

BESPILOTNA LETJELICA U SUSTAVU VATROGASTVA

Robert Hranilović¹, Manuela Žakula², Ivan Čačković³, Lidija Jakšić⁴

Rezime: Prevencija i gašenje požara zahtijevaju točne i pravovremene informacije iz zraka, što je u novije vrijeme omogućeno sve češćom uporabom bespilotnih letjelica kao učinkovitijem i ekonomičnijem alternativom helikopterima i avionima. Ovaj rad prikazuje primjenu sustava bespilotnog zrakoplovstva u vatrogastvu, ističući njihove specifičnosti, ulogu i važnost u prevenciji, gašenju i nadzoru požara. Navedeni su primjeri najčešće korištenih komercijalnih dronova u vatrogasnim sustavima te njihove konkretne primjene, uključujući i primjer Javne vatrogasne postrojbe Grada Karlovca. Najveća prednost bespilotnih letjelica jest mogućnost pružanja slike iz zraka u stvarnom vremenu, što olakšava otkrivanje, lociranje i kontrolu požara. Letjelice većeg dometa korisnije su za prevenciju požara nad velikim šumskim područjima, dok su manje, okretnije letjelice prikladnije za nadzor aktivnih požara. Generičke rekreativne letjelice mogu se koristiti u vatrogastvu, no zbog ograničenih performansi nisu učinkovite za veća požarišta.

Ključne reči: bespilotne letjelice, požari, vatrogastvo, prevencija požara, gašenje požar, nadzor požara, dronovi, zračni nadzor

UNMANNED AIRCRAFT IN THE FIREFIGHTING SYSTEM

Abstract: Fire prevention and extinguishing require accurate and timely information from the air, which has recently been enabled by the most frequent use of drones as a more efficient and more economical alternative to helicopters and planes. This work shows the application of the unmanned aviation system in firefighting, emphasizing their specifics, role and importance in the prevention, extinguishing and control of the fire. The examples of the most commonly used commercial drones in fire systems and their concrete applications, including the example of the Public Fire Department of the City of Karlovac, are listed. The biggest advantage of drones is to provide a real-time image from the air, which makes it easier to detect, locate and control the fire. Greater range aircraft are more useful for the prevention of fire over large forest areas, while less, more favorable aircraft are more suitable for the supervision of active fires. Generic recreational aircraft can be used in firefighting, but due to limited performance, they are not effective for larger fires.

Key words: drones, fires, firefighting, fire prevention, fire extinguishers, fire control, drones, air supervision

1. UVOD

Današnje doba karakterizira brz razvoj tehnologija i uvođenje novih proizvodnih procesa, što povećava rizik od požarnih opasnosti koje ugrožavaju materijalna dobra, ljudsko zdravlje i živote. Paralelno s razvojem ljudskih djelatnosti, razvijala se i unapređivala protupožarna zaštita, koja obuhvaća skup mjera i postupaka usmjerenih na sprječavanje nastanka i širenja požara, utvrđivanje i uklanjanje uzroka, otkrivanje i gašenje požara te pružanje prve pomoći u slučaju požara. U suvremenim sustavima vatrogastva značajnu ulogu ima sustav bespilotnog zrakoplovstva (UAS). UAS bespilotne letjelice omogućuju prevenciju, sprječavanje, lakšu kontrolu i gašenje požara, čime doprinose zaštiti života i materijalnih dobara. Za upravljanje ovim sustavima educiraju se specijalizirani stručnjaci koji nadziru rad i prikaze bespilotnih letjelica, što značajno olakšava rad vatrogasaca na terenu. Primjena UAS tehnologije omogućava učinkovitije spašavanje života, očuvanje imovine te smanjenje financijskih i ekonomskih troškova vezanih uz nastanak i gašenje požara.

Predmet ovog rada je sustav bespilotnog zrakoplovstva (UAS) u djelatnosti vatrogastva, s posebnim naglaskom na primjenu UAS bespilotnih letjelica. Cilj rada je istaknuti ulogu, važnost, prednosti i nedostatke sustava bespilotnog zrakoplovstva u vatrogastvu, kao i njihov značaj za

¹dipl. ing. sig., Javna vatrogasna postrojba grada Karlovca; Gažanski trg 11, Karlovac; e-mail: zzapovjednik@jvp-karlovac.hr

²mag. ing. sec., Veleučilište u Karlovcu; Trg J. J. Strossmayera 9, Karlovac; e-mail: manuela.zakula@vuka.hr

³bacc. ing. sec., Vatrogasna zajednica Karlovačke županije; Gažanski trg 11, Karlovac (student)

⁴mag. ing. cheming., Veleučilište u Karlovcu; Trg J. J. Strossmayera 9, Karlovac, e-mail: lidija.brckovic@vuka.hr

prevenciju, nadzor i gašenje požara. Kroz analizu se nastoji pokazati kako UAS može doprinijeti spašavanju života i materijalne imovine na učinkovitiji i financijski isplativiji način, uz smanjenje rizika za vatrogasne postrojbe na terenu. Za istraživanje problematike ovog rada korišteni su različiti izvori podataka, uključujući internetske stranice, stručnu literaturu iz područja zaštite od požara, vatrogastva i prometa. Rad se temelji na analizi i interpretaciji postojećih sekundarnih podataka. Pri prezentaciji podataka primijenjene su znanstvene metode analize, klasifikacije, indukcije, dedukcije i deskripcije. Podaci su prikupljeni metodom tzv. “desk” istraživanja, uz nadopunu praktičnim terenskim iskustvom autora.

