

Usporedba performansi bespilotnih letjelica u civilne svrhe

Grgić, Tomislav

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:796095>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-11**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -
Institutional Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Tomislav Grgić

**USPOREDBA PERFORMANSI BESPILOTNIH LETJELICA ZA
CIVILNE SVRHE**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2021.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**USPOREDBA PERFORMANSI BESPILOTNIH LETJELICA
ZA CIVILNE SVRHE**

**PERFORMANCE COMPARISON OF UNMANNED AERIAL
VEHICLES FOR CIVIL PURPOSES**

Mentor: izv. prof. dr. sc. Andrija Vidović

Student: Tomislav Grgić
JMBAG: 0135237674

Zagreb, svibanj 2021.

Zagreb, 27. ožujka 2020.

Zavod: **Zavod za zračni promet**
Predmet: **Nekonvencionalno zrakoplovstvo**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 5940

Pristupnik: **Tomislav Grgić (0135237674)**

Studij: **Promet**

Smjer: **Zračni promet**

Zadatak: **Usporedba performansi bespilotnih letjelica u civilne svrhe**

Opis zadatka:

U uvodnom dijelu potrebno je definirati predmet istraživanja, svrhu i cilj istraživanja, dati pregled dosadašnjih istraživanja razmatrane tematike, predložiti strukturu rada prema poglavljima te definirati očekivane rezultate istraživanja. Potrebno je prikazati razvoj bespilotnih letjelica i prikazati primjere podjele (klasifikacije) bespilotnih letjelica. Isto tako, potrebno je dati kratki osvrt na zakonsku regulativu o bespilotnim letjelicama u Europi. Naglasak u radu treba staviti na uporabu bespilotnih letjelica u civilne svrhe te na usporednu analizu njihovih letnih značajki. U zaključnom dijelu rada potrebno je konkretizirati zaključke o istraživanoj tematici i interpretirati rezultate istraživanja.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

Sažetak

Bespilotne letjelice ili dronovi su letjelice čijim se letom upravlja na daljinu ili autonomno. Daljinski upravljane bespilotne letjelice upravljaju se radiosignalima, dok se kod autonomnih bespilotnih letjelica podaci o predviđenoj ruti unose unaprijed prije samog leta. Bespilotne letjelice, kao i većina novih tehnologija u zrakoplovstvu, prvenstveno su bile razvijane za vojne namjene. Prvenstveno su bile korištene kao vojni ciljevi. Nagli razvoj i primjena bespilotnih letjelica u civilne svrhe počeo je u 21. stoljeću. Danas se dronovi koriste za široki spektar komercijalnih primjena od snimanja i fotografiranja do detektiranja i nadzora gašenja požara, nadzor usjeva u agrikulturi, pregled strukture zrakoplova i kvalitete podloge uzletno-slijetnih staza, itd. Bespilotne letjelice su u današnje doba postale dostupne svima te su iz tog razloga, ali i iz razloga sigurne implementacije bespilotnih letjelica u sustav zračnog prometa doneseni zakonski propisi na globalnim, kontinentalnim i nacionalnim razinama kojima se regulira uporaba bespilotnih letjelica. U diplomskom radu napraviti će se usporedba performansi bespilotnih letjelica kao što su maksimalna brzina leta, maksimalna visina leta, istrajnost i dolet te će se usporedbom tih parametara doći do zaključka kakve su performanse bespilotnih letjelica potrebne za obavljanje određenih zadaća.

Ključne riječi: bespilotna letjelica; performanse; civilne namjene; regulativa

Summary

Unmanned aerial vehicles or drones are aircraft that do not have the crew on board as they are remotely piloted by the pilot on the ground. Unmanned aerial vehicles can be controlled by radio signals, while in the case of autonomous drones, the data on the planned route is entered in advance before the flight. The beginnings of drones started in the military as is the case for most technologies. The rapid growth of drones in commercial use started in the 21st century. Today drones are used in a wide range of applications, from photograph and video shooting, surveillance, firefighting, crop inspection, aircraft structure inspection, runway inspections, etc. Regulations are presented because unmanned aerial vehicles have become available to the public, but also for reasons of safe implementation of unmanned aerial vehicles into air traffic systems, and they can be on a global, continental, or national level. Performance comparison of unmanned aerial vehicles for civil purposes will be presented in these final theses. Comparison will be based on performances like maximum speed, maximum flight altitude, endurance, and range of the unmanned aerial vehicle. Comparing these parameters will lead to the conclusion of what kind of performances are needed to perform certain tasks.

Key words: unmanned aerial vehicle; performances; civil purposes; regulations

Sadržaj

| | |
|---|----|
| 1. Uvod..... | 1 |
| 2. Razvoj i klasifikacija bespilotnih letjelica | 3 |
| 2.1. Povijesni razvoj bespilotnih letjelica | 3 |
| 2.2. Sustav bespilotnih letjelica | 6 |
| 2.2.1. Polijetanje i slijetanje | 6 |
| 2.2.2. Upravljanje bespilotnom letjelicom | 7 |
| 2.2.3. Korisni teret bespilotne letjelice | 8 |
| 2.3. Klasifikacija bespilotnih letjelica | 9 |
| 2.3.1. Klasifikacija bespilotnih letjelica prema masi | 9 |
| 2.3.2. Klasifikacija po istrajnosti i doletu | 10 |
| 2.3.3. Klasifikacija prema plafonu leta | 10 |
| 2.3.4. Klasifikacija prema opterećenju krila | 11 |
| 2.3.5. Klasifikacija prema vrsti motora..... | 11 |
| 2.4. Pregled regulative o bespilotnim letjelicama..... | 11 |
| 2.4.1. Regulative o bespilotnim letjelicama na Europskoj razini..... | 11 |
| 2.4.2. Regulative o bespilotnim letjelicama na nacionalnoj razini | 14 |
| 3. Primjena bespilotnih letjelica u civilne svrhe..... | 17 |
| 3.1. Bespilotne letjelice za osobnu uporabu | 17 |
| 3.2. Bespilotne letjelice za snimanje događaja | 19 |
| 3.3. Sportske bespilotne letjelice | 20 |
| 3.4. Bespilotne letjelice u agrikulturi..... | 21 |
| 3.5. Bespilotne letjelice u građevinskoj industriji | 24 |
| 3.6. Bespilotne letjelice za nadzor | 27 |
| 3.7. Bespilotne letjelice u protupožarstvu | 29 |
| 3.8. Bespilotne letjelice za potragu i spašavanje | 34 |
| 3.9. Bespilotne letjelice za dostave..... | 36 |
| 3.10. Bespilotne letjelice za pregled zrakoplova | 38 |
| 3.11. Bespilotne letjelice u industriji osiguranja | 40 |
| 3.12. Bespilotne letjelice u telekomunikacijskoj industriji..... | 41 |
| 3.13. Dronovi u meteorologiji | 42 |
| 4. Usporedba performansi bespilotnih letjelica za civilne svrhe..... | 43 |
| 4.1. Brzina..... | 45 |
| 4.2. Plafon leta..... | 48 |

| | |
|--|----|
| 4.3. Korisni teret | 51 |
| 4.4. Dolet | 54 |
| 4.5. Istrajnost | 57 |
| 4.6. Usporedba performansi prema namjenama | 60 |
| 5. Zaključak | 66 |
| Literatura | 68 |
| Popis slika | 71 |
| Popis tablica | 72 |
| Popis grafikona..... | 73 |

1. Uvod

Bespilotne letjelice ili dronovi su letjelice koje nemaju posadu, već ih upravlja pilot na zemlji ili su u potpunosti autonomne. Mogu biti fiksnih krila ili s rotorima i u civilne svrhe su većinom pogonjene električnim motorima. Kao i većina zrakoplovnih tehnologija bespilotne letjelice bile su u početku korištene samo u vojne svrhe. Većina vojnih dronova koriste za pogon koriste klipne ili mlazne motore što ih čini snažnijim i pouzdanijima u odnosu na civilne bespilotne letjelice. Zadnjih godina inovacije u svijetu bespilotnih letjelica dovele su do sve šire uporabe u razne komercijalne svrhe. Jedan od problema bio je kako implementirati bespilotne letjelice u sustav zračnog prometa te bespilotnim letjelicama. Kao glavne prednosti bespilotnih letjelica u odnosu na komercijalne zrakoplove mogu se izdvojiti znatno manja cijena izrade same letjelice, niži operativni troškovi, smanjena opasnost za pilota jer se ne nalazi fizički u zrakoplovu, jednostavniji nadzor teško dostupnih terensu iz tog razloga doneseni mnogi zakonski propisi reguliraju i taj aspekt operacija a i objekata i puno veći dijapazon mogućnosti primjene.

U diplomskom radu napravljena je usporedba performansi bespilotnih letjelica koje će za potrebe ovog rada biti podijeljene u kategorije prema brzini, plafonu leta, korisnom teretu, doletu i istrajnosti. Usporedbom tih parametara može se doći do zaključka kakve su performanse bespilotnih letjelica potrebne za obavljanje određenih zadaća.

Svrha istraživanja u diplomskom radu je istražiti i analizirati trenutnu uporabu bespilotnih letjelica u civilne svrhe te dati prikaz mogućih primjena u budućnosti. Naglasak će biti stavljen, uz mogućnosti uporabe u civilne svrhe, i na analizu (usporedbu) letnih značajki bespilotnih letjelica u odnosu na primjenu. Cilj istraživanja je doći do spoznaje koje su letne značajke bespilotnih letjelica poželjne za angažman neke letjelice u pojedinom segmentu civilne namjene tih letjelica.

Diplomski rad podijeljen je u pet cjelina:

1. Uvod
2. Razvoj i klasifikacija bespilotnih letjelica
3. Primjena bespilotnih letjelica u civilne svrhe
4. Usporedba performansi bespilotnih letjelica za civilne svrhe
5. Zaključak

U uvodnom dijelu je definiran predmet istraživanja, te su prikazani svrha i cilj istraživanja. Također, u uvodnom dijelu je prikazana kompozicija rada prema poglavljima.

U poglavlju „Razvoj i klasifikacija bespilotnih letjelica“ ukratko je opisana povijest razvoja i primjene bespilotnih letjelica, elaborirano je što se podrazumijeva pod pojmom sustav bespilotnih letjelica, prikazana je klasifikacija bespilotnih letjelica prema raznim parametrima performansi te je dan presjek regulative o bespilotnim letjelicama na europskoj i nacionalnoj razini.

U trećem poglavlju „Primjena bespilotnih letjelica u civilne svrhe,“ opisane su neke od najčešćih primjena bespilotnih letjelica u civilne svrhe. Spektar primjene bespilotnih letjelica u

komercijalne svrhe je jako širok te su izdvojene neke u kojima je uporaba dronova ima značajnu ulogu. Također, za svaku komercijalnu namjenu biti će spomenute najčešće korištene letjelice zajedno s njihovim performansama koje će biti detaljnije prikazane u četvrtom poglavlju ovog rada.

U četvrtom poglavlju „Usporedba performansi bespilotnih letjelica za civilne svrhe“ bespilotne letjelice biti će klasificirane prema masi kako bi se ukazalo na razlike u performansama bespilotnih letjelica unutar jedne težinske kategorije. Klasifikacija prema masi se radi jer je nemoguće raditi komparaciju dva drona kojima je razlika u masi prevelika. Analizirati će se performanse prema masi i namjeni dronova koji su već spomenuti unutar prethodnog poglavlja.

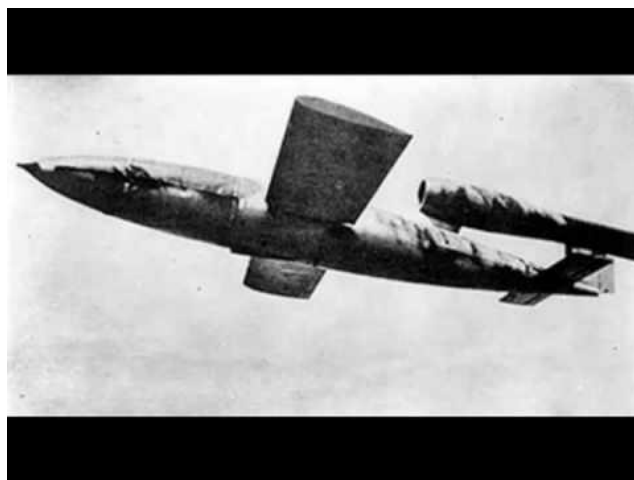
U zadnjem, zaključnom poglavlju, biti će doneseni konkretni zaključci o analiziranoj tematici diplomskog rada,

2. Razvoj i klasifikacija bespilotnih letjelica

2.1. Povijesni razvoj bespilotnih letjelica

Prvi koncept bespilotnih letjelica pojavio se 1849. godine s austrijskim bombardiranjem Venecije korištenjem balona. Baloni su nosili između 11 i 14 kilograma eksploziva koji su bili ispušteni s visine, ali tek je jedan pronašao svoju metu pošto se promijenio smjer vjetra. Ova inovativna metoda napada potakla je ideju za razvojem bespilotnih letjelica.¹

Prvi pravi pomak u uporabi bespilotnih letjelica dogodio se 1916. godine tijekom prvog svjetskog rata s razvojem letjelice pod nazivom „*Ruston Procton Aerial Target*“ koja je bila prva letjelica koja je koristila sustav radijskog vođenja. Ubrzo nakon toga, Sjedinjene Američke Države su razvile bespilotnu letjelicu zvanu „*Kattering Bug*“ koja je koristila žiroskopske kontrole. Koristila se na način da je nakon određenog zadanog vremena dolazilo do kratkog spoja koji bi ugasio motor i krila bi se odvojila od letjelice što bi dovelo do toga da bomba koja je u letjelici krene padati prema tlu te se detonira prilikom udara o tlo. Uviđanjem u prednosti koje donose bespilotne letjelice, nakon prvog svjetskog rata nastavio se daljnji razvoj te je vojska krenula je u masovnu produkciju bespilotnih letjelica. Ogroman tehnološki napredak dogodio se 1930-ih godina - razvili su se dronovi na daljinsko upravljanje, radijsko upravljanje te zemaljski terminal kojim se pratila putanja upravljanja jer se do tada upravljalo vizualno. Najznačajnije bespilotne letjelice drugog svjetskog rata su: američki *Curtiss N2C-2*, britanski *Radioplane OQ-2* te njemački *V-1 Doodlebug*. Zanimljivost kod *V-1 Doodlebug*-a (prikazan na slici 1.) da su opremljeni pulsno-mlaznim motorom te se smatraju prvim krstarećim raketama na svijetu.²



Slika 1. Prikaz V-1 Doodlebug bespilotne letjelice

Izvor: <https://militaryhistorynow.com/2015/02/06/buzz-kill-15-amazing-facts-about-the-v-1-flying-bomb/>

¹ <https://interestingengineering.com/a-brief-history-of-drones-the-remote-controlled-unmanned-aerial-vehicles-uavs> [Pristupljeno: Siječanj 2021.]

² Ibid.

Nakon drugog svjetskog rata sve više sustava počelo postavljati na bespilotne letjelice. Tako su se za vrijeme Vijetnamskog rata bespilotne letjelice počele opremiti kamerama te su se počele koristiti za izviđanje. Također, 1960-ih godina pojavljuju se prvi dronovi koji se koriste u civilne svrhe. Radio kontrolirani zrakoplovi (*RC Planes – Radio-controlled planes*) koristili su se za zabavu. Tako je započeo masovan hobi u Sjedinjenim Američkim Državama gdje su se organizirala velika okupljanja i osnivali klubovi, te je ovaj hobi popularan i danas među ljubiteljima zrakoplovstva. Suradnja između američkih i izraelskih stručnjaka 1986. godine rezultira jednim od najpopularnijih izviđačkih dronova: RQ-2 Pioneer (prikazan na slici 2.). Također, 1980-ih godina stručnjaci su počeli razvijati alternativne pogonske tehnologije za bespilotne letjelice. Tako jedan od najvećih proizvođača vojnih dronova AeroVironment i NASA (*engl. National Aeronautics and Space Administration - Nacionalna aeronautička i svemirska administracija*) zajedno proizvode HALSOL (*engl. High Altitude Solar*) (slika 3.).³



Slika 2. Prikaz RQ-2 Pioneer

Izvor: <https://www.military.com/equipment/rq-2a-pioneer>

³ Ibid.



Slika 3. Prikaz prve bespilotne letjelice na solarni pogon HALSOL

Izvor: <https://www.nasa.gov/centers/armstrong/news/FactSheets/FS-054-DFRC.html>

Devedesetih godina prošlog stoljeća pojavljuju se ideje za mikro i mini bespilotne letjelice koje su se krenule razvijati u vojne svrhe. Jedna od najvećih bespilotnih letjelica ikad proizvedenih „Global Hawk“ (prikazana na slici 4.) počinje s proizvodnjom 1998. godine. Ovaj dron dugačak je 14,4 m, ima razmah krila od 39,9 m, kapacitet spremnika za gorivo od 1.360 kg, postiže brzinu od 629 km/h, ima dolet od 22.780 km te su potrebna 3 člana posade za upravljanje letjelicom. Ova bespilotna letjelica koristi se za izviđanje te ima mogućnost izviđanja 100.000 km² u jednom danu.⁴



Slika 4. Prikaz bespilotne letjelice RQ-4 Global Hawk: - najveće bespilotne letjelice na svijetu

Izvor: <https://www.airforcemag.com/global-hawk-learns-new-tricks-while-congress-mulls-retirement/>

⁴ <https://percepto.co/the-evolution-of-drones-from-military-to-hobby-commercial/> [Pristupljeno: Siječanj 2021.]

Prve civilne dozvole za korištenje bespilotnih letjelica izdaje američki FAA (*engl. Federal Aviation Administration – Savezna uprava za civilno zrakoplovstvo*) 2006. godine. Iako je prvih par godina zaprimljen mali broj prijava za dozvole, od 2015. godine taj broj naglo krenuo rasti. Zanimanje za civilnim dronovima najviše se potaklo kada je tvrtka Amazon izjavila 2013. godine kako planira uvesti dronove za dostavu paketa. Tvrtka Amazon dobila je odobrenje od strane FAA za korištenje flote bespilotnih letjelica. Te bespilotne letjelice nemaju pilote koji njima upravljaju već u sebi imaju ugrađene senzore za prepoznavanje okoline u kojoj se nalaze. Osim GPS-a (Globalni pozicijski sustav, *engl. Global Positioning System*) imaju i termalne, vizualne i sonarne senzore kojima rade 3D sliku okoline. Hrvatska pošta se također prilagodila ovom trendu te je u siječnju 2020. godine obavljena prva dostava bespilotnom letjelicom u Hrvatskoj, od Zadra do otoka Ugljana. Cijena dronova također je većini pristupačna pošto koristi dosta tehnologije koje koriste pametni telefoni. Većina dronova koju koriste civili imaju 4 rotora te se najčešće koriste za fotografiranje i videozapis.⁵

2.2. Sustav bespilotnih letjelica

Bespilotne letjelice ili dronovi su letjelice bez posade, a pilot najčešće upravlja letjelicom na daljinu pomoću kontrolera, a mogu biti i potpuno autonomne što znači da letjelicom upravlja umjetna inteligencija koja se nalazi u softveru drona. Potpuno autonomne bespilotne letjelice same polijeću, obave zadatak koji im je dodijeljen te slijeću. Ove letjelice mogu biti s fiksnim krilima ili opremljeni rotorima, a postoje i dronovi koji kombiniraju najbolje od obje koncepcije te imaju mogućnost vertikalnog polijetanja i slijetanja, a krstare kao letjelice s fiksnim krilima. Bespilotne letjelice danas imaju širok spektar uporabe kako u vojne tako i u civilne svrhe.

2.2.1. Polijetanje i slijetanje

Dronovi s rotorima polijetanje i slijetanje obavljaju vertikalno (*engl. Vertical Take-Off and Landing – VTOL*) kao i tiltwing i tiltrotor dronovi. Neke letjelice s fiksnim krilima mogu polijetanje i slijetanje obaviti samostalno dok je ostalim potrebna „pomoć“ prilikom polijetanja te se izbacuju iz ruke ili koriste katapult za lansiranje kao što je prikazano na slici 5. Slijetanje s dronom fiksnih krila kod nekih se letjelica može obaviti autonomno, gdje bespilotna letjelica sama usporava i slijeće na trup na zadanoj lokaciji. Ostali dronovi opremljeni su padobranima kako bi usporili u zraku prilikom pada na tlo, dok letjelice Zipline koje se koriste za dostavu medicinskih potrepština imaju postolja koja su spojena kablom (prikazano na slici 6.) te se prikače kako bi ih se usporilo i spustilo na zemlju. Ovaj način sličan je kao slijetanje borbenih

⁵ Ibid.

zrakoplova na nosače zrakoplova koji imaju kratku stazu za slijetanje te je potrebno naglo usporiti zrakoplov kako nebi pao u vodu.⁶



Slika 5. Izbacivanje drona iz ruke prilikom polijetanja

Izvor: <https://breakingdefense.com/2019/06/army-buys-9000-mini-drones-for-squads-rethinks-ground-robots-for-2020/>



Slika 6. Slijetanje drona prikačivanjem za kabel

Izvor: <https://www.cnbc.com/2018/04/02/zipline-new-zip-2-drone-delivers-supplies-at-79-mph.html>

2.2.2. Upravljanje bespilotnom letjelicom

Upravljanje dronovima može biti daljinsko ili autonomno. Kod daljinskog upravljanja pilot bespilotne letjelice uz pomoć daljinskog upravljača (kontrolera) upravlja bespilotnom letjelicom koja odašilje radiovalove. Gotovo sve letjelice su opremljene kamerama kako bi pilot

⁶ <https://flyzipline.com/how-it-works/> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]

na ekranu mogao vidjeti kuda letjelica leti. Operatori manjih bespilotnih letjelica prilikom kupnje letjelice dobiju pristup mobilnoj aplikaciji za upravljanje svojom letjelicom.

Bespilotne letjelice također se mogu upravljati autonomno prema unaprijed zadanoj ruti, koja se može ručno promijeniti za vrijeme leta. Komunikacija se obavlja putem komunikacijskih satelita. Komunikacija između drona i operatora se obavlja preko zemaljske nadzorne stanice. Zemaljske nadzorne stanice (slika 7.) kontroliraju letjelicu i opremljene su ekranima za praćenje leta, upravljačkom pločom, sensorima te upravljačima za izbacivanje korisnog tereta.⁷ Potpuno autonomni dronovi koji se koriste u agrikulturi, građevini, itd. dolaze sa svojom prijenosnom zemaljskom stanicom, na kojoj operateri mogu zadati rutu i kontrolirati dron za vrijeme obavljanja zadatka.



Slika 7. Zemaljska nadzorna stanica

Izvor: <https://www.ga-asi.com/ground-control-stations/certifiable-ground-control-station>

2.2.3. Korisni teret bespilotne letjelice

Korisni teret bespilotne letjelice je dodatni teret koji bespilotna letjelica može ponijeti uz vlasitu masu. Vrijednost korisnog tereta koji bespilotna letjelica može ponijeti ovisi o namjeni za koju se koristi, a može iznositi od nekoliko kilograma do nekoliko stotina kilograma. Od kada su postale dostupne javnosti za osobnu uporabu, bespilotne letjelice najčešće su opremljene kamerom za slikanje i video dokumentiranje. Pošto bespilotne letjelice imaju namjenu u raznim industrijama, tako moraju biti opremljene korisnim teretom kojim će moći obaviti zadatak.

Termalne kamere koriste se u operacijama potrage i spašavanja te protupožarnoj operativi jer se uz pomoć termalne kamere mogu locirati osobe za kojima se traga ili otkriti nastanak požara čija pravovremena detekcija može znatno ubrzati gašenje požara. Letjelice koje se koriste za gašenje požara opremljene su spremnicima koji se pune vodom ili sredstvom za

⁷ <https://www.ga-asi.com/ground-control-stations/certifiable-ground-control-station> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]

gašenja požara. U agrikulturi se koriste bespilotne letjelice koje imaju spremnike koji sadrže tekućinu za tretiranje biljaka. Letjelice mogu biti opremljene LiDAR (engl. *Light Detection and Ranging*) senzorima kako bi mogle računati udaljenost od neke točke, a LiDAR senzor se koristi prilikom pregleda zrakoplova kako bi se lakše mogle utvrditi na oko neprimjetne udubine na trupu zrakoplova. Bespilotne letjelice koje se koriste za dostavu, prevoze zadani teret kao svoj korisni teret. Također, letjelice mogu biti opremljene kombinacijom više korisnih tereta kao što je kombinacija visokorezolucijske kamere za snimanje i termalne kamere za očitavanje tjelesne topline. Ova kombinacija se najčešće se koristi u akcijama potrage i spašavanja te kod nadzora graničnih prijelaza.

2.3. Klasifikacija bespilotnih letjelica

Bespilotne letjelice mogu se klasificirati prema velikom broju kriterija. Najčešće se klasificiraju prema masi, istrajnosti, doletu i plafonu leta. Cijena, razmah krila, vrsta motora te snaga motora se također mogu koristiti za klasifikaciju i usporedbu bespilotnih letjelica, ali se rjeđe koriste.

