijama upravljanja alarmom, kartografski prikaz postavne pozicije na kojoj je alarm detektiran te lista zadnjih alarma (slika 21).

Video-sustav je podešen na način da se detekcija vrši automatski kada su kamere u automatskom načinu rada. Sve se snimke alarma čuvaju tijekom trajanja sezone.



Sl. 21. Zaslom prikaza alarma [15]

Postoje dvije faze prije podizanja alarma, a to su identifikacija mogućeg požara, te detekcija požara na identificiranom području [15]. Opisana nadzorna te detektorska infrastruktura pokriva gotovo cijeli teritorij Republike Hrvatske, a kamere su uglavnom postavljene na lokacijama koje imaju najbolju optičku vidljivost najugroženijih područja. Implementacijom ovog sustava značajno se povećava sigurnost i zaštita ljudskih života, imovine te šuma, čime se omogućuje smanjenje broja požara širih razmjera, smanjenje opožarenih površina i troškova sanacije te u konačnici i smanjenje troškova vatrogasnih intervencija.

7.1.1. Automatski način rada

Karakteristike automatskog načina rada sustava STRIBOR su:

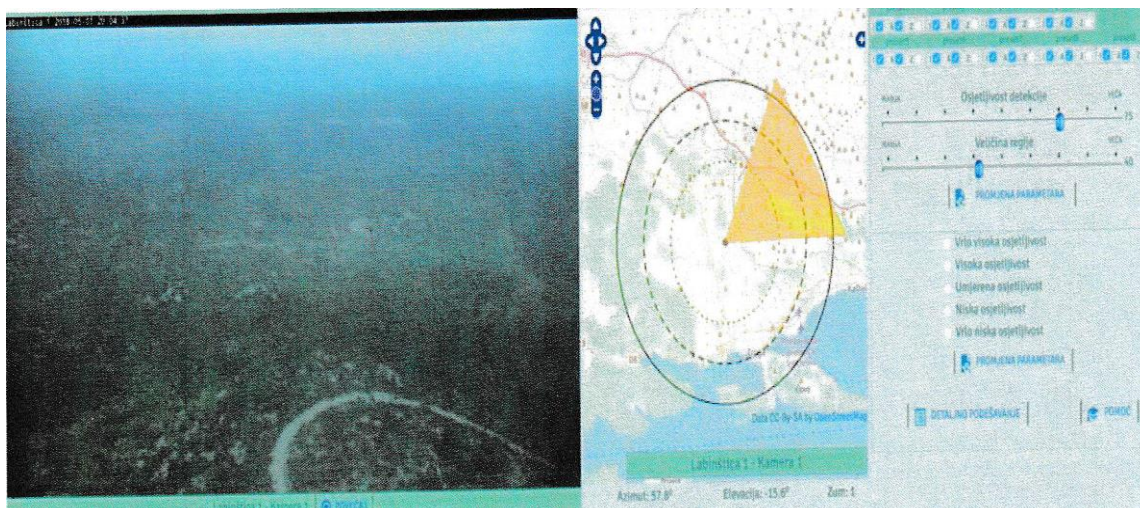
- automatska detekcija požara otvorenog prostora na temelju prepoznavanja pojave dima po danu, odnosno pojave vatre po noći u predefiniranim postavnim pozicijama kamere uz davanje svjetlosnog i zvučnog signala,

- pristup trenutnim video snimkama sa svih kamera u standardnom digitalnom formatu (M-JPEG) s bilo koje lokacije spojene na Internet uz ograničeni pristup autorizacijom,
- digitalni kartografski prikaz lokacija motrilačkih kamera uz prikaz trenutnog položaja (azimuta) i vidnog polja kamere u stvarnom trenutku, ako kamere podržavaju slanje informacija o svom trenutnom azimutu, elevaciji i zumu,
- pohrana pojedinačnih ulaznih video slika za pojedine ulazne video sekvence pri radu u modu automatske detekcije za minimalno posljednjih 168 sati,
- mogućnost prelaska u alternativni ručni mod rada radi detaljnijeg pregleda područja od interesa [15].

Zaslona automatskog načina rada sastoji se od (slika 24):

- prikaza trenutne slike kamere,
- kartografskog prikaza s animacijom vidnog polja kamere,
- dijela za promjenu parametara automatskog rada.