2. BESPILOTNE LETJELICE U SUSTAVU VATROGASTVA

Prema europskoj terminologiji, bespilotna letjelica je svaki zrakoplov bez ljudske posade, koji može biti ponovno uporabljiv ili jednokratnog karaktera. Takve letjelice upravljaju se daljinski, mogu biti polunezavisne, potpuno nezavisne ili kombinacija tih mogućnosti, a opremljene su za nošenje korisnog tereta. Time su osposobljene za izvršavanje zadataka unutar i iznad zemljine atmosfere tijekom određenog vremenskog trajanja zadatka [1]. S druge strane, američka definicija bespilotne letjelice ograničava njihov let na uvjete bez naoblake, izvan nadziranih područja kontrole zračnog prometa, te unutar elektronske udaljenosti operatera, najčešće u ograničenom zračnom prostoru [2]. Bespilotne letjelice (engl. UAV – Unmanned Aerial Vehicles) predstavljaju daljinski upravljane ili samoupravljive zrakoplove sposobne za nošenje korisnog tereta [3]. U Tabeli 1 je prikazana podjela bespilotnih letjelica.

Tabela 1 – Podjela bespilotnih letjelica [2]

Kriterij podjele	Kategorije
Dijelovi sustava bespilotne letjelice	1. Bespilotne letjelice 2. Upravljačke jedinice
Podjela prema djelatnosti upotrebe	1. Vojske 2. Civilne 3. Istraživačke
Podjela prema doletu	1. Mini letjelice 2. Letjelice kratkog doleta 3. Letjelice srednjeg doleta 4. Letjelice velikog doleta
Podjela prema pogonskoj skupini	1. Motor s unutrašnjim izgaranjem 2. Turbo-prop pogon 3. Mlazni pogon 4. Alternativni pogon
Podjela prema masi	1. < 150 kg 2. 151-750 kg 3. 751-5670 kg 4. > 5670 kg
Podjela prema načinu upravljanja	1. Upravlja se sa zemlje 2. Autonomni sustav upravljanja

Tabela 1. prikazuje osnovne kriterije klasifikacije bespilotnih letjelica prema njihovoj funkciji, tehničkim karakteristikama i načinu upravljanja. Sustav bespilotnih letjelica sastoji se od same letjelice i upravljačke jedinice. Letjelice se dijele prema djelatnosti (vojne, civilne, istraživačke), doletu, pogonskom sustavu, masi i načinu upravljanja (ručno ili autonomno). Ova klasifikacija omogućava precizno određivanje tipa letjelice za specifične zadatke i uvjete uporabe.

2.1. Povijest bespilotnih letjelica

Razvoj bespilotnih letjelica (UAV) započeo je sredinom 20. stoljeća, prvenstveno u vojne svrhe. Prva bespilotna letjelica bila je AQM-34L, konstruirana 1950-ih godina u Sjedinjenim Američkim Državama [2]. Ova letjelica bila je programirana za samostalni let i korištena je tijekom Vijetnamskog rata za izviđanje. Pokretana mlaznim motorom, služila je za zračno fotografiranje, elektronsko ometanje te kao mamac za protuzrakoplovnu obranu. Postizala je brzinu do 580 milja na sat, domet od 950 km i letnu visinu do 50.000 stopa (oko 15.000 m). Povrat je osiguran s pomoću padobrana. Drugu generaciju predstavljala je letjelica Compass Arrow, dizajnirana za let na visinama do 78.000 stopa (oko 23.000 m) [2]. Ova letjelica imala je dolet od 3200 km i bila je potpuno nezavisna zahvaljujući Dopplerovom sustavu navigacije. Namijenjena je prvenstveno izviđačkim misijama. Treća generacija bespilotnih letjelica uključuje MQ-1 Predator, koji je u upotrebi američkog ratnog zrakoplovstva od 1994. godine [2]. Predator je korišten u brojnim sukobima, uključujući Irak, Bosnu, Kosovo i Afganistan, gdje je prenosio video u stvarnom vremenu u zapovjedni centar. Letjelica je sposobna letjeti u svim vremenskim uvjetima, izdržati do 24 sata u zraku, nositi teret do 200 kg, a njezin vrhunac leta doseže oko 25.000 stopa (7.000 m). Također, može slijetati na nosače zrakoplova (USS), što je čini idealnom za primjenu u protupožarnoj zaštiti, policiji, potrazi i spašavanju (SAR), nadzoru granica te drugim sustavima civilne zaštite. RQ-2 Pioneer predstavlja predzadnju generaciju bespilotnih letjelica, u upotrebi od 1986. godine. Prvotno je namijenjena za operacije s brodova, pružajući izviđačku podršku brodskom topništvu, izviđanje terena za iskrcavanje marinaca te nadzor područja. Povrat letjelice osigurava se hvatanjem u mrežu. Izdržljivost leta iznosi oko 5 sati, a maksimalna visina leta je 15.000 stopa (oko 4.500 m). Za razliku od MQ-1 Predatora, RQ-2 je manja, lakša i nosivost korisnog tereta iznosi oko 35 kg.