2.3.1. Klasifikacija bespilotnih letjelica prema masi

Širok je spektar masa bespilotnih letjelica, neke su teške nekoliko grama pa sve do Global Hawka koji teži oko 11 tona. Klasifikacija prema masi letjelica radi se u pet kategorija koje se mogu vidjeti u tablici 1.

Tablica 1. Prikaz klasifikacije bespilotnih letjelica prema masi

| Klasifikacija prema masi | | |
|--------------------------|----------------|-------------|
| Kategorija | Raspon masa | Primjer |
| Super teška | >2.000 kg | Global Hawk |
| Teška | 200 – 2.000 kg | A-160 |
| Srednja | 50 – 200 kg | Raven |
| Laka | 5 – 50 kg | RPO Midget |
| Micro | <5 kg | Dragon Eye |

Izvor: Arjomandi M. Classification of Unmanned Aerial Vehicles. Adelaide; 2008.

U Super tešku kategoriju bespilotnih letjelica ulaze letjelice koje prilikom polijetanja imaju masu veću od 2.000 kg. U ovu kategoriju ulaze letjelice poput: Global Hawk, Predator B, X-45 i Darkstar. U tešku kategoriju ulaze bespilotne letjelice između Outrider-a i Fire Scout-a, što znači da tu ulaze letjelice koje prilikom polijetanja imaju masu između 200 i 2.000 kg. Sljedeća kategorija je srednja. U ovu kategoriju ulaze bespilotne letjelice poput Raven-a i Phoenixa koje teže između 50 i 200 kilograma. Laku kategoriju čine bespilotne letjelice mase od 5 do 50 kilograma kao što je RPO Midget. Zadnja kategorija je Micro u koju ulaze bespilotne letjelice lakše od 5 kilograma te u ovu kategoriju spadaju letjelice poput Dragon Eye-a, Pointer-a i SilentEyes-a. Pošto su ove letjelice malih masa, potrebna je manja sila uzgona te manja sila

potiska za pokretanje letjelice. Zato ove letjelice većinom koriste elektromotore, dok velike letjelice koriste mlazne i turbo-ventilatorske motore.⁸

2.3.2. Klasifikacija po istrajnosti i doletu

Ove dvije klasifikacije su međusobno povezane jer što je veća istrajnost letjelice, veći je i dolet te letjelice. Bitno je razmatrati ove parametre prilikom dizajniranja jer ovi parametri dosta znače ovisno u koju svrhu će se koristiti. Također, može se vidjeti koliko često je potrebno napuniti baterije ili spremnik goriva te se može vidjeti koliko vremena može letjelica provesti u zraku za vrijeme obavljanja svoje funkcije te koliko vremena mora provesti na zemlji za ponovno punjenje.

Postoje tri kategorizacije: duga, srednja i kratka istrajnost/dolet. U tablici 2. može se vidjeti klasifikacija bespilotnih letjelica prema doletu i istrajnosti.⁹

Tablica 2. Prikaz klasifikacije prema doletu i istrajnosti bespilotnih letjelica

| Dolet i istrajnost | | | |
|--------------------|-------------|----------------|------------|
| Kategorija | Istrajnost | Dolet | Primjer |
| Velika | > 24 sata | > 1.500 km | Predator B |
| Srednja | 5 – 24 sata | 100 – 1.500 km | Silver Fox |
| Mala | <5 sati | <100 km | Pointer |

Izvor: Arjomandi M. Classification of Unmanned Aerial Vehicles. Adelaide; 2008.

2.3.3. Klasifikacija prema plafonu leta

Bespilotne letjelice se mogu klasificirati prema plafonu leta, odnosno maksimalnoj visini koju mogu postići. Proizvođači letjelica na tržištu nude različite modele letjelica koji omogućuju postizanje različitih plafona leta, što krajnjem korisniku omogućuje izbor letjelice koja najbolje odgovara njihovim potrebama. Više vrijednost plafona leta zahtjevaju se prvenstveno kod bespilotnih letjelica koje se koriste u vojne svrhe čija je glavna zadaća špijunaža i nadzor određenih područja. Veće vrijednosti plafona leta također su važne kod bespilotnih letjelica koje se upotrebljavaju za mapiranje terena.

Bespilotne letjelice se prema plafonu leta mogu klasificirati kao bespilotne letjelice sa niskim, srednjim ili visokim plafonom leta. Kako ne bi došlo do sudara na tim visinama između bespilotnih letjelica i komercijalnih zrakoplova, bespilotne letjelice su opremljene sustavima za detekciju i izbjegavanje sudara. Klasifikaciju prema plafonu leta može se vidjeti u tablici 3.¹⁰

⁸ Arjomandi M. Classification of Unmanned Aerial Vehicles. Adelaide; 2008.

⁹ Ibid

¹⁰ Ibid.

Tablica 3. Prikaz klasifikacije bespilotnih letjelica prema plafonu leta

| Klasifikacija po plafonu leta | | |
|-------------------------------|------------------|-------------|
| Kategorija | Plafon leta | Primjer |
| Visoki | > 10.000 m | Global Hawk |
| Srednji | 1.000 – 10.000 m | Finder |
| Niski | < 1.000 m | Pointer |

Izvor: Arjomandi M. Classification of Unmanned Aerial Vehicles. Adelaide; 2008.

2.3.4. Klasifikacija prema opterećenju krila

Opterećenje krila se računa tako da se ukupna masa bespilotne letjelice podijeli s površinom krila. U tablici 4. može se vidjeti klasifikacija bespilotnih letjelica prema opterećenju krila.¹¹

Tablica 4. Prikaz klasifikacije bespilotnih letjelica prema opterećenju krila

| Klasifikacija prema opterećenju krila | | |
|---------------------------------------|--------------------------|-------------|
| Kategorija | Opterećenje krila | Primjer |
| Visoko | > 100 kg/m ² | Global Hawk |
| Srednje | 50-100 kg/m ² | X-45 |
| Nisko | < 50 kg/m ² | Seeker |

Izvor: Arjomandi M. Classification of Unmanned Aerial Vehicles. Adelaide; 2008.

2.3.5. Klasifikacija prema vrsti motora

Vrste motora koje se koriste na bespilotnim letjelicama su: turbo ventilatorski, klipni, rotacioni, elisno-mlazni, dvotaktni, *pull-push* te električni. Najčešće se koriste klipni i električni motori. Kao i kod ostalih letjelica tako i kod bespilotnih letjelica vrijedi ako se povećava masa zrakoplova, povećava se i veličina motora koji se koristi. Kod lakših i manjih dronova najčešće se koriste električni motori, dok se kod većih i težih letjelica se najčešće koriste klipni motori. Odabir motora može utjecati na ostale klasifikacije pa pravilan odabir motora može povećati izdržljivost i dolet bespilotne letjelice.¹²

2.4. Pregled regulative o bespilotnim letjelicama

2.4.1. Regulative o bespilotnim letjelicama na Europskoj razini

¹¹ Ibid.

¹² Ibid.

Kako je proizvodnja i uporaba bespilotnih letjelica posljednjih godina (desetljeća) doživjela veliku ekspanziju, tako su se donosili i mnogi regulatorni propisi koji su regulirali uporabu bespilotnih letjelica. U nastavku će biti dan presjek samo najvažnijih propisa koji se odnose na bespilotne letjelice.

EASA (engl. *European Union Aviation Safety Agency*) dijeli bespilotne letjelice u 3 kategorije: otvorena, posebna i certificirana kategorija. Otvorena kategorija je za slobodne aktivnosti, većinom za snimanje fotografija i videozapisa iz visine. Kako bi se upoznali piloti dronova kako upravljati letjelicama sigurno i legalno, EASA je donijela Europski pravilnik o bespilotnim letjelicama koji stupa na snagu od 2021. godine. Otvorena kategorija je za privatne korisnike bez komercijalnih djelatnosti i dijeli se na tri manje potkategorije:

- A1 – dozvoljen let preko ljudi, ali ne i preko velikih skupina,
- A2 – dozvoljen let u blizini ljudi,
- A3 – dozvoljen let samo dalje od ljudi.

Tablica 5. EASA tablica pravila za dronove otvorene kategorije od 2023. godine

| Klasa | MTOW | Potkategorija | Operativne restrikcije | Registracija operatora letjelice | Kompetencije pilota | Minimalna starost pilota |
|------------------------|--------|--|---|---|---|---------------------------|
| Samostalno napravljena | < 250g | A1 (može letjeti i u potkategoriji A3) | -Može letjeti iznad ljudi, ali ne iznad skupina ljudi | Nije potrebna ako nema kameru ili senzor i ako nije igračka | Trening nije potreban | Nema dobne granice pilota |
| C0 | | | | | Pročitati priručnik | 16, ako je igračka nema |
| C1 | < 900g | A1 (može letjeti i u potkategoriji A3) | -Nije dozvoljeno letjeti iznad ljudi (Ako se dogodi, smanjiti na minimum) -Zabranjen let iznad skupina ljudi | Da | -Pročitati priručnik -Odraditi online trening -Položiti online ispit | 16 |
| C2 | < 4kg | A2 (može letjeti i u potkategoriji A3) | -Zabranjen let iznad ljudi, -držati 30 m horizontalnog razmaka od ljudi | Da | -Pročitati priručnik, -Odraditi online trening, -Položiti online ispit, -Provesti i prijaviti samostalni trening, -Položiti pismeni ispit u nacionalnoj agenciji za civilno zrakoplovstvo | 16 |
| C3 | < 25kg | A3 | -Nije dozvoljen let u blizini ljudi, -Dozvoljen let izvan urbanih područja (150 m distance) | Da | -Pročitati priručnik, -Odraditi online trening, -Položiti online ispit | 16 |
| C4 | | | | | | |
| Samostalno napravljena | | | | | | |

Izvor: <https://www.easa.europa.eu/domains/civil-drones-rpas/open-category-civil-drones> [Pristupljeno: Veljača 2021.]

Svaka potkategorija donosi i posebna pravila te EASA preporuča da vlasnik identificira u koju kategoriju ulazi letjelica te da se upozna s pravilima i restrikcijama koje ta kategorija donosi. Kao priprema za propise koji stupaju na snagu s 2023. godinom, od 2022. godine svi dronovi biti će označeni naljepnicom (C0, C1, C2, C3, C4) te će korisnici moći vidjeti koja pravila se vežu za njihovu letjelicu. Pravila se nalaze u tablici 5.

Pravila iz tablice 5. na snagu stupaju od 2023. godine jer bi do tad svaka letjelica trebala biti označena naljepnicom pripadajuće. Države mogu smanjiti dobnu granicu na 12 godina, ali onda ta dob vrijedi samo u toj državi.¹³

Posebna kategorija vrijedi za riskantnije operacije koje nisu pokrivena u otvorenoj kategoriji. Da bi koristili letjelice posebne kategorije potrebna je dodatna autorizacija nacionalne agencije za civilno zrakoplovstvo, gdje se potrebno prijaviti ako operacije nisu pokrivena „Standardnim scenarijem“ (engl. *Standard Scenario – STS*). Standardni scenarij su unaprijed opisane operacije, ukoliko je operacija opisana i ako je bespilotna letjelica označena naljepnicom ove kategorije potrebno je samo poslati deklaraciju u agenciju za civilno zrakoplovstvo te pričekati odobrenje. Ukoliko operacije nisu opisane u otvorenoj kategoriji ili u STS potrebno je dobiti autorizaciju za operaciju. Nacionalna agencija za civilno zrakoplovstvo provodi:

- procjenu rizika željene operacije – potrebno je provesti procjenu rizika te agencija za civilno zrakoplovstvo može odobriti ili odbiti zahtjev,
- unaprijed definiranu procjenu rizika – potrebno je provjeriti nalazi li se željena operacija na EASA listi unaprijed definiranih rizika – u tom slučaju nije potrebno provoditi procjenu rizika već pripremiti dokumentaciju prema uputama i predati u agenciju za civilno zrakoplovstvo na odobravanje.¹⁴

Za operacije s najvećim rizikom uspostavljena je certificirana kategorija. Pretpostavlja se da će dronovi u budućnosti prevoziti putnike kao taxi - takva operacija spadala bi u ovu kategoriju. Sigurnosna pravila ove kategorije operacija bespilotnih letjelica biti će sličan klasičnom zračnom prijevozu s posadom. Ove letjelice moraju biti certificirane kao zrakoplovni prijevoznici. Morat će imati potvrdu plovidbenosti, a piloti koji će upravljati ovim letjelicama morati će imati potrebne pilotske licence. EASA je odlučila ovu kategoriju provoditi kroz više faza, ali prvo su definirali ova tri tipa operacija:

1. Tip operacija – certificirani dronovi za prijevoz u klasi zračnog prostora A-C koji polijeću i slijeću na aerodrome, primjer autonoman Airbus A320 za prijevoz tereta od Pariza do New York-a,
2. Tip operacija – operacije dronova u urbanim ili ruralnim mjestima koristeći se već definiranim zračnim rutama. Ovo obuhvaća operacije prijevoza paketa direktno do korisnika ili prijevoz ljudi kao zračna taxi služba,

¹³ <https://www.easa.europa.eu/domains/civil-drones-rpas/open-category-civil-drones> [Pristupljeno: Veljača 2021.]

¹⁴ Ibid.

3. Tip operacija – operacije kao u drugom tipu, ali se obavljaju s pilotom u letjelici. Ovo će obuhvaćati prvu fazu zračnih taxi operacija, dok će u drugoj fazi biti upravljane na daljinu.¹⁵

2.4.2. Regulatorna o bespilotnim letjelicama na nacionalnoj razini

Kako bi se u Hrvatskoj dronovi mogli sigurno implementirati u zračni prostor donesene su regulative i zakoni koje korisnici moraju poštivati. Hrvatska je članica Europske Unije pa se zakoni ne razlikuju od onih koje je donijela EASA, ali svaka država članica ima pravo dodatno proširiti skup propisa kojima se želi još jasnije definirati prava i obveze svih onih koji na bilo koji način sudjeluju u operacijama bespilotnim letjelicama. Bespilotne letjelice danas pronalaze primjenu u gotovo svakoj grani gospodarstva kao i u privatne svrhe te je potrebno regulirati i registrirati operatore dronova kako bi se smanjilo ugrožavanje ostalih osoba i narušavanje privatnosti. Operatori dronova trebaju položiti ispit u Hrvatskoj agenciji za civilno zrakoplovstvo (ukoliko je potrebno – ovisno o kategoriji letjelice) te prijaviti u koju svrhu će se koristiti njihov dron. Pravila koja se primjenjuju u Hrvatskoj za operacije bespilotnim letjelicama opisana su Provedbenom uredbom Komisije (EU) 2019/947.¹⁶

U Republici Hrvatskoj bespilotnim letjelicama dopušteno je operiranje:

- danju,
- u nekontroliranom zračnom prostoru na visini do 120 metara ili 50 metara iznad prepreke (ovisno što je više),
- u kontroliranom zračnom području izvan prostora polumjera 5 km od referentne točke aerodroma na visini do 50 m iznad tla,
- na udaljenosti od 3 km od rubova i pragova uzletno-sletne staze nekontroliranog aerodroma,
- kada je horizontalna udaljenost drona od skupine ljudi veća od 50 m,
- ako je horizontalna udaljenost od ljudi manja od visine leta i kad nije manja od 5 metara kada dron leti malim brzinama ili 30 metara u ostalim slučajevima,
- unutar vidnog polja operatora drona na daljinu,
- uz uspostavu *ad hoc* strukture u skladu s primjenjivim propisom o upravljanju zračnim prostorom.¹⁷

Kada se bespilotna letjelica koristi u rekreacijske ili sportske svrhe dopušteno je koristiti izvođenje leta koristeći pogled iz prvog lica (engl. *First Person View* – FPV), letjeti samo u nenaseljenom području te držati se maksimalne dopuštene visine od 120 metara iznad tla. Tijekom leta bespilotne letjelice zabranjeno je prevoziti opasnu robu, teret, životinje i ljude,

¹⁵ Ibid.

¹⁶ <http://www.ccaa.hr/letacke-operacije-sustavima-bespilotnih-zrakoplova-18055> [Pristupljeno: Veljača 2021.]

¹⁷ Narodne novine: Pravilnik o sustavima bespilotnih letjelica. Narodne novine d.d. 104, Zagreb, 2018.

ispuštati predmete s visina i letenje iznad skupine ljudi. Svaka bespilotna letjelica mora biti označena negorivom pločicom koja označava kategoriju bespilotne letjelice.¹⁸

Tablica 6. prikazuje trenutnu kategorizaciju bespilotnih letjelica koja je aktivna u Hrvatskoj i u Europskoj uniji do 2023. godine kada se prebacuje na kategorizaciju prikazanu u tablici 5. Od 2022. godine sve letjelice u Europskoj Uniji moraju biti označene kategorijama C0, C1, C2, C3 i C4.

Tablica 6. Kategorizacija i pravo izvođenja letačkih operacija

| Kategorija letjelice | Operativna masa | Najveća brzina prema tehničkim specifikacijama | Dio dana | Područje izvođenja operacija | Minimalna dob | Polaganje ispita | Obaveza evidentiranja/odobrenja operatora | Dokumentacija operatora |
|----------------------|-----------------|--|-----------|---------------------------------------|--|---|---|--|
| A | < 250g | < 19 m/s | Dan i Noć | Naseljeno i/ili ne naseljeno područje | Nema | Nije potrebno | Nije potrebno | Nije potrebno |
| B1 | 250g≤OM≤900g | < 19 m/s | Danju | Nenaseljeno područje | 14 godina ili mlađe uz nadzor punoljetne osobe | Nije potrebno | Nije potrebno | Nije potrebno |
| B2 | < 5kg | Nema | Dan i Noć | Naseljeno i/ili ne naseljeno područje | 16 godina | Nije potrebno | Evidencija | Nije potrebno |
| C1 | 5kg≤OM<25kg | Nema | Danju | Nenaseljeno područje | 18 godina | Položen teorijski ispit primjenjivih zrakoplovnih propisa | Evidencija | Nije potrebno |
| C2 | 5kg≤OM≤150kg | Nema | Dan i Noć | Naseljeno i/ili ne naseljeno područje | 18 godina | -Položen teorijski ispit primjenjivih zrakoplovnih propisa, - Demonstracija pripreme leta i letenja | Evidencija | -Operativni priručnik, -Zapisi o letu, -Upravljanje rizicima |

Izvor: Narodne novine: Pravilnik o sustavima bespilotnih letjelica. Narodne novine d.d. 104, Zagreb, 2018.

U nastavku su prikazane dužnosti i odgovornosti pilota bespilotne letjelice:

- upravljati bespilotnom letjelicom na siguran način, da ne ugrožava živote, zdravlje ili imovinu,
- upravljati bespilotnim letjelicama prema zakonu, letačkom priručniku ili uputama za upotrebu i operativnom priručniku,
- prije leta provjeriti ispravnost bespilotne letjelice,
- provjeriti je li bespilotna letjelica ispravno označena,

¹⁸ Ibid.

- osigurati područje polijetanja i slijetanja,
- uvjeriti se da su meteorološki i ostali uvjeti pogodni za sigurno izvođenje leta,
- osigurati da je sva oprema ili teret prikladno pričvršćeni,
- osigurati da tijekom polijetanja ili slijetanja dron nadvisuje sve prepreke,
- stalno promatrati zračni prostor kako se ne bi dovelo u opasnost ostale sudionike u prometu,
- dati prednost zrakoplovu s posadom,
- pilot ne smije upravljati s više letjelica istovremeno,
- pilot ne smije upravljati unutar područja hitne intervencije.¹⁹

¹⁹ Ibid.

3. Primjena bespilotnih letjelica u civilne svrhe

Proizvodnja i uporaba bespilotnih letjelica je posljednjih 10-ak godina doživjela ekspanziju jer je prepoznat potencijal koji dronovi mogu donijet raznim granama gospodarstva. Uporabom bespilotnih letjelica u komercijalne svrhe povećava se sigurnost u raznim zadacima gdje mogu zamijeniti čovjeka kao što su pregledi dalekovoda, telekomunikacijskih tornjeva, strukture građevina, itd. Također, mogućnost pogleda na neku površinu s visine može korisnicima uvelike olakšati posao, pa su tako bespilotne letjelice pronašle svoju primjenu u agrikulturi za nadzor usjeva, u protupožarstvu za detekciju žarišnih točki, itd. Uz to što olakšavaju pregled neke površine, bespilotne letjelice i znatno skraćuju vrijeme za provođenje neke operacije.

U nastavku poglavlja biti će dan pregled samo dijela mogućnosti uporabe bespilotnih letjelica u civilne svrhe.

3.1. Bespilotne letjelice za osobnu uporabu

Nakon što su dronovi postali pristupačni općoj javnosti, ljudi su počeli koristiti dronove za razne hobije. Kao što su prije obitelji išle u prirodu puštati zmajeve, danas se često koriste dronovi koji uz samu zabavu koje pruža letenje dronom također omogućavaju fotografiranje ili snimanje okolnog područja. Sve veća ekspanzija dronova i njihovih korisnika dovela je i do mnogih potencijalno rizičnih i opasnih situacija. Tako su u samim začetima pojave dostupnih dronova široj populaciji promatrači zrakoplova (*engl. Plane spotter*) koristili dronove kako bi mogli snimiti zrakoplove u slijetanju i one koji se nalaze na stajanci. U nekoliko situacija je skoro došlo do nezgode. Piloti zrakoplova su upozoravali da bespilotne letjelice koje lete preblizu zrakoplovima u letu mogu napraviti ozbiljnu štetu na zrakoplovima. Nakon niza uhićenja ljudi radi operiranja dronovima u blizini zračne luke, donesen je zakon da je zabranjeno upravljanje bespilotnim letjelicama u blizini zračne luke.

Dronovi koji se koriste u osobne svrhe većinom su male letjelice koje teže po nekoliko stotina grama i opremljene su kamerom za snimanje. Cijene bespilotnih letjelica jako variraju u ovisnosti o namjeni za koju su zamišljeni. Dosta korisnika se odlučuje za kupnju DIY (*engl. Do It Yourself*) dronova - to su dronovi koje korisnici sami sastavljaju te tako mogu kombinirati razne komponente. Za one koji žele kupiti gotov proizvod, jedna od najpopularnijih letjelica je *DJI Tello*, mikro dron koji ima masu od svega 80 grama (slika 8.). Ova letjelica je najjeftiniji model najpopularnijeg proizvođača *DJI* i opremljena je solidnom kamerom. *DJI Tello* postiže brzinu do 29 km/h, plafon leta mu je 30 metara, operativni dolet mu je 100 metara, ali uz pojačivače signala može doseći do 216 metara te ostati u zraku do 13 minuta.²⁰ Kod većine takozvanih *influencera*, *youtubera* i fotografa najpopularnija bespilotna letjelica je *DJI Phantom* serija koja je vidljiva na slici 9. *DJI Phantom* bespilotna letjelica jedna je od

²⁰ <https://www.ryzerobotics.com/tello/specs> [Pristupljeno: Veljača 2021.]

najprodavanijih modela. Phantom može doseći visinu do 500 metara, u zraku može provesti 30 minuta, najveća brzina iznosi 72 km/h, a dolet gotovo 7 kilometara.²¹



Slika 8. DJI Tello

Izvor: <https://store.dji.com/hr/product/tello?vid=38421>



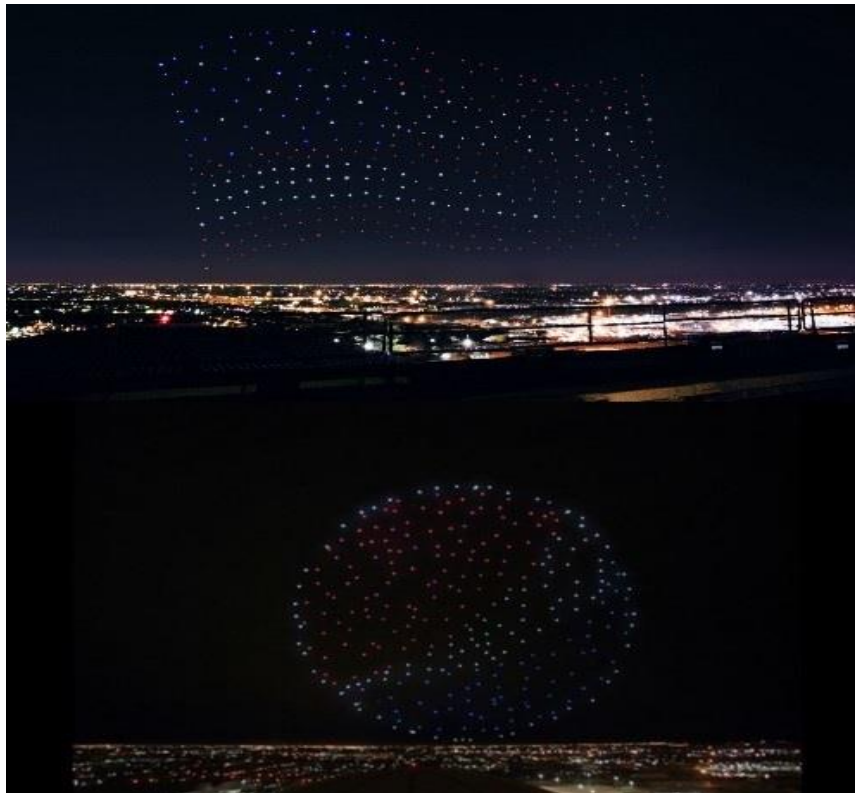
Slika 9. DJI Phantom 4

Izvor: <https://www.dji.com/hr/phantom-4>

²¹ <https://www.dji.com/hr/phantom-4-adv/info> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]

3.2. Беспилотне летјелце за снимање догађаја

Opremljenost dronova kamerama za fotografiranje i snimanje danas je gotovo postalo standard i kod najjeftinijih dronova. Primjerice, većina televizijskih kuća se prebacila s unajmljivanja helikoptera na dronove koji su opremljeni visoko rezolucijskim kamerama jer su jeftiniji i sigurniji za pokrivanje vijesti iz zraka.²² Također, fotografski studiji koji žele biti konkurentni na tržištu za primjerice snimanje i slikanje vjenčanja i drugih događanja su prepoznali potražnju za snimkama ili fotografijama iz zraka. Sportski događaju jedni su od najvećih korisnika беспилотних летјелца. Nacionalna liga američkog nogometa (engl. *National Football League – NFL*) jedan je od prvih sportova koji je dobio dozvolu za korištenje dronova za snimanje i korištenje u razne svrhe. U popularnom finalu doigravanja američkog nogometa „*SuperBowl*“ 2018. godine su na poluvremenu utakmice korišteni dronovi za prikaz američke zastave i glavnog sponzora *SuperBowla* što se može vidjeti na slici 10. Također, NFL je koristio *DJI Inspire 1* dronove na natjecanju gdje najbolji igrači pokazuju svoje vještine te se tako natjecanje hvatanja lopte održavalo na način da su dronovima s različitih visina ispuštali loptu igračima.²³



Slika 10. Prikaz korištenja беспилотних летјелца na SuperBowlu

Izvor: <https://medium.com/sensory-technology-in-the-nfl/drones-the-nfl-7069397aa9fb>

²² Postema S. News Drones: An Auxiliary Perspective. Edinburgh Napier University. Edinburgh, 2015.

