

# ZAŠTITA I OPASNOSTI PRI SNIMANJU VEGETACIJE POMOĆU BESPILOTNIH LETJELICA

---

**Jelinić, Lucija**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**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:128:585648>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-02**



**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 REPOZITORIJ



KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Safety and Protection Department

Professional undergraduate study of Safety and Protection

Lucija Jelinić

**SAFETY AND HAZARDS WHILE RECORDING  
VEGETATION USING DRONES**

FINAL PAPER

Karlovac, 2024.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Odjel Sigurnosti i zaštite

Stručni studij sigurnosti i zaštite

Lucija Jelinić

**ZAŠTITA I OPASNOSTI PRI SNIMANJU VEGETACIJE  
POMOĆU BESPILOTNIH LETJELICA**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: Marko Ožura, dipl.ing.

Karlovac, 2024.



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES  
Trg J.J.Strossmayera 9  
HR-47000, Karlovac, Croatia  
Tel. +385 - (0)47 - 843 - 510  
Fax. +385 - (0)47 - 843 - 579



## VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Stručni studij: Stručni studij sigurnosti i zaštite

Usmjerenje: Odjel sigurnosti i zaštite

Karlovac, 2024

## ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Lucija Jelinić

Matični broj: 0416618070

Naslov: Zaštita i opasnosti pri snimanju vegetacije pomoću bespilotnih letjelica

Opis zadatka:

Uvodno opisati problematiku iz naslova rada, opisati mogućnosti i rizike, središnjem dijelu rada kroz raspravu razraditi postojeća rješenja i kroz zaključak dati svoje mišljenje. Prilikom pisanja rada koristiti recenziranu literaturu i potpuno pravilno citirati sve izvore.

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datum obrane:

Lipanj, 2024.

Rujan, 2024

22.11.2024

Mentor:

Marko Ožura, dipl.ing.

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

Lidija Jakšić, mag.ing.cheming.

:

## SAŽETAK

U ovom radu dan je pregled opasnosti i zaštite bespilotnih letjelica pri snimanju vegetacije. Objasnjene su različite mogućnosti upotrebe bespilotnih letjelica, njihova kategorizacija, zakonska regulativa, opasnosti i zaštita od istih. Korištenje bespilotnih letjelica pri snimanju vegetacije donosi mnoge prednosti radi njihove tehnologije i dostupnosti. Kako je prikazano u ovom radu, najbitnija je obuka i svjesnost operatora pri korištenju bespilotnih letjelica, osvijestiti da s prednostima dolaze i nedostaci. Unatoč tome, istraživanja istih otvara veliki broj mogućnosti i potiče nove ideje za korištenje.

## ABSTRACT

This paper provides an overview of the hazards and protections associated with the use of unmanned aerial vehicles ( UAVs ) in vegetation monitoring. It explains the various applications of UAVs, their categorization, legal regulations, hazards and safeguards. The use of UAVs for vegetation monitoring offers numerous advantages due to their technology and accessibility. As demonstrated in this paper, the most crucial aspect is in the training and awareness of operators when utilizing UAVs, recognizing that along with benefits come drawbacks. Nevertheless, research in this field opens up a wide range of possibilities and encourages new ideas for their application.

## SADRŽAJ

SAŽETAK.....	I
ABSTRACT .....	II
1. UVOD .....	1
2. KATEGORIZACIJA BESPILOTNIH LETJELICA .....	3
2.1. KLASIFIKACIJA BESPILOTNIH LETJELICA.....	4
2.1.1. Klasifikacija po težini.....	4
2.1.2. Klasifikacija prema istrajnosti i doletu .....	5
2.1.3. Klasifikacija prema visini leta .....	5
2.1.4. Klasifikacija prema opterećenju krila.....	5
2.1.5. Klasifikacija prema vrsti motora .....	6
3. FUNCKIONALNOST .....	7
3.1. Pouzdanost primjene bespilotnih letjelica.....	7
4. ZAKONSKA REGULATIVA .....	8
4.1. Zakonski okviri u Republici Hrvatskoj .....	9
5. MOGUĆNOSTI PRIMJENA BESPILOTNIH LETJELICA .....	12
5.1. Primjena u sigurnosti i okolišu .....	12
5.2. Primjena u argikulturi .....	12
5.3. Primjena u civilnoj zaštiti .....	13
6. PRIMJENA BESPILOTNIH LETJELICA U ŠUMARSTVU .....	14
6.1. Aerofotogrametrijsko snimanje .....	15
6.2. Motrenje ilegalnih aktivnosti .....	16
6.3. Brzi odgovor na elementarne nepogode .....	16
7. LASERSKO SKENIRANJE IZ ZRAKA .....	17
8. POVJESNII RAZVOJ LiDAR TEHNOLOGIJE.....	19
8.1. LiDAR .....	21
8.1.2. Glavne prednosti Lidarskog drona za mapiranje uključuju .....	23
9. OPASNOSTI PRI PRIMJENI BRESPILOTNIH LETJELICA .....	24
10. OPASNOSTI PRI SNIMANJU VEGETACIJE .....	25
10.1. Opasnosti za životinje .....	25
10.2. Privatnost.....	26
11. RASPRAVA .....	27
12. ZAKLJUČAK.....	28



13. LITERATURA.....	29
14. PRILOG.....	31
16. POPIS TABLICA.....	32

## 1. UVOD

Dati sintetski opis vegetacije jedne zemlje ili širega područja veoma je složen i zahtjevan zadatak. Potrebno je uzeti u obzir ne samo sve relevantne radove o vegetaciji nego i povijesne, ekološke i antropogene parametre koji su doveli do njezina sadašnjega stanja. Fitocenološka se istraživanja u Hrvatskoj provode bez prekida već osamdesetak godina. Dosad je u monografijama, enciklopedijama i udžbenicima objavljeno dvadesetak pregleda, no ubrzani razvoj znanosti i rezultati istraživanja nameću potrebu stalnoga praćenja i objavljivanja novih spoznaja. Šumsku vegetaciju Hrvatske vrlo je studiozno istraživalo dvadesetak fitocenologa. Kronološki gledano, to su I. Horvat, S. Horvatić, M. Anić, V. Glavač, R. Domac, Đ. Rauš, S. Bertović, I. Trinajstić, Z. Pelcer, I. Šugar, N. Šegulja, K. Hruška-Dell'Uomo, B. Regula-Bevilacqua, J. Medvedović, J. Vukelić, D. Baričević, Z. Cerovečki, Ž. Škvorc, M. Pandža, J. Medak, I. Šapić, ali i drugi, lako je objavljeno oko 5000 snimaka, pojedina su područja još slabo poznata i neistražena. Da bi približili znanje o vegetaciji koristimo snimanje iste uz pomoć bespilotnih letjelica, iako se u prikupljanju podataka koriste mnoge tehnologije, LiDAR tehnologija pruža veoma točne informacije o obliku promatranog objekta uz pomoć georeferenciranih 3D točaka ( Kwak i sur. 2007 ). Mogućnosti LiDAR tehnologije prepoznate su u svijetu te se ona počinje intenzivnije istraživati početkom 21. stoljeća. Od tada pratimo sve veći broj objavljenih radova na temu primjene iste u brojnim poljima. S obzirom na korištenje bespilotnih letjelica pri snimanju vegetacije uviđamo i opasnosti od istih. Bespilotne letjelice se dijele u kategorije i prednost im je dolazak na ne istražena područja bez opasnosti za ljude, brzina prikupljanja informacija, točna i efikasna mjerenja. Aerofotogrametrijski snimci nastaju kao rezultat snimanja iz zraka kamerama posebno konstruiranim za tu namjenu. Od 2009. godine aerofotogrametrijsko snimanje u RH počinje se izvoditi digitalnom kamerom koja prikuplja snimke direktnim zapisom u digitalnom obliku. Za korištenje bespilotnih letjelica u svrhu aerofotogrametrije potrebno je dobiti odobrenje za letenje i snimanje od relevantnih institucija. Proces pribavljanja ovih dozvola regulirana je zakonskim normama koje je propisala Vlada države na čijem se teritoriju snimanja provode. U Republici Hrvatskoj, ovlaštena institucija za izdavanje ovih dozvola je Državna geodetska uprava. Kako bi dobio odobrenje od Agencije, vlasnik ili operater mora se pridržavati sigurnosnih zahtjeva koja je ona postavila. Pribavljanje drugih potrebnih odobrenja i dozvola ne podliježe Pravilniku o bespilotnim letjelicama. Snimanje iz zraka u Republici Hrvatskoj regulirano je Uredbom o obrani ( NN 73/2013 ) i Uredbom o snimanju iz zraka ( NN 130/2012 ). Pravilnikom o snimanju iz zraka