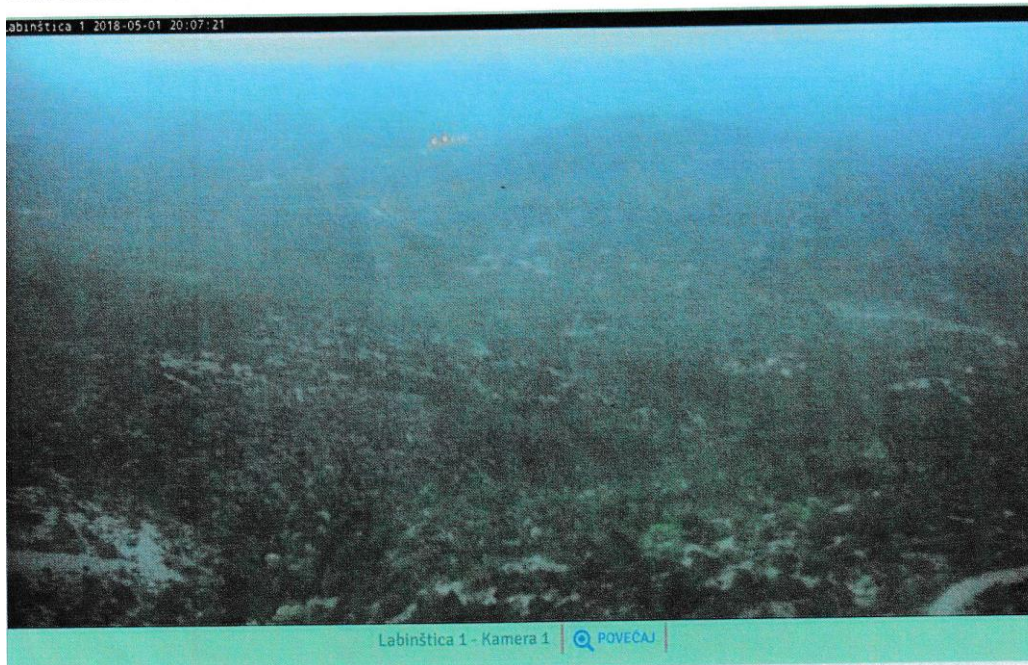
U prvom dijelu zaslona nalazi se prikaz trenutne slike kamere (slika 22).



Sl. 22. Zaslona automatskog načina rada [15]

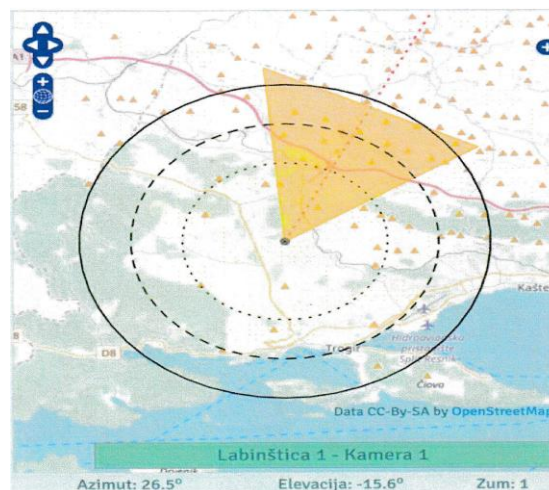
Srednji dio zaslona prikazuje kartografski prikaz s animacijom vidnog polja kamere.

Ispisuju se i podaci o trenutnom azimutu, elevaciji i zumu kamere (slika 23).



Sl. 23. Prikaz trenutne slike kamere [15]

Na zadnjem dijelu zaslona nalazi se izbornik za promjenu parametara automatskog rada (slika 24).

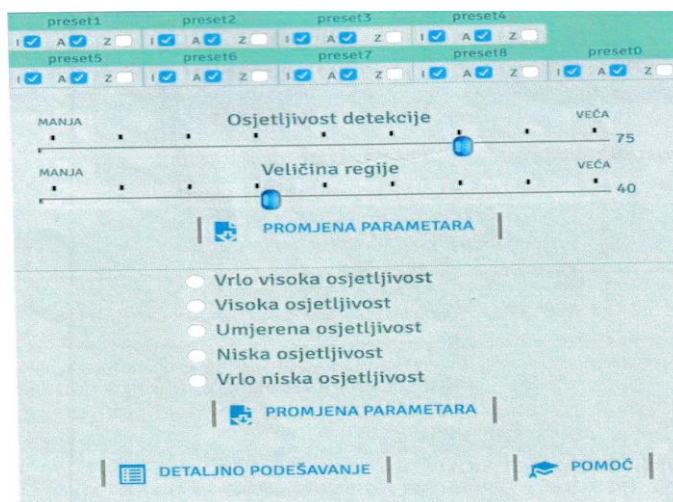


Sl. 24. Kartografski prikaz s animacijom vidnog polja kamere [15]

Namijenjen je brzom podešavanju opcija, a detaljnom podešavanju opcija se može pristupiti izborom dugmeta „detaljno podešavanje“, smještenog pri dnu izbornika [15].

U gornjem dijelu izbornika nalaze se opcije vezane uz postavne pozicije koje mogu biti uključene ili isključene, a to su:

- I – izbor - označava da će promjenom parametara biti promijenjeni parametri označene postavne pozicije,
- A – aktivna - označava koje su postavne pozicije trenutno aktivne,
- Z – zvuk - označava da li pri detekciji novog alarma aktivirati i zvučni signal [15].

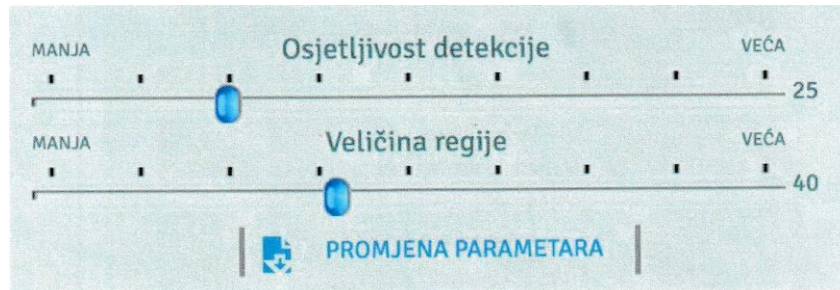


Sl. 25. Dio za promjenu parametara automatskog načina rada [15]