²³ <https://www.newscaststudio.com/tv-news-drones/> [Pristupljeno: Veljača 2021.]

Bespilotne letjelice promijenile su svijet filmske industrije. Skoro sve produkcijske kuće opremljene su vrhunskim dronovima jer omogućavaju snimanje iz svih kutova, omogućavaju čistu sliku pokreta te gledateljima pružaju sliku iz ptičje perspektive. U počecima primjene bespilotnih letjelica u filmovima mana je bila što su legalno mogli letjeti samo na niskim visinama, ali se sada može rezervirati zračni prostor na kojem se žele obaviti snimanja te tako može snimati s većih visina. Primjer bespilotne letjelice s kojom su se snimali vrhunski filmovi je *XM2 Sierra* koja ima nosivost od 30 kg.²⁴

Većina letjelica ne može prenijeti više korisnog tereta od vlastite težine, te su zato zanimljive letjelice *DJI S900* i *DJI S1000*. Letjelica *DJI S900* teži 3,3 kilograma, a može prevesti do 4,9 kg korisnog tereta. Najveća brzina koju može postići iznosi 57,6 km/h, ima dolet 5.000 m, operativna nadmorska visina iznosi do 6.000 m, a u zraku može provesti do 18 minuta. Najčešće se koristi za snimanje kvalitetnih video uradaka s visina.

Freefly *ALTA X* još je jedna od letjelica koja se koristi za snimanje filmova zbog korisnog tereta od 15,9 kg te može na sebi nositi profesionalnu kameru za snimanje filmova. *ALTA X* može u zraku provesti do 50 minuta bez korisnog tereta, a kad na sebi nosi maksimalan korisni teret može provesti u zraku nešto više od 10 minuta. *ALTA X* može dostići brzinu od 72 km/h, maksimalna operativna nadmorska visina iznosi 3.000 m, a operativni dolet 1.500 m.²⁵

3.3. Sportske bespilotne letjelice

Utrke dronova su sport u naglom porastu posljednjih godina. Letjelice koje se koriste za utrkiavanje najčešće su malih dimenzija, postižu velike brzine i imaju jako dobre manevarske sposobnosti, ali im baterije jako kratko traju što i nije problem jer se za iduću utrku promijeni baterija u letjelici. Utrkiavanje dronovima će se od 2022. godine nalaziti na programu Svjetskih igara koje se održavaju od 1981. godine te uključuju sportove koji se ne nalaze na Olimpijskim i Paraolimpijskim igrama. Neka natjecanja imaju ograničenja za letjelice, na primjer letjelice ne smiju postizati brzinu veću od 160 km/h (neke letjelice postižu veće brzine i od 270 km/h). Piloti koji upravljaju dronovima koriste naočale za pogled iz prvog lica (*engl. First Person View – FPV*) na kojima vide prijenos s kamere koja se nalazi na dronu. Također gledatelji koji su na natjecanju mogu se spojiti na frekvenciju drona te gledati prijenos slike s drona. Na dronovima za utrke se postavljaju kamere niže kvalitete kako bi se smanjila težina i potrošnja baterije - kvaliteta slike nije toliko bitna jer je pilotima bitno samo da se mogu orijentirati.²⁶

Liga utrkiavanja dronova (*engl. The Drone Racing League – DRL*) najpopularnija je liga utrkiavanja dronova na svijetu. DRL je privukao pažnju velikih sponzora kao što su *Allianz*, *Swatch*, *Twitter* i *T-Mobile* te se može pratiti na američkoj nacionalnoj televiziji *NBC* i na *Sky Sport* u Velikoj Britaniji. Svi piloti koriste se istim dronovima te se na taj način osigurava da

²⁴ <https://dronedj.com/2019/05/05/hollywood-drone-pilots-reveal-the-cameras-used-on-feature-films-at-auvsi-2019/> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]

²⁵ <https://freefly.gitbook.io/freefly-public/products/alta-x/untitled-3/performance-specs> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]

²⁶ <https://oscarliang.com/fpv-goggles/> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]

pobjedu odnese najbolji pilot, a ne najbolji dron.²⁷ Dron koji se koristio 2019. godine bio je *DRL Racer3* (vidljiv na slici 11.) koji je postizao brzinu do 137 km/h, a ubrzanje do 128,7 km/h postiže ispod 1 sekunde. Letjelica ima masu 900 grama, a maksimalna operativna visina se kreće između 6 i 8 km. U zraku može izdržati 3 minute što je i više nego dovoljno za utrku, a za iduću utrku piloti dobiju novu letjelicu.²⁸



Slika 11. DRL Racer3

Izvor: <https://dronedj.com/2020/12/03/check-out-the-drone-racing-leagues-awesome-racing-drones/>

3.4. Беспilotne letjelice u agrikulturi

Prepoznat je ogroman potencijal uporabe беспilotnih letjelica u agrikulturi. Poljoprivrednici mogu uštedjeti novce i vrijeme upotrebom dronova na svojim usjevima. Dronovi u agrikulturi se koriste za praćenje rasta, pojave bolesti, tretiranje usjeva, itd. Dronovi skupljaju podatke te ih pomoću algoritama pretvaraju u korisne informacije. Dronovi u agrikulturi daju informacije o:

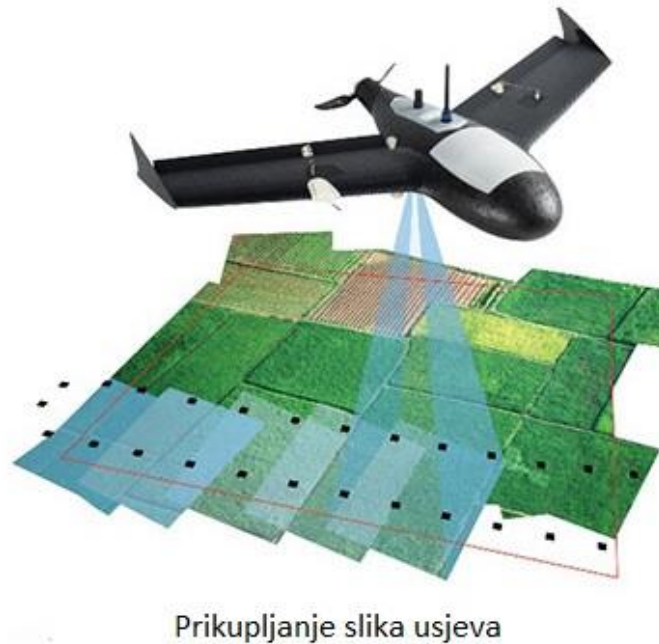
- Zdravlju usjeva – šteta koju su pesticidi napravili, promjena boje zbog infekcije,
- Indeksi vegetacije – površina lišća, otkrivanje anomalija, djelotvornost liječenja,
- Visina biljaka – gustoća i visina biljaka,
- Praćenje biljaka – veličina biljaka, ugrožene parcele, statistika parcele,

²⁷ <https://thedroneracingleague.com/about-drl/> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]

²⁸ <https://dronelife.com/2017/04/06/drl-unveils-fleet-racer3-drones/> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]

- Potreba za vodom – dijelovi usjeva kojima je potrebno zalijevanje,
- Analiza tla – dostupnost hranjivih tvari za upravljanje biljnim hranjivim tvarima.²⁹

Uporaba bespilotnih letjelica je najučinkovitiji način prikupljanja podataka o usjevima u kratkom vremenskom periodu. Kao što je prikazano na slici 12., letom iznad usjeva letjelica prikuplja slike usjeva. Slike koje letjelica prikupi dodatno se obrađuju u softveru koji kreira mape (slika 13.) koje poljoprivrednicima otkrivaju područja koja zahtijevaju neku vrstu tretiranja.³⁰

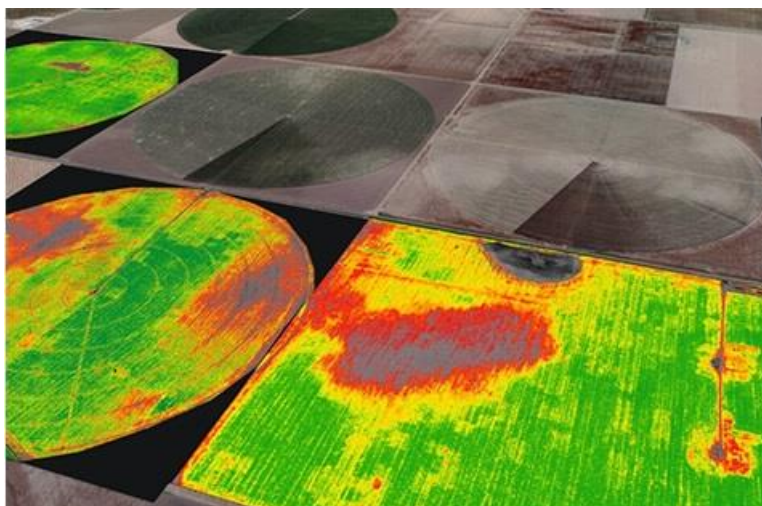


Slika 12. Prikaz prikupljanja slika bespilotnom letjelicom

Izvor: https://blog.agrivi.com/post/powerful-role-of-drones-in-agriculture_april2018

²⁹ Puri V, Nayyar A, Raja L. Agriculture drones: A modern breakthrough in precision agriculture. Journal of Statistics and Management Systems. 2017;20(4): 507-518.

³⁰ https://blog.agrivi.com/post/powerful-role-of-drones-in-agriculture_april2018 [Pristupljeno: Ožujak 2021.]



Slika 13. Prikaz obrađenih slika i prikaz problematičnih područja usjeva

Izvor: <https://blog.agrivi.com/post/powerful-role-of-drones-in-agriculture-april2018>

Letjelice za tretiranje usjeva u sebi imaju ugrađene spremnike i sustav za špricanje. Jedan od najmodernijih modela bespilotnih letjelica za špricanje je *DJI AGRAS T20* (slika 14.) koji može raditi potpuno autonomno i iznimno precizno. *AGRAS T20* ima masu 21 kg i sadrži spremnik od 20 litara, postiže maksimalnu brzinu od 36 km/h, maksimalnu operativnu visinu 2.000 m, maksimalna masa prilikom uzlijetanja je 47,5 kg, dolet od 5 km te u zraku može provesti do 15 minuta.³¹



Slika 14. Prikaz bespilotne letjelice *DJI AGRAS T20*

Izvor: <https://www.farmmachineriesales.com.au/editorial/details/dji-drops-new-agras-t20-sprayer-drone-127321/>

³¹ <https://www.dji.com/hr/t20/specs> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]

Još jedna letjelica koja ima istu primjenu u agrikulturi kao i *DJI AGRAS T20* je *Joyance JT32L*. Joyance letjelica ima dva spremnika od 16 litara što znači da na sebi može imati do 32 litre tekućine za pesticide. Letjelica mase 28,5 kilograma može ponijeti 45,5 kilograma korisnog tereta. U zraku može provesti do 15 minuta, dolet letjelice iznosi 1.000 metara, leti na visinama do 30 metara te može postići brzine do 43 km/h.³²

Letjelica *OnyxStar Hydra-12* koristi se za pregledavanje zdravlja usjeva. Opremljena je kamerom za hiperspektralno snimanje kojom se mogu provjeriti zdravlje biljaka, količina vode ili gnojiva te se mogu detektirati infekcije na usjevima. *Hydra-12* se osim u agrikulturi može koristiti za druge vrste snimanja ili u industrijskim inspekcijama zbog svoje nosivosti od čak 12 kg.³³ Letjelica ima masu 11 kg, dolet 2 km, doseže visine do 900 m, može biti operativna 30 minuta te postiže brzinu do 35 km/h.³⁴

3.5. Bepilotne letjelice u građevinskoj industriji

Uspjeh bespilotnih letjelica u građevinskoj industriji je produkt dobro razrađenog procesa implementacije. U građevinskoj industriji bespilotne letjelice pružaju: pristup nedostupnim mjestima, kao i visokim mjestima. Uporaba dronova na gradilištima povećava sigurnost radnika zbog toga što se inspekcije mogu provoditi uporabom dronova iz zraka. Mogućnosti primjene bespilotnih letjelica u građevini su brojne, a u nastavku su navedene samo neke od najvažnijih i najčešće primjenjivanih:³⁵

1. Izrada topografskih karata građevinskog zemljišta - dronovima se, u vrlo kratkom vremenu, može snimiti velika površina određenog područja te istovremeno uštedjeti i do dvadeset puta na troškovima izrade topografskih karata. Nakon snimanja terena, snimke se učitaju u program koji ih pretvara u 3D modele za analizu i planiranje. Jedan od najpopularnijih i najpouzdanijih modela letjelica za snimanje tla je *WingtraOne* letjelica (prikazana na slici 15.) opremljena Sony kamerom, visoke rezolucije od čak 42 megapixela. Naveden model letjelice može snimati velika područja s visine od 93 m, a njegova masa je 3,7 kg; ima mogućnost prijenosa tereta od 800 g te postiže brzinu od 58 km/h. U zraku može provesti i do sat vremena, a podnosi brzine vjetera do 29 km/h. Jedna je od rijetkih bespilotnih letjelica koja kombinira karakteristike helikoptera i zrakoplova; uzlijeće i slijeće kao helikopter, vertikalno (engl. *Vertical Take-Off and Landing* – VTOL), a na određenoj visini prelazi u horizontalni položaj te leti kao avion.³⁶

³² <http://www.joyance.tech/html/sprayer/products/32L-drone-agriculture-sprayer.html> [Pristupljeno: Travanj 2021.]

³³ <https://www.onyxstar.net/crop-yield-weed-management-agriculture-drone/> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]

³⁴ <https://avia-pro.net/blog/onyxstar-hydra-12-tehnicheskie-harakteristiki-foto> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]

³⁵ Zaychenko I, Smirnova A, Borremans A. Digital transformation: the case of the application of drones in construction. In MATEC web of conferences (Vol. 193, p. 05066). EDP Sciences. 2018.

³⁶ <https://www.bigrentz.com/blog/drones-construction> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]



Slika 15. WingtraOne - Беспилотна летjelica za mapiranje

Izvor: <https://wingtra.com/mapping-drone-wingtraone/>

2. Praćenje opreme – беспилотне летjelice olakšavaju projektnim menadžerima lociranje opreme koja se nalazi na terenu; pomoću dronova, projektni menadžer vrlo „jednostavno“ preleti gradilište te time olakša posao lociranja potrebne opreme. Buduća predviđanja najavljuju kako će se uz pomoć dronova upravljati ostalim autonomnim vozilima i to korištenjem umjetne inteligencije.³⁷
3. Kontroliranje i praćenje napretka – dronovi omogućuju nadzor radova i praćenje napretka radova u stvarnom vremenu. Također, mogu omogućiti prikaz radova klijentima u stvarnom vremenu u slučaju da nisu u mogućnosti osobno doći na gradilište.³⁸
4. Nadzor – određene procjene tvrde kako se godišnje otuđi oko 300 milijuna dolara građevinskog materijala direktno s gradilišta, a tek manje od 25% materijala se uspije vratiti. U tom slučaju, operator беспилотне летjelice može odraditi let iznad gradilišta kako bi provjerio nalazi li se oprema na sigurnoj lokaciji.³⁹
5. Sigurnost osoblja – kao u svakom poslu, sigurnost zaposlenika jedna je od najvažnijih stavki. Na poslovima, vezanim uz građevinski sektor, 39% smrtnih slučajeva javlja se prilikom pada zaposlenika s visina tijekom vršenja određenih mjerenja. Uporabom беспилотних летjelica, sigurnost osoblja na radnom mjestu povećava se za 55% jer se

³⁷ Ibid.

³⁸ Ibid.

³⁹ Ibid.

pomoću dronova mogu mjeriti udaljenosti na visinama koje inače predstavljaju opasnost za čovjeka.⁴⁰

6. Fotografija i inspekcija strukture – letom oko objekta, bespilotne letjelice snimaju fotografije koje se koriste za analizu i provjeru stabilnosti građevina do najsitnijih detalja. Termalnim sensorima, kojima se oprema bespilotna letjelica, može se otkriti loša izolacija i propusti u električnim instalacijama. Dronovi se također koriste za održavanje i pregled vjetrenjača, mostova, tornjeva, krovova, što su zadaci koji zahtijevaju cijelu grupu stručnjaka.⁴¹ Nakon potresa u Zagrebu 22. ožujka 2020. godine, dronovi Hrvatske vojske (prikazani na slici 16.) koristili su se kod rušenja tornja zagrebačke katedrale. Uloga dronova kod rušenja tornjeva bila je višestruka; uz njihovu pomoć, cijela akcija rušenja pratila se u realnom vremenu i to iz neposredne udaljenosti čime se omogućilo praćenje kontroliranog podizanja i spuštanja tornja katedrale. Također, dronovima se nakon eksplozije izvršio i pregled kojim se htjelo utvrditi je li se cijeli dio tornja odvojio, odnosno je li cjelokupna operacija prošla uspješno.⁴²



Slika 16. Prikaz uporabe bespilotnih letjelica za vrijeme skidanja tornja zagrebačke katedrale

Izvor: <https://www.vecernji.hr/vijesti/na-rusenju-tornja-uz-vojsku-sudjelovalo-je-i-sest-pripadnika-vojno-obavjestajne-satnije-1395317>

⁴⁰ Ibid.

⁴¹ Ibid.

⁴² <https://www.vecernji.hr/vijesti/na-rusenju-tornja-uz-vojsku-sudjelovalo-je-i-sest-pripadnika-vojno-obavjestajne-satnije-1395317> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]

Griff 300 bespilotna letjelica, koja može prevesti korisnog tereta između 160 i 226 kilograma (ovisno o opremi letjelice) te može imati uporabu u građevinskoj industriji za prijevoz materijala na gradilištu. Osim primjene u građevinskoj industriji može se koristiti za usluge potrage i spašavanja gdje zbog velikog korisnog tereta kojim može prevesti čovjeka koji se nalazi u nevolji. Letjelica mase 75 kilograma ima istrajnost do 45 minuta, doseže maksimalnu brzinu do 60 km/h, dolet do 15 kilometara te plafon leta do 1000 metara.⁴³

3.6. Bespilotne letjelice za nadzor

Upotreba bespilotnih letjelica najširu primjenu našla je u području nadzora i osiguranja određenih područja, kako u vojne, tako i u civilne svrhe. Bespilotne letjelice mogu znatno brže i učinkovitije nadzirati teren od vozila na tlu. Dronovi, osim što su manji, jeftiniji su i učinkovitiji u sektoru nadzora, za razliku od letjelica s pilotima poput helikoptera. Za nadzor većih područja, koriste se dronovi s fiksnim krilima, dok su se za nadzor u gradovima, gdje se letjelice moraju „zavlačiti“, učinkovitijima pokazale letjelice s rotorima zbog svojih manevarskih sposobnosti. Bespilotne letjelice bi trebale biti tihe, a mogu biti i opremljene termalnim kamerama te kamerama za noćnu vidljivost. Jedna od najkorištenijih bespilotnih letjelica za nadzor je *Easy Aerial SAMS Falcon* (prikazana na slici 17.) koja se koristila za nadzor publike na već spomenutom *SuperBowl-u*.⁴⁴ Ova letjelica može letjeti preko 24 h tijekom kojih ima mogućnost slanja slika visoke rezolucije (engl. *High definition* – HD). *Easy Aerial SAMS-T* je tzv. „dron iz kutije“ jer je povezan 60-metarskim kablom koji ga napaja, što ga stvara idealnim rješenjem za nadzor različitih područja, poput: graničnih prijelaza, sportskih događaja, demonstracija ili prosvjeda. Letjelica ima masu 3,3 kg te može ponijeti još 2,5 kg tereta; izdržava vjetar do 65 km/h, a bez kabla može u zraku provesti do 50 min.⁴⁵

⁴³ <https://www.dronetechplanet.com/the-griff-300-review-drone-that-can-lift-500-pounds/> [Pristupljeno: Travanj 2021.]

⁴⁴ <https://www.zdnet.com/article/best-surveillance-drone/> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]

⁴⁵ <https://easyaerial.com/sams-t/> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]



Slika 17. Prikaz Easy Aerial SAMS Falcon bespilotne letjelice za nadzor

Izvor: <https://19coders.com/best-surveillance-drone-in-2021/>

Jedna od većih letjelica za nadzor je *Impossible Aerospace US-1* (slika 18.) koja ima masu od 8,5 kg te može ponijeti teret do 3 kg. Ova letjelica opremljena je i termalnom kamerom te se može koristiti za nadzor i prikupljanje informacija o požaru, budući da uz pomoć termalne kamere kroz dim detektira žarište požara. Letjelica može u zraku provesti do 75 min uz dolet do 4,8 km te postići maksimalnu brzinu do 77 km/h. *US-1* može raditi autonomno tako da se unaprijed programira letna ruta određenog područja koje letjelica zatim obilazi.⁴⁶



Slika 18. Impossible Aerospace US-1

Izvor: <https://impossible.aero/meet-us-1/>

⁴⁶ <https://impossible.aero/meet-us-1/> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]

Jedan od primjera bespilotnih letjelica za nadzor s fiksnim krilima je *PD-2 VTOL* kompanije *UKRSPECSYSTEMS-a*. Ova letjelica može se upotrebljavati u svrhe potrage i spašavanja, agrikulturi i inspekciji dalekovoda. *PD-2* ima četiri propelera od kojih dva koristi za vertikalno polijetanje i slijetanje, a druga dva koristi tijekom leta. Letjelica mase 35 kilograma može prenijeti 20 kilograma korisnog tereta, doseći brzinu do 140 km/h. Doseže visinu do 4.500 metara, dolet do impresivnih 200.000 metara te može u zraku provesti do 8 sati.⁴⁷

3.7. Bespilotne letjelice u protupožarstvu

Bespilotne letjelice pokazale su se korisnima u protupožarstvu. Dronovi se upotrebljavaju za pregled područja ili građevina zahvaćenih požarom te omogućuju nadzor od 360°. Dronovi izviđači opremljeni su termalnim kamerama kako bi se kroz dim moglo utvrditi žarište požara. Također, uz pomoć termalnih kamera imaju mogućnost otkrivanja prisutnost ljudi te time vatrogascima na tlu dati točnu lokaciju osobe koja treba biti evakuirana. Kod požara šuma ili teško dostupnih područja, ovi se dronovi koriste za izvid situacije te prognozu mogućih promjena. Korištenjem dronova povećava se sigurnost vatrogasaca na tlu te je osiguran uvid u situaciju na terenu u realnom vremenu.⁴⁸ Vatrogasni odjel New York-a jedan je od najvećih vatrogasnih odjela na svijetu. Njihova postrojba je u 2019. godini intervenirala u oko 2.200 požara mjesečno što je oko 73 požara dnevno.⁴⁹ 2017. godine implementirali su bespilotne letjelice za pregled i praćenje požara te su nakon toga počeli ulagati u flotu dronova koji služe za svakodnevnu uporabu. Njihova flota trenutno se sastoji od *DJI Mavic 2* i *DJI M210* bespilotnih letjelica koje su opremljene *Zenmuse Z30* kamerom visoke rezolucije te termalnom kamerom *XT2*.⁵⁰ *DJI M210* (slika 19.) letjelica je mase oko 4 kg te može ponijeti teret do 2,5 kg. Njen dolet je do 7 km, dostiže brzinu do 83 km/h, a u zraku može provesti do 38 min te dostići visinu od 3.000 m.