utvrđuju se uvjeti pod kojima je moguće snimati snimke iz zraka kopna i teritorijalnih voda Republike Hrvatske, kao i uvjet pod kojima te slike mogu biti objavljene u javnosti. Snimanje iz zraka dozvoljeno je isključivo fizičkim i pravnim osobama koje su registrirane za tu djelatnost na trgovačkom sudu u Republici Hrvatskoj. Glavni sigurnosni problemi kod bespilotnih letjelica su zračni sudari i gubitak kontrole. Do sudara u zraku može doći ako rukovoditelj bespilotne letjelice ne uspije pravovremeno uočiti i izbjeći zrakoplove s ljudskom posadom, posebno one koji lete ispod 500 stopa, poput helikoptera, poljoprivrednih zrakoplova te zrakoplova koji slijeću ili polijeću. Također, utvrđeno je da letjelice s motorima na gorivo, koje su općenito bučnije od električnih izazivaju više reakcija kod životinja. Također, razlike u intenzitetu buke uzrokovane promjenama brzine ili putanje UAS-a mogu dodatno izazvati smetnje. Veće UAS platforme izazivaju reakcije na većim visinama nego manje, vjerojatno zbog percepcije veće prijetnje.

Cilj ovog rada je prepoznati opasnosti i istražiti mjere zaštite od bespilotnih letjelica pri snimanju vegetacije. U radu će se istražiti vrste bespilotnih letjelica, mogućnosti općenite primjene bespilotnih letjelica, LiDAR tehnologija i njene glavne prednosti. Također, u radu će se prikazati temeljna zakonska regulativa u Hrvatskoj koja uređuje područje primjene bespilotnih letjelica. Na temelju istraživanja, izdvojene su prednosti i nedostaci, opasnosti i zaštitne mjere pri korištenju bespilotnih letjelica za snimanje vegetacije. Na kraju rada, iznesena su zaključna razmatranja rada.

## 2. KATEGORIZACIJA BESPILOTNIH LETJELICA

U najširem smislu, letjelice se dijele na dvije glavne kategorije: svemirske letjelice i one koje lete unutar Zemljine atmosfere. Budući da je osnovni medij unutar Zemljine atmosfere zrak, ova druga skupina letjelica naziva se zrakoplovima. Zrakoplov koji je namijenjen letenju bez pilota a može biti daljinski upravljani ili programiran za autonomno djelovanje, definira se kao bespilotna letjelica ili dron. Postoji mnogo različitih tipova bespilotnih letjelica s različitim karakteristikama i mogućnostima, prilagođenih potrebama korisnika. Nekoliko skupina zatražilo je uspostavu referentnog standarda za međunarodnu zajednicu bespilotnih letjelica (UAV).



Slika 1. Bespilotna letjelica

## 2.1. KLASIFIKACIJA BESPILOTNIH LETJELICA

Klasifikacija prema upotrebi:

- Vojne
- Civilne
- Komercijalne

Klasifikacija prema konstrukciji:

- S fiksnim krilom
- S rotacionim krilom
- Teže od zraka
- Lakše od zraka

### 2.1.1. Klasifikacija po težini

Bespilotne letjelice obuhvaćaju širok raspon masa, od mikro letjelica težih manje od jednog kilograma do velikih letjelica poput Global Hawk, čija masa prelazi 11 tona. Na temelju mase, bespilotne letjelice klasificiraju se na sljedeći način:

- Super teške – teže od 2 tone
- Teške – između 200 i 2.000 kilograma
- Srednje teške – između 50 i 200 kilograma
- Lagane – između 5 i 50 kilograma
- Mikro – lakše od 5 kilograma

### 2.1.2. Klasifikacija prema istrajnosti i doletu

Važno je istaknuti da su, prilikom ovakve klasifikacije bespilotnih letjelica, pojmovi istrajnosti i doleta međusobno povezani. Letjelica s duljom istrajnošću obično ima i veći dolet.

Razvrstavaju se na sljedeći način:

- Velike – bespilotne letjelice koje su u stanju letjeti 24 sata i više, a dolet im od 1.500 do 22.000 km
- Srednje – bespilotne letjelice koje su u stanju letjeti između 5 i 24 sata i to je najčešći tip bespilotnih letjelica
- Male – bespilotne letjelice koje su u stanju letjeti kraće od 5 sati i koriste se za kraće misije

### 2.1.3. Klasifikacija prema visini leta

Još jedan kriteriji za klasifikaciju bespilotni letjelica je maksimalna operativna visina, odnosno plafon leta:

- Niska visina – plafon leta 1.000 m
- Srednja visina – plafon leta od 1.000 do 10.000 m
- Velika visina – plafon leta viši od 10.000 m

### 2.1.4. Klasifikacija prema opterećenju krila

Klasifikacija bespilotnih letjelica prema opterećenju krila dobiva se dijeljenjem ukupne težine letjelice s površinom njenih krila. Letjelice se na temelju tog parametra klasificiraju na sljedeći način:

- Nisko – opterećenje krila manje od 50 kg/m<sup>2</sup>
- Srednje – opterećenje krila između 50 i 100 kg/m<sup>2</sup>
- Visoko – opterećenje krila preko 100 kg/m<sup>2</sup>

### 2.1.5. Klasifikacija prema vrsti motora

Bespilotne letjelice služe za različite zadatke i misije, što zahtjeva uporabu različitih vrsta motora za uspješno izvršavanje tih zadataka. S porastom težine letjelice, raste i težina te veličina motora. Manje i lakše bespilotne letjelice obično koriste elektromotore, dok veće i teže pretežno koriste klipne ili mlazne motore. Stoga se klasificiraju prema vrsti motora:

- Klipni
- Elektro
- Dvotaktni
- Rotacioni
- Turboprop
- Turbofan

Kategorija	Masa ( kg )	Plafon leta ( m )	Dolet ( km )
Mikro	<1	90	<5
Mini	<25	<3000	<25
Kratkog dometa	<200	<4500	<75
Srednjeg dometa	<750	<7600	<200
Srednje visine leta	>1000	<9100	>1000
Srednje visine leta +	>3000	>9100	>1000
Visoke visine leta	>3000	>13700	>1000

Tablica 1. Podjela bespilotnih letjelica s obzirom na kategoriju, masu, plafon leta i dolet

### 3. FUNKCIONALNOST

Prema funkcionalnosti, UVS INTERNATIONAL6 razvrstava bespilotne letjelice na temelju zadaća i misijskih mogućnosti, kako slijedi:

- Inteligentne, nadzorne i letjelice namjenje za prikupljanje podataka i prepoznavanje (ISTAR7)
- Bobene bespilotne letjelice (UCAV8)
- Bespilotne letjelice s vertikalnim polijetanjem i slijetanjem (VTOL9)
- Bespilotne letjelice za radarsku i komunikacijski transfer
- Bespilotne letjelice za zračnu dostavu i opskrbu

#### 3.1. Pouzdanost primjene bespilotnih letjelica

Pouzdanost predstavlja vjerojatnost da će sredstvo uspješno izvršiti svoju funkciju u određenim uvjetima i unutar zadanog vremenskog okvira. Kako bi se odredila pouzdanost bespilotne letjelice, potrebno je definirati četiri parametra koji je određuju:

- Parametar nezgode (MR – Mishap Rate) – predstavlja broj nezgoda na 100.000 sati leta od ukupnog vremena leta cijele flote
- Srednje vrijeme između otkaza (MTBF – Mean Time Between Failure) – usporedba sati leta i broja promatranih intervala održavanja – u satima
- Raspoloživost (A – Availability) – vjerojatnost da će sredstvo spremno započeti s radom, a izražava se postotkom
- Pouzdanost (R – Reliability) – izračunava se po formuli :  $R = 100 - p$  gdje je p postotak neizvršenih misija, otkazanih zbog problema s održavanjem ili prekida za vrijeme misije



#### 4. ZAKONSKA REGULATIVA

Za korištenje bespilotnih letjelica u svrhu aerofotogrametrije potrebno je dobiti odobrenje za letenje i snimanje od relevantnih institucija. Proces pribavljanja ovih dozvola regulirana je zakonskim normama koje je propisala Vlada države na čijem se teritoriju snimanja provode. U Republici Hrvatskoj, ovlaštena institucija za izdavanje ovih dozvola je Državna geodetska uprava.

Nakon što su dozvole dobivene, pristupa se snimanju, a nakon razvijanja aerosnimaka, fizička ili pravna osoba obavezna je dostaviti snimke Državnoj geodetskoj upravi. Snimke se moraju dostaviti u roku od 8 dana od dana razvijanja, u skladu sa Zakonom o obrani (NN 33/02). Zahtjev za odobrenje potrebnog za razvijanje aerosnimaka, koji se predaje Državnoj geodetskoj upravi, mora sadržavati:

- Podatke o naručitelju snimanja
- Podatke o izvršitelju snimanja i dokaz o registriranoj djelatnosti iz zraka izvršitelja snimanja (potrebno priložiti kopiju registracije pri Trgovačkom sudu)
- Podatke o izvršitelju razvijanja
- Podatke o vremenu snimanja
- Popis objekata, skicu ili kartu s označenim područjem snimanja
- Podatke o vrsti i mjerilu snimanja, kameri, žarišnoj daljini objektiva, filmu ili obliku zapisa
- Način čuvanja izvornih podataka snimanja
- U slučaju snimanja pojedinih vojnih, telekomunikacijskih, energetske i industrijskih objekata, Nacionalnih parkova, Parkova prirode i drugih zaštićenih prirodnih područja potrebno je i priložiti mišljenje korisnika, tj. Ustanove koja upravlja zaštićenim prirodnim područjima određeno Uredbom o snimanju iz zraka, NN 116/03.

Na internetskim stranicama Državne geodetske uprave su digitalni obrasci Zahtjeva za izdavanje odobrenja za razvijanje aerosnimaka. Uz ovaj obrazac, potrebno je priložiti dokaz o registriranoj djelatnosti snimanja iz zraka. Također, za letjelicu potrebno je dostaviti kopiju Certifikata za obavljanje radova iz zraka s Operativnim specifikacijama, koji izdaje Agencija za civilno zdravstvo.

#### 4.1. Zakonski okviri u Republici Hrvatskoj

Pod pravnom regulativom o bespilotnim letjelicama podrazumijevaju se odredbe koje definiraju sam pojam bespilotne letjelice, kategorije u koje ona spada, te svrhu njezinog korištenja. Stoga, ministar pomorstva, prometa i infrastrukture, na temelju članka 142. stavka 5. zakona o zračnom prometu, donosi Pravilnik o sustavima bespilotnih zrakoplova. Ovim pravilnikom jasno se propisuju uvjeti za sigurno korištenje bespilotnih letjelica i kriteriji za osobe koje planiraju upravljati njima moraju zadovoljit.

Važno je napomenuti da se odredbe pravilnika ne primjenjuju na sustave bespilotnih letjelica u posjedu ili upotrebi nadležnih vlasti, osim ako se ti sustavi koriste prema pravilima koja vrijede za opći zračni promet. Također, pravilnik se ne odnosi na bespilotne letjelice koje se koriste u zatvorenim prostorima.

Pravilnik klasificira bespilotne letjelice u tri kategorije:

- Klasa 5 ( do 5 kg )
- Klasa 25 ( od 5 do 25kg )
- Klasa 50 ( od 25 do 150 kg )

U odnosu na gustoću naseljenosti, razinu gradnje i prisutnost ljudi, područja obavljanja operacija bespilotnih letjelica podjeljena su u 4 klase:

- Klasa I – područja bez zgrada i ljudi
- Klasa II – područja s ugostiteljskim objektima i bez ljudi
- Klasa III – područja s objektima namijenjenim za stambene, rekreacijske ili poslovne svrhe i bez ljudi
- Klasa IV – gradsko područje

Klasifikacija letjećih operacija temelji se na razini rizika koja se pretpostavlja za određenu okolinu. Na primjer, let iznad skupine ljudi ili industrijskog područja smatra se iznimno opasnim i spada u kategoriju D letačkih operacija. Prema pristupu koji se temelji na riziku, letačke operacije bespilotnih letjelica podijeljene su u 4 kategorije: A, B, C i D.

Operator bespilotne letjelice obavezan je osigurati da let bez posade bude izveden na način koji ne predstavlja opasnost za život, zdravlje ili imovinu u slučaju gubitka kontrole nad letjelicom, te da ne ugrožava javni red i mir. Operater ima sljedeće obaveze:

- Osigurati da se let bespilotnog zrakoplova odvija danju,
- Prije leta provjeriti i uvjeriti se u ispravnost sustava bespilotne letjelice,
- Prikupiti sve potrebne informacije za planirani let i uvjeriti se da meteorološki i stalni uvjeti u području leta osiguravaju sigurno izvođenje leta,
- Osigurati da je sva oprema ili teret na bespilotnom zrakoplovu odgovarajuće pričvršćen kako bi spriječio njegovo ispadanje,
- Osigurati da bespilotna letjelica tijekom uzlijetanja ili slijetanja sigurno nadvisuje sve prepreke,
- Tijekom leta osigurati sigurnu udaljenost bespilotne letjelice od ljudi, životinja, objekata, vozila, plovila, drugih zrakoplova, cesta, željezničkih pruga, vodenih putova ili dalekovoda, ne manje od 30 metara,
- Osigurati minimalnu udaljenost bespilotne letjelice od skupine ljudi 150 metara,
- Osigurati da se let bespilotne letjelice odvija unutar vidnog polja rukovoditelja i na udaljenosti ne većoj od 500 metara od rukovoditelja
- Osigurati da se let bespilotne letjelice odvija izvan kontroliranog zračnog prostora,
- Osigurati da se let bespilotne letjelice odvija na udaljenosti najmanje 3 kilometra od aerodroma i prilazne ili odlazne ravnine aerodroma, osim u slučaju kada su posebno predviđene procedure za letenje bespilotnih zrakoplova definirane naputkom za korištenje aerodroma,
- Osigurati da se tijekom leta iz ili s bespilotne letjelice ne izbacuju predmeti

Također, tijekom upravljanja istom, rukovoditelj mora imati potrebnu dokumentaciju s obzirom na kategoriju operacije.