Promjenu parametara detekcije moguće je provoditi odabirom vrijednosti dva klizača te odabirom pre-definiranih vrijednosti [15]. Na klizačima se biraju dva parametra detekcije (slika 26):

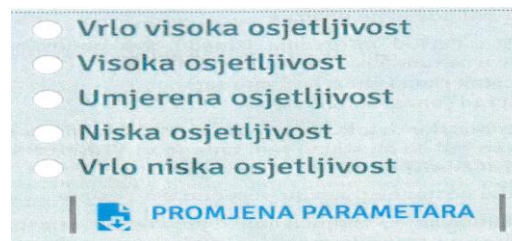
1. osjetljivost detekcije – združeni je parametar koji mijenja osjetljivost algoritma detekcije. Relativne vrijednosti su od 0 (niska osjetljivost) do 100 (visoka osjetljivost). Vrijednost ovog parametra za umjerenu osjetljivost je 50. Što je broj veći to će algoritam reagirati i na male promjene koje podsjećaju na dim, tako da neće biti propušten i najmanji dim, a posljedično će biti povećan i broj lažnih detekcija.
2. Veličina regije – minimalna veličina regije u kojoj je detektiran dim za koju se daje alarm. Veličina regije je u relativnim vrijednostima od 0 do 100 pri čemu 0 odgovara

minimalnoj površini kod koje se promjena može detektirati. Premala regija daje veći broj lažnih detekcija [15].



Sl. 26. Klizači za promjenu parametara [15]

Učitavanje unaprijed pohranjena konfiguracija sustava vrši se odabirom jedne od ponuđenih opcija (slika 27).



Sl. 27. Unaprijed pohranjeni parametri sustava [15]

Pet je unaprijed pohranjenih parametara sustava koji omogućuju učitavanje konfiguracije sustava.

7.1.2. Ručni način rada

U sustavu STRIBOR se izbornik ručnog rada aktivira klikom na opciju (slika 28).

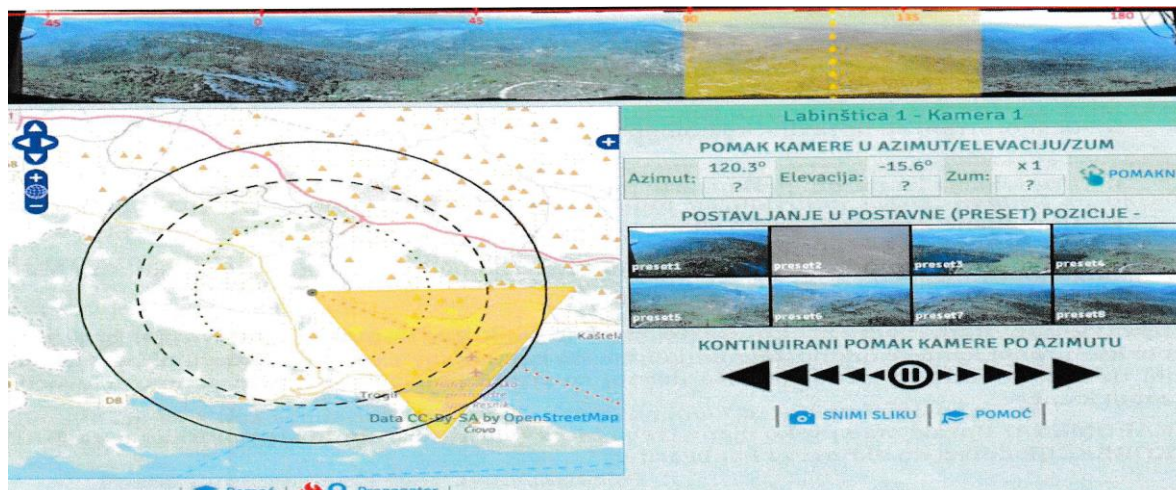


Sl. 28. Ikona ručnog načina rada [15]

Ekran koji služi za ručno upravljanje kamerom i podešavanje nekih od parametara rada sustava sastoji se od dvije cjeline (slika 29). U lijevom dijelu je video signal s lokacije isti

kao i u automatskom modu rada, dok su u desnom djelu komande za ručno upravljanje kamerom. Na desnoj strani su upravljačke komande podijeljene u tri grupe:

1. Upravljanje kamerom preko karte područja koju kamera pokriva,
2. Upravljanje kamerom preko slike panorame,
3. Upravljanje kamerom preko apsolutnih pomaka, te aktiviranje kontinuiranog pomicanja kamere.