⁴⁷ <https://ukrspecsystems.com/pd-2-uas> [Pristupljeno: Travanj 2021.]

⁴⁸ <https://www.dronefly.com/firefighting-drones-drones-in-the-field-infographic> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]

⁴⁹ <https://www.tfp1.com/blog/examining-statistics-for-2d019-fire-incident-and-response-in-nyc/> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]

⁵⁰ <https://www.heliguy.com/blogs/posts/enhanced-safety-and-better-decision-making-new-york-fire-department-benefiting-from-drones> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]



Slika 19. DJI M210 bespilotna letjelica u vatrogasnoj službi

Izvor: <https://www.heliguy.com/blogs/posts/how-to-maintain-your-dji-m200-drone>

Tijekom nedavnih požara u Kaliforniji, koristila se nova tehnologija kompanije *Drones Amplified* za gašenje, odnosno zaustavljanje širenja požara. Riječ je o bespilotnoj letjelici *DJI M-600* (slika 20.) koja na sebi nosi spremnik ispunjen „lopticama“ veličine ping-pong loptica koje, kada se ispuste i dotaknu tlo, stvaraju mali požar koji sprečava širenje velikog požara što omogućuje lakšu lokalizaciju požara na određenom području. Loptice su punjene antifriz tekućinom i etinol glikolom koji se prilikom udara u tlo miješaju te stvaraju male požare i sprečavaju širenje vatre. Iz spremnika se može ispustiti 450 loptica u 4 min, a letjelica može letjeti unaprijed isplaniranom letnom rutom.⁵¹ Tehnologija radi na način da: bespilotna letjelica koja nadzire požar detektira smjer širenja požara, šalje rutu bespilotnoj letjelici koja je opremljena „lopticama“ te letjelica autonomno krene prema požaru i izbacuje „loptice“ koje sprječavaju daljnje širenje požara.⁵²

⁵¹ <https://www.nationalgeographic.com/science/article/fireball-dropping-drones-new-technology-helping-fight-fires> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]

⁵² Aydin B, Selvi E, Tao J, Starek MJ. Use of fire-extinguishing balls for a conceptual system of drone-assisted wildfire fighting. *Drones*, 2019;3(1): 17.



Slika 20. Prikaz letjelice Drones Amplified koja zaustavlja širenje požara

Izvor: <https://droneamplified.com/safe-affordable/>

Latvijska kompanija *Aerones* izradila je bespilotnu letjelicu koja se može koristiti u više svrha, ovisno o opremi koju sadrži. Situacije u kojima se navedene letjelice mogu koristiti su: odleđivanje, čišćenje zgrade, dostava tereta na nedostupna mjesta, spašavanje ljudi, industrijsko čišćenje te protupožarstvo.

Budući da su požari u neboderima rastući problem u svijetu, a ljestve i dizalice na vatrogasnim vozilima ne prelaze visinu od 70 m, bespilotne letjelice pokazale su se kao jedno od mogućih rješenja za lokalizaciju požara u takvim situacijama. Takvi se požari javljaju i u urbanim sredinama gdje prometne gužve mogu utjecati na vrijeme odaziva službi što je potaknulo mnoge kompanije, koje se bave protupožarstvom, na traženje novih rješenja. *Aerones* letjelica (prikazana na slici 21.) može gasiti požar vodom ili pjenom za gašenje požara. Ona sadrži crijevo spojeno na vatrogasno vozilo ili hidrant te može letjeti i do 400 m visine. Ovaj tip letjelice iskoristiv je za požare na visokim zgradama, gdje je zbog izrazite visine zgrada nemoguće iskoristiti dizalice na vatrogasnim vozilima, a i samo gašenje požara na tim visinama iziskuje velike napore gasilaca. Usporedba gašenja požara na visokim zgradama pomoću vatrogasnih vozila i gašenja uz pomoć drona, ilustrirana je na slici 22. Letjelica može u zraku provesti do 20 minuta kada koristi energiju iz svojih baterija, ali može biti i povezana kablom direktno na izvor energije te se vrijeme boravka u zraku produžuje. Opremljena je s 28 motora i 36 propelera, dostiže brzinu do 116 km/h, maksimalni plafon leta iznosi 400 metara te može

ponijeti do čak 200 kg tereta.⁵³ Nažalost, ovaj tip letjelice još uvijek nije ušao u primjenu, budući da je *Aerones* odlučio projekt staviti na čekanje te je pitanje hoće li se ova letjelica ikada početi koristiti u navedenu svrhu. Ipak, neupitno kako je *Aerones* ovime pokazao neograničen spektar funkcija koje bi ova letjelica mogla obavljati.



Slika 21. Prikaz multifunkcionalne Aerones bespilotne letjelice

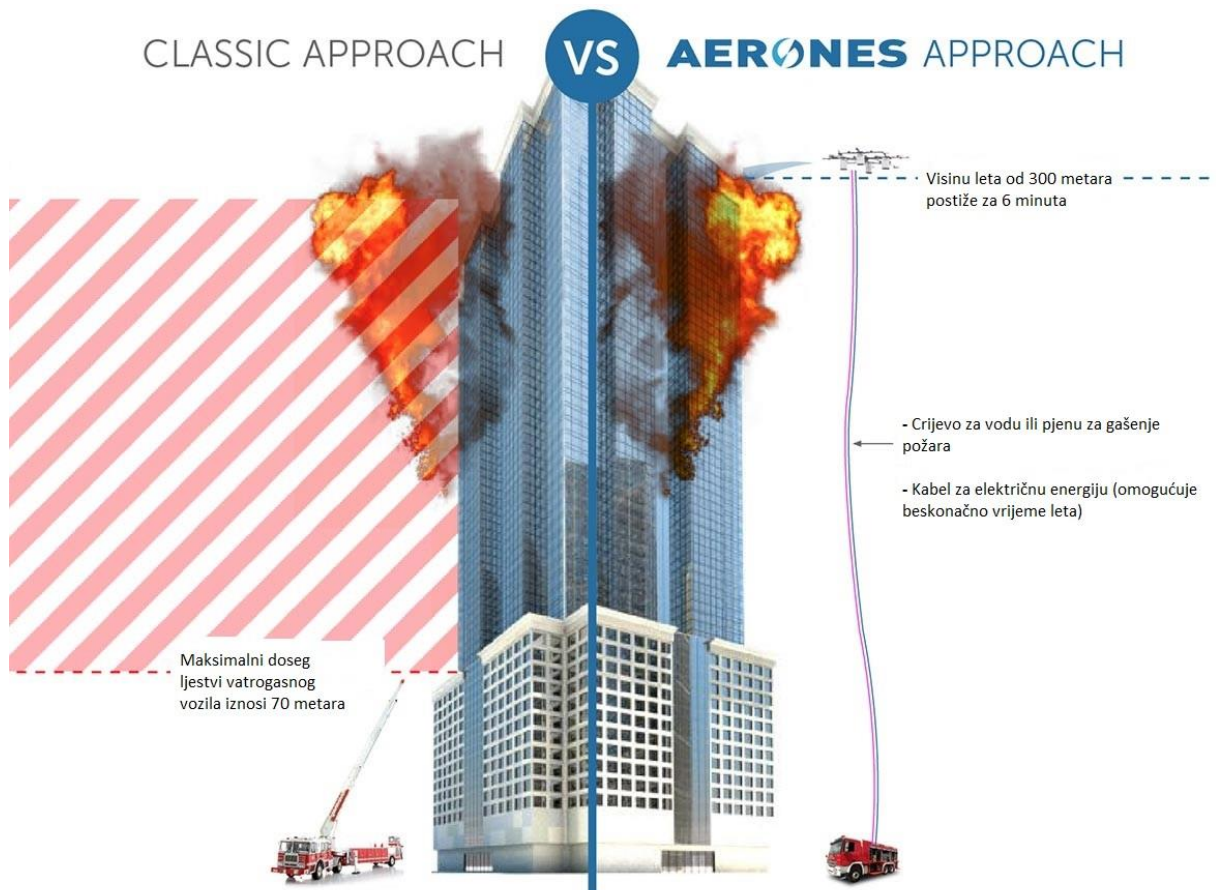
Izvor: <http://www.regimage.org/aerones-drones-latvia/>

⁵³ <https://www.businessinsider.com/aerones-firefighting-drones-2018-4> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]

CLASSIC APPROACH

VS

AERONES APPROACH



Slika 22. Aerones bespilotna letjelica kod gašenja požara

Izvor: <https://www.aerones.com/other/drone/>

Kineska kompanija *Ehang* predstavila je svoju bespilotnu letjelicu za gašenje požara, *EHang 216F*, koja je prikazana na slici 23. Ova bespilotna letjelica dizajnirana je za autonomni prijevoz ljudi u gradovima, no nakon što je prepoznala potencijal svoje letjelice, kineska kompanija ju je, uz određene modifikacije, prenamijenila u protupožarne svrhe. Letjelica je u mogućnosti tijekom jednog leta ponijeti do 150 l pjene za gašenje požara te šest vodenih „bombi“. Za vrijeme gašenja požara može lebdjeti na mjestu gdje se, nakon aktivacije sustava za lasersko ciljanje i sustava za razbijanje prozora, aktivira i sustav gašenja požara i to pjenu ili protupožarnim bombama.⁵⁴ Vatrogasna inačica *EHang 216F* može letjeti do visine od 600 m dok se obična inačica za prijevoz ljudi može maksimalno uspeti do 3.000 m. Ona postiže brzinu do 130 km/h, dok maksimalni dolet, kada je letjelica prazna, iznosi 70 km, a kada je puna (s maksimalnim teretom koji može prevesti - 220 kg) 35 km. Sastoji se od 16 električnih motora koji pokreću 16 propelera. Istrajnost potpuno opterećene letjelice iznosi 21 min, a kada je prazna penje se i do 40 min.⁵⁵

⁵⁴ <https://www.ehang.com/news/670.html> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]

⁵⁵ <https://evtol.news/ehang-216/> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]



Slika 23 - EHang 216F

Izvor: <https://www.ehang.com/news/670.html>

3.8. Bespilotne letjelice za potragu i spašavanje

Bespilotne letjelice danas predstavljaju nezamjenjivo sredstvo tijekom potrage za ljudima koji se vode nestalima na područjima kao što su vodene površine, planine, polja ili nakon prirodnih katastrofa, poput potresa ili poplava. One su opremljene termalnim kamerama koje omogućuju detekciju topline ljudskog tijela te na taj način znatno olakšavaju akciju potrage za nestalom osobom. Uporaba dronova ne samo da povećava mogućnost pronalaska nestalih osoba, već su i ekonomski isplativiji i učinkovitiji od drugih sredstava zračnog prometa koji se koriste u takvim operacijama (npr. helikoptera).⁵⁶

Tijekom ljetne sezone jedna od najzaposlenijih službi u Republici Hrvatskoj je Hrvatska gorska služba spašavanja (HGSS). Republika Hrvatska prepuna je prirodnih znamenitosti te se nerijetko događa da turisti, pri istraživanju istih (tijekom planinarenja, istraživanja špilja i sl.), precijene svoje mogućnosti i/ili opremu koju nose, te im se često izgubi trag. Kako bi olakšali posao potrage i spašavanja, HGSS je u svoju službu uveo dronove još 2013. godine te trenutno raspolaže s 49 pilota i 40 dronova. Flota dronova HGSS-a sastoji se od *DJI Mavic 2 Enterprise Dual* i *DJI Matrice 210 V2* modela, koji su opremljeni *Zenmuse XT2* termalnim i *Zenmuse Z30* kamerama visoke rezolucije. HGSS je svoje dronove koristio i na početku *lockdowna* tijekom pandemije uzrokovane Covid-19 virusom, gdje su letovima iznad Splita, preko zvučnika, upozoravali građane da se pridržavaju mjera izrečenih od strane civilnoga stožera.⁵⁷

⁵⁶ <https://altigator.com/en/drones-for-search-rescue-missions/> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]

⁵⁷ <https://enterprise-insights.dji.com/user-stories/drones-elevate-sar-in-croatia> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]

Dronovi, helikopteri i ostale letjelice služe kao pomagala raznim službama spašavanja kako bi imale bolji pregled situacije iz zraka. Iz podataka navedenih u tablici 7., može se zaključiti kako dronovi imaju najbrže vrijeme odaziva u odnosu na ostala sredstva zračnog prometa te su i najjeftiniji, no, s druge strane, pokrivaju najmanje područja unutar 10 min. Njima se može bolje pregledavati situacija na tlu te tako taktički navoditi zemaljske snage.⁵⁸ Također, u zadnje vrijeme nastaju programi pomoću kojih psi tragači surađuju s bespilotnim letjelicama, na način da se preko drona šalju zvučne komande na prsluke koje nose psi. Tako se i informacije, koje prikupi pas, odnosno prsluk na psu, vraćaju na dron. Ovom strategijom nikako se ne potiče izbacivanje psa tragača iz potrage, već se želi iskoristiti puni potencijal koji može donijeti suradnja psa i drona.⁵⁹

Tablica 7. Prikaz rezultata dronova i ostale opreme za potragu i spašavanje

| Oprema | Prosječno vrijeme odaziva | Prosječni troškovi | Pokriveno područje unutar 10 minuta |
|--------------------|---------------------------|--------------------|-------------------------------------|
| Helikopter | 3 sata | 8000 € po satu | 500 hektara |
| Psi tragači | 1 sat | 100 € po satu | 2 hektara |
| Dronovi | 1 sat | 85 € po satu | 1-20 hektara |
| Zemaljske snage | 1 sat | 50 € po satu | 2 hektara |
| Balonske jedrilice | 3 sata | 120 € po satu | 500 hektara |

Izvor: <https://enterprise-insights.dji.com/user-stories/drones-elevate-sar-in-croatia>

Osim termalnim kamerama, još jedan od načina pronalaska izgubljenih ili ozlijeđenih osoba je očitavanjem signala njihovih mobilnih telefona. Činjenica je to da danas svatko od nas posjeduje barem jedan mobilni telefon što je navelo stručnjake da usmjere snage na razvoj strategija kojima će se potrage i spašavanja nestalih osoba odvijati lociranjem njihovih mobilnih signala. Jedan od primjera takve letjelice je letjelica slovenske kompanije *C-Astral Bramor sAR* (slika 24.). *Bramor sAR* letjelica je fiksnih krila mase 4,9 kg, koja može prenijeti korisni teret do 0,6 kg. Ova letjelica na električni pogon postiže brzinu do gotovo 94 km/h, operativna visina joj je do 5.000 m te ima istrajnost do čak 3 h. Kao i većina letjelica s fiksnim krilima, ima dolet od čak 40 km. Mora se lansirati uz pomoć katapult, dok slijetanje izvršava uz pomoć padobrana kojim se sigurno spušta natrag na tlo.⁶⁰ *Bramor sAR* opremljen je NSX sustavom koji može pronaći mobilne telefone slabog ili gotovo nikakvog signala. Ovom inovacijom moglo bi se riješiti pitanje migranata na kopnu i/ili vodenim površinama na način da bi letjelice slale upozorenje kada bi očitale mobilni signal na nedozvoljenom području.

⁵⁸ Ibid.

⁵⁹ <https://www.unmannedsystemstechnology.com/2020/11/uav-and-canine-search-and-rescue-demonstrated/> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]

⁶⁰ <https://www.c-astral.com/en/unmanned-systems/bramor-sar#0> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]



Slika 24. Bramor sAR na katapultu za lansiranje

Izvor: <https://www.c-astral.com/en/unmanned-systems/bramor-sar#0>

3.9. Беспилотне летјелце за доставе

Danas je već vrlo prepoznata funkcija dronova kao sredstava kojima se prevoze i dostavljaju paketi, pošte, medicinske zalihe, hrana, itd. Većinom su dronovi koji se koriste u dostavama autonomni. Potencijalne koristi od korištenja dronova u uslugama dostave mogu biti:

- smanjene gužve na cesti (koristi se manje kopnenih transportnih vozila)
- smanjen štetan utjecaj ispušnih plinova (bespilotne letjelice za dostavu uglavnom su na električni pogon)
- smanjeno vrijeme dostave (na dronove ne utječe zagušenost cestovnih prometnica)
- smanjeni troškovi prijevoza (dronovima se smanjuje čekanje proizvoda sa nekoliko dana na nekoliko sati jer dron može uzeti proizvod i krenuti na dostavu dok se za kopnena vozila planiraju rute kako bi bile što ekonomičnije)⁶¹

Jedna od najvećih internet trgovina, *Amazon*, jedna je od deset kompanija koje su certificirane za obavljanje dostava korištenjem dronova. Amazon je dobio nekoliko patenata u usavršavanju operacija dostava dronovima. Nova беспилотна letjelica kompanije *Amazon Prime*

⁶¹ <https://jungleworks.com/how-future-delivery-drone-will-deliver-your-packages/> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]

Air (slika 25.) može prijeći do 24 km i prenijeti do 2,3 kg tereta što znači da može prevesti 75-90% najprodavanijih proizvoda koji se mogu naći na *Amazonu*. Cilj im je svaku moguću dostavu, koja se može obaviti dronovima, dostaviti unutar 30 minuta od zaprimanja narudžbe.⁶²



Slika 25. Amazon Prime Air

Izvor: <https://droneswhiz.com/amazon-drone-delivery-service/>

Zipline jedna je od kompanija koja koristi svoje dronove za dostavu medicinskih potrepština. Njihova letjelica ima fiksna krila te svoje pakete ispušta iz trupa letjelice iz zraka; paketi na sebi sadrže padobrane kako bi sigurno sletjeli na tlo, što se može i vidjeti na slici 26. Navedena kompanija, u Sjedinjenim Američkim Državama, radi prijevoz krvnih zaliha i Covid-19 testova te su, također, otvorili i distribucijske centre u Ruandi i Gani gdje prevoze krvne zalihe i testove za Covid-19. Letjelica ima fiksna krila i masu od 21 kg te postiže brzinu do 100 km/h. Dolet joj iznosi 160 km, a može prenijeti 1,75 kg korisnog tereta, što je istovrijedno trima dozama krvi.⁶³ Cijeli postupak izgleda tako da se u distribucijskim centrima narudžba spremi u kutiju (koja na sebi sadrži padobran) te se stavlja u letjelicu. Letjelica se lansira katapultom, a kada dođe blizu destinacije, spušta se na visinu od, otprilike, 30 m te ispušta paket koji pada unutar 5 m od zadane točke. Nakon dostave, letjelica se okreće i vraća u distribucijski centar.⁶⁴

⁶² <https://molzi.com/amazon-prime-air-drone-surveillance/> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]

⁶³ <https://flyzipline.com/how-it-works/> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]

⁶⁴ Scott J, Scott C. Drone delivery models for healthcare. Hawaii international conference on system sciences. 2017.



Slika 26. Беспилотна летјелца Zipline

Izvor: <https://robots.ieee.org/robots/zipline/>

Većina беспилотних летјелца не може пренијети више корисног терета од vlastite масе те је из тог разлога упечатљива летјелца *DJI S900*. Њена маса износи 3,3 kg, а може превести корисног терета до 4,9 kg. Највећа брзина коју може постићи износи 57,6 km/h, лети на висинама до 120 m, а у zraku може провести до 18 min.

3.10. Беспилотне летјелце за преглед зракоплова

Визуални преглед зракоплова операција је која се најчешће понавља код одржавања зракоплова како би се осигурала његова пловидбеност. То је процес тојеком којег се голим оком (преко 75% инспекција зракоплова је визуално) прегледавају и детектирају оштећења и аномалије који би могли представљати ризик за сигурне операције зракоплова. Преглед зракоплова мора бити точан како би се мogle пријавити неправилности, погрешке произвођача и замор компонената.

Постоје четри врсте визуалног прегледа:

- *Walkaround* инспекција – основна провјера којом се утврђује стање зракоплова и усклађеност са сигурносним стандардима; овај процес обавља инспектор који хода око зракоплова

- Generalna vizualna inspekcija – provodi se rutinski kako bi se zrakoplov pregledao te kako bi se locirala i sanirala bilo kakva šteta; za velik dio zrakoplova, inspektorima su potrebne ljestve ili dizalice kako bi ga temeljito pregledao
- Detaljna vizualna inspekcija – odnosi se na pregled dijela zrakoplova, komponente ili određenog sustava nepravilnosti; za ovaj pregled najčešće se koriste lampe za osvjetljenje, povećalo te alati za mjerenje
- Specijalna vizualna inspekcija – prilikom ove inspekcije, mogu se koristiti specijalni alati za procjenu štete određenog predmeta, npr. slikanje dijelova zrakoplova rendgen uređajem kako bi se otkrile mikro pukotine koje bi mogle uzrokovati puknuće⁶⁵

Korištenjem dronova smanjuje se vrijeme pregleda zrakoplova. Dronovi specijalizirani za preglede zrakoplova brzi su te na specijaliziranim aplikacijama dojavljuju pronađene greške i nepravilnosti na strukturi zrakoplova. Dronovima za pregled zrakoplova omogućuje se:

- jednostavniji pregled zrakoplova (mobilni su te je potrebno manje opreme za obavljanje pregleda)
- brži pregled (obavljanje pregleda zrakoplova te dostava podataka traju manje od sat vremena)
- sigurniji pregled (automatiziranim pregledom zrakoplova izbjegava se izlaganje ljudi opasnim situacijama)⁶⁶

Dronovi se također mogu koristiti za pregled zrakoplova nakon udara ptica. Do udara ptica najčešće dolazi kada su zrakoplovi u penjanju ili spuštanju. Nakon udara ptica, zrakoplovi moraju sletjeti što brže kako bi se napravila detaljna inspekcija i osigurala plovidbenost. U ovom slučaju, korištenjem bespilotnih letjelica, smanjilo bi se vrijeme pregleda zrakoplova nakon udara.⁶⁷

Nadalje, do udara groma u zrakoplov može doći kada se prolazi kroz oblake. Nakon slijetanja zrakoplova na zračnu luku, potrebno je detaljno pregledati strukturu zrakoplova kako bi se mogla ustanoviti plovidbenost zrakoplova. Uobičajeni pregled prisiljava zračne prijevoznike da zrakoplov ostaje prizemljen 8-12 h, što rezultira kašnjenjem ili otkazivanjem letova. Godišnji troškovi kašnjenja ili otkazivanja letova zračnih prijevoznika iznose više od 2 milijarde američkih dolara. Korištenjem dronova za pregled zrakoplova nakon udara groma, smanjuje se vrijeme trajanja pregleda do 75%, što znači da bi zrakoplovi mogli ranije nastaviti s planiranim operacijama. Kao primjer se može istaknuti kompanija *Mainblades* koja obavlja

⁶⁵ https://mainblades.com/aircraft-visual-inspection/?gclid=Cj0KCQjw0oCDBhCPARIsAII3C_F2ksaTws_H_v3v7EmrvrX4Iw7jBUiW1ZTGj_S_WSsGqgZNBduTP4kaAtRREALw_wcB [Pristupljeno: Ožujak 2021.]

⁶⁶ Ibid.

⁶⁷ <https://mainblades.com/bird-strike-inspection/> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]

sve navedene preglede već spomenutim dronom *DJI M210*, koji je opremljen senzorima (kako ne bi udario i ošteti zrakoplov), kamerom visoke rezolucije te *LIDAR* skenerom.⁶⁸

3.11. Беспилотне летјеліце u индустрији осигурања

Осигуравајуће куће рано су препознале потенцијал беспилотних летјеліца те њихову улогу у томе да им олакшају посао. На амерічком тржишту почеle су се користити 2016. године када је FAA попустила регулације о употреби дронова у цивилне сврхе. Уз помоћ дронова, осигуравајуће куће смањују трошкове прегледа осигураног објекта. Такође смањују и ризик својим радницима од појаве озлједана на раду тојеком прегледа структуре објекта (нпр. након елементарне непогоде), а уједно могу и у краћем времену фотографирати осигурани објект. Ипак, неке од mana прilikом кориштења дронова могу бити: регулативе које допуштају лет само даном, трошкови успостављања програма дронова те ризик од тузби до којих може доћи у случају квара летјеліце која прilikом пада може додатно оштетити објект или озлједити особу.⁶⁹

Неке од могућности кориштења дронова у осигурању су:

- Преглед оштећења крова – изразито опасна ситуација за човјека ако је кров стрм или је претрpio штету; дронovi у велике олакшавају документирање стања крова након одређене врсте оштећења
- Прегледи након елементарне непогоде – дронovi су корисни код прегледавања простора који су погођени одређеном непогодом; евалуација штете може се обавити из зрака уз помоћ дронова ако је забрањен улазак у оградаено подручје због потенцијалне опасности од урушавања или озлједене особа
- Провођење осигурања имовине – дронovi имају велику улогу код услуга осигурања имовине, нпр. код прегледа тешко доступних мјеста или код осигурања великих површина као што су усјеви пољопривредника; проблем ће се лакше открити из зрака него с тла
- Надзор пријевара – дронovi се могу користити када се сумња у покушај пријеваре осигуравајућих кућа; неки осигураници покушавају поднјети захтјеве за штету која је постојала и прије самог догађаја за које осигураници траже одштету, али успоребom слика које су снимљене раније може се утврдити тоћност те тврдне
- Могућност интеграције с другим технологијама – слике и подаци који су прикупљени дронovima посебно су корисни када се упаре с другим технологијама; осигуравајуће куће могу користити умјетну интелигенцију (енгл. *Artificial intelligence* – AI) која анализира податке, процјенjuje штету те израчунава трошкове поправка
- Преглед осталих штета – дронovi могу бити значајни код прегледа штета на великим структурама као што су складишта, вјетренјаће, mostovi, итд.⁷⁰

⁶⁸ <https://mainblades.com/lightning-strike-inspection/> [Pristupljeno: Ожужак 2021.]