Kako bi dobio odobrenje od Agencije, vlasnik ili operater mora se pridržavati sigurnosnih zahtjeva koja je ona postavila. Pribavljanje drugih potrebnih odobrenja i dozvola ne podliježe Pravilniku o bespilotnim letjelicama.

Snimanje iz zraka u Republici Hrvatskoj regulirano je Uredbom o obrani (NN 73/2013) i Uredbom o snimanju iz zraka (NN 130/2012). Pravilnikom o snimanju iz zraka utvrđuju se uvjeti pod kojima je moguće snimati snimke iz zraka kopna i teritorijalnih voda Republike Hrvatske, kao i uvjet pod kojima te slike mogu biti objavljene u javnosti. Snimanje iz zraka dozvoljeno je isključivo fizičkim i pravnim osobama koje su registrirane za tu djelatnost na trgovačkom sudu u Republici Hrvatskoj.



Slika 2. Primjena bespilotne letjelice u poljoprivredi

## 5. MOGUĆNOSTI PRIMJENA BESPILOTNIH LETJELICA

### 5.1. Primjena u sigurnosti i okolišu

Održavanje sigurnosti građana predstavlja složen sustav u kojem sudjeluju različite civilne i vojne organizacije. Zračna komponenta prepoznata je kao jedan od ključnih čimbenika sigurnosti, posebno u pogledu vrste i učestalosti informacija koje se integriraju u sigurnosnu mrežu za daljnje analize. Praćenje obala izvorno je bilo važno zbog nadzora stanja okoliša obale. Danas se upotreba bespilotnih letjelica usredotočuje na zaštitu morskih granica, posebno u državama koje su atraktivne za imigrante.

Korištenje bespilotnih letjelica znatno se smanjuje potreba za ljudstvom, što rezultira manjim brojem potrebnih patrolnih brodova na granicama te smanjenjem troškova iz proračuna, koji se mogu usmjeriti na druge svrhe. Letjelice se koriste za praćenje ilegalnih imigracija i obavještanje nadležnih tijela u slučaju nesreće.

### 5.2. Primjena u argikulturi

Detaljan nadzor farme može omogućiti prikupljanje podataka visoke rezolucije koji pomažu u otkrivanju nepoželjnih čimbenika. Ovaj pristup omogućuju kartiranje za planiranje sadnje, navodnjavanja i procjenu prinosa usjeva. U područjima do kojih je teško pristupiti zbog nepristupačnog terena koriste se bespilotne letjelice, koje omogućuju brz i jednostavan nadzor usjeva ili stoke. Također bespilotne letjelice se mogu koristiti za primjenu fungicida, herbicida i drugih sredstva bez potrebe za ljudskom intervencijom na terenu.

Ovim pristupom štedi se na ljudstvu i vremenu, jer je primjena fungicida bespilotnom letjelicom znatno brža od ručne primjene prskalicama. Osim toga, smanjuje se ili eliminira mogućnost trovanja herbicidom ili fungicidom prilikom ručne primjene.

### 5.3.Primjena u civilnoj zaštiti

Sustav civilne zaštite obuhvaća mjere i aktivnosti (preventivne, planske, organizacijske, operativne, nadzorne i financijske) koje uređuju prava i obveze sudionika, kao i ustroj i djelovanje svih dijelova sustava civilne zaštite. Ovaj sustav omogućava povezivanje institucionalnih i funkcionalnih resursa sudionika, koji se međusobno nadopunjuju u jedinstvenu cjelinu radi zaštite i spašavanja građana, materijalnih i kulturnih dobara te okoliša od posljedica prirodnih i tehničko-tehnoloških velikih nesreća i katastrofa, kao i otklanjanje posljedica terorizma i ratnih razaranja.

Određenim mjerama zaštite i spašavanja moguće je ukloniti ili barem spriječiti negativne učinke katastrofa. Zbog toga se u civilnu zaštitu uključuju i nove tehnologije kako bi se postigli zadani ciljevi u većoj mjeri.

Civilna zaštita igra ključnu ulogu u suočavanju s katastrofama poput poplava, požara i potresa. U slučaju poplave, što je jedan od ciljeva Direktive o poplavama 2007/60/EG. Ove letjelice mogu brzo pružiti trodimenzionalne podatke, digitalne ortofoto snimke i 3D modele, koji se kasnije mogu koristiti za sanaciju pogođenog područja.

Osim što pomažu stručnjacima u procjeni razine rizika, bespilotne letjelice također olakšavaju evakuaciju pogođenog stanovništva na temelju precizno utvrđenih i realnih opasnosti. U okviru sustava civilne zaštite, bespilotne letjelice koriste policija i vatrogasci. Policija ih koristi za praćenje i nadgledanje situacije tijekom pljački, potjera, oružanih obračuna i sličnih incidenata. S druge strane, vatrogasci ih koriste za praćenje širenja požara, što im omogućava pravovremeno djelovanje u područjima koja bi mogla biti pogođena, kao i u prevenciji novih požara.

Kao što je već spomenuto, prednosti bespilotnih letjelica u odnosu na ljudske posade u helikopterima ili manjim zrakoplovima su višestruke. One su male, tihe (što je posebno korisno tijekom policijskih potjera), dugotrajne i teško uočljive, osobito u urbanim područjima gdje je mnogo zgrada i plakata.

## 6. PRIMJENA BESPILOTNIH LETJELICA U ŠUMARSTVU

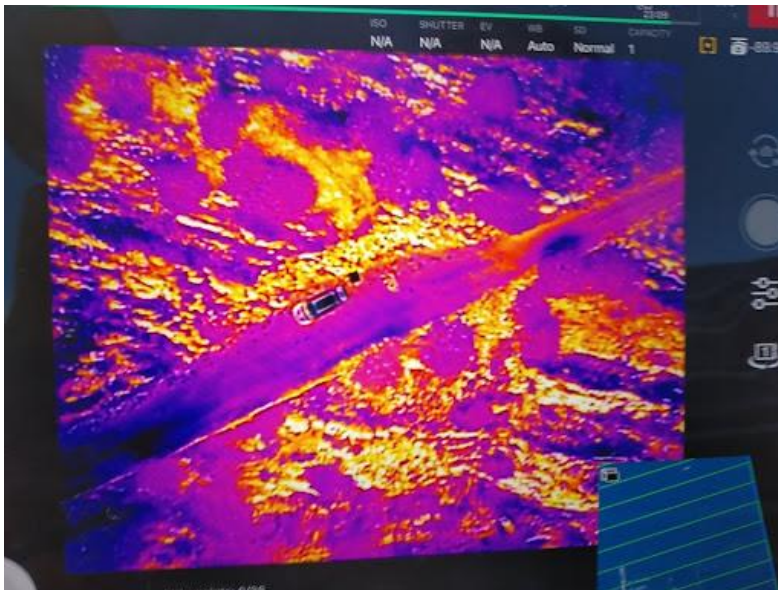
Izazov s kojim se suočavaju šumari i menadžment u šumarstvu je održavanje zdravlja šuma i poboljšanje njihovog stanja, dok istovremeno eksploatacija šumskih resursa mora održavati na ekološki prihvatljivom nivou. Bepilotne letjelice koriste se već dugi niz godina i njihova primjena pokazala se kao neizostavan alat za praćenje stanja šuma. Neki od mogućih načina upotrebe uključuju:

- Pomoć u održavanju zdravlja šuma brzim detektiranjem određenog problema
- Poboljšanje menadžmenta u šumarstvu i planiranje
- Aerofotogrametrijsko snimanje
- Motrenje ilegalnih aktivnosti
- Brzi odgovor na elementarnu nepogodu

## 6.1. Aerofotogrametrijsko snimanje

Ovisno o svrsi, aerofotogrametrijski snimci prikupljaju se s različitih visina leta iznad terena, što rezultira različitim razinama rezolucije, poznatim kao Ground Sampling Distance (GSD) – veličina piksela na površini tla. Snimci istodobno bilježe vidljivi (pankromatski) dio spektra, RGB boje (crvenu, zelenu i plavu) te blisko infracrveni spektar (Near InfraRed - NIR).