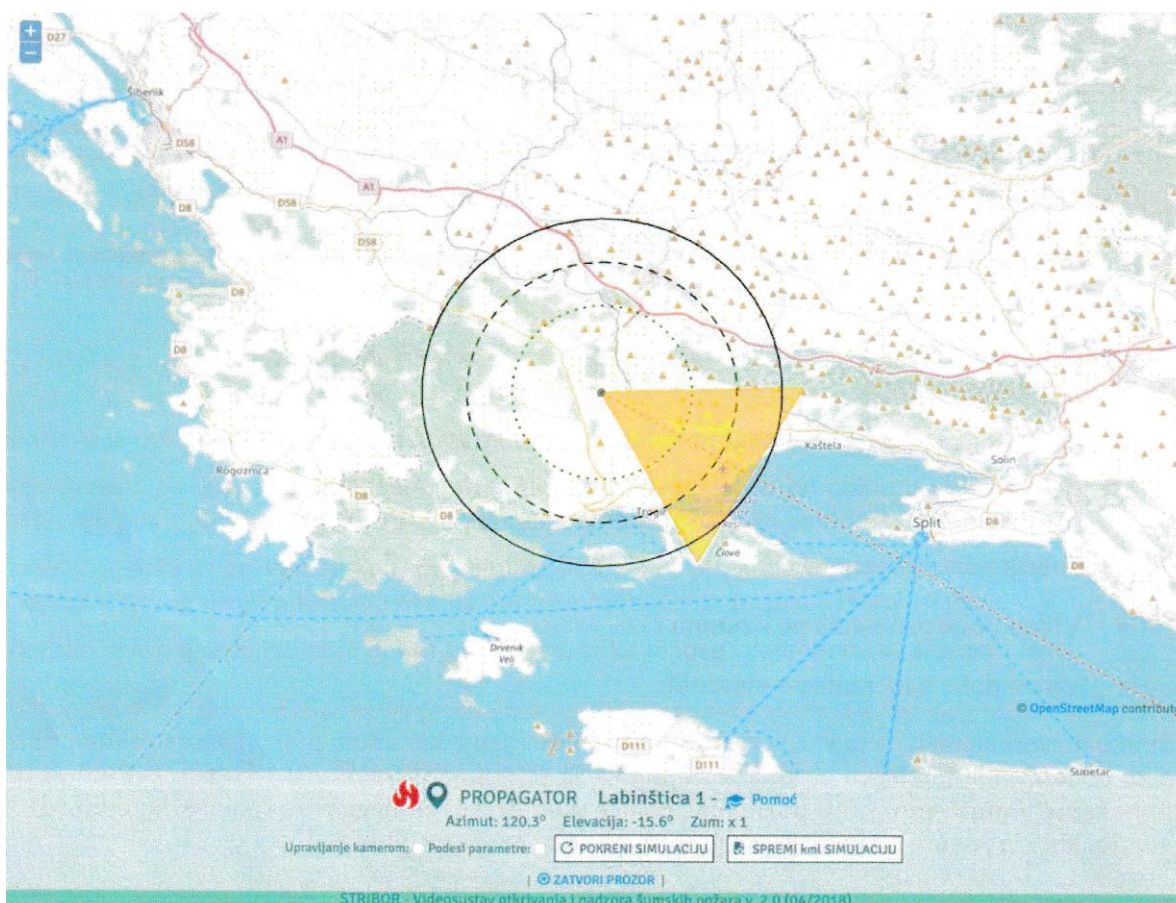


Sl. 29. Zaslón ručnog načina rada [15]

Upravljanje kamerom posredstvom karte područja koju kamera pokriva je vrlo brzi način pozicioniranja kamere. Jednostavnim klikom na kartu, kamera se okreće po azimutu tako da joj to mjesto bude na uzdužnici. Na desnoj se strani pokazuje trenutni azimut, elevacija i zum kamere [15]. Dostupne opcije razlikuju se ovisno o tome je li korisnik sustava registriran kao operater ili administrator.

8. STRIBOR PROPAGATOR

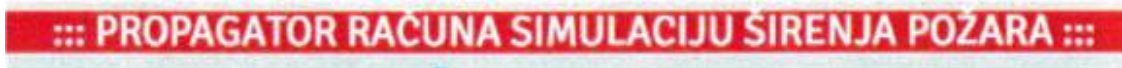
Aplikacija sustava „OIV Fire Detect” ima i mogućnost simuliranja širenja požara u stvarnom vremenu (propagator), kako bi sve relevantne službe bile spremne za akciju i time preduhitrile širenje požara. Propagator je simulator širenja požara koji predviđa gdje bi mogla biti požarna fronta za nekoliko sljedećih sati. Propagator se temelji na polu-empirijskom matematičkom modelu širenja požara (Rothemelov model) i celularnim automatima [4]. Moguće širenje požara računa na temelju trenutnih meteoroloških podataka, mapa vegetacija i konfiguracije terena. Na slici 30 prikazan je zaslon STRIBOR propagatora.



Sl. 30. Prikaz zaslona STRIBOR propagatora [15]