⁶⁹ <https://www.thebalancesmb.com/how-drones-change-insurance-industry-4125242> [Pristupljeno: Ожужак 2021.]

⁷⁰ Ibid.

3.12. Беспилотне летјелце u телекомуникацијској индустрији

Kao i osiguravajuće kuće, i телекомуникацијска индустрија рано је препознала потенцијал коришћења беспилотних летјелца. Како се глобална повезаност i аутоматизација појачано шире, u будућности би се могло очекивати да дрoнови аутономно обављају задатке i шаљу податке директно u „облак“ (енгл. *Cloud*) за похрану. U прошлости, приликом инспекција, човек се морао penjati на tornjeve i сам pregledati stanje i опрему tornja. Инспекција tornjeva nije се radila за svaki toranj, што значи да за неке телекомуникацијске tornjeve не постоје подаци о томе коју опрему садрже. Од имплементације дрoнова, човек се више не мора penjati на tornjeve те се smanjuje могућност озлједи на раду или čak смрти (уколико дође до пада). Pregledom tornjeva uporabom дрoнова може се закључити је ли, i u којој мјери, потребно одржавање тог tornja. Осим pregleda опремљености tornja, дрoнови се могу користити за pregled структуре tornjeva, мјерење dosega бежичне повезаности i његових performansi. Беспилотним летјелицама могу се брзо i прецизно идентифицирати препреке као што су дрвећа, brda i грађевине које би могле smanjiti radio signal. Уз помоћ тих информација може се одредити одговарајућа локација tornja i висина на којој се требају налазити антене.⁷¹

Jedan од највећих пружатеља телекомуникацијских услуга u Sjedinjenim Америчким Државима, *AT&T*, почео је користити дрoнове за потребе одјела одржавања телекомуникацијских tornjeva још 2016. године. Trenутно користе *DJI Inspire 2* летјелицу (слика 27.) која задовољава све uvjete за дани посао. *Inspire 2*, масе 3,4 kg, може понјети 0,8 kg корисног терета, doseže брзину до 94 km/h, има dolet до 7 km те provodi i до 27 min u zraku.



Слика 27. DJI Inspire 2

Izvor: <https://dronerush.com/dji-inspire-2-crazy-fast-2852/>

⁷¹ <https://www.telecomreview.com/index.php/articles/reports-and-coverage/4190-how-drones-are-revolutionizing-the-telecom-industry> [Pristupljeno: Оžујак 2021.]

3.13. Dronovi u meteorologiji

U meteorologiji, dronovi mogu imati višestruke namjene na način da prikupljaju podatke stanja atmosfere, kojima se može dobiti točnija prognoza umjesto da se koriste podatci sa zemlje. Za vrijeme uragana *Matthew* na Floridi, korišteni su dronovi kojima su se otpuštali senzori u uragan, a koji su omogućili meteorolozima podatke o temperaturi, vlažnosti zraka, brzini vjetra, tlaku te smjeru uragana. Dronovi su ujedno korisniji i od balona koji se koriste za praćenje meteorološke situacije jer, ukoliko dođe do vjetra, balon će biti otpuhan te meteorolozi neće moći dobiti ključne podatke. Također, baloni nisu upravljani od strane operatera te je moguće da balon očitava podatke s neželjenog područja. Koristeći dronove, meteorolozi mogu doći do ključnih podataka kako bi u budućnosti pružali točnije meteorološke podatke, a koji bi mogli spasiti ljudske živote zbog pravovremenih informacija o meteorološkim nepogodama.⁷²

Prva bespilotna letjelica koja je osmišljena za prikupljanje meteoroloških podataka bila je *The Persus A* koju je konstruirala NASA (Nacionalna aeronautička i svemirska administracija) te je odradila 21 let između 1993. i 1994. godine. Letjelica *The Persus B* (slika 28.) predstavljena je 1994. godine. Obje letjelice bile su pogonjene klipnim motorima kojima su dosežale visine do čak 18.300 m. *The Persus B* korištena je za prikupljanje uzoraka iz atmosfere, praćenje i fotografiranje vremenskog stanja te razmjenu podataka sa zemaljskom stanicom. Letjelica *Persus B* mase 998 kg, mogla je postići brzinu do 127 km/h, dolet do 2.570 km, prevesti korisnog tereta do 120 kg te u zraku provesti između 8 i 24 h (ovisno o korisnom teretu). Program je stao s radom 2001. godine.⁷³



Slika 28. NASA Perseus B

Izvor: <https://www.nasa.gov/centers/dryden/history/pastprojects/Erast/perseusb.html>

⁷² <https://www.prophotouav.com/meteorologists-storm-weather-drones/> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]

⁷³ <https://www.nasa.gov/centers/dryden/history/pastprojects/Erast/perseusb.html> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]

4. Usporedba performansi bespilotnih letjelica za civilne svrhe

Parametri performansi bespilotnih letjelica većinom su isti su kao i za avione i helikoptere. Najveća razlika je u tome što civilne bespilotne letjelice, većim dijelom, kao pogon imaju električne motore, dok avioni i helikopteri nerijetko koriste mlazne ili klipne motore. Parametri bespilotnih letjelica koji će se uspoređivati bit će:

- brzina
- plafon leta
- korisni teret
- dolet
- istrajnost

Za analizu i usporedbu performansi koristit će se bespilotne letjelice koje su već navedene u ovom radu. Bespilotne letjelice bit će klasificirane prema ključnom kriteriju mase. Kako već spomenuta klasifikacija po masi uključuje i vojne dronove, isti se neće se analizirati u sklopu ovog poglavlja. Već navedene bespilotne letjelice bit će kategorizirane prema klasifikaciji civilnih letjelica po masi koja se koristi u Republici Hrvatskoj.

Tablica 8. Klasifikacija bespilotnih letjelica prema masi u RH

| Klasa | Masa bespilotne letjelice |
|-----------|---------------------------|
| Klasa 5 | <5 kg |
| Klasa 25 | 5 < 25 kg |
| Klasa 150 | 25 ≤ 150 kg |

Izvor: Narodne novine: Pravilnik o sustavima bespilotnih letjelica. Narodne novine d.d. 104, Zagreb, 2015.

U tablici 8. prikazana je klasifikacija bespilotnih letjelica prema masi koja se koristi u Republici Hrvatskoj. Bespilotne letjelice imaju različite performanse ovisno o tome za što su namijenjene. One mogu imati jednaku svrhu, ali se isto tako mogu razlikovati po svojim performansama. Bespilotne letjelice, koje su do sada prikazane u ovom radu, predstavljaju najpopularnije i najčešće korištene letjelice u ovisnosti o svrsi za koju su navedene. Za neke od bespilotnih letjelica nisu bili prikazani svi parametri po kojima će se raditi usporedba. Širok je spektar masa letjelica koje su navedene u radu - najlakša ima masu od svega 80 g, dok je najveća masa 998 kg. Letjelica tipa *Aerones* još je uvijek u testnoj fazi, dok se letjelica NASA-e, *Persus B*, više ne koristi.

U tablici 9. prikazani su dronovi koji svojom masom spadaju u Klasu 5 te su navedene njihove performanse prema kojima će se uspoređivati. Raspon masa u tablici je od svega 10-ak g do granične mase za Klasu 5 od 4,9 kg.

Tablica 9. Prikaz bespilotnih letjelica Klase 5

| Naziv | Masa (kg) | Brzina (km/h) | Plafon leta (m) | Korisni teret (kg) | Dolet (m) | Istrajnost (min) |
|-------------------------|-----------|---------------|-----------------|--------------------|-----------|------------------|
| DJI Tello | 0,08 | 29 | 30 | / | 216 | 13 |
| DJI Phantom | 1,3 | 72 | 500 | / | 7.000 | 30 |
| DJI S900 | 3,3 | 57,6 | 6.000 | 4,9 | 5.000 | 18 |
| DRL Racer3 | 0,9 | 137 | 8.000 | / | / | 3 |
| WingtraOne | 3,7 | 58 | 93 | 0,8 | 10.000 | 59 |
| Easy Aerial SAMS Falcon | 3,3 | 105 | / | 2,5 | 13.000 | 50 |
| DJI M210 | 4 | 83 | 3.000 | 2,5 | 7.000 | 38 |
| Bramor sAR | 4,9 | 116 | 5.000 | 0,6 | 40.000 | 180 |
| DJI Inspire 2 | 3,4 | 94 | 2.500 | 0,8 | 7.000 | 27 |

Izvor: Izradio autor prema podacima navedenim u radu

Bespilotne letjelice Klase 25 i njihove performanse vidljive su u tablici 10. Letjelice *AGRASS T20* i *Hydra-12* koriste se u agrikulturi, ali u različite svrhe. *US-1* koristi se za nadzor, *Zipline* za dostave medicinskih potrepština te *ALTA X* za profesionalno snimanje. Također, *Zipline* je u ovoj kategoriji jedina letjelica fiksnih krila.

Tablica 10. Prikaz bespilotnih letjelica Klase 25

| Naziv | Masa (kg) | Brzina (km/h) | Plafon leta (m) | Korisni teret (kg) | Dolet (m) | Istrajnost (min) |
|---------------------------|-----------|---------------|-----------------|--------------------|-----------|------------------|
| DJI AGRAS T20 | 21 | 36 | 2.000 | 26,5 | 5.000 | 15 |
| Impossible Aerospace US-1 | 8,5 | 77 | 2.500 | 3 | 4.800 | 75 |
| Zipline | 21 | 100 | 120 | 1,75 | 80.000 | / |
| Freefly ALTA X | 10,4 | 72 | 3.000 | 15,9 | 1.500 | 50 |
| OnyxStar Hydra-12 | 11 | 35 | 900 | 12 | 2.000 | 30 |

Izvor: Izradio autor prema podacima navedenim u radu

U Klasi 150 koja je vidljiva u tablici 11., nalaze se letjelice s masom između 25 i 150 kilograma. Različite su namjene letjelica navedenih u tablici; *Sierra* se koristi u filmskoj industriji, *Griff 300* za prijevoz velikog tereta, *Joyance* se koristi u agrikulturni, dok se *PD-2 VTOL* koristi za nadzor područja ili graničnih prijelaza. *Aerones* letjelica, pak, je zamišljena za korištenje u više svrha kao što su: protupožarstvo, čišćenje zgrada i vjetrenjača, potraga i spašavanje i sl.

Tablica 11. Prikaz bespilotnih letjelica Klase 150

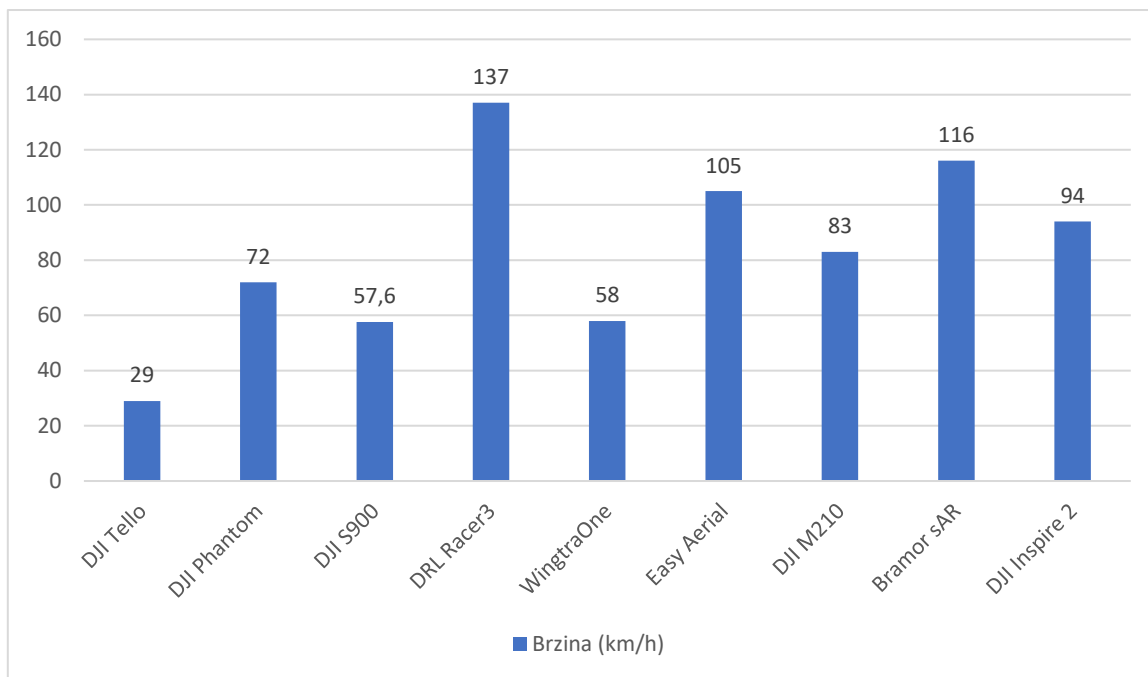
| Naziv | Masa (kg) | Brzina (km/h) | Plafon leta (m) | Korisni teret (kg) | Dolet (m) | Istrajnost (min) |
|--------------------------|-----------|---------------|-----------------|--------------------|-----------|------------------|
| XM 2 Sierra | 40 | 90 | 300 | 30 | / | 20 |
| Aerones | 100 | 116 | 400 | 200 | / | 20 |
| Griff 300 | 75 | 60 | 1.000 | 226 | 15.000 | 45 |
| Joyance JT32L | 28,5 | 43 | 30 | 45,5 | 1.000 | 15 |
| UKRSPECSYSTEMS PD-2 VTOL | 35 | 140 | 4.500 | 20 | 200.000 | 480 |

Izvor: Izradio autor prema podacima navedenim u radu

4.1. Brzina

Za većinu bespilotnih letjelica, koje se koriste u civilne svrhe, brzina nije najvažniji parametar koji će kupac uzeti u obzir prilikom kupnje iste (to ne vrijedi za letjelice koje se koriste za utrke). Za trkaće letjelice brzina je važan parametar, ali za dobru letjelicu za utрку važni su i drugi parametri poput: maverabilnosti, brzine penjanja, brzine spuštanja, itd.

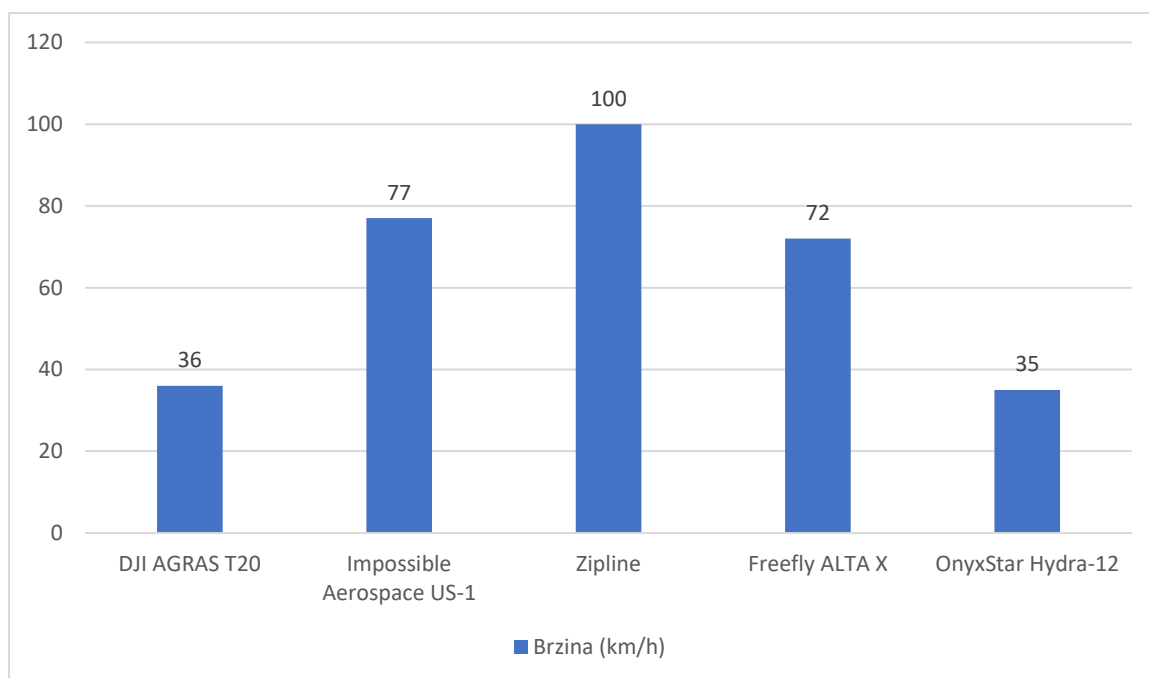
Pri konstruiranju bespilotnih letjelica, brzina se prilagođava namjeni za koju će se sama bespilotna letjelica koristiti. Postizanjem najveće brzine, letjelici se smanjuju ostali parametri performansi jer se povećanjem okretaja motora kojim se osigurava povećanje brzine značajno smanjuju ostali parametri, ponajprije istrajnost.



Grafikon 1. Prikaz usporedbe brzina bespilotnih letjelica Klase 5

Izvor: Izradio autor prema podacima navedenim u tablici 9.

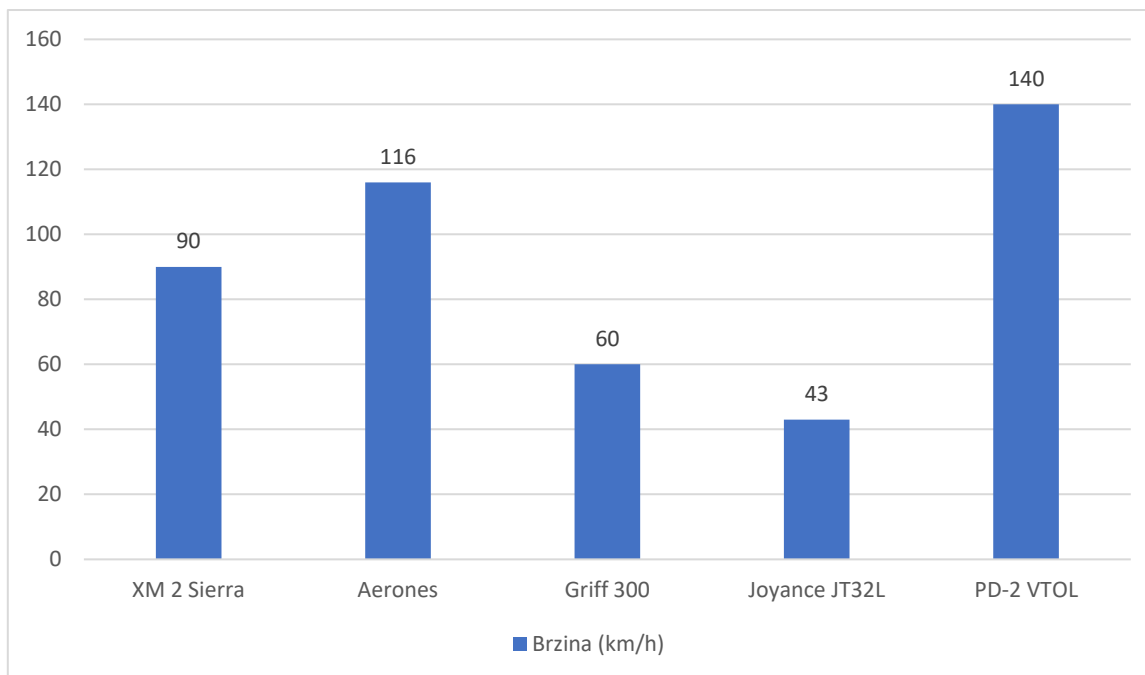
Kao što je i vidljivo iz grafikona 1., dron za utrivanje *DRL Racer3* doseže najveću brzinu, dok najmanju brzinu ostvaruje dron *DJI Tello* koji je namijenjen za osobnu uporabu te se smatra jednim od optimalnih dronova za učenje upravljanja dronom. Dron *Easy Aerial SAMS Falcon* koristi se za nadzor, a *Bramor sAR* je dron s fiksnim krilima te se koristi u akcijama potraga i spašavanja. Kao što se može iščitati iz grafikona 1., to su jedine letjelice iz Klase 5, uz *Racer3*, koje postižu maksimalnu brzinu veću od 100 km/h.



Grafikon 2. Prikaz usporedbe brzina bespilotnih letjelica Klase 25

Izvor: Izradio autor prema podacima navedenim u tablici 10.

Od bespilotnih letjelica iz Klase 25 koje su prikazane na grafikonu 2., može se vidjeti kako bespilotna letjelica *Zipline* postiže najveću brzinu od 100 km/h. Zanimljivo je za primjetiti kako su ponovno dvije najbrže letjelice (isključujući trkaći dron *Racer3*), letjelice s fiksnim krilima *Zipline* i letjelica koja se koristi za nadzor, *Impossible Aerospace US-1*, koja postiže brzinu od 77 km/h. Bespilotne letjelice koje postižu najmanju brzinu, *DJI AGRAS* i *Hydra-12*, su letjelice koje se koriste u agrikulturi. Dronovi korišteni u agrikulturi prelijeću usjeve manjim brzinama kako bi snimili ili fotografirali područje usjeva sa što je moguće većom preciznosti. Također, *Freefly ALTA X* letjelica, koja se koristi za snimanje filmova, dostiže impresivnu brzinu (s obzirom na to koja je njena svrha) te vjerojatno vrlo rijetko ima potrebu za postizanjem brzine koja je prikazana na grafikonu.



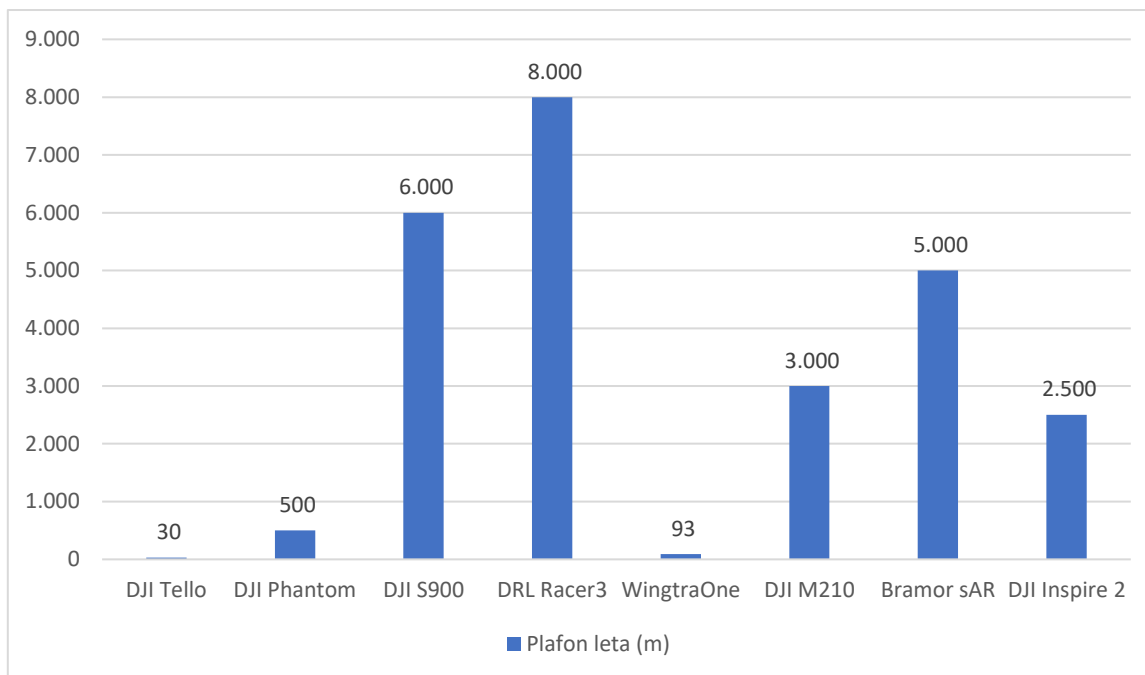
Grafikon 3. Prikaz usporedbe brzina bespilotnih letjelica Klase 150

Izvor: Izradio autor prema podacima navedenim u tablici 11.

Na grafikonu 3. vidljivo je da bespilotna letjelica fiksnih krila PD-2 VTOL postiže najveću brzinu do 140 km/h. Letjelica se koristi za nadzor područja. Joyance JT32L postiže brzinu do 43 km/h te je najbrža letjelica koja se upotrebljava u agrikulturi gdje brzina i nije od presudne važnosti. Aeronos je dron koji se može koristiti za više namjena u ovisnosti o opremi kojom je opremljena. Nijedna operacija za koju se letjelica Aeronos koristi ne zahtjeva da se dosežu tako velike brzine, dapače, u operacijama gašenja požara i čišćenja zgrada spojena je s kablom za napajanje kako bi mogla što više vremena provesti u zraku kao i dovodom vode do špricaljki, pa je radi toga i nemoguće dostizati velike brzine. XM 2 Sierra postiže značajnu brzinu s obzirom da je dron koji se koristi za snimanje filmova. Opremljena je snažnim motorima koji osim što pokreću letjelicu mase 40 kg, također imaju mogućnost prevoženja korisnog tereta mase do 30 kg. Letjelica Griff 300 postiže brzinu do 60 km/h kad ne prevozi korisni teret.