Global Hawk, jedna od najsuvremenijih američkih bespilotnih letjelica, predstavlja vrhunac razvoja UAV tehnologije. Sposoban je nadzirati područje od 40.000 kvadratnih milja dnevno, leteći na visini od 65.000 stopa (oko 19.000 m) i izdržati do 32 sata u zraku. Nosivost tereta iznosi oko 800 kg. Očekuje se da će Global Hawk zamijeniti zrakoplove tipa E-3 Sentry i E-2 Hawkeye, koji se koriste za radarske sustave kontrole zračnog prostora, nadzor zona zabrane letenja i druge vojne operacije [3]. RQ-8 Fire Scout je bespilotna letjelica s mogućnošću lebdenja na jednom mjestu, snimanja video zapisa i laserskog označavanja ciljeva, što je čini izuzetno korisnom u vojnim i civilnim operacijama. U civilnoj uporabi koristi se za nadzor i izviđanje, a njena sposobnost preciznog označavanja ciljeva značajno doprinosi učinkovitosti operacije [4].

2.2. Upravljanje bespilotnim letjelicama

Upravljanje bespilotnim letjelicama u osnovi je vrlo slično upravljanju klasičnim zrakoplovom. Prije samog leta, pilot odnosno operater provodi briefing, pregledava letjelicu i priprema se za misiju. Temeljna razlika je u tome što pilot ne sjeda u letjelicu, već upravlja s udaljene upravljačke jedinice (engl. Ground Control Station – GCS). Upravljačka jedinica može biti smještena na vozilu, što povećava pokretljivost i fleksibilnost operacija [5]. Svaka upravljačka jedinica sastoji se od sučelja za pilota i operatera opreme, a njezine glavne zadaće su nadgledanje letjelice tijekom leta te prijenos i analiza informacija koje letjelica odašilje. Obično sadrži tri konzole: prvu za pilota koji upravlja letjelicom, drugu za operatera opreme zaduženog za obradu snimljenih podataka te treću koja prikazuje položaj letjelice, podatke o misiji i druge ključne informacije. U slučaju kvara sustava, funkcije se mogu prebaciti s jedne konzole na drugu. Sustav upravljanja omogućava današnjim bespilotnim letjelicama komunikaciju s upravljačkim jedinicama putem satelitske veze, čime se značajno povećava njihov radijus djelovanja. Jedan od glavnih izazova u upravljanju bespilotnim letjelicama i obradi prikupljenih podataka jest prijenos velikog volumena podataka. Ograničenja nastaju zbog brzine procesora i kapaciteta podatkovne veze.

Današnji procesori nisu dovoljno brzi za obradu svih podataka pohranjenih tijekom leta, stoga se rezultati prenose u upravljačku jedinicu putem podatkovne veze. Podaci se odašilju putem radijske frekvencije, izravno ili preko satelita. Razvoj naprednih sustava omogućuje povećanje količine podataka koja se može prenijeti, no ograničenje ostaje u maksimalnom protoku podataka. Rješenje predstavljaju nove metode modulacije signala koje omogućuju veze do 10 Gbps, kao i razvoj optičkih podatkovnih veza (lasercom) koje mogu ostvariti brzine od 20 do 50 Gbps. Takvi sustavi su lakši za 30-50 % u odnosu na prethodne, troše manje energije, ali se još uvijek razvijaju i nisu široko

primijenjeni [6]. Također, razvoj procesora u posljednja tri desetljeća slijedi Mooreov zakon, prema kojem se broj tranzistora u procesorima udvostručuje svakih 12-18 mjeseci. Očekuje se razvoj procesora brzine do 1 THz (1000 GHz), što će omogućiti nezavisne sustave bespilotnih letjelica sposobne za slanje već obrađenih podataka u zapovjedni centar [7].

3. PRIMJENA BESPILOTNIH LETJELICA U SUSTAVU VATROGASTVA

Bespilotne letjelice, poznate i kao dronovi, nisu novost u sustavu vatrogastva u svijetu, što potvrđuje sve veći interes vatrogasnih postrojbi, kako dobrovoljnih, tako i profesionalnih. Hrvatska vatrogasna zajednica (HZV) u suradnji s Hrvatskom kontrolom zračne plovidbe (HKZP) do 2021. godine provela je profesionalnu obuku za oko 70 operatera bespilotnih letjelica (UAS). Svi piloti koji su prošli obuku, bilo za privatne potrebe ili za potrebe vatrogastva, dužni su poštivati propisanu zakonsku regulativu. Na području Republike Hrvatske nadležnost za bespilotne letjelice imaju tri institucije: Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo (HACZ), Hrvatska kontrola zračne plovidbe (HKZP) i Državna geodetska uprava (DGU). Zakonski okvir za bespilotne letjelice u Hrvatskoj odnosi se na Pravilnik o upravljanju zračnim prostorom (NN. 20/23) [8] te Uredbu Komisije (EU) o pravilima i postupcima za rad bespilotnih letjelica (2019/947) [9]. U sustavu vatrogastva bespilotne letjelice koriste se u različite svrhe, uključujući požarne intervencije, elementarne nepogode, potrage i spašavanja (SAR), prometne nesreće, protupožarnu preventivu te zapovjedna mjesta. Za požarne intervencije, bespilotne letjelice se koriste za nadzor požara otvorenog prostora i strukturalnih požara, termalne snimke, prijenos slike u realnom vremenu, a smatraju se efikasnijima i ekonomičnijima od čovjeka [10].