Aerofotogrametrijski snimci koriste se kao temelj za katastarsku izmjeru, prikupljanje podataka za izradu digitalnog modela reljefa, fotogrametrijsku izmjeru za uspostavu i održavanje topografske baze podataka, te proizvodnju digitalnog ortofota različitih mjerila. Također se primjenjuju za obnovu topografskih baza, izradu Hrvatske osnovne karte (HOK5), topografskih karata u mjerilu 1:25 000 i vojnih topografskih karata.



Slika 4. Aerofotogrametrijsko snimanje Šibenskog kanala – Interreg PEPSEA Šibenik



## 6.2. Motrenje ilegalnih aktivnosti

Šumska prostranstva su velika i teško dostupna, što otežava stalni nadzor na više mjesta istovremeno. Nedostatak šumarskih rendžera, nepristupačan teren, te slab interes nadležnih ustanova i javnosti omogućili su širenje ilegalnih aktivnosti. Беспilotne letjelice smanjuju potrebu za rendžerima, ali ih ne mogu u potpunosti zamijeniti. Njihova primjena omogućava brzo i učinkovito otkrivanje bilo kakvih ilegalnih radnji šuma. Za gustu šumu koriste se mini letjelice koje lako prolaze kroz krošnje, opremljene kamerama za snimanje i GPS sustavom za određivanje točne lokacije. Na taj način pružaju jasnu sliku i lokaciju zločina, što omogućuje brzu intervenciju.

Primjer ilegalnih aktivnosti uključuju sječu i odvoz drvene mase, skupljanje zaštićenih ili ugroženih gljiva i biljaka, krivolov ( na kopnu i rijekama ), odlaganje otpada te podmetanje požara. Prilikom provođenja nadzora, беспilotne letjelice putem radijske frekvencije, izravno ili preko satelita, šalju podatke nadležnim ustanovama, omogućujući brzu reakciju, saniranje štete i traženje odgovornih osoba.

## 6.3. Brzi odgovor na elementarne nepogode

Prema Zakonu o zaštiti od elementarnih nepogoda ( NN 73/97, 174/04 ), elementarna nepogoda definira se kao iznenadna i velika nesreća koja prekida normalno funkcioniranje života, uzrokovajući žrtve, opsežnu štetu na imovini, infrastrukturi i/ili okolišu, u mjeri koja premašuje mogućnosti zajednice da ih sam sanira bez vanjske pomoći. Elementarne nepogode česta su pojava u šumama, posebno zbog klimatskih promjena. Zahvaćeno može biti manje područje, dok se u slučaju širenja na veće površine proglašava stanje elementarne nepogode.

U situacijama kao što su požari, poplave, napadi štetnika ili bolesti, erozije, potresi, vjetrolomi i ledolomi, беспilotne letjelice igraju važnu ulogu. Omogućuju brzo procjenjivanje štete i zahvaćenog područja te, uz pomoć aerosnimki ili 3D modela, pomažu u modeliranju širenja štetnika i određivanja pravca djelovanja kako bi se spriječila daljnja šteta. Slično kao u poljoprivredi kako je navedeno ranije, letjelice se u šumarstvu mogu koristiti za primjenu herbicida ili fungicida na velikim površinama i u kratkom roku. Brz odgovor na nepogodu uključuje izlazak na teren, sanaciju i procjenu štete.

## 7. LASERSKO SKENIRANJE IZ ZRAKA

Fotogrametrija je znanstvena disciplina i tehnika koja se bavi određivanjem oblika, veličine i položaja objekata putem snimanja, mjerenja i interpretacije fotografija. Bez fotogrametrije ne bi bilo moguće ni kartiranje ni proučavanje površine našeg planeta, a razvoj današnjih sustava laserskog skeniranja iz zraka također je neodvojiv od ove discipline. Riječ je o vještini koja se koristi više od stotinu godina. Osnovna svrha fotogrametrije je obrada snimaka, a njezini rezultati uključuju digitalne modele terena (engl. Digital Terrain Model – DTM , ortofoto snime, 2D i 3D rekonstrukcije snimljenih površina te podloge za klasifikaciju i kartiranje, što uključuje izradu tematskih karata i vizualizaciju.)

Lasersko skeniranje iz zraka predstavlja relativno novu metodu prikupljanja prostornih podataka koja se oslanja na snimanje Zemljine površine iz letjelice. Ova tehnika nije odvojiva od fotogrametrije, već je bolje razumjeti je kao način prikupljanja prostornih podataka korištenjem specijaliziranih senzora. Laser, smješten u letjelici uz svu potrebnu opremu, ima za cilj izravno georeferencirati podatke, tj. Odrediti 3D koordinate (  $x, y, z$  ) iz oblaka točaka koji nastaje snimanjem određenog područja. Za razliku od 2D planimetrijskih podataka, oblak točaka generiran LiDAR tehnologijom precizno opisuje profil snimljene Zemljine površine.

Druge prednosti LiDAR tehnologije uključuju izostanak deformacija koje se mogu javiti prilikom klasičnog snimanja terena iz aviona, sposobnost prodiranja kroz vegetaciju te otpornost na različite svjetlosne uvjete. Zbog toga se LiDAR snimanje iz zraka uspješno primjenjuje u izradi digitalnih modela reljefa (DMR), topografskih karata, 3D modela gradova te u procjenama šteta izazvanih prirodnim katastrofama.

Tijekom laserskog skeniranja iz zraka, područje koje se mjeri nadlijeće letjelica, poput zrakoplova ili helikoptera, koja ispod sebe nosi LiDAR uređaj. Pri kontaktu sa vegetacijom, dio laserskog zraka se odbija, registrirajući visinu vegetacije, dok dio zraka prolazi dalje do druge površine, od koje se odbija – bilo do tla ili do tvrde, nepropusne podloge, od koje se cijeli zrak odbija.

Ovisno o vidnom kutu skenera (FOV) i visini leta, tijekom jednog preleta može se izmjeriti pojas na terenu određene širine, odnosno cijeli niz. Kako bi se snimilo područje s potrebnim brojem nizova, cijelo se područje obično nadlijeće više puta. Visine leta variraju od 20 do 6000 metara, no najčešće se kreću između 200 i 1000 metara. Većina ALS sustava sastoji se od četiri glavne komponente:

- a) Laserski skener
- b) GPS
- c) IMU
- d) Računalo za pohranu i obradu prikupljenih podataka

Laserski skener se sastoji od sljedećih ključnih dijelova:

- Impulsnog lasera, čije se pulsiranje može mijenjati
- Mehanizam za skeniranje
- Prijemnog senzora sa sklopkom za mjerenje vremena putovanja laserskog impulsa

Laseri u ALS sustavima za snimanje vegetacije emitiraju svjetlost valnih duljina između 900 i 1064nm, što pripada bliskom infracrvenom području. Ova regija se prvenstveno koristi zbog sigurnosti ljudskog oka, koje nije osjetljivo na valne duljine, što omogućava korištenje većih snaga laserskog zračenja.

Vegetacija u vidljivom dijelu spektra apsorbira značajnu količinu odlaznog elektromagnetskog zračenja, što dovodi do slabe refleksije. Kao i terestričnim laserskim sustavima, tako i u laserskim sustavima za snimanje iz zraka postoje pulsni i fazni skeneri, no većina primijenjenih sustava koriste pulsne lasere.