4.2. Plafon leta

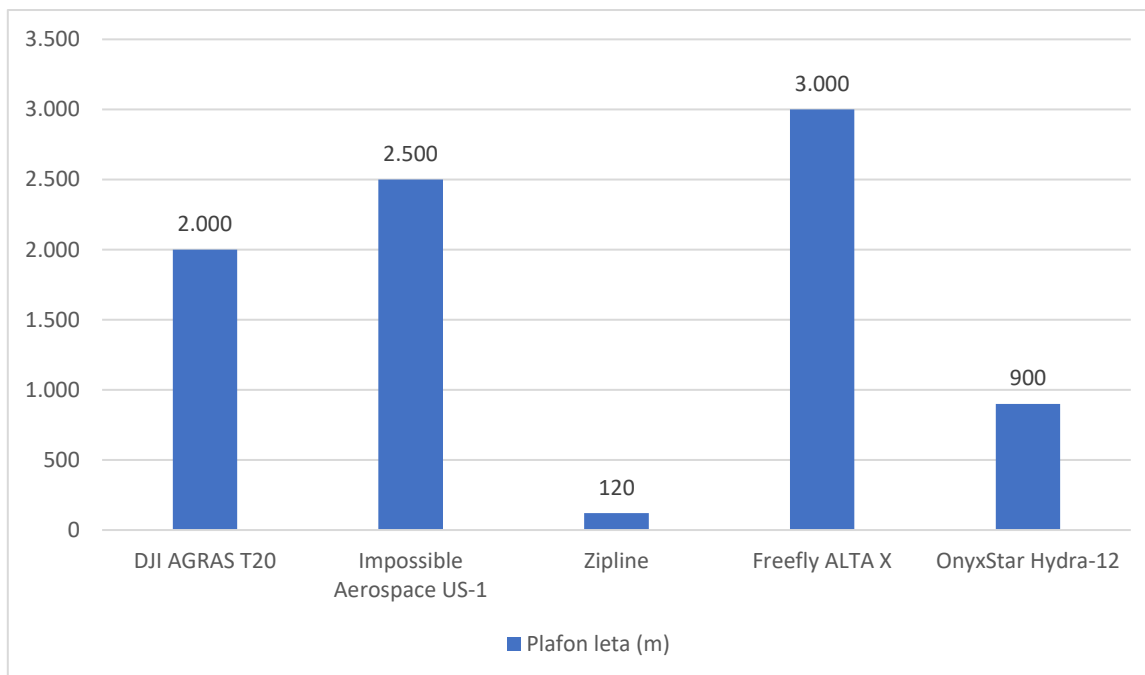
Plafon leta, za većinu letjelica koje se koriste u civilne svrhe, ne predstavlja parametar koji je limitirajući za obavljanje većine zadataka za koje se bespilotne letjelice upotrebljavaju, pogotovo znajući da je u Hrvatskoj zabranjen neprijavljen let iznad 120 m.



Grafikon 4. Prikaz usporedbe plafona leta bespilotnih letjelica Klase 5

Izvor: Izradio autor prema podacima navedenim u tablici 9.

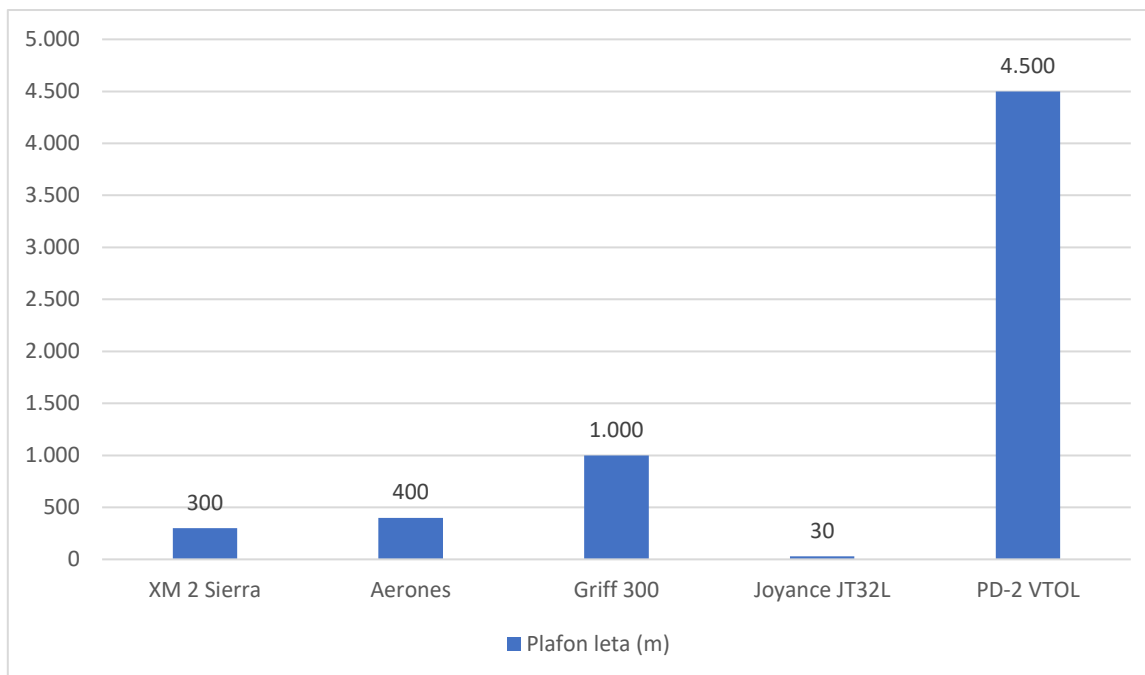
Podatak plafona leta kod bespilotnih letjelica Klase 5. *DJI Tello* i *DJI Phantom* su letjelice koje se koriste u privatne svrhe, stoga je impresivno što *DJI Phantom* može doseći visinu do 500 m. *DJI Tello* dron je za početnike te je jasno zašto je plafon leta samo 30 m. *WingtraOne* letjelica se koristi za mapiranje terena te dostiže visine do 93 metra. Visinu do čak 8.000 metara može doseći letjelica *DRL Racer3* koja se koristi za utrke. Prilikom utrka letjelice uglavnom na stazi moraju doseći brzinu do nekoliko stotina metara. *DJI S900* može doseći čak 6.000 metara što bi moglo biti i korisno prilikom snimanja s velikih visina. *DJI M210* i *Bramor sAR* su letjelice koje se koriste kod akcija potrage i spašavanja te njihovi plafoni leta omogućuju pregled velikih površina s obzirom na visinu koju mogu postići.



Grafikon 5. Prikaz usporedbe plafona leta bespilotnih letjelica Klase 25

Izvor: Izradio autor prema podacima navedenim u tablici 10.

U grafikonu 5 nalaze se podaci plafona leta letjelica Klase 25. OnyxStar Hydra-12 može doseći impresivnu visinu od 900 metara, što joj za obavljanje funkcije u agrikulturi nije potrebno. DJI AGRAS T20 još je jedna letjelica koja se koristi u agrikulturi te može doseći impresivnu visinu do 2.000 metara. Zipline je kompanija čiji dronovi prevoze medicinske potrepštine iz distribucijskih centara do klijenata, a čine to letom do 120 metara iznad tla. Letjelica ima impresivne performanse te je plafon leta vjerojatno ograničen jer letjelica dostave obavlja potpuno autonomno. Freefly ALTA X koristi se za profesionalno snimanje te može doseći čak 3.000 metara visine što kao i kod DJI S900 iz klase 5 može biti korisno za snimanje kadrova s visina. Impossible Aerospace US-1 koristi se za nadzor područja te je svakako korisna vrijednost plafona leta od 2.500 metara jer može nadzirati veća područja letom na većim visinama.



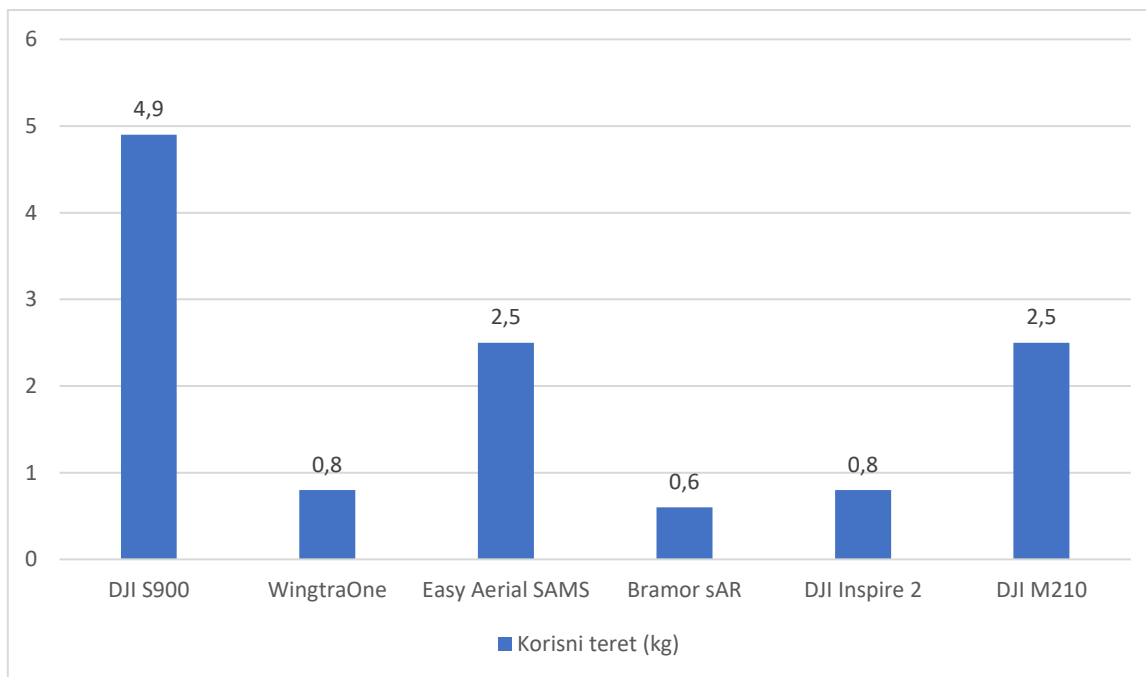
Grafikon 6. Prikaz usporedbe plafona leta bespilotnih letjelica Klase 150

Izvor: Izradio autor prema podacima navedenim u tablici 11.

Grafikonom 6. prikazani su plafoni leta bespilotnih letjelica Klase 150 te je vidljivo kako kineska bespilotna letjelica *EHang 216*, koja je zamišljena za prijevoz ljudi, može doseći visine do 600 m. Letjelica *EHang* zamišljena je za prijevoz ljudi; služiti će kao zračna taksi služba te bi prema tome trebala prelijetati grad u kojemu djeluje. Plafon leta od 600 m dovoljan je za prelet većine gradova koji nemaju veliki broj nebodera, te je dovoljan da bi se na sigurnoj udaljenosti od građevina mogao izvoditi let. *Aerones* je multifunkcionalna bespilotna letjelica čiji bi se plafon leta od 400 m mogao koristiti za gašenje požara u neboderima. Kako bi mogla duže ostati u zraku, bila bi spojena na izvor električne energije. *XM 2 Sierra* dron je koji je primarno zamišljen da ima mogućnost prenošenja veće količine korisnog tereta iz razloga što se koristi u filmskoj industriji, a plafon leta od 300 m je zadovoljavajući za ovu namjenu.

4.3. Korisni teret

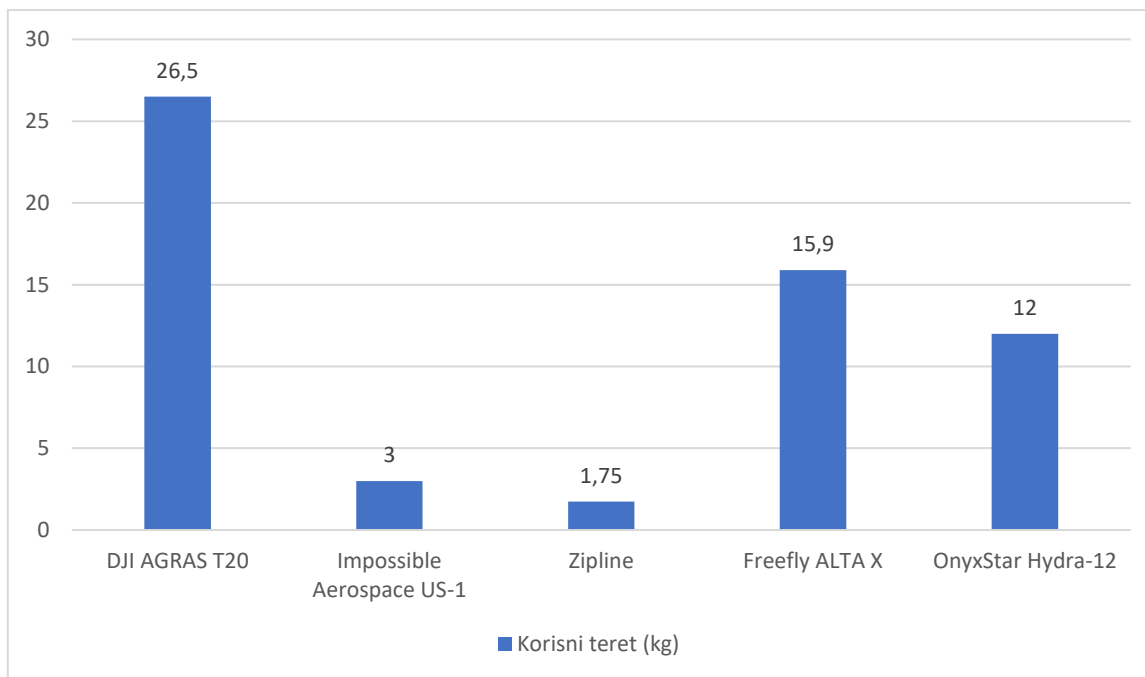
Korisni teret bespilotnih letjelica za civilne svrhe uglavnom čine kamere koje se nalaze na letjelici. Kamere mogu biti različite, od običnih kamera, kamera visoke rezolucije, profesionalnih kamera za snimanje filmova pa sve do termalnih kamera, hiperspektralnih i sl. Osim kamere, pod korisni teret mogu se ubrajati i spremnici na letjelicama koji služe za npr. tretiranje usjeva protiv pesticida ili za gašenje požara. Letjelice za dostavu, pak, prevoze pakete koje donose krajnjem korisniku.



Grafikon 7. Prikaz usporedbe korisnog tereta bespilotnih letjelica Klase 5

Izvor: Izradio autor prema podacima navedenim u tablici 9.

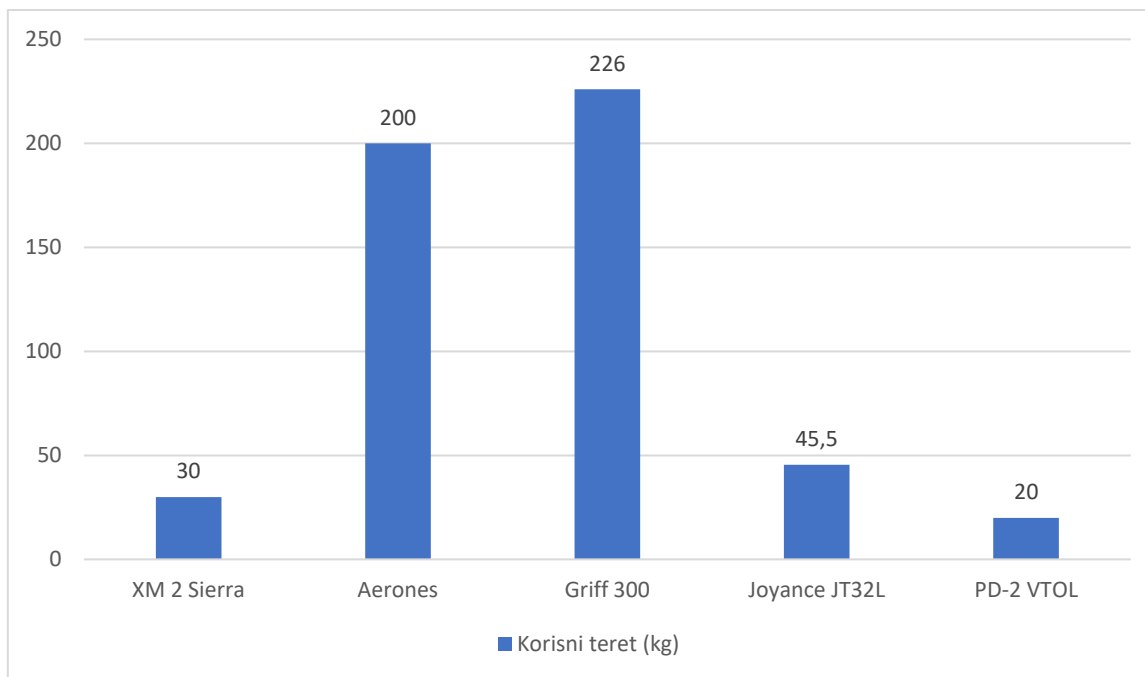
Bespilotne letjelice Klase 5 uglavnom nemaju mogućnost prenošenja značajne količine korisnog tereta. Letjelice kao *DJI Tello*, *DJI Phantom* i *DRL Racer3* nisu navedene jer nisu zamišljene za prijevoz korisnog tereta. U grafikonu 7. vidljive su vrijednosti korisnog tereta ostalih letjelica Klase 5. *DJI M210* je letjelica, najčešće opremljena termalnom kamerom, koja se koristi u različite svrhe, kao što su potraga i spašavanje, te je dio flote njujorške vatrogasne postrojbe. *Bramor sAR* i *WingtraOne* letjelice opremljene su korisnim teretom koji je potreban za izvršavanje njihovih funkcija potrage i spašavanja te mapiranja terena, dok se letjelica *Easy Aerial SAMS Falcon* koristi za nadzor te najčešće opremljena samo kamerom. *DJI S900* jedina je letjelica u ovoj kategoriji koja može prevesti veći korisni teret od same mase letjelice; njena masa iznosi 3,3 kg te može prevesti gotovo 5 kg korisnog tereta što joj omogućuje opremanje s više vrsta kamera za potrebe snimanja terena.



Grafikon 8. Prikaz usporedbe korisnog tereta bespilotnih letjelica Klase 25

Izvor: Izradio autor prema podacima navedenim u tablici 10.

Grafikonom 8. prikazani su podaci o korisnom teretu bespilotnih letjelica Klase 25 koje variraju od 1,75 do 26,5 kg. *Impossible Aerospace US-1* letjelica može prenijeti 3 kg korisnog tereta što je 0,5 kg više od *Easy Aerial SAMS*-a koji se koristi za nadzor. *Zipline* je letjelica koja se koristi za dostave medicinskih potrepština i, iako se koristi za dostavu, ima najmanji korisni teret koji može ponijeti od navedenih letjelica. *Zipline* ima uspostavljene distribucijske centre te, ako dođe do veće narudžbe, lansira se onoliko letjelica koliko je potrebno da se preveze traženi teret. *Freefly ALTA X* koristi se za profesionalno snimanje, a može ponijeti profesionalne kamere mase do 15,9 kg. *DJI AGRAS T20* i *OnyxStar Hydra-12* koriste se u agrikulturi, ali u različite svrhe. *OnyxStar Hydra-12* koristi se za snimanje usjeva, detektiranje infekcija, nedostatka vode i gnojiva te može prenijeti do 12 kg korisnog tereta; od dodatne opreme najčešće sadrži kameru visoke rezolucije kako bi operator mogao vidjeti kamo letjelica leti te hiperspektalnu kameru kojom može pratiti što je letjelica detektirala. *DJI AGRAS T20* letjelica može ponijeti do 26,5 kg korisnog tereta, a najčešće su to spremnici s pesticidima kojom letjelica prelijeće iznad usjeva, unaprijed zadanom rutom, te tretira biljke kako bi se poboljšalo njihovo zdravlje.



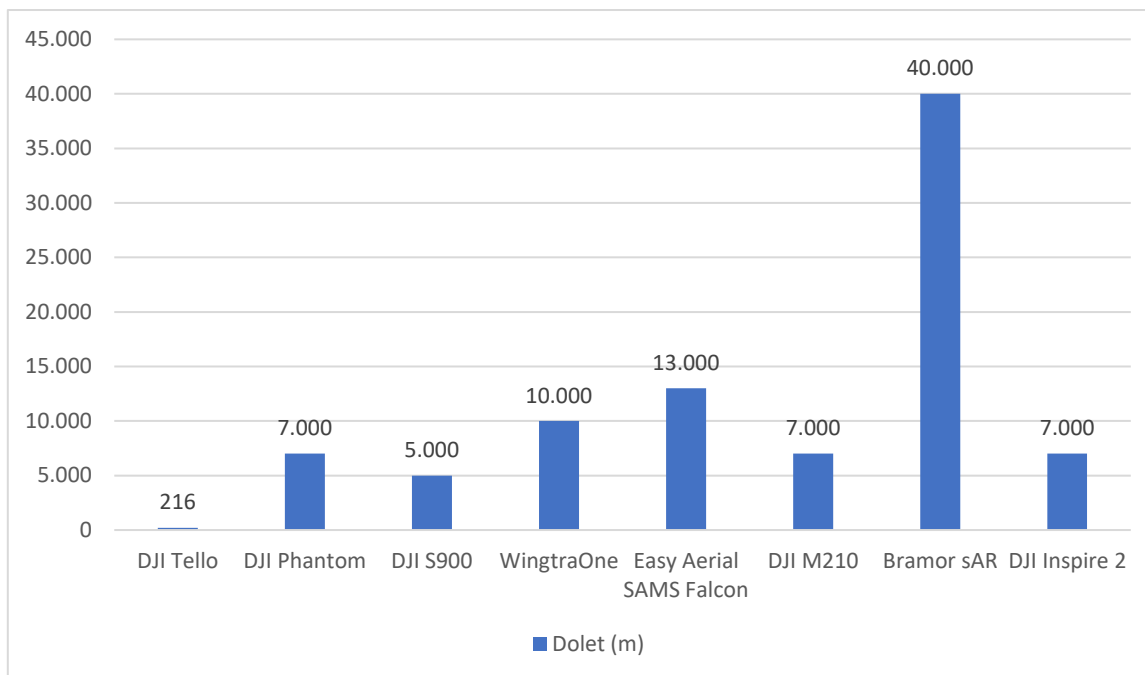
Grafikon 9. Prikaz usporedbe korisnog tereta bespilotnih letjelica Klase 150

Izvor: Izradio autor prema podacima navedenim u tablici 11.

Kao i što se očekuje, najveće vrijednosti korisnog tereta su kod letjelica iznad 25 kilograma što je i prikazano grafikonom 9. *XM 2 Sierra* koja ima nosivost do 30 kilograma, koristi se za snimanje kadrova iz zraka te je korištena za snimanje scena za mnoge popularne filmove. *Aerones* letjelica koja je testirana u različite svrhe od protupožarstva i čišćenja zgrada do potrage i spašavanja (letjelicom se prevezla osoba iz vode na kopno). Iako je *Aerones* letjelica koja je samo u testnoj fazi, analizirala se u ovom diplomskom radu zbog impresivnih pokazatelja svih performansi, pa tako i mogućnosti prenošenja znatne količine korisnog tereta. *Griff 300* je letjelica zamišljena da ima što veći korisni teret. Kao i kod letjelice *Aerones*, ideja kod *Griff 300* letjelice je da se može koristiti za spašavanje i prijevoz ljudi kod opasnih situacija. *Joyance JT32L* je letjelica koja se koristi u agrikulturni za tretiranje biljaka protiv bolesti te može prenijeti 32 litre tekućine za špricanje.