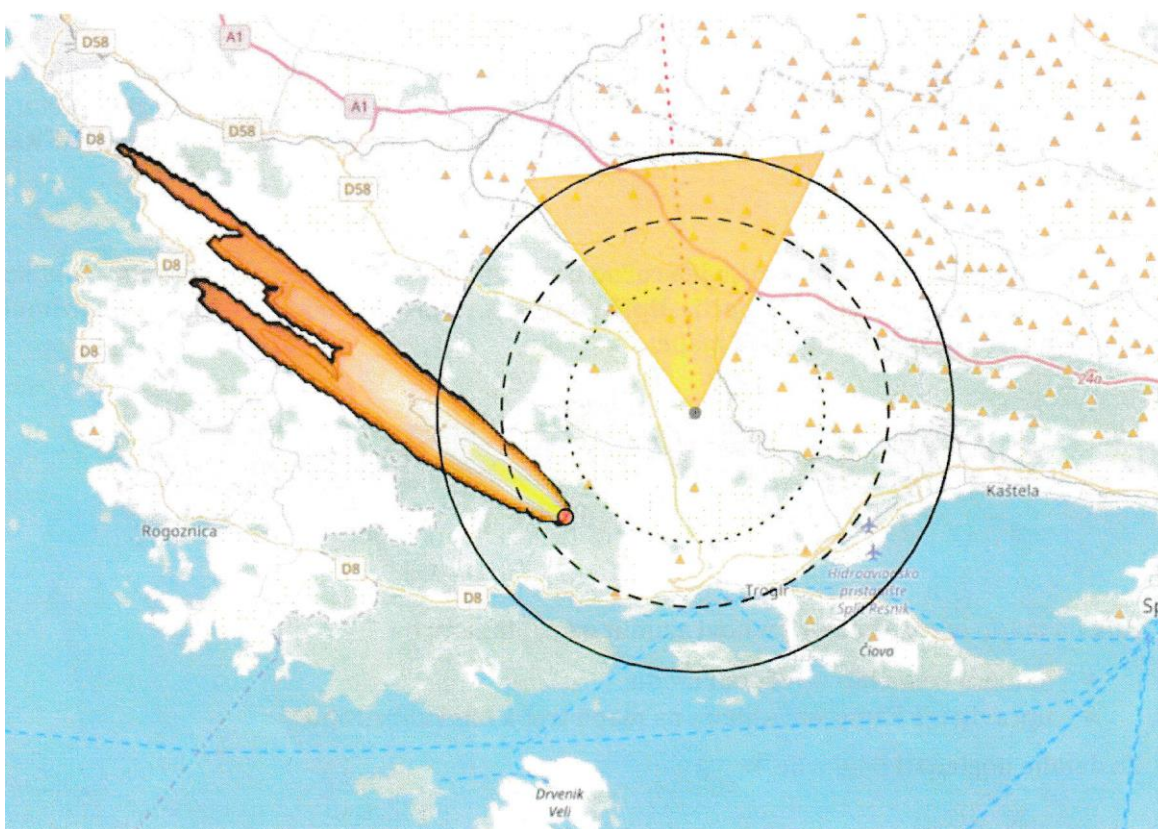
Rad s propagatorom je maksimalno pojednostavljen kako bi korisnik što brže došao do informacije o mogućem širenju požara. Prvi korak je postaviti mjesto izbijanja požara. Postavlja se na način da se klikne lijevim klikom miša na lokaciju koja je izabrana kao

mjesto početka požara. Lokacija će se označiti malim crvenim krugom. Ukoliko se želi pokrenuti simulacija s trenutnim meteorološkim podacima, dovoljno je kliknuti na „pokreni simulaciju“. Dok proračun traje u donjem dijelu ekrana se pojavi crveni pravokutnik s porukom (slika 31).



Sl. 31. Proračun širenja požara [15]

Kada natpis nestane simulacija je gotova i bit će iscrtana na mapi (slika 32).



Sl. 32. Prikaz simulacije širenja požara [15]

Simulacija ostaje na mapi sve dok se izradi nova, a stara se nepovratno briše. Upravo zbog toga je ugrađena opcija za snimanje simulacije. Ako se rezultati simulacije žele snimiti na računalo u .kml formatu, na primjer za integriranje u neki drugi GIS program treba kliknuti na „spremi kml simulaciju“. Ovako dobivena simulacija uz stvarne meteorološke parametre i predviđanje razvoja vremena sljedećih par sati na temelju prognoza modela ALADIN koje se izrađuju na superračunalu DHMZ-a. Poslužitelj na

kojem je propagator u pozadini se automatski povezuje na DHMZ poslužitelj i dva puta dnevno uzima trenutne podatke i rezultate predviđanja razvoja vremena izračunate programom ALADIN [15].

ALADIN je numerički (računalni) modelski sustav za kratkoročnu prognozu vremena visoke razlučivosti. Hrvatska je članica ALADIN programa suradnje od 1995. godine, a prognoze hrvatskom verzijom modela izrađuju se u Državnom hidrometeorološkom zavodu od 2000. godine [17]. Osnovni cilj ALADIN projekta suradnje je unaprjeđenje prognoze opasnih vremenskih prilika s naglaskom na sustav ranog upozoravanja na meteorološke i hidrološke nepogode. Pri tome je bitna pravovremena dostava prognostičkih produkata krajnjim korisnicima poput pripadnika vatrogasnih postrojbi Republike Hrvatske uvažavajući njihove specifične potrebe.