## 8. POVJESNII RAZVOJ LiDAR TEHNOLOGIJE

Prema Wehru i Lohru ( 1999. ), LiDAR je akronim za engleski izraz „Light Detection And Ranging“, iako je u jednom razdoblju postojala težnja uvođenja pojam LADAR, što bi označavalo „Laser Detection and Ranging“ kako bi se naglasila uporaba lasera. Laser je uređaj koji stvara i pojačava koherentno, elektromagnetsko zračenje, obično monokromatsko i usko usmjereno. Prvi laseri konstruirani su 1960-ih godina u 20. stoljeća, a ubrzo nakon toga započela je njihova primjena za mjerenje udaljenosti, osobito u avijaciji.

Nelson ( 2013. ) navodi da se lasersko snimanje iz zraka prvi put spominje se 1964. godine na simpoziju održanom na Sveučilištu u Michiganu, gdje su Rampel i Parker predstavili testiranje He-Ne lasera spojenog s barometrom za mjerenje visine letjelice i fotogrametrijskom kamerom za snimanje avionskih pista, s ciljem poboljšanja preciznosti koja nije zadovoljavajuća kod radara. Već tada je prepoznat potencijal široke primjene laserskog snimanja iz zraka ( uz unapređivanje sustava ), uključujući mogućnosti određivanja visine stabla u šumi s velikom preciznošću.

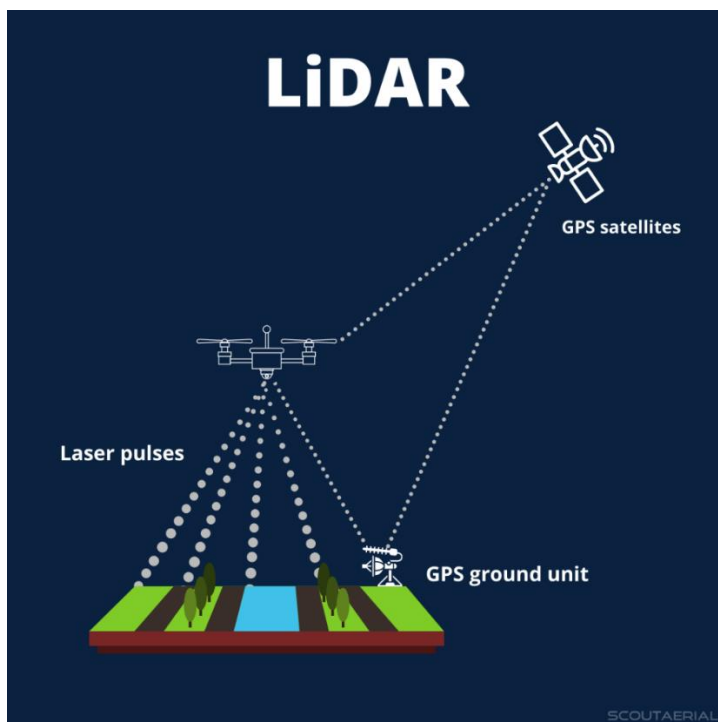
Petrie i Toth ( 2009. ) navode da su 1965. godine Jensen i Ruddock razvili funkcionalni laserski profiler namijenjen komercijalnom topografskom kartiranju. Ti laserski sustavi koristili su plinske He-Ne lasere s kontinuiranim zračenjem na frekvenciji od 0,633  $\mu\text{m}$ , dok se izlazni signal mogao emitirati na tri frekvenciji – 1,5 i 25 MHz.

Sredinom 1970 -ih godina, daljnjim razvojem laserske tehnologije, pojavio se Nd. Laser s krutom jezgrom, što je postavilo temelje za suvremeno lasersko skeniranje. Nd laser pripada skupini impulsnih lasera koji se danas najčešće koriste u laserskom snimanju iz zraka zbog veće energije emitiranog impulsa ( Wher i Lohr, 1999. )

Razvoj nove generacije lasera omogućio je širu primjenu, a rana istraživanja u primjeni ove tehnologije pripisuju se NASA-i, kao i znanstvenicima i istraživačima u SAD-u i Kanadi, koji su provodili različita hidrografska i batimetrijska istraživanja. Kasnih 1980-ih, komercijalna dostupnost GPS tehnologije omogućila je integraciju GPS-a u sustave laserskog snimanja iz zraka, čime je riješen problem točnosti pozicioniranja snimanja, što je prethodno predstavljalo značajnu prepreku daljnjem razvoju tehnologije.

Brojna istraživanja provedena na Sveučilištu u Stuttgartu s laserskim profilerima u razdoblju od 1988. do 1993. godine potvrdila su veliki potencijal geometrijske točnosti, čime su ispunjeni svi parametri potrebni za razvoj sustava za skeniranje Zemljine površine iz zraka. U narednim godinama taj se razvoj i ostvario ( Ackermann, 1999. ). Razvoj tehnologije laserskog skeniranja iz zraka postao je moguć zahvaljujući impulsnim laserima koji emitiraju svjetlost u bliskom infracrvenom području, omogućuju jasno očitavanje povratnog signala nakon refleksije s tla.

Precizno pozicioniranje platforme osigurano je integracijom GPS-a i IMU-a, pri čemu GPS omogućuje globalnu točnost, a inercijalni mjerni sustav lokalnu preciznost. S razvojem odgovarajućeg mehanizma skeniranja, konstruirani su prvi skeneri za lasersko snimanje iz zraka koji su se ubrzo počeli koristiti za visinsko mjerenje velikih površina terena. Godine 1999. časopis „Journal of Photogrammetry & Remote Sensing“ objavio je posebno izdanje posvećeno tehnologiji laserskog skeniranja iz zraka, što je pozitivno utjecalo na daljnji razvoj LiDAR tehnologije, kako u znanstvenom, tako i u tehnološkom smislu ( Yan i sur. 2015.).



Slika 5. LiDAR

## 8.1. LiDAR

LiDAR je potpuno automatizirani, aktivni optičko-mehanički postupak za prikupljanje prostornih podataka s aktualnih snimališta ( Gajski, 2007.). Jedan od ključnih značajki LiDAR sustava je njihova sposobnost prikupljanja velike količine visoko točnih trodimenzionalnih prostornih podataka na velikim područjima u relativno kratkom vremenskom razdoblju. Ovi sustavi temelje se na laserskom skeniranju koje mjeri udaljenost između skenera i objekta, a ta udaljenost izračunava na temelju brzine svjetlosti i vremena potrebnog da emitirano lasersko zračenje stigne do objekta ( Baltsavias, 1999. )

Jedna od glavnih prednosti LiDAR sustava je njegova iznimna preciznost, koja se ogleda u tome da lasersko skeniranje iz zraka može pružiti podatke s točnošću od nekoliko centimetara, dok skeniranje s tla može doseći milimetarsku preciznost. Razvoj i uvođenje LiDAR sustava značajno su promijenili metode daljinskih istraživanja. Napredak u metodologiji i tehnologiji snimanja s pomoću laserskih sustava omogućio je pristup do tada nepristupačnim terenima. Jedna od posebnosti zračnog laserskog skeniranja jest njegova sposobnost da jednako dobro bilježi podatke na otvorenim površinama kao i na područjima prekrivenim raznom vegetacijom, što najbolje ilustrira njegovu široku primjenjivost.