4.4. Dolet

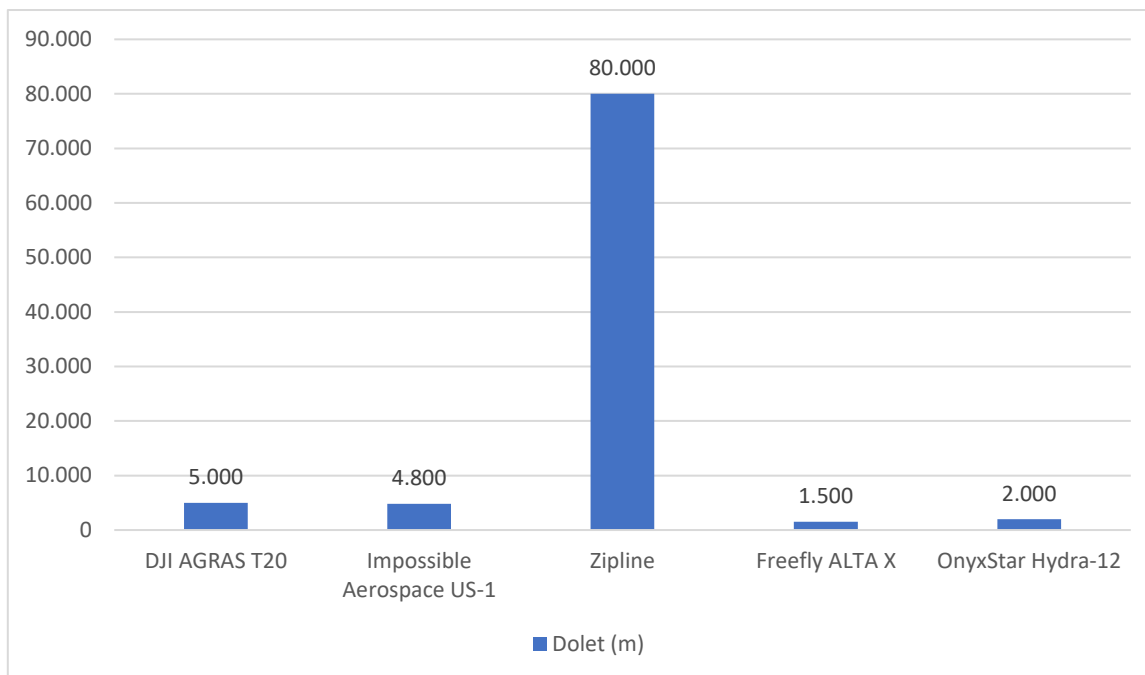
Dolet ili domet kod bespilotnih letjelica, naziv je za udaljenost koju letjelica može prijeći do granice gubitka signala od operatora letjelice. Većina bespilotnih letjelica ima dolet do nekoliko kilometara. Letjelice fiksnih krila uglavnom imaju veći dolet od letjelica koje lete na rotore. Od uporaba u kojima je bitan dolet, ističu se potraga i spašavanje te nadzor. Kod obaju vrsta uporaba poželjno je pokriti što veći prostora na kojem postoji potencijalna mogućnost pronalaska osobe, odnosno područje nadzora.



Grafikon 10. Prikaz usporedbe doleta bespilotnih letjelica Klase 5

Izvor: Izradio autor prema podacima navedenim u tablici 9.

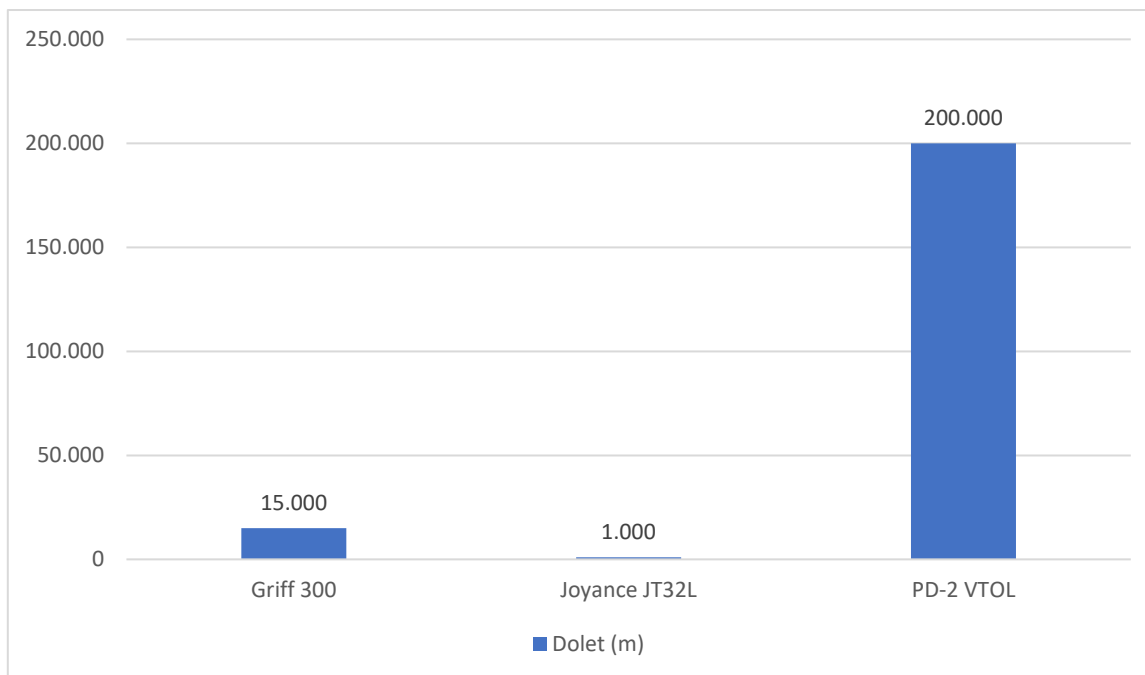
Na grafikonu 10. prikazan je širok spektar doleta letjelica koje su u Klasi 5, a koji se kreće od 216 m s pojačivačima signala za dron *DJI Tello* pa do 40 km letjelice s fiksnim krilima *Bramor sAR*. Letjelica koja je dio flote HGSS-a, *DJI M210*, ima solidan dolet od 7.000 m, dok druga letjelica, korištena za potragu i spašavanje, *Bramor sAR*, može prijeći čak 40 km. *Bramor sAR* letjelica je s fiksnim krilima koja ima najveći dolet u ovoj klasi, a kojom se mogu pokriti velika područja prilikom obavljanja akcije potrage i spašavanja. *WingtraOne* letjelica, koja ima mogućnost polijetanja i slijetanja vertikalno, nakon čega leti kao avion, sadrži krila koja se na određenoj visini okreću te izvode let kao letjelica fiksnih krila. Ona može pokriti velika područja s doletom od 10 km, što ju čini prigodnom za korištenje prilikom mapiranja terena.



Grafikon 11. Prikaz usporedbe doleta bespilotnih letjelica Klase 25

Izvor: Izradio autor prema podacima navedenim u tablici 10.

Zamjetne razlike u doletu bespilotnih letjelica Klase 25 vidljive su u grafikonu 11. Dolet se kreće od 1.500 m do čak 80 km. Najmanji dolet u ovoj klasi ima *ALTA X* od 1.500 m. *Hydra-12* može se koristiti za nadzor usjeva do udaljenosti od 2 km, dok *AGRAS* može svoj zadatak obavljati do 5 km od operatora letjelice. Letjelica za nadzor, *US-1*, ima solidan dolet od gotovo 5 km, što je ipak puno manje od konkurenta *Easy Aerial SAMS* koji ima istu namjenu i gotovo 3 puta veći dolet. *Zipline* dron ima dolet od čak 80 km te može pokriti velika područja prilikom dostave medicinskih potrepština. *Zipline* još je jedan dokaz kako letjelice s fiksnim krilima mogu svojim letom pokriti i veća područja.



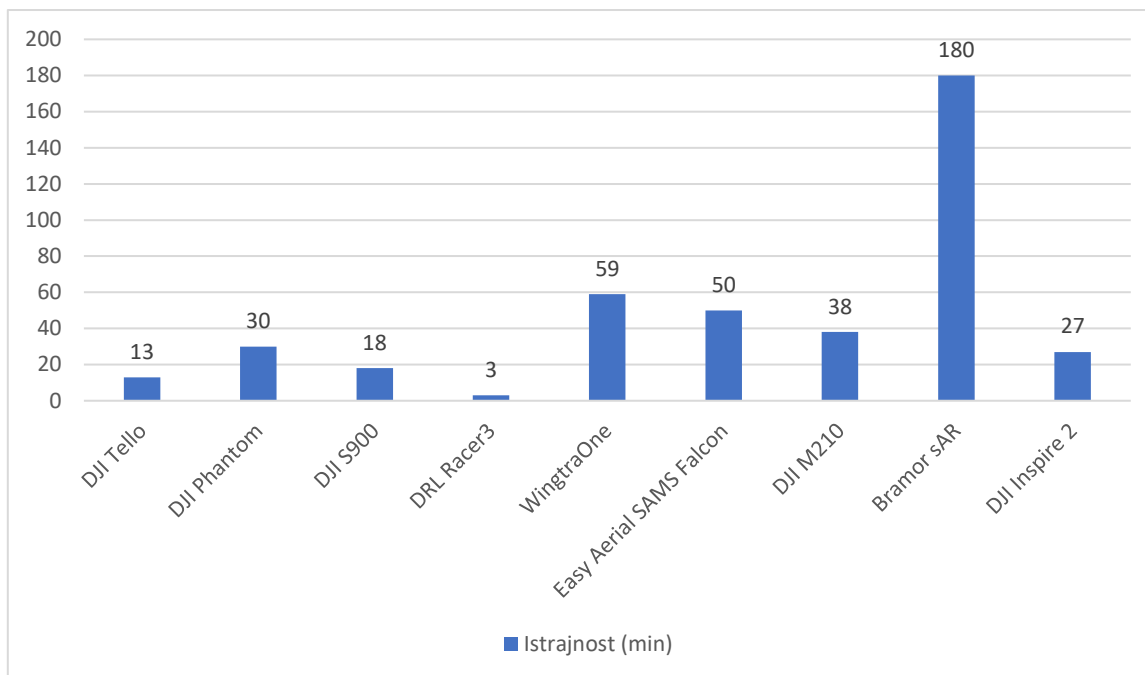
Grafikon 12. Prikaz usporedbe doleta bespilotnih letjelica Klase 150

Izvor: Izradio autor prema podacima navedenim u tablici 11.

Grafikonom 12. prikazane su vrijednosti doleta za letjelice klase 150. Kao i kod klasa 5 i 25 dominiraju letjelice fiksnih krila. Letjelica *PD-2* ima impresivan dolet do čak 200.000 metara što je iznimno korisno za zadatke nadzora te potrage i spašavanja gdje se ova letjelica koristi. *PD-2 VTOL* hibridna je letjelica što znači da uz električni ima i klipni motor te to svakako pridonosi doletu koji letjelica ima. Letjelica *Joyance* koristi se u agrikulturi te ima dolet do 1.000 metara što je manje od ostalih navedenih letjelica koje se primjenjuju u agrikulturi. *Griff 300* je letjelica koja može prenijeti značajan teret, ali ima i impresivan dolet od 15.000 metara.

4.5. Istrajnost

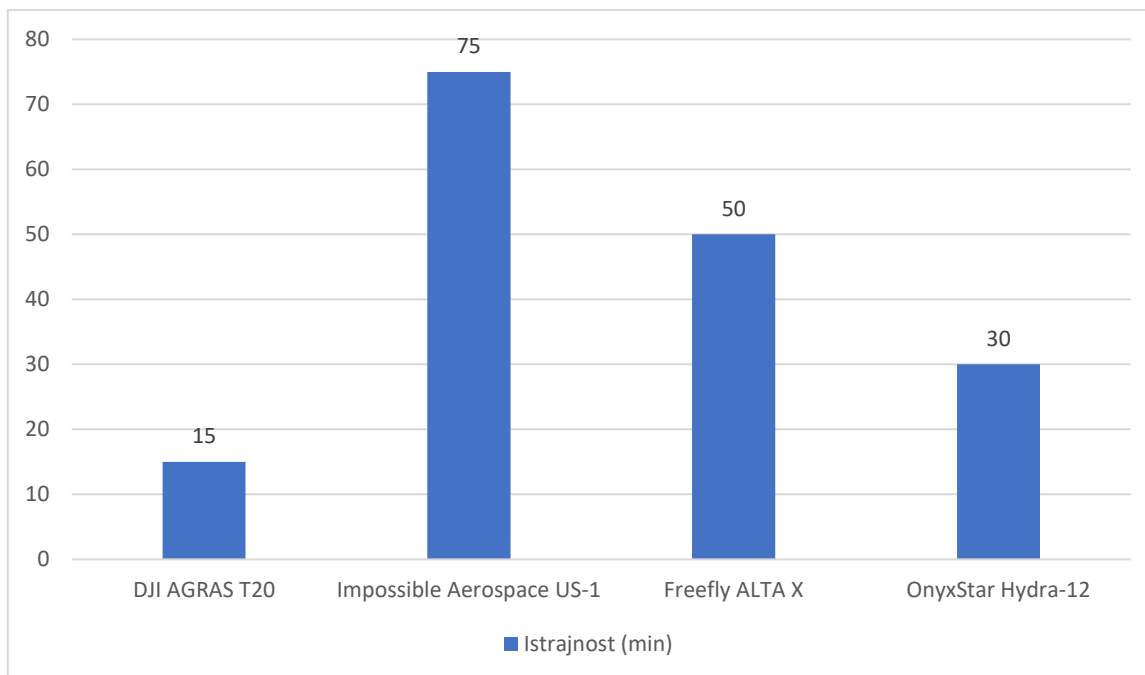
Istrajnost bespilotne letjelice vrijeme je koje bespilotna letjelica može provesti u zraku s jednom punom baterijom (letjelice koje se koriste u civilne svrhe najčešće su opremljene baterijama te se u definiciji ne spominju drugi načini stvaranja pogonske sile kao što su klipni i mlazni motori). Bez obzira na namjenu bespilotnih letjelica, poželjno je da je istrajnost što veća. Kao i kod doleta, bespilotne letjelice s fiksnim krilima trebale bi imati veću istrajnost od letjelica pogonjenih rotorima. Sportski dronovi ne trebaju imati veliku istrajnost jer utrke kratko traju te se većinom koristi više napunjenih baterija koje se samo zamijene između utrka.



Grafikon 13. Prikaz usporedbe istrajnosti bespilotnih letjelica Klase 5

Izvor: Izradio autor prema podacima navedenim u tablici 9.

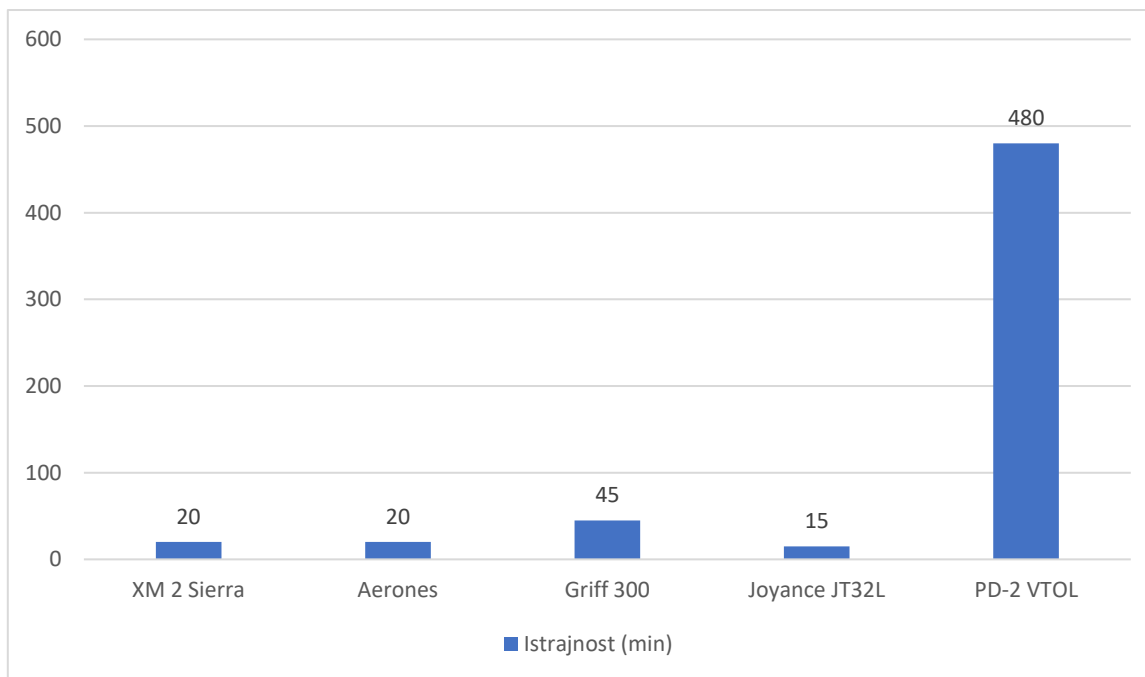
Kao što je vidljivo na grafikonu 12., sportski dron, *Racer3*, ima najmanju istrajnost od svih ostalih dronova. *WingtraOne* može provesti 59 min u zraku te se najčešće koristi za fotografiranje tla za potrebe mapiranja. Poželjno je da letjelice za zadaće nadzora imaju što veću istrajnost, pa tako *SAMS Falcon* može provesti 50 min u zraku. Kao i kod doleta, dron s fiksnim krilima, *Bramor sAR*, ima najveću istrajnost u Klasi 5. Može provesti čak 3 h u zraku, što je korisno za njegovu glavnu namjenu, odnosno potragu i spašavanje. Usporedbe radi, *DJI M210*, koji se također koristi u svrhu potrage i spašavanja, može u zraku provesti 38 min. Letjelica *DJI M210* locira nestale osobe uz pomoć termalne kamere kojom se očitava toplina tijela, dok *Bramor sAR* ima mogućnost očitavanja mobilnih signala čak onda kada signala gotovo da i nema.



Grafikon 14. Prikaz usporedbe istrajnosti bespilotnih letjelica Klase 25

Izvor: Izradio autor prema podacima navedenim u tablici 10.

Iz grafikona 13. može se vidjeti da kod dronova, koji se koriste u agrikulturi, dron *Hydra-12* ima istrajnost od 30 min, odnosno dvostruko veću istrajnost od *AGRAS T20* drona koji je imao dvostruko veći dolet od *Hydre*. Također, i kod bespilotnih letjelica za zadaće nadzora, *US-1* ima istrajnost od 75 min dok *SAMS Falcon* ima 50 min s doletom gotovo trostruko većim od *US-1*. *Freefly ALTA X* u zraku može provesti čak 50 min kada nema korisnog tereta, a kada prevozi maksimalni korisni teret, u zraku može provesti nešto više od 10 min. Proizvođači *Zipline* bespilotne letjelice nisu specificirali istrajnost svoje letjelice, ali ako bi se gledao uzorak iz klase 5, gdje *Bramor* ima uvjerljivo najveću istrajnost, za pretpostaviti je da bi je i *Zipline* imao u klasi 25.



Grafikon 15. Prikaz usporedbe istrajnosti bespilotnih letjelica klase 150

Izvor: Izradio autor prema podacima navedenim u tablici 11.

Grafikon 14. pokazuje istrajnosti letjelica klase 150 od kojih *PD-2 VTOL* ima najveću istrajnost od 480 minuta. Hibridni pogon letjelice *PD-2 VTOL* uvelike doprinosi istrajnosti letjelice. Istrajnost *PD-2* letjelice od čak 8 sati uvelike je korisna kod zadataka nadzora te potrage i spašavanja. *Aerones* letjelica zamišljena za različite namjene, a može provesti u zraku do 20 minuta, ali prilikom upotrebe kod gašenja požara ili čišćenja zgrada ili vjetrenjača može biti spojena na izvor električne energije, pa se istrajnost značajno produljuje. *Sierra* također može provesti u zraku 20 minuta što je dovoljno kako bi se snimili kadrovi za filmove. *Griff 300* letjelica je zamišljena za prijevoz tereta te ima istrajnost od 45 minuta.

4.6. Usporedba performansi prema namjenama

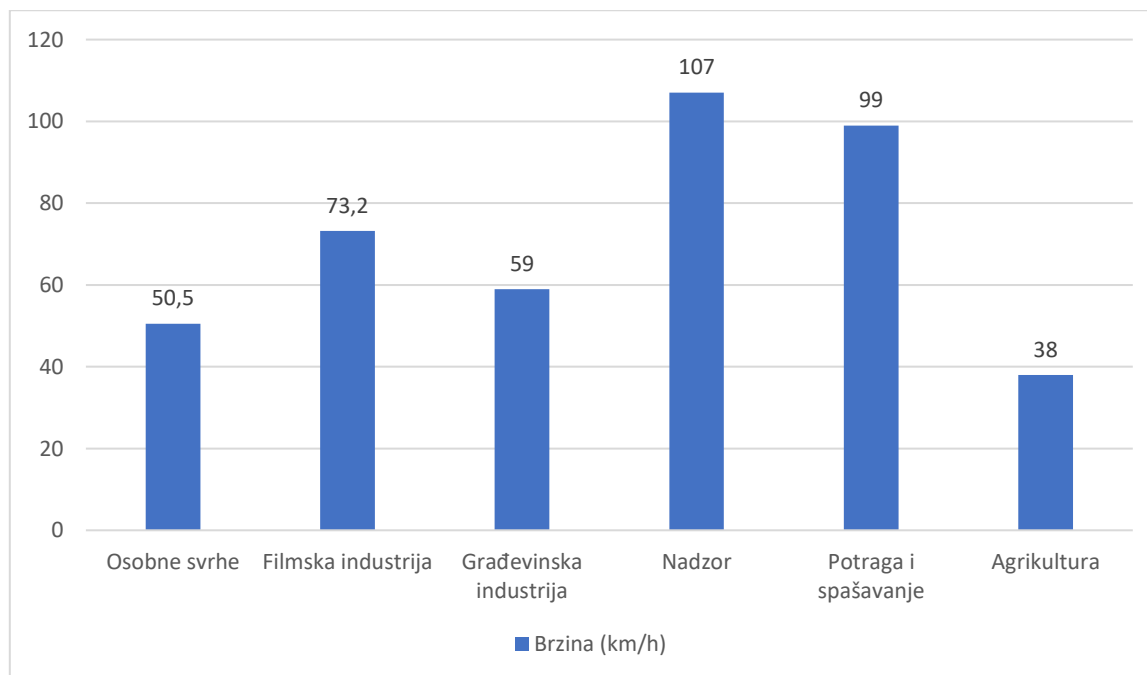
Bespilotne letjelice su u ovom diplomskom radu podjeljene prema njihovim namjenama, kako slijedi: bespilotne letjelice za osobne svrhe, za potrebe filmske industrije, građevinske industrije, letjelice za nadzor, potraga i spašavanje te agrikulturu. Za usporedbu performansi letjelica prema namjenama korištene su prosječne vrijednosti performansi letjelica.

Tablica 12. Prosječne performanse bespilotnih letjelica prema namjeni

| Namjena | Brzina (km/h) | Plafon leta (m) | Korisni teret (kg) | Dolet (m) | Istrajnost (min) |
|------------------------|---------------|-----------------|--------------------|-----------|------------------|
| Osobne svrhe | 50,5 | 265 | / | 3.608 | 21,5 |
| Filmska industrija | 73,2 | 3.100 | 17 | 3.250 | 30 |
| Građevinska industrija | 59 | 546,5 | 113 | 12.500 | 52 |
| Nadzor | 107 | 3.500 | 25,5 | 72.600 | 201 |
| Potruga i spašavanje | 99 | 4.000 | 1,5 | 43.500 | 109 |
| Agrikultura | 38 | 977 | 28 | 2667 | 20 |

Izvor: Izradio autor prema podacima navedenim u radu

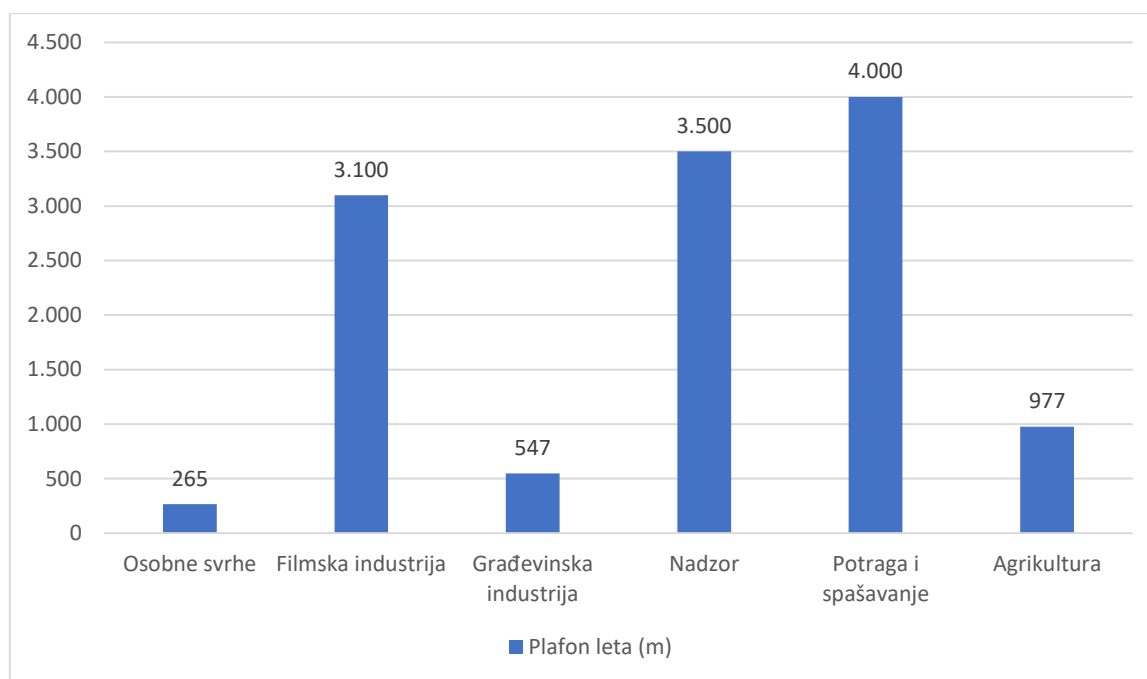
U tablici 12. prikazane su prosječne vrijednosti performansi bespilotnih letjelica prema njihovim namjenama. Bespilotne letjelice u osobne svrhe bile su *DJI Tello* i *DJI Phantom*. Što se tiče filmske industrije, analizirane su letjelice *XM 2 Sierra*, *Freefly ALTA X* te *DJI S900*. Građevinska industrija često koristi letjelice *WingtraOne* i *Griff 300*. Letjelice koje se koriste za nadzor su: *Easy Aerial SAMS Falcon*, *Impossible Aerospace US-1* i *UKRSPECSYSTEMS PD-2 VTOL*. U akcijama potrage i spašavanja koriste se letjelice *DJI M210* i *Bramor sAR*. Za uporabu u agrikulturi su analizirane tri letjelice: *DJI AGRAS T20*, *Onyxstar Hydra-12* te *Joyance JT32L*.