U slučaju elementarnih nepogoda, primjena uključuje pronalazak osoba, praćenje situacije i brzu procjenu štete. U potragama i spašavanjima (SAR), bespilotne letjelice pomažu u pronalasku osoba, djeluju brže od čovjeka i potražnog psa, omogućuju rad noću uz pomoć termalne kamere te transport medicinskih potrepština, hrane i vode [11]. Kod prometnih nesreća koriste se za nadzor i pristup nesrećama s više vozila i unesrećenih, lakšu koordinaciju ljudi i tehnike te nadzor opasnih tvari. MU protupožarnoj preventivi bespilotne letjelice s određenom razinom autonomnosti (RPAS) koriste se za preventivni nadzor rizičnih područja, nadzor požara te brže aktiviranje vatrogasnih snaga. Temeljne prednosti implementacije i upotrebe bespilotnih letjelica u vatrogastvu su efikasnost, pristup teško dostupnim mjestima, sigurnost i ekonomičnost [12]. Međutim, postoje i određeni nedostaci, među kojima su mogućnost zloupotrebe, ograničena dostupnost i nepravilno rukovanje.

3.1. Registracija i pravni okvir za bespilotne letjelice u sustavu vatrogastva

Pravna osoba, vlasnik bespilotne letjelice odnosno operator, dužan je obaviti registraciju bespilotne letjelice kod Hrvatske agencije za civilno zrakoplovstvo (HACZ) [13]. Evidencija se vodi u informatičkom programu Hrvatske vatrogasne zajednice Vatronet te u Registru bespilotnih letjelica Hrvatske vatrogasne zajednice. Uredba 785/2004 propisuje obvezu posjedovanja važećih polica osiguranja prilikom izvođenja letačkih operacija, a osiguranje je obvezno za letenje u otvorenoj, posebnoj i certificiranoj kategoriji.

Provedbena uredba o bespilotnim zrakoplovima razlikuje operatora bespilotne letjelice i udaljenog pilota [14]. Registrirani operator može posjedovati više bespilotnih letjelica i više udaljenih pilota za izvođenje letačkih operacija, no odgovornosti operatora i udaljenog pilota su različite. U slučaju da je osoba samo udaljeni pilot za drugog operatora, mora postojati suglasnost operatora za registraciju te osobe kao udaljenog pilota, uz priloženi dokument s popisom udaljenih pilota i izjavom o dopuštenju registracije. Registrirati se mogu isključivo pravne osobe sa sjedištem na području Republike Hrvatske.

Registracija operatora bespilotnih letjelica provodi se u skladu s Provedbenom uredbom Komisije (EU) 2019/947 od 24. svibnja 2019., koja se primjenjuje od 31. prosinca 2020. godine [15]. Sukladno toj uredbi, svi operatori bespilotnih letjelica moraju se registrirati ako izvedu operacije u otvorenoj kategoriji s letjelicama mase pri polijetanju najmanje 250 grama, ili ako bespilotni zrakoplovi mogu prenijeti kinetičku energiju veću od 80 J pri udaru na čovjeka, odnosno ako su opremljeni senzorima

za prikupljanje osobnih podataka (osim ako se radi o igračkama prema Direktivi 2009/48/EZ). Također, registracija je obvezna za sve operacije u posebnoj kategoriji, bez obzira na masu letjelice.

Operatori koji su prethodno evidentirani pri HACZ-u za izvođenje letačkih operacija moraju se ponovno registrirati prema novim pravilima [16]. Nakon registracije, operatori mogu izvoditi operacije u otvorenoj kategoriji u bilo kojoj državi članici Europske unije, pri čemu dobivaju jedinstveni registarski broj koji moraju označiti na svim svojim bespilotnim letjelicama. Također, svi operatori, udaljeni piloti i koordinatori moraju se registrirati na sustavu AMC Portal, koji im omogućuje pristup svim potrebnim funkcionalnostima za obavljanje operacija.

Nakon uspješne registracije na AMC Portalu, isti pristupni podaci omogućuju korištenje mobilne aplikacije AMC Portal Mobile, namijenjene korisnicima sustava bespilotnog zrakoplovstva (UAS) za provedbu svih aktivnosti prema automatiziranom postupku. Važno je napomenuti da registrirana elektronička pošta mora biti službena i pripadati domeni vatrogasne postrojbe kojoj operator pripada

3.2. Procedura za rezervaciju zračnog prostora u operativne svrhe

Prilikom podizanja bespilotne letjelice na vatrogasnoj intervenciji, voditelj intervencije može zatražiti angažman bespilotne letjelice. Nakon toga, VOC ili ŽVOC obavještava postrojbu ili organizaciju koja djeluje na mjestu intervencije, odnosno najbližu osposobljenu postrojbu ili organizaciju u odnosu na mjesto događaja. Udaljeni pilot bespilotne letjelice prilikom izlaska na intervenciju mora imati uz sebe minimalno jednog promatrača zračnog prostora ili drugog udaljenog pilota. Tijekom odlaska na intervenciju, udaljeni pilot može samostalno zatražiti zračnu zonu od AMC-a za izvođenje žurne letačke operacije. Ako to nije moguće, zahtjev se podnosi nadležnom koordinatoru. Kad god je moguće, udaljeni pilot koristi AMC mobilnu aplikaciju za automatsko traženje zračnog prostora ili, alternativno, telefonskim pozivom dežurnoj službi Hrvatske kontrole zračne plovidbe. U određenim i iznimnim situacijama, koordinator može u ime udaljenog pilota zatražiti rezervaciju zračnog prostora na propisani način. Ako voditelj intervencije ili udaljeni pilot procijene da će rezervacija zračnog prostora trajati dulje od jednog dana, dužni su obavijestiti VOC/ŽVOC. Ako pri podnošenju zahtjeva navedu da je potrebna dugotrajna rezervacija, VOC/ŽVOC obavještava Županijskog ili Regionalnog koordinatora. Koordinator je dužan pojaviti se na mjestu žurne intervencije i odrediti daljnju proceduru prema AMC-u. U slučaju da intervencija ili procjena traju dulje od dva dana, te je potrebna dugotrajna rezervacija zračnog prostora ili na zahtjev glavnog vatrogasnog zapovjednika, Županijski ili Regionalni koordinator, odnosno VOC/ŽVOC, obavještavaju državnog koordinatora o situaciji, koji potom postupa prema propisanim procedurama [2].