Već 1999. godine Ackermann predviđa da će nova tehnologija laserskog snimanja iz zraka nastaviti širiti i pronalaziti primjenu u raznim strukama, od šumarstva do prostornog planiranja. LiDAR je aktivni sustav koji ne ovisi o prirodnom svjetlu, no zahtjeva čistu atmosferu tijekom skeniranja, bez smoga ili magle koje bi mogle otežati ili produljiti proces. Također, laser se ne može koristiti tijekom kišnih uvjeta jer većina emitiranog zračenja ne može prodrijeti kroz vodu.

Ovisno o platformi koja nosi skener, tehnologija laserskog skeniranja može se podijeliti na:

- Lasersko skeniranje sa zemlje ( Terrestrial Laser Scanning – TLS )
- Lasersko skeniranje iz zraka ( Airborne Laser Scanning – ALS )
- Lasersko skeniranje iz svemira ( Spaceborne Laser Scanning – SLS )

Od navedenih, najčešće se koristi lasersko snimanje iz zraka ( ALS ), pri čemu su avion ili helikopter platforme koje nose skener. Lasersko skeniranje iz zraka omogućuje najbolji pristup velikim površinama terena i nudi visoku pokretljivost skenera, dok je lasersko snimanje sa zemlje ( TLS ) pogodnije za ograničena područja, izuzetno strme terene te za pojedinačna detaljna snimanja. Iako je princip određivanja koordinata mjernih točaka u oba sustava identičan, oni se razlikuju po tehnologiji, stoga će svaki sustav biti zasebno prikazan, s naglaskom na laserskim skeniranjima iz zraka.



Slika 6. Беспилотна летјелија за ласерско скенирање ( LiDAR)

## 8.1.2. Glavne prednosti Lidarskog drona za mapiranje uključuju

### 1. Visoka razlučivost snimanja i kartiranja:

Dronovi opremljeni lidarskom opremom visokih performansi omogućuju snimanje i kartiranje površina s iznimno visokom rezolucijom. U usporedbi s tradicionalnim metodama mjerenja i kartiranja, ove bespilotne letjelice mogu preciznije uhvatiti detalje i generirati visokokvalitetne karte.

### 2. Prilagodljivost različitim uvjetima okoline:

LiDAR tehnologija ugrađena u bespilotne letjelice za lidarsko mapiranje omogućuje da učinkovito radi u raznolikim uvjetima. Nije podložan utjecaju vremenskih uvjeta ili razine osvjetljenja, što omogućuje obavljanje geodetskih i kartografskih zadataka na složenim terenima i u nepovoljnim vremenskim uvjetima. Ova prilagodljivost pruža korisnicima veću fleksibilnost i pouzdanost u rješavanju različitih izazova, bilo da se radi ubranim, planinskim ili obalnim područjima.

### 3. Brzo i učinkovito prikupljanje podataka;

Bespilotne letjelice za mjerenje i kartiranje opremljeni LiDAR tehnologijom posjeduju napredne sustave automatizacije koji im omogućuju samostalno izvršavanje zadataka snimanja i kartiranja. U usporedbi s tradicionalnim ručnim metodama, ove bespilotne letjelice mogu brzi i efikasno prikupiti veliku količinu podataka o površini, što značajno povećava brzinu i učinkovitost procesa snimanja i kartiranja. Ova sposobnost je posebno važna za projekte koji zahtijevaju pravovremen pristup geodetskim i kartografskim informacijama.



## 9. OPASNOSTI PRI PRIMJENI BESPILOTNIH LETJELICA

Glavni sigurnosni problemi kod bespilotnih letjelica su zračni sudari i gubitak kontrole. Do sudara u zraku može doći ako rukovoditelj bespilotne letjelice ne uspije pravovremeno uočiti i izbjeći zrakoplove s ljudskom posadom, posebno one koji lete ispod 500 stopa, poput helikoptera, poljoprivrednih zrakoplova te zrakoplova koji slijeću ili polijeću. Brojimo i izvješća o bespilotnim letjelicama koje su izazvale incidente, sudare u Kini, Dubaiju i Ujedinjenom Kraljevstvu.

Gubitak kontrole može biti uzrokovan kvarom sustava ili time što bespilotna letjelica leti izvan dometa signala. AGCS prepoznaje visok rizik od gubitka kontrole zbog frekvencijskih smetnji i drugih čimbenika. Ako rukovoditelj bespilotne letjelice izgubi kontrolu nad letjelicom tijekom inspekcije zgrade, može uzrokovati ukupnu štetu od 5 milijuna dolara udari li letjelica, primjerice u kamion ili trgovinu. Čak i mala bespilotna letjelica može izazvati štetu od 10 milijuna dolara ako udari u motor zrakoplova.

Opasnost predstavlja i potencijalna teroristička prijetnja od bespilotnih letjelica koji ciljaju kritičnu infrastrukturu, poput nuklearnih elektrana ili događaja uživo s velikim brojem posjetitelja. Mogući su i scenariji u kojima hakeri preuzmu kontrolu nad letjelicom tijekom leta i uzrokuju sudar, ili hakiraju radijski signal te emitiraju vrijedne zabilježene podatke iz zrakoplova s druge strane kontrolne stanice. Postoje brojne prijetnje za javnost i privatnost povezane s bespilotnim letjelicama. Primarni problem širom svijeta je nedostatak standarda ili propisa za sigurno upravljanje bespilotnim letjelicama.

Osim propisa, edukacija će idalje biti ključna za osiguravanje sigurnog rukovanja bespilotnim letjelicama. Obuka igra važnu ulogu u smanjenju rizika od nesreća, budući da je upravljanje dronovima od strane početnika jedan od glavnih uzroka nesreća.

Obuka treba uključivati meteorologiju, upute za hitne slučajeve, poznavanje zakona o zračnom prometu ( uključujući pravila letenja iznad zgrada ), održavanje sustava, izračun vremena leta te korištenja slike s kamere bespilotne letjelice.

## 10. OPASNOSTI PRI SNIMANJU VEGETACIJE

### 10.1. Opasnosti za životinje

Utvrđeno je da letjelice s motorima na gorivo, koje su općenito bučnije od električnih izazivaju više reakcija kod životinja. Također, razlike u intenzitetu buke uzrokovane promjenama brzine ili putanje UAS-a mogu dodatno izazvati smetnje. Veće UAS platforme izazivaju reakcije na većim visinama nego manje, vjerojatno zbog percepcije veće prijetnje.

Pronađene su i značajne razlike u reakcijama različitih vrsta životinja. Ptice su najosjetljivije na UAS, dok su kopneni sisavci manje reaktivni. Potpuno vodene životinje najmanje pogođene, vjerovatno radi izolacije koju pruža vodena površina.

Karakteristike životinja, poput životne faze i razine agregacije, također utječu na njihove reakcije. Primjerice, životinje koje se razmnožavaju manje su sklone bijegu, dok veće skupine životinja češće pokazuju aktivne reakcije na UAS. Osim toga, vrste koje su prirodno ugrožene od zračnih predatora češće reagiraju na UAS, što ukazuje na povezanost s antipredatorskim ponašanjem.

Iako trenutno nemamo dovoljno podataka o dugoročnim fiziološkim i ekološkim posljedicama, postoje indikacije da bi UAS mogli izazvati stresne reakcije kod životinja, što bi moglo utjecati na njihovu reprodukciju i opstanak.



Slika 7. Opasnost za ptice

## 10.2. Privatnost

Bespilotne letjelice s kamerama visoke rezolucije izazivaju zabrinutost za privatnost jer mogu snimati slike i videozapise s velikih visina, narušavajući osobni prostor bez pristanka, što otvara etička pitanja.

Jedna od glavnih briga jest da bespilotne letjelice mogu prikupljati osobne podatke bez dopuštenja, čime se krše prava na privatnost. Njihova mogućnost neograničenog nadzora može pravo na privatnost.