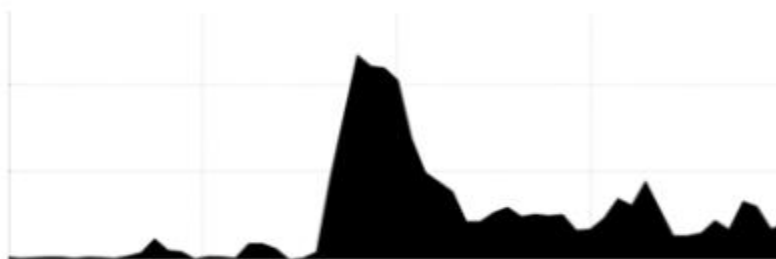
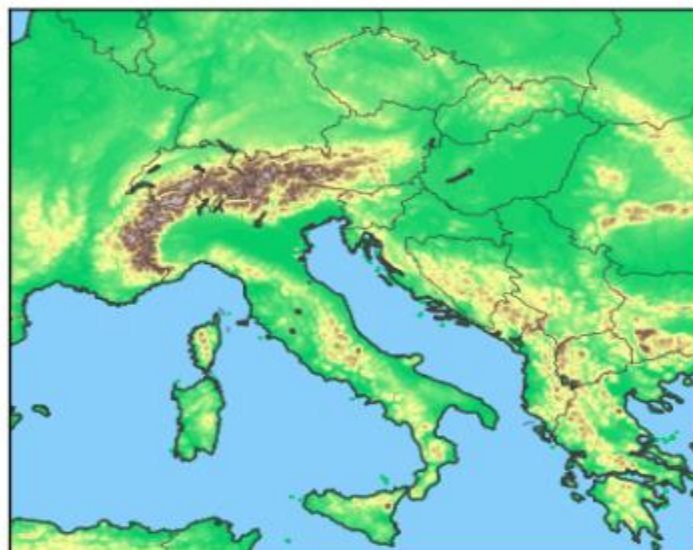
Sve konfiguracije prilagođene su vremenu i klimi Republike Hrvatske. Neke od osnovnih značajki ovih operativnih konfiguracija su:

- horizontalna razlučivost od 4 km i 2 km,
- satna dostupnost prognostičkih produkata do 72 sata unaprijed,
- novi proračun prognoze svakih 6h [17].

Da bi se numeričkim modelom ALADIN proračunala prognoza za idućih nekoliko dana unaprijed potrebno je poznavati trenutno stanje atmosfere odnosno početne uvjete koji se određuju metodom asimilacije podataka. U postupku asimilacije podataka koriste se brojna meteorološka mjerenja i motrenja nad područjem Hrvatske i okolnih zemalja: prizemna mjerenja (na 2 m i 10 m), avionska mjerenja, mjerenja polarnih i geostacionarnih satelita te mjerenja meteorološkim balonom (radiosondažna mjerenja) [17]. Budući da je u modelu ALADIN područje prognoziranja prostorno ograničeno, za proračun su potrebni i meteorološki uvjeti izvan njegove domene (rubni uvjeti) koji se dobivaju od globalnog prognostičkog modela IFS Europskog centra za srednjoročne prognoze vremena.

Povećanjem razlučivosti modela moguće je točnije i detaljnije prognozirati buduće stanje atmosfere. Na slici 33 prikazana su područja (domene) za koje se radi proračun prognoze

modelom ALADIN te vertikalni presjek kroz planinu Velebit za dvije konfiguracije modela na različitim horizontalnim razlučivostima.



Sl. 33. Domene proračuna prognoze modelom ALADIN i vertikalni presjek Velebita [17]

Kao što je sa slike vidljivo, finija razlučivost modela pruža točniji opis orografije te omogućuje znatno bolju prognozu orografski utjecanih procesa kao što je primjerice prognoza jačine i smjera vjetra što je izuzetno važan podatak za akcije na požarištima. Na sličan način, veća razlučivost modela bolje reprezentira i druge fizikalne procese u modelu.

Produkti modela ALADIN važni za djelatnost vatrogastva su:

- prognostičke karte meteoroloških polja pri tlu i na vertikalnim razinama sve do vrha stratosfere,

- prostorni i vremenski vertikalni presjeci meteoroloških parametara,
- meteogrami (vremenski hodovi meteoroloških parametara),
- ASCII datoteke , XML i tablice prognoziranih veličina,
- GRIB datoteke prognostičkih polja [17].

DHMZ izdaje izvješća o budućem stanju vremena (vremensku prognozu) temeljenu na ALADIN prognostičkim produktima koja su od interesa javnosti i državnih interesa kao što su primjerice posebna upozorenja na opasne vremenske prilike, zatim opća prognoza vremena te biometeorološka prognoza.

Specijalizirane prognoze ALADIN modela izdaju se korisnicima za potrebe osiguranja sigurnosti zračnog, pomorskog, cestovnog i željezničkog prometa, poljoprivredne proizvodnje i ribarstva, planiranja potrošnje energije i proizvodnje energije iz obnovljivih izvora, optimizacije poslovnih aktivnosti na tržištu energijom planiranja aktivnosti na otvorenom i slično [17].

Podaci modela ALADIN se koriste i za izradu raznih specijalističkih studija kao što su primjerice atlasi vjetra i raspoložive gustoće snage vjetra, resursne podloge i analize za izgradnju vjetroelektrana procjene meteoroloških uvjeta za izgradnju osnovne nacionalne infrastrukture (ceste i slično) i drugo. Jedna od najvećih vrijednosti ALADIN modela je izračun vremenskih uvjeta te upotreba pri zaštiti od požara otvorenog prostora, posebice šumskih područja što ima veliki značaj za vatrogasne postrojbe te planiranje vatrogasnih akcija diljem teritorija Republike Hrvatske.