3.3. Osposobljavanje za upravljanje bespilotnom letjelicom

Osposobljenost osoblja predstavlja ključni preduvjet za sigurnost i učinkovitost u svim djelatnostima, a naročito u zrakoplovstvu [9]. Svaki zaposlenik mora posjedovati odgovarajuću dozvolu koja potvrđuje njegovu kvalificiranost za obavljanje specifičnih poslova. U kontekstu bespilotnih letjelica, međunarodni standardi licenciranja pilota i ostalog osoblja nužni su za omogućavanje globalne operativnosti ovih sustava.

Sustav obuke za pilote bespilotnih letjelica temelji se na modelu klasičnog zrakoplovstva, pri čemu se nakon temeljne obuke pilot upućuje na dodatnu specijaliziranu obuku za određeni tip bespilotne letjelice. Provjera sposobnosti, održavanje stručnosti te zdravstvene i psihološke provjere temelje se na normama JAR-OPS, uz napomenu da piloti/operatori bespilotnih letjelica moraju zadovoljiti nešto niže standarde u odnosu na pilotsko osoblje konvencionalnih zrakoplova, koje se regulira prema JAR-FCL [14].

Opseg poslova koje obavlja pilot/operator bespilotne letjelice usporediv je s onim koje obavlja kontrolor leta. Osoblje zaduženo za održavanje i opremanje bespilotnih letjelica ne razlikuje se značajno od osoblja koje održava klasične zrakoplove, zbog čega nije potrebno razvijati posebnu regulativu za njihovu obuku i licenciranje [15].

1. Regulativne zadaće vezane uz licenciranje bespilotnih letjelica uključuju:

2. Osigurati podjednaku razinu osposobljenosti osoblja bespilotnih letjelica kao i u klasičnom zrakoplovstvu.
3. Zahtijevati od pilota/operatora posjedovanje medicinske svjedodžbe koja potvrđuje sposobnost upravljanja letjelicom.
4. Uspostaviti jedinstvenu regulativu za obuku, testiranje i obnavljanje licenci bez iznimaka.
5. Definirati minimalnu razinu sposobnosti za upravljanje bespilotnom letjelicom.
6. Uspostaviti kriterije za izdavanje licence osobama s kriminalnom prošlošću, s ciljem sprječavanja zlouporabe bespilotnih letjelica u terorističke svrhe.
7. Osposobljavanje udaljenog pilota bespilotne letjelice obuhvaća:
 - Teorijsko osposobljavanje koje provodi Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo (HACZ) za potkategorije minimalno A1-A3, sukladno Uredbi (EU) 2019/947 [9].
 - Praktičnu obuku koju provode Hrvatska vatrogasna zajednica, Državna vatrogasna škola ili ovlaštene treće strane, prema verificiranom programu osposobljavanja.
8. Osposobljavanje koordinatora (državnog, županijskog/regionalnog i lokalnog) uključuje:
 - Teorijsko osposobljavanje koje provodi HACZ za potkategorije minimalno A1-A3.
 - Dodatnu obuku za koordinatora koji je ujedno i udaljeni pilot, koju provode Hrvatska vatrogasna zajednica, Državna vatrogasna škola ili ovlaštene treće strane, sukladno verificiranom programu.

Tabela 2 Prikaz procesa osposobljavanja i licenciranja [7]

Korak	Aktivnost	Nadležna institucija	Napomena
1.	Teorijsko osposobljavanje pilota (A1-A3)	Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo	Sukladno Uredbi (EU) 2019/947
2.	Praktična obuka pilota	Hrvatska vatrogasna zajednica, Državna vatrogasna škola, ovlaštene treće strane	Verificirani programi
3.	Teorijsko osposobljavanje koordinatora	Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo	Potkategorije minimalno A1-A3
4.	Praktična obuka koordinatora (ako je i pilot)	Hrvatska vatrogasna zajednica, Državna vatrogasna škola, ovlaštene treće strane	Verificirani programi
5.	Izdavanje licence i medicinska provjera	Nadležne institucije	Uključuje provjeru zdravstvenog i psihološkog stanja

Iako su potrebne brojne izmjene, dopune i revizije postojećih pravila kako bi se postigli željeni ciljevi, licenciranje osoblja za bespilotne letjelice ne predstavlja problem jer je temelj već postavljen u regulativi civilnog zrakoplovstva [17].