Bespilotne letjelice mogu dugo vremena lebdjeti iznad određenih područja, pretpostavljajući prijetnju privatnosti. Zbog mogućnosti da prođe neprimjećeno, povećava rizik od invezivnog nadzora, čime se briše granica među javnog i privatnog prostora.

Zloupotreba podataka također predstavlja problem. Neovlaštena upotreba područja ili podaja podataka prikupljenih bespilotnim letjelicama može imati ozbiljne posljedice. Sigurnost podataka ključna je za sprječavanje neovlaštenog pristupa i zloupotrebe.

Potrebne su strože regulacije i jasne smjernice kako bi se riješili problemi privatnosti u vezi s tehnologijom letjelica. Naglasak treba biti na informiranom pristanku i mjerama sigurnosti podataka.

## 11. RASPRAVA

Bespilotne letjelice imaju niz prednosti koje ih čine korisnim u različitim situacijama. Prvenstveno, njihova uporaba omogućuje prilagodbu specifičnim potrebama korisnika, što je posebno važno u zahtjevnim operacijama. U slučaju gubitka letjelice, život pilota nije ugrožen, što predstavlja značajnu sigurnosnu prednost. Osim toga, bespilotne letjelice omogućuju istraživanje i snimanje teško pristupačnih područja vegetacije, što bi inače bilo vrlo teško ili nemoguće postići.

Međutim, uporaba bespilotnih letjelica nosi i određene nedostatke. Veliki troškovi proizvodnje i održavanja predstavljaju značajnu financijsku prepreku, a u slučaju pada ili oštećenja letjelice ti se troškovi dodatno povećavaju. Pogreške u upravljanju letjelicom mogu uzrokovati pad, što može prouzročiti ne samo materijalnu štetu na tlu, već i ugroziti ljudske živote. Također, postoji ograničenje u njihovoj funkcionalnosti jer nisu uvijek sposobne pouzdano obavljati mjerenja u svim vremenskim uvjetima.

Osim tehničkih izazova, uporaba bespilotnih letjelica otvara pitanja vezana uz privatnost i sigurnost ljudi, moguću štetu na tlu, sudare u zračnom prostoru te potencijalno zagađenje okoliša, opasnost za životinje. Ovi problemi zahtijevaju pažljivo reguliranje i promišljanje kako bi se smanjile moguće negativne posljedice njihove upotrebe.

Naravno dok imamo opasnosti od bespilotnih letjelica imamo i mjere zaštite. Kako bi smanjili opasnosti za vrijeme snimanja vegetacije imamo mjere koje pomažu u osiguravanju sigurnosti i minimiziraju potencijalne rizike. Planiranje leta i zona sigurnosti, kontrola vremenskih uvjeta, održavanje bespilotnih letjelica, sigurnosne procedure za pilote i operatere, korištenje geografa, sustavi za izbjegavanje sudara i praćenje zakonskih i lokalnih pravila.

Dakle, iz ranije provedenih istraživanja vidljivo je da bespilotne letjelice dolaze s prednostima korištenja i njihovo korištenje je višenamjensko. Bez obzira na to što nam olakšavaju proučavanja vegetacije i područja teškog dometa za ljude, ne koriste se dovoljno u Hrvatskoj.

Međutim, imamo mnoga domaća istraživanja o potencijalnoj uporabi te je sigurno da s vremenom kako će i tehnologija bespilotnih letjelica bit dostupnija da će biti i više korištenja u svrhu snimanja i proučavanja vegetacije u Republici Hrvatskoj.

## 12. ZAKLJUČAK

Aerofotogrametrijsko snimanje vegetacije odnosi se na korištenje zračnih metoda snimanja, uključujući bespilotne letjelice ili zrakoplove, za prikupljanje podataka o vegetaciji s visine. Ova metoda omogućava stvaranje detaljnih fotografija i karata koje se koriste za analizu poljoprivrednih područja šuma, pašnjaka i drugih ekosustava. Snimke se kasnije obrađuju kako bi se dobile informacije o zdravlju biljaka, pokrivenosti tla i promjenama u vegetacijskom sustavu. LiDAR ( Light Detection and Ranging ) je važan alat u aerofotogrametrijskom snimanju i često se koristi za analizu vegetacije i terena. Ova tehnologija koristi laser za mjerenje udaljenosti do objekata, čime se dobivaju trodimenzionalni podaci o površini i njenim karakteristikama. LiDAR omogućuje precizno određivanje visine vegetacije i terena što je ključno za analizu strukture šume, učinkovit je u snimanju šuma s kompleksnom strukturom gdje su tradicionalne metode snimanja ( fotogrametrija ) ograničene. U praksi se često koristi kombinacija LiDAR tehnologije i fotogrametrije gdje LiDAR može pružiti precizne podatke o visini dok fotogrametrija može ponuditi visokokvalitetne slike. S obzirom na sve mogućnosti bespilotnih letjelica i njihove tehnologije, kako je navedeno, postoje i prednosti i nedostaci no koristi pri snimanju vegetacije Hrvatskih šuma i rezultatima koje bi mogli imati pri korištenju su u pravilu ne ograničeni. Korištenje bespilotne letjelice po zakonima i svjesnost operatora prilikom korištenja može dati odlične rezultate te sama istraživanja govore kako će se sigurno koristiti i više nego sad.

### 13. LITERATURA

1. M.Mežnarić, Definiranje sigurnosnih događaja kod implementacije bespilotnih letjelica u kontrolirani nekontrolirani zračni promet, završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2021
2. V. Nikolić, Ispitivanje mogućnosti bespilotnih letjelica, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski Fakultet, Zagreb, 2015
3. IWM: A Brief History of Drones, <https://www.iwm.org.uk/history/a-brief-history-of-drones>
4. R. Frlan, Detekcija objekata na snimkama snimljenim dronom, diplomski rad, Sveučilište u Rijeci, Fakultet infomatike i digitalnih tehnologija, Rijeka, 2024
5. DGU: Aerofotogrametrijski snimak <https://dgu.gov.hr/proizvodi-i-usluge/podaci-topografske-izmjere/aerofotogrametrijski-snimak/181>
6. Dronografija: Letenje dronom u Hrvatskoj <https://www.dronografija.com/post/letenje-dronom-u-hrvatskoj>
7. N. Miletić, Fornzička analiza dronova kao terminalnih uređaja, završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2018
8. M. Kičić, Upotreba lidarskih podataka pri praćenju vegetacije urbanih područja, diplomski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2017
9. Margarita Mulero-Pázmány ,Susanne Jenni-Eiermann,Nicolas Strebel,Thomas Sattler,Juan José Negro,Zulima Tablado: Unmanned aircraft systems as a new source of disturbance for wildlife: A systematic review <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0178448>
10. M. Hassanalian, A. Abdelkefi: Classifications, applications, and design challenges of drones: A review <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0376042116301348>
11. Vemema Kangunde, Rodrigo S. Jamisola Jr. & Emmanuel K. Theophilus, A review on drones controlled in real-time, <https://link.springer.com/article/10.1007/s40435-020-00737-5>

12. Bharat Rao, Ashwin Goutham Gopi, Romana Maione: The societal impact of commercial drones, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0160791X15300828>

## **14. PRILOG**

Slika 1. Беспilotna letjelica

Slika 2. Примјена беспilotне letjelice u poljoprivredi

Slika 4. Aerofotogrametrijsko snimanje Šibenskog kanala – Interreg PEPSEA Šibenik

Slika 5. LiDAR

Slika 6. Беспilotna letjelica za lasersko skeniranje ( LiDAR)

Slika 7. Опасност за ptice



## 16. POPIS TABLICA

Tablica 1. Podjela bespilotnih letjelica s obzirom na kategoriju, masu, plafon leta i dolet