9. ZAKLJUČAK

Nema zemlje u kojoj nema barem povremenih požara na otvorenom prostoru, posebice u šumama, a koji uzrokuju materijalnu štetu i ugrožavaju živote. Kako bi se prevenirao nastanak požara otvorenih prostora nužno je da ljudi postanu svjesni vlastitih postupaka te da budu odgovorni. Potrebno je izbjegavati stvaranje otvorenog plamena u slučajevima povoljnih vremenskih uvjeta za nastajanje, razvoj i širenje požara otvorenog prostora. Ako i dođe do požara otvorenog prostora bitna je njegova rana detekcija, brza i odgovarajuća intervencija vatrogasaca, no svakako su najvažnije preventivne mjere kako bi se nastanak požara otvorenog prostora spriječio. Prevencija šumskih požara te rana i brza reakcija mjere su za smanjenje šteta koje provode gospodaritelji šuma.

Posljednjih se godina tradicionalni ljudski promatrači koji su imali tradicionalno ulogu promatranja otvorenih prostora te zamjećivanja dima i požara sve više zamjenjuju suvremenim informacijsko - komunikacijskim te računalnim nadzornim sustavima. Tu se ponajprije radi o zemaljskim nadzornim sustavima kod kojih se na lokaciji koja se promatra postavlja nadzorna jedinica temeljena na daljinskim detektorima požara, a promatrač se prebacuje u centar za promatranje u kojem se prikupljaju informacije s više lokacija koje se nadziru.

Od različitih sustava na današnjem tržištu sve veću pažnju privlače sustavi koji se temelje na video kamerama kojima se daljinski upravlja, a kod kojih se detekcija požara obavlja analizom slike s video kamere. U takvom sustavu video kamera služi i za potrebe daljinske video prisutnosti. Upravo zbog naprednih mogućnosti daljinske video prisutnosti ovakvi sustavi su u velikoj prednosti u odnosu na detekcijske sustave koji služe isključivo za rano otkrivanje požara. Programski sustav STRIBOR, kasnije preimenovan u OiV Fire Detect AI, razvila je skupina znanstvenika sa Sveučilišta u Splitu, tada okupljena pod imenom IPNAS. Riječ je o inteligentnom komunikacijskom sustavu za video nadzor udaljenih lokacija i otkrivanje požara na otvorenim prostorima u stvarnom vremenu. STRIBOR je video sustav posebno prilagođen projektima protupožarnog video motrenja s velikim brojem kamera.

Osnovna koncepcija video-sustava STRIBOR je klijentsko-poslužiteljske arhitekture web

tipa, dok se video-sustav sastoji od aplikacije prilagođene tzv. motrilačkom nadzornom centru, u kojeg se dovodi signal s kamera raspoređenih na odabranim lokacijama. Aplikacija sustava „OiV Fire Detect” ima i mogućnost simuliranja širenja požara u stvarnom vremenu (propagator), kako bi sve relevantne službe bile spremne za akciju i time preduhitrile širenje požara. Propagator je simulator širenja požara koji predviđa gdje bi mogla biti požarna fronta za nekoliko sljedećih sati što se temelji na prognozama modela ALADIN koje se izrađuju na superračunalu DHMZ-a. STRIBOR sustav je inteligentni sustav namijenjen svim službama čija je svrha i cilj zaštita šumskih površina i spašavanje osoba i imovine, a od posebne je važnosti za djelatnost vatrogastva.

Vodeći se iskustvima i praksom zemalja diljem Mediterana potrebna je implementacija većeg broja sustava kao što je STRIBOR sustav jer su od izuzetne pomoći u svim izvanrednim i drugim katastrofalnim situacijama, posebno pri intervencijama požara otvorenih prostora velikih razmjera. Temeljna korist takvog sustava je da bude informacijska podrška djelovanju različitih korisnika koji su vezani s predpožarnim, požarnim i postpožarnim aktivnostima prilikom sprječavanja nastanka, razvoja širenja, vođenja intervencije te sanacijom požarišta.

10. LITERATURA

- [1.] Jurić, I.: „*Održavanje stabilnog sustava za gašenje požara s CO₂*“, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2021.
- [2.] Carević, M.; Vukić, P.; Sertić, Z.; Šimara, P.: „*Tehnički priručnik za zaštitu od požara*“, Zagrebinspekt, d.o.o., Zagreb, 1997.
- [3.] Popović, Ž.: „*Priručnik za osposobljavanje vatrogasnih dočasnika i časnika*“, Hrvatska vatrogasna zajednica, Zagreb, 2006.
- [4.] Hrvatska vatrogasna zajednica, dostupno na: <https://www.hvz.gov.hr>, pristupljeno: 20.03.2023.
- [5.] Hrvatske šume d.o.o., dostupno na: <https://www.hrsume.hr>, pristupljeno: 22.03.2023.
- [6.] Stipaničev, D.; Hrasnik, B.: „*Integralni model zaštite od šumskih požara*“, Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje u Splitu, Split, 2004.
- [7.] Dubrovački dnevnik.hr, dostupno na: <https://www.dubrovackidnevnik.net.hr>, pristupljeno: 27.03.2023.
- [8.] Kisić, I. et. al. „*Požari otvorena prostora u Republici Hrvatskoj - pojava, učestalost i suzbijanje*“, Hrvatske vode, Vol. 31, Br. 124, 2023; str. 117-126.
- [9.] Barčić, D., Došlić, A., Rosavec, R., Ančić, M. „*Klasifikacija i ponašanje šumskih požara u protupožarnoj zaštiti*“, *Vatrogastvo i upravljanje požarima*, Vol. 1-2, Br. 10, 2020; str. 29-46.
- [10.] Pravilnik o zaštiti šuma od požara (Narodne novine br. 33/14)
- [11.] Pereira, P., Francos, M., Brevik, E.C., Ubeda, X., Bogunovic, I. „*Post-fire soil management*“, *Curr. Opin. Environ. Sci. Heal.*, Vol. 5, 2018; str. 26-32.
- [12.] Rano otkrivanje i praćenje požara raslinja, dostupno na: https://www.vatra.fesb.hr/index.php?option=com_content&view=article&id=58&Itemid=68, pristupljeno 24.03.2023.
- [13.] OIV Fire Detect AI - inteligentni sustavi za ranu detekciju požara, dostupno na: <https://oiv.hr/hr/usluge-i-platforme/oiv-firedetect-ai/>, pristupljeno 25.03.2023.
- [14.] OIV digitalni signali i mreže, dostupno na: <https://www.oiv.hr>, pristupljeno: 27.03.2023.
- [15.] STRIBOR: „*Uputstvo za razine admin i operater v2.0/04.*“, 2018.