3.4. Primjer sustava nadzora požara – SUSTAV FiRE

Svake godine šumski požari uzrokuju uništenje tisuća četvornih metara šuma, niskog raslinja te naseljenih područja, pri čemu se materijalna šteta mjeri u milijardama dolara. Potreba za učinkovitijim metodama borbe protiv šumskih požara postaje sve izraženija. Bez obzira na uzrok požara, bilo da je riječ o prirodnoj katastrofi ili namjernom podmetanju, brzina širenja požara uvelike ovisi o vremenskim uvjetima, što vatrogasnim postrojbama ostavlja vrlo malo vremena za pravovremenu intervenciju i kontrolu požara. Posljedice požara nisu ograničene samo na štetu za ljude i njihovu imovinu, već imaju i značajan negativan utjecaj na gospodarstvo, budući da oporavak zahvaćenih područja može trajati godinama. Stoga je prevencija šumskih požara od iznimne važnosti, pri čemu ključnu ulogu ima kvalitetan i pouzdan sustav ranog upozorenja. Pravodobna lokalizacija i početak gašenja požara značajno smanjuju nastalu štetu [18].

Australija, kao jedna od zemalja najviše pogođenih šumskim požarima, suočava se s dodatnim izazovom zbog učestalosti požara na udaljenim i nenaseljenim područjima. Zbog toga se često događa da se požari otkriju tek nakon što je nastala velika materijalna šteta. Australski model upravljanja požarima, prepoznat i primjenjivan diljem svijeta, temelji se na informacijama prikupljenim s terenskih promatračnica. Voditelj intervencije usmjerava raspoložive zračne i kopnene snage na lokaciju požara na temelju procjena promatrača, koji koriste svoje znanje, iskustvo, meteorološke podatke, obilježja terena te procjenu razmjera i prijetnji požara naseljenim područjima [19].

Unatoč tome, problemi u komunikaciji i procjeni situacije često ugrožavaju učinkovitost gašenja požara, što ukazuje na potrebu za dodatnim sustavima nadzora. Jedno od rješenja predstavlja uporaba bespilotnih letjelica opremljenih senzorima za nadgledanje požarišta, koje u realnom vremenu odašilju slike i podatke zapovjednim mjestima i jedinicama na terenu [7].

Satelitski sustavi za nadzor požara, iako vrlo učinkoviti, dostupni su uglavnom najbogatijim zemljama zbog visokih troškova razvoja, lansiranja i održavanja satelita. Kao pristupačnija alternativa, bespilotne letjelice opremljene toplinskim senzorima i kamerama omogućuju prikupljanje i prijenos podataka u realnom vremenu, pružajući detaljan i ažuran prikaz situacije na požarištu i njegovoj okolini [20].

NASA je razvila projekt FiRE (First Response Experiment), koji uključuje sustav bespilotnih letjelica opremljenih toplinskim senzorima i sustavom za emitiranje podataka u realnom vremenu [17].

3.4.1. Projekt FiRE

Sustav Fire se sastoji od sljedećih elemenata: bespilotne letjelice, sustava za nadzor i upravljačke jedinice [17].



Slika 1 – Altus II [17]

Altus II (Slika 1.) bio je jedan od nekoliko sporo letećih, daljinski upravljanih zrakoplova koje je NASA razvila i testirala u suradnji s industrijskim partnerima unutar projekta Environmental Research Aircraft and Sensor Technology (ERAST) krajem 1990-ih godina. Glavna dva cilja razvoja Altus II bila su da posluži kao testna platforma za ispitivanje izvedbenih i pogonskih koncepata koji bi mogli dovesti do razvoja budućih daljinski upravljanih ili autonomnih zrakoplova namijenjenih znanstvenim misijama na velikim visinama, te da se procijeni njegova praktičnost kao zračne platforme za takve misije. Tvrtka General Atomics Aeronautical Systems Inc. iz San Diega razvila je zrakoplove Altus što na latinskom znači „visok“ kao civilnu varijantu zrakoplova Predator A, kojeg američko ratno zrakoplovstvo koristi kao daljinski upravljani izviđački zrakoplov. Iako su sličnog izgleda, Altus je imao nešto veći raspon krila te je bio namijenjen nošenju instrumenata za uzorkovanje atmosfere i drugih znanstvenih uređaja za civilne istraživačke misije, umjesto vojne izviđačke opreme koju nose Predatori. Altus se isticao dugim i uskim krilima velikog omjera, vitkim trupom, motorom i propelom smještenim na stražnjoj strani, te horizontalnim repom u obliku obrnutog slova V. U nosaču smještenom na nosu zrakoplova mogao je nositi do 150 kilograma senzora i drugih znanstvenih instrumenata, što je omogućavalo da zrak koji se uzorkuje sensorima nije ometen toplinom ili zagađenjem iz ispuha motora. Pogonjen je četverocilindričnim Rotax 912 motorom s turbopunjačem, kojeg je proizvela tvrtka Thermo-Mechanical Systems Inc. iz Canoga Parka u Kaliforniji. General Atomics izradio je dva zrakoplova Altus: Altus I, opremljen jedinstepenim turbopunjačem, namijenjen za Naval Postgraduate School, te Altus II, s dvostepenim turbopunjačem, razvijen za NASA-u u okviru projekta ERAST [21].