Grafikon 16. Prosječna brzina bespilotnih letjelica prema namjeni

Izvor: Izradio autor prema podacima navedenim u radu

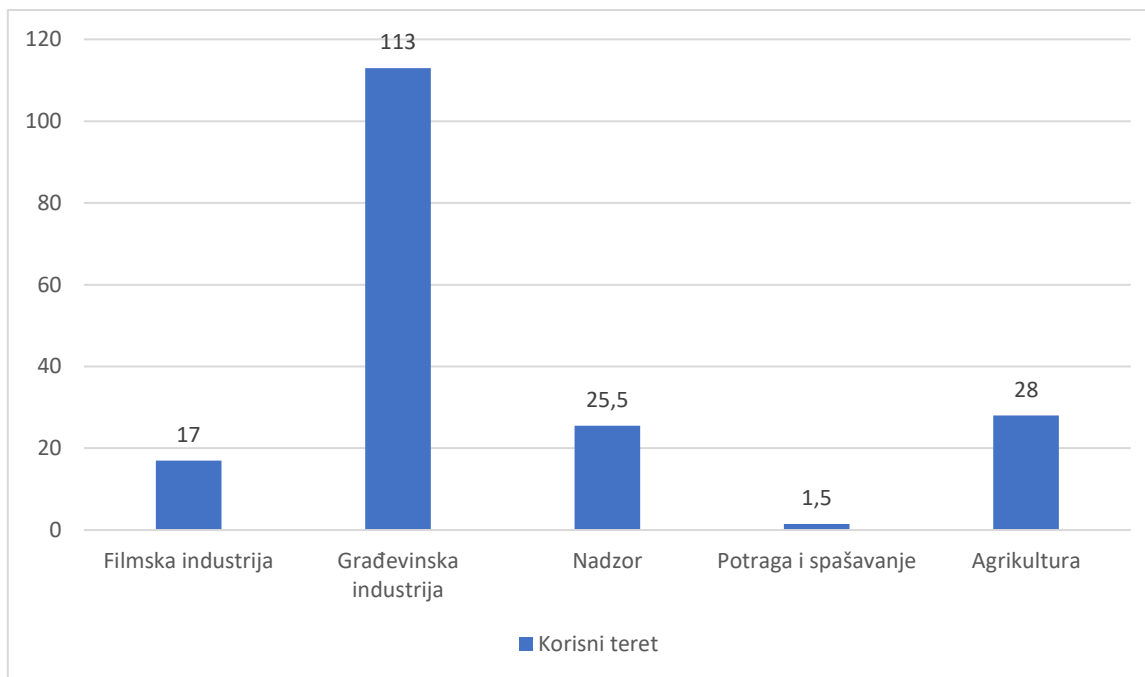
Na grafikonu 16. mogu se vidjeti prosječne brzine bespilotnih letjelica prema namjeni. Brzina nije jedna od bitnijih performansi u agrikulturi te tako ne čudi da su letjelice u agrikulturi najsporije. Letjelice koje se koriste za nadziranje u prosjeku postižu najveću brzinu do 107 km/h. Prilikom akcija potrage i spašavanja poželjno je imati što veću brzinu kako bi se moglo pregledati što više područja na kojima se akcija potrage provodi.



Grafikon 17. Prosječne vrijednosti plafona leta bespilotnih letjelica prema namjeni

Izvor: Izradio autor prema podacima navedenim u radu

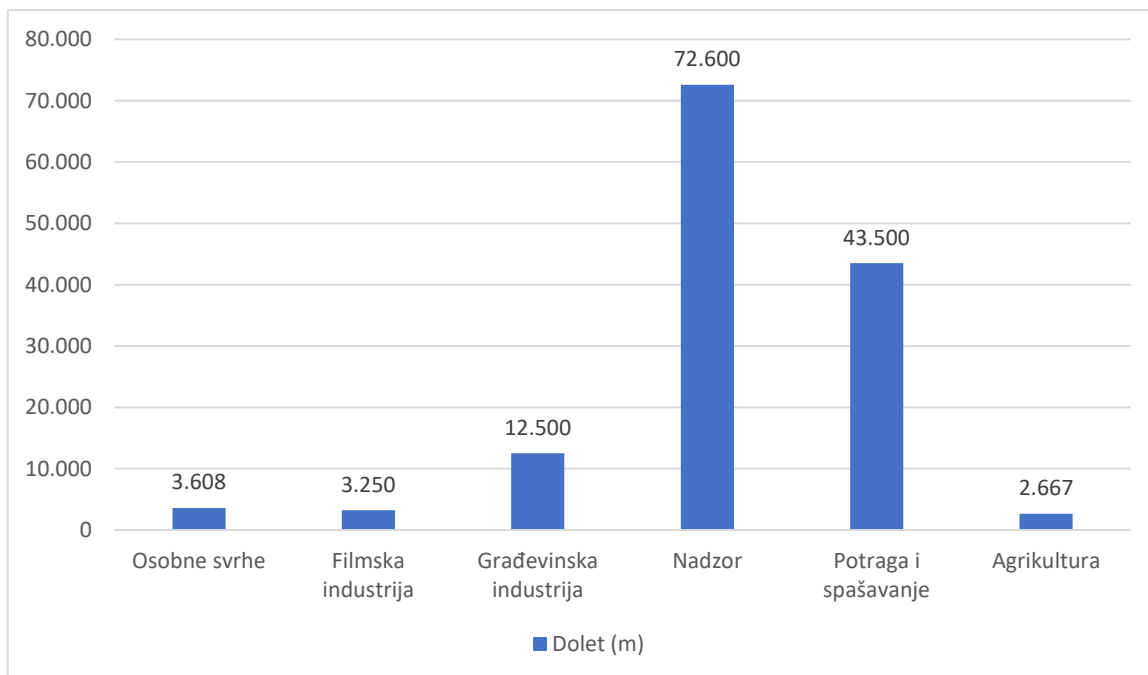
Na grafikonu 17. mogu se vidjeti prosječni podaci o plafonu leta prema namjenama letjelica. Najmanje vrijednosti plafona leta imaju letjelice za osobnu uporabu što i ne čudi jer za upravljanjem većine tih letjelica nije potrebna edukacija. Letjelice za snimanje i filmsku industriju imaju plafon leta do čak 3.100 metara kako bi se mogle dokumentirati snimke s velikih visina. Kod letjelica za nadzor te za potragu i spašavanje let na većim visinama omogućuje pregled većih površina. Kod agrikulture nema potrebe za dostizanjem velikih visina jer se većina operacija odvija na nižim visinama.



Grafikon 18. Prosječne vrijednosti korisnog tereta bespilotnih letjelica prema namjeni

Izvor: Izradio autor prema podacima navedenim u radu

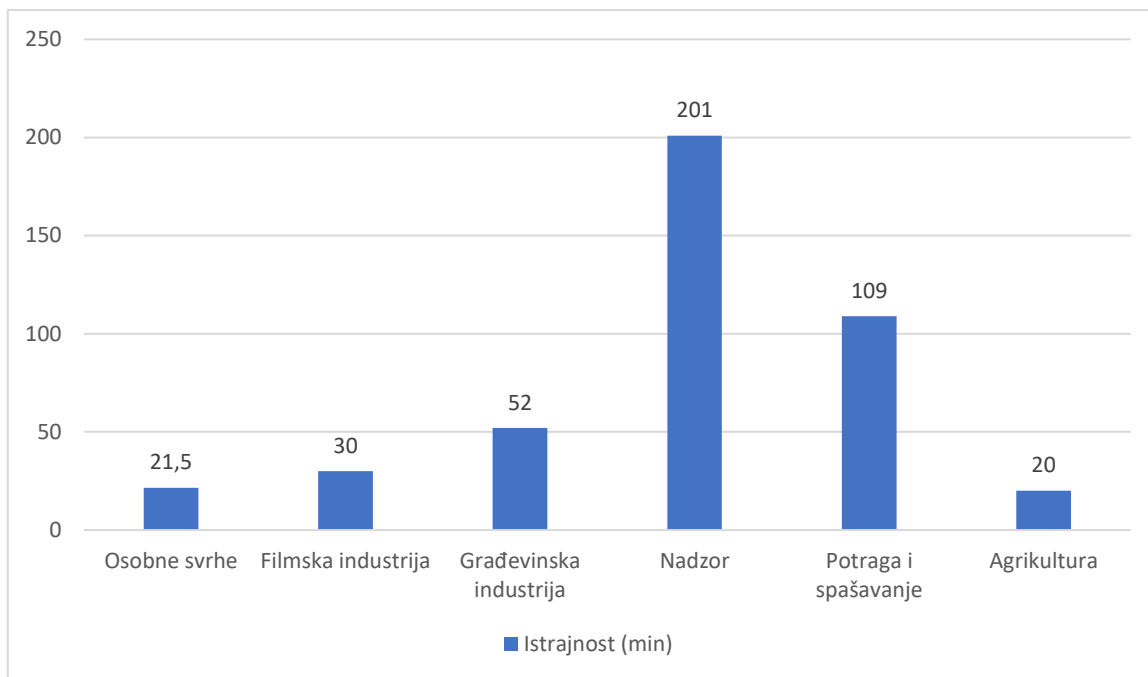
Na grafikonu 18. mogu se vidjeti vrijednosti korisnog tereta bespilotnih letjelica prema namjeni. Kako bi se povećale vrijednosti istrajnosti i doleta letjelica za potragu i spašavanje smanjuje se vrijednost korisnog tereta koji mogu prevesti. Građevinska industrija ima najveću vrijednost korisnog tereta zbog letjelice *Griff 300* koja može prevesti 226 kg, ali se zbog letjelice *WingtraOne* prosječna vrijednost smanjuje. U filmskoj industriji letjelice prosječno mogu prevesti 17 kilograma korisnog tereta što je dovoljno za let s većinom profesionalnih kamera za snimanje filmova. Letjelica *PD-2 VTOL* s mogućnošću prijevoza 35 kg korisnog tereta znatno povećava prosjek korisnog tereta letjelica za nadzor .



Grafikon 19. Prosječan dolet bespilotnih letjelica prema namjeni

Izvor: Izradio autor prema podacima navedenim u radu

Na grafikonu 19. može se vidjeti prosječan dolet bespilotnih letjelica prema namjeni. Kod operacija potrage i spašavanja te nadzora dolet je jedna od važnijih performansi kako bi mogla pregledati i nadzirati što veća područja. Radi toga se za potrebe nadzora i potrage i spašavanja najčešće koriste letjelice s fiksnim krilima. Hibridna letjelica *PD-2 VTOL* značajno povećava prosjek zbog svog doleta od 200.000 metara. Impresivan dolet ima letjelica *Griff 300*, koja bez obzira na veliku masu, ima dolet do čak 15.000 m. Letjelica *WingraOne* koja se koristi za mapiranje ima dolet od 10.000 metara što značajno diže prosjek doleta dronova koji se koriste za građevinsku industriju.



Grafikon 20. Prosječna istrajnost bespilotnih letjelica prema namjeni

Izvor: Izradio autor prema podacima navedenim u radu

Na grafikonu 20. mogu se vidjeti prosječne istrajnosti bespilotnih letjelica prema namjeni. Letjelice koje se koriste za zadatke nadzora te potrage i spašavanja imaju najveću istrajnost u odnosu na ostale letjelice. Za te namjene je poželjna što veća istrajnost letjelica kako bi mogli nadzirati odnosno pregledavati prostori duži vremenski period. Za tu namjenu se najčešće koriste bespilotne letjelice *PD-2 VTOL* i *Bramor sAR* koje su letjelice s fiksnim krilima. Letjelice u agrikulturi imaju najmanju istrajnost, ali dovoljnu za obavljanje svojih zadataka tretiranja i nadziranja usjeva.

5. Zaključak

Bespilotne letjelice integrirale su se u gotovo svaku granu gospodarstva, a u budućnosti je za očekivati i šira uporaba bespilotnih letjelica za razliku od trenutačne situacije. Bespilotne letjelice su u neprestanom razvoju još od Prvog svjetskog rata (kada je razvijena prva bespilotna letjelica) te su već tada prepoznate mnogobrojne prednosti koje njihova uporaba donosi. Bespilotne letjelice nastavile su se razvijati i primjenjivati u različite vojne svrhe, a od 2000-ih godina se počinju primjenjivati i u civilne svrhe. Prvi „boom“ i masivna ekspanzija različitih primjena dronova događa se početkom 2010-ih godina kada su mnoge komercijalne kompanije prepoznale potencijal uporabe bespilotnih letjelica u sklopu usluga koje nude te intenzivno počele s razvijanjem novih tehnologija kako bi se primjena bespilotnih letjelica integrirala u razna područja.

Danas su bespilotne letjelice dostupne gotovo svima; često se koriste za zabavu ili fotografiranje/snimanje, a moguće ih je kupiti u dijelovima te samostalno sastaviti. Dronovima koje korisnici samostalno sastavljaju može se pokazati i kreativnost korisnika. Korisne su i za obrazovne svrhe, odnosno za poticanje djece na učenje robotike, elektrotehnike te informatike i programiranja. Bespilotne letjelice u komercijalne svrhe uglavnom su pogonjene električnim motorima koji su također u posljednjem desetljeću znatno napredovali u pogledu performansi. Razvijaju se letjelice koje su specifične za određenu vrstu uporabe, tipa *WingtraOne* koja se koristi za mapiranje ili *AGRAS T20* koji se većinom koristi za tretiranje usjeva. Letjelica *DJI M210* jedna je od letjelica koja ima više primjena u civilne svrhe, a najčešće se koristi za potragu i spašavanje te protupožarstvo. Korisni teret koji letjelica nosi sastoji se od kamere visoke rezolucije kojom se istovremeno prati let, ali i snima promatrano područje, te termalne kamere kojom se mogu otkriti žarišta požara te prikazati lokacija nestalih ljudi. *Aerones* letjelica još je jedna letjelica koja može obavljati više zadaća. Ona je ujedno i projekt kompanije *Aerones* te je trenutno stavljena na čekanje. Zamišljena je za korištenje u direktnom gašenju požara, no zbog većeg interesa druge namjene, kompanija smišlja sustav koji bi se mogao koristiti za čišćenje zgrada i vjetrenjača.

Usporedba performansi bespilotnih letjelica u ovom radu napravljena je prema parametrima brzine, plafona leta, korisnog tereta, doleta i istrajnosti. Usporedbom se htjelo ukazati na razlike u performansama letjelica koje se koriste u komercijalne svrhe. Kod usporedbe bespilotnih letjelica prema brzini najbolje rezultate pokazala je letjelica koja se koristi u sportske svrhe, odnosno za utrke. Ona je male istrajnosti, što i nema tolikog značaja jer su utrke zamišljene da budu kratke, stoga se koriste manje baterije koje mogu pokretati letjelicu svega nekoliko minuta čime se smanjuje masa letjelice, a to, pak, rezultira mogućnošću postizanja većih brzina i bolje maverabilnosti letjelice.. Kod usporedbe bespilotnih letjelica prema plafonu leta, *DRL Racer3* ima najveći plafon leta te može doseći 8.000 metara. Letjelica *DJI S900* koja se koristi za snimanje može dosegnuti visinu do čak 6.000 metara. Letjelica s najmanjim plafonom leta je *DJI Tello* koja doseže 30 metara. Najveće vrijednosti plafona leta imaju letjelice Klase 5. U klasi 25 najveću vrijednost plafona leta ima *Freefly ALTA X* koja doseže do 3.000 metara, a kod klase 150 najveći plafon leta do 4.500 metara postiže hibridna letjelica *PD-2 VTOL*. Usporedba prema korisnom teretu pokazala je širok spektar nosivosti i

raznolikost bespilotnih letjelica ovisno o njihovoj namjeni. Dok većina letjelica pod korisnim teretom podrazumijeva razne kamere za obavljanje različitih zadataka, ima i onih koje nose drugačiju opremu, poput spremnika za tekućine i sredstva za gašenje požara, do bespilotnih letjelica koje su projektirane kao zračni taksiji za prijevoz putnika. Količina korisnog tereta izrazito je važna značajka za dronove koji se koriste u agrikulturi, prijevozu putnika i gašenju požara. U agrikulturi dvije spomenute letjelice u ovom radu imaju prosječnu nosivost korisnog tereta od 19,25 kg. Za prijevoz putnika očekivana je potreba za većim korisnim teretom gdje letjelica *EHang 216* ima nosivost od 220 kg te je namijenjena za prijevoz dvaju putnika. Također se može koristiti za gašenje požara jer može biti opremljena sa 150 l tekućine za gašenje i 6 protupožarnih bombi. Uspoređivane bespilotne letjelice s fiksnim krilima imale su veći dolet od letjelica s rotorima. *Bramor* ima dolet do 40 km, *Zipline* do čak 80 km, *PD-2 VTOL* do 200 km. Od primjena kojima je dolet od izrazite važnosti mogu se izdvojiti potraga i spašavanje, nadzor te dostava paketa i ostalih vrsta pošiljaka. Istrajnost je značajka bespilotne letjelice koja pokazuje koliko vremena letjelica može provesti u zraku. Kao i kod doleta, letjelice s fiksnim krilima pokazale su se kvalitetnijim rješenjem od ostalih uspoređivanih letjelica. Kao i kod doleta, istrajnost je najvažniji čimbenik za sektore potrage i spašavanja te za potrebe dostave pošiljaka.

U budućnosti možemo očekivati nove modele bespilotnih letjelica s jačim baterijama i/ili motorima, a koji će ujedno imati i bolje parametre performansi od svih prethodno navedenih u ovom radu. Također, moguć je pronalazak novih područja primjene u koje će se moći implementirati te inovativne bespilotne letjelice.

Literatura

Pisani izvori:

1. Arjomandi M. Classification of Unmanned Aerial Vehicles. Adelaide; 2008.
2. Aydin B, Selvi E, Tao J, Starek MJ. Use of fire-extinguishing balls for a conceptual system of drone-assisted wildfire fighting. Drones, 2019;3(1): 17.
3. Narodne novine: Pravilnik o sustavima bespilotnih letjelica. Narodne novine d.d. 104, Zagreb, 2018.
4. Postema S. News Drones: An Auxiliary Perspective. Edinburgh Napier University. Edinburgh, 2015.
5. Puri V, Nayyar A, Raja L. Agriculture drones: A modern breakthrough in precision agriculture. Journal of Statistics and Management Systems. 2017;20(4): 507-518.
6. Scott J, Scott C. Drone delivery models for healthcare. Hawaii international conference on system sciences. 2017.
7. Zaychenko I, Smirnova A, Borremans A. Digital transformation: the case of the application of drones in construction. In MATEC web of conferences (Vol. 193, p. 05066). EDP Sciences. 2018.

Internet izvori:

1. <http://www.ccaa.hr/letacke-operacije-sustavima-bespilotnih-zrakoplova-18055> [Pristupljeno: Veljača 2021.]
2. <http://www.joyance.tech/html/sprayer/products/32L-drone-agriculture-sprayer.html> [Pristupljeno: Travanj 2021.]
3. <https://altigator.com/en/drones-for-search-rescue-missions/> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]
4. <https://avia-pro.net/blog/onyxstar-hydra-12-tehnicke-harakteristike-foto> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]
5. https://blog.agrivi.com/post/powerful-role-of-drones-in-agriculture_april2018 [Pristupljeno: Ožujak 2021.]
6. <https://dronedj.com/2019/05/05/hollywood-drone-pilots-reveal-the-cameras-used-on-feature-films-at-auvsi-2019/> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]
7. <https://dronelife.com/2017/04/06/drl-unveils-fleet-racer3-drones/> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]
8. <https://easyaerial.com/sams-t/> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]
9. <https://enterprise-insights.dji.com/user-stories/drones-elevate-sar-in-croatia> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]
10. <https://evtol.news/ehang-216/> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]
11. <https://flyzipline.com/how-it-works/> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]
12. <https://flyzipline.com/how-it-works/> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]
13. <https://freefly.gitbook.io/freefly-public/products/alta-x/untitled-3/performance-specs> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]

14. <https://impossible.aero/meet-us-1/> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]
15. <https://interestingengineering.com/a-brief-history-of-drones-the-remote-controlled-unmanned-aerial-vehicles-uavs> [Pristupljeno: Siječanj 2021.]
16. <https://jungleworks.com/how-future-delivery-drone-will-deliver-your-packages/> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]
17. https://mainblades.com/aircraft-visual-inspection/?gclid=Cj0KCQjw0oCDBhCPARIsAII3C_F2ksaTws_H_v3v7EmrvrX4Iw7jBUiW1ZTGj_S_WSsGqgZNBduTP4kaAtRREALw_wcB [Pristupljeno: Ožujak 2021.]
18. <https://mainblades.com/bird-strike-inspection/> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]
19. <https://mainblades.com/lightning-strike-inspection/> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]
20. <https://molzi.com/amazon-prime-air-drone-surveillance/> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]
21. <https://oscarliang.com/fpv-goggles/> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]
22. <https://percepto.co/the-evolution-of-drones-from-military-to-hobby-commercial/> [Pristupljeno: Siječanj 2021.]
23. <https://thedroneracingleague.com/about-drl/> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]
24. <https://ukrspecsystems.com/pd-2-uas> [Pristupljeno: Travanj 2021.]
25. <https://www.bigrentz.com/blog/drones-construction> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]
26. <https://www.businessinsider.com/aerones-firefighting-drones-2018-4> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]
27. <https://www.c-astral.com/en/unmanned-systems/bramor-sar#0> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]
28. <https://www.dji.com/hr/phantom-4-adv/info> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]
29. <https://www.dji.com/hr/t20/specs> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]
30. <https://www.dronefly.com/firefighting-drones-drones-in-the-field-infographic> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]
31. <https://www.dronetechplanet.com/the-griff-300-review-drone-that-can-lift-500-pounds/> [Pristupljeno: Travanj 2021.]
32. <https://www.easa.europa.eu/domains/civil-drones-rpas/certified-category-civil-drones> [Pristupljeno: Veljača 2021.]
33. <https://www.easa.europa.eu/domains/civil-drones-rpas/open-category-civil-drones> [Pristupljeno: Veljača 2021.]
34. <https://www.easa.europa.eu/domains/civil-drones-rpas/specific-category-civil-drones> [Pristupljeno: Veljača 2021.]
35. <https://www.ehang.com/news/670.html> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]
36. <https://www.ga-asi.com/ground-control-stations/certifiable-ground-control-station> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]
37. <https://www.heliguy.com/blogs/posts/enhanced-safety-and-better-decision-making-new-york-fire-department-benefiting-from-drones> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]
38. <https://www.multigp.com/class-specifications/> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]
39. <https://www.nasa.gov/centers/dryden/history/pastprojects/Erast/perseusb.html> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]

40. <https://www.nationalgeographic.com/science/article/fireball-dropping-drones-new-technology-helping-fight-fires> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]
41. <https://www.newscaststudio.com/tv-news-drones/> [Pristupljeno: Veljača 2021.]
42. <https://www.onyxstar.net/crop-yield-weed-management-agriculture-drone/> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]
43. <https://www.prophotouav.com/meteorologists-storm-weather-drones/> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]
44. <https://www.ryzerobotics.com/tello/specs> [Pristupljeno: Veljača 2021.]
45. <https://www.telecomreview.com/index.php/articles/reports-and-coverage/4190-how-drones-are-revolutionizing-the-telecom-industry> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]
46. <https://www.tfp1.com/blog/examining-statistics-for-2d019-fire-incident-and-response-in-nyc/> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]
47. <https://www.thebalancesmb.com/how-drones-change-insurance-industry-4125242> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]
48. <https://www.unmannedsystemstechnology.com/2020/11/uav-and-canine-search-and-rescue-demonstrated/> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]
49. <https://www.vecernji.hr/vijesti/na-rusenju-tornja-uz-vojsku-sudjelovalo-je-i-sest-pripadnika-vojno-obavjestajne-satnije-1395317> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]
50. <https://www.zdnet.com/article/best-surveillance-drone/> [Pristupljeno: Ožujak 2021.]

Popis slika

| | |
|--|----|
| Slika 1. Prikaz V-1 Doodlebug bespilotne letjelice | 3 |
| Slika 2. Prikaz RQ-2 Pioneer | 4 |
| Slika 3. Prikaz prve bespilotne letjelice na solarni pogon HALSOL..... | 5 |
| Slika 4. Prikaz bespilotne letjelice RQ-4 Global Hawk: - najveće bespilotne letjelice na svijetu | 5 |
| Slika 5. Izbacivanje drona iz ruke prilikom polijetanja