[16.] CIPOP - Centar za istraživanje požara otvorenog prostora, dostupno na:
<https://cipop-fesb->

[hr.translate.goog/index.php?option=com_content&view=article&id=72:sribor-intelligent-system-for-wildfire-video-monitoring-and-surveillance-&catid=1:latest-news&Itemid=55&_x_tr_sch=http&_x_tr_sl=auto&_x_tr_tl=en&_x_tr_hl=en](https://cipop-fesb-hr.translate.goog/index.php?option=com_content&view=article&id=72:sribor-intelligent-system-for-wildfire-video-monitoring-and-surveillance-&catid=1:latest-news&Itemid=55&_x_tr_sch=http&_x_tr_sl=auto&_x_tr_tl=en&_x_tr_hl=en),
pristupljeno 03.09.2024.

[17.] Državni hidrometeorološki zavod, dostupno na:

https://meteo.hr/infrastruktura.php?section=prognosticki_modeli¶m=aladin,
pristupljeno 05.09.2024.

11. PRILOZI

11.1. Popis slika

| | |
|--|----|
| Sl. 1. Trokut gorenja..... | 4 |
| Sl. 2. Oznaka požara klase A..... | 10 |
| Sl. 3. Oznaka požara klase B..... | 11 |
| Sl. 4. Oznaka požara klase C..... | 11 |
| Sl. 5. Oznaka požara klase D..... | 11 |
| Sl. 6. Oznaka požara klase F..... | 12 |
| Sl. 7. Opožarena površina Pelješca nakon požara 2015. godine | 22 |
| Sl. 8. Struktura inteligentnog protupožarnog nadzornog sustava IPNAS | 31 |
| Sl. 9. Ekran ručnog rada sustava IPNAS..... | 32 |
| Sl. 10. Primjer proširene stvarnosti kod protupožarnih video nadzornih sustava | 34 |
| Sl. 11. Motrilački sustav u sklopu NP Mljet..... | 35 |
| Sl. 12. Shema rada OiV Fire Detect AI sustava..... | 36 |
| Sl. 13. Blok shema STRIBOR sustava | 40 |
| Sl. 14. Prikaz arhive sa svih lokacija | 41 |
| Sl. 15. Bazična struktura STRIBOR sustava | 42 |
| Sl. 16. Nadzorna video kamera STRIBOR sustava | 43 |
| Sl. 17. Nadzorno - operativni centar | 44 |
| Sl. 18. Izgled zaslona za prijavu u STRIBOR sustav | 44 |
| Sl. 19. Sučelje STRIBO sustava..... | 45 |
| Sl. 20. Ikona alarma..... | 46 |

| | |
|---|----|
| Sl. 21. Zaslona prikaza alarma..... | 47 |
| Sl. 22. Zaslona automatskog načina rada | 48 |
| Sl. 23. Prikaz trenutne slike kamere..... | 49 |
| Sl. 24. Kartografski prikaz s animacijom vidnog polja kamere..... | 49 |
| Sl. 25. Dio za promjenu parametara automatskog načina rada..... | 50 |
| Sl. 26. Klizači za promjenu parametara..... | 51 |
| Sl. 27. Unaprijed pohranjeni parametri sustava..... | 51 |
| Sl. 28. Ikona ručnog načina rada..... | 51 |
| Sl. 29. Zaslona ručnog načina rada..... | 52 |
| Sl. 30. Prikaz zaslona STRIBOR propagatora..... | 53 |
| Sl. 31. Proračun širenja požara..... | 54 |
| Sl. 32. Prikaz simulacije širenja požara..... | 54 |
| Sl. 33. Domene proračuna prognoze modelom ALADIN i vertikalni presjek Velebita...56 | |

11.2. Popis tablica

| | |
|---|----|
| Tab. 1. Šumske površine u Republici Hrvatskoj | 19 |
| Tab. 2. Statistika požara na području Republike Hrvatske od 2020. do 2023. godine .. | 20 |
| Tab. 3. Ključne funkcije i prednosti inteligentnih sustava za ranu detekciju požara | 37 |