Temeljna prednost sustava FiRE jest mogućnost prijenosa svih podataka na male PDA uređaje, što vatrogasnim snagama na zemlji i u zraku omogućuje realan i pravovremen prikaz situacije. Takva informiranost značajno poboljšava organizaciju i koordinaciju tijekom intervencija. S aspekta sigurnosti pilotskog osoblja, tijekom dugotrajnih misija sustav omogućuje jednostavnu zamjenu pilota i operatera AIRDAS-a bez prekidanja misije. Time se smanjuje rizik po život pilota tijekom leta u nestabilnim uvjetima, poput dima i visokih temperatura, koji mogu izazvati umor. Također, upotrebom bespilotnih sustava moguće je nadgledanje požarišta u dužim vremenskim periodima, čak i preko 24 sata, što dodatno rasterećuje ljudske resurse. Sustav FiRE predstavlja pravu revoluciju u protupožarnoj zaštiti, što se najbolje očituje kroz smanjenje troškova, povećanje učinkovitosti sustava te smanjenje opterećenja i rizika za pilotsko i drugo osoblje vatrogasnih postrojbi, koje su često izložene umoru i ozljedama tijekom intervencija [7].

3.5. Inteligentni sustavi za daljinski protupožarni nadzor i rano otkrivanje požara

Među novim tehnologijama u području protupožarne zaštite ističe se IPNAS – inteligentni sustav za daljinski nadzor otvorenog prostora i automatsko rano otkrivanje šumskog požara [22]. Sustav koristi analizu slika snimljenih kamerama u vidljivom dijelu spektra tijekom dana, dok se noću koristi bliski infracrveni spektar. Algoritmi za prepoznavanje požara automatski analiziraju slike tražeći karakteristične znakove vatre, poput dima u dnevnim uvjetima i plamena tijekom noći [23].

U Hrvatskoj je značajnu ulogu u primjeni ovih tehnologija odigrao inteligentni sustav za ranu detekciju požara poduzeća Odašiljači i veze d.o.o. – OIV Fire Detect AI. Ovaj nadzorno-komunikacijski sustav namijenjen je ranom otkrivanju požara na udaljenim i teško dostupnim područjima, s ciljem zaštite šumskih i poljoprivrednih površina te spašavanja ljudi i imovine [22].

Prve panoramske 360° HD kamere instalirane su 2015. godine na antenskim stupovima. Video i fotografije u realnom vremenu pohranjuju se u OIV Cloud podatkovni centar, gdje se primjenom računalnih algoritama provodi analiza i detekcija požara. Dobivene informacije prosljeđuju se u nadzorno-operativni centar, a integracija i koordinacija aktivnosti odvijaju se u okviru operativnog vatrogasnog zapovjedništva.

Sustav se sastoji od tri glavne cjeline (www.oiv.hr):

1. Video kamera postavljenih na antenskim stupovima,
2. OIV Cloud podatkovnog centra i aplikacije,
3. Nadzorno-operativnog centra.

Među ključnim prednostima sustava je mogućnost pokrivanja 360° nadzornog područja na udaljenosti do 10 km u automatskom načinu rada. Sustav učinkovito detektira dim tijekom dana i plamen noću. Također, omogućuje stabilnu komunikaciju i rad na područjima izvan urbanih sredina, čime se smanjuju potencijalne smetnje i eliminira potreba za čestim izlascima na teren.

Upravljanje ovim sustavom zahtijeva koordinaciju velikog broja dionika – godišnji program aktivnosti obuhvaća oko pedesetak pravnih subjekata, uključujući jedinice lokalne i područne (regionalne) samouprave. Pravovremene i provjerene informacije tijekom požarne sezone ključne su za učinkovitu organizaciju i djelovanje svih uključenih službi.

4. ZAKLJUČAK

Jedan od temeljnih problema vatrogasne zaštite često je percepcija „neisplativosti“ ove službe, zbog značajnih ulaganja u opremu, održavanje i obuku. Međutim, šteta koju prouzrokuju šumski požari daleko nadmašuje vidljive posljedice, utječući na ekološku ravnotežu, tlo i okoliš u cjelini. Stoga je ulaganje u prevenciju i unapređenje sustava ranog upozorenja ključno za pravovremeno otkrivanje i gašenje požara. Bepilotne letjelice predstavljaju idealno rješenje za nadzor rizičnih područja jer mogu patrolirati tjednima, omogućujući brzu i učinkovitu reakciju. Njihova primjena u intervencijama poput gašenja požara otvorenog prostora, akcidenata s opasnim tvarima i potraga i spašavanja (SAR) već je nezamisliva bez ove tehnologije. Prijenos slike u realnom vremenu značajno skraćuje vrijeme reakcije i omogućuje donošenje pravovremenih odluka koje smanjuju rizik za vatrogasce. U Hrvatskoj je vojska prva uvela bepilotne letjelice, poput modela Mah 01, koje su kasnije postale široko korištene i u civilnom sektoru, posebice u vatrogastvu. One značajno doprinose zaštiti okoliša, smanjenju troškova sanacije štete te povećanju operativnih kapaciteta. Razvoj telekomunikacijskih i drugih tehnologija, uz sve veće zahtjeve za prijenosom podataka, omogućuje kontinuirano usavršavanje i ekonomičniju proizvodnju bepilotnih letjelica. To doprinosi njihovoj sve većoj dostupnosti i široj primjeni, osobito u djelatnostima poput vatrogastva, gdje su od iznimne važnosti za spašavanje života i zaštitu imovine. Altus II je značajan primjer naprednih daljinski upravljanih zrakoplova koji su otvorili put razvoju visokoučinkovitih znanstvenih misija na velikim

visinama. Sustav FiRE, s mogućnošću prijenosa podataka u realnom vremenu i zamjenom pilota tijekom misija, predstavlja revolucionarno rješenje u protupožarnoj zaštiti, povećavajući sigurnost osoblja, smanjujući troškove i poboljšavajući učinkovitost intervencija. Inteligentni sustavi za daljinski nadzor i rano otkrivanje požara, poput IPNAS-a i OIV Fire Detect AI, predstavljaju ključni iskorak u modernizaciji protupožarne zaštite. Primjena naprednih tehnologija, uključujući analizu slika u vidljivom i infracrvenom spektru te računalne algoritme za automatsku detekciju, omogućuje pravovremeno i precizno prepoznavanje požara na teško dostupnim područjima. Sustavi poput OIV Fire Detect AI, s mogućnošću pokrivanja širokog nadzornog područja i stabilnom komunikacijom izvan urbanih sredina, značajno doprinose učinkovitosti intervencija i smanjenju rizika. Ključ uspjeha ovih sustava leži u koordiniranoj suradnji velikog broja dionika, uključujući lokalne i regionalne vlasti, te pravovremenom dijeljenju provjerenih informacija tijekom požarne sezone. Takav pristup omogućuje bolju organizaciju, bržu reakciju i učinkovitiju zaštitu ljudi, imovine i okoliša.

5. LITERATURA

- [1] Hirschenhofer, J. H., Stauffer, D. B., Engleman, R. R., Klett, M. G.: *Fuel Cell Handbook*, Fourth Edition, 1998.
- [2] Hrvatska vatrogasna zajednica: Program aktivnosti u provedbi posebnih mjera zaštite od požara od interesa za Republiku Hrvatsku – Priprema požarne sezone 2023. g. Republika Hrvatska, 2023.
- [3] Austin, R.: *Unmanned Aircraft Systems: UAVS Design, Development and Deployment*, Wiley, 2010.
- [4] Bekey, G. A.: *Autonomous Robots: From Biological Inspiration to Implementation and Control*, MIT Press., 2005.
- [5] Delegirana Uredba komisije (EU) 2019/945 od 12. ožujka 2019. O sustavima bespilotnih zrakoplova i o operatorima sustava bespilotnih zrakoplova iz trećih zemalja“
- [6] Valavanis, K. P., Vachtsevanos, G. J.: *Handbook of Unmanned Aerial Vehicles*, Dordrecht, The Netherlands: Springer, 2015.
- [7] Čačković, I.: *Bespilotne letjelice u sustavu vatrogastva*, završni rad, Stručni prijediplomski studij Sigurnost i zaštita, Odjel sigurnosti i zaštite, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, Hrvatska, 2023.
- [8] Pravilnik o upravljanju zračnim prostorom (NN 20/23)
- [9] Uredba Komisije (EU) o pravilima i postupcima za rad bespilotnih letjelica (2019/947)
- [10] Merino L., Caballero F., Ollero A., *Cooperative fire detection using unmanned aerial vehicles*, Sensors, 12(3), pp. 2918-2952, 2012, doi: 10.3390/s120302918.
- [11] Restas A.: *Drone applications for supporting disaster management*, World Journal of Engineering and Technology, 3(3), pp. 316-321, 2015, doi: 10.4236/wjet.2015.33034
- [12] Rango A., Laliberte A., Steele C., Herrick J. E., Bestelmeyer B., Browning D. M.: *Unmanned aerial vehicle-based remote sensing for rangeland assessment, monitoring, and management*, Journal of Applied Remote Sensing, 1(1), p. 013536, 2006, doi: 10.1117/1.3216822.
- [13] Clothier R. A., Greer D. A., Greer D. G., Mehta A. M.: *Risk perception and the public acceptance of drones*, Risk Analysis, 35(6), pp. 1167-1183, 2015, doi: 10.1111/risa.12416.
- [14] Finn R. L., Wright, D.: *Unmanned aircraft systems: Surveillance, ethics and privacy in civil applications*, Computer Law & Security Review, 28(2), pp. 184-194, 2012, doi: 10.1016/j.clsr.2012.02.005
- [15] Kopardekar P., Rios, J.: *Unmanned aircraft system traffic management (UTM) concept of operations*, AIAA Aviation Forum, 2016, doi: 10.2514/6.2016-3293.

- [16] Kopardekar, P., Johnson, D.: *Unmanned aircraft system traffic management (UTM) for low-altitude airspace and beyond visual line of sight operations*, Journal of Air Traffic Control, 60(1), 2018, pp. 14-21.
- [17] Velzek, M.: *Primjena bespilotnih letjelica u sustavu civilne zaštite*, diplomski rad. Zagreb, Hrvatska: Fakultet prometnih znanosti, 2005.
- [18] FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), *Global Forest Resources Assessment 2020*, Rome, 2020.
- [19] Australian Government, Department of Agriculture, Water and the Environment, National Bushfire Management Policy Statement for Forests and Rangelands, 2019.
- [20] Chen, Y., Morton, D. C., Randerson, J. T.: *Remote sensing for wildfire monitoring: Insights into burned area, emissions, and fire dynamics*, One Earth, 7(6), 2024, pp. 1022-1028, ISSN 2590-3322, <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2024.05.014>.
- [21] <https://www.nasa.gov/reference/altus-ii/>, Lipanj 2025.
- [22] Stipaničev, D.: *Centar za istraživanje požara otvorenog prostora Split*, Annual of the Croatian Academy of Engineering, (1), 2021, pp. 321-337.
- [23] Barčić, D. Lukinić, M., Posavec, S.: *Analysis of fire protection measures and forest protection costs in the karst area of the Republic of Croatia*, Šumarski list, 148(9-10), pp. 500-500, 2024, <https://doi.org/10.31298/sl.148.9-10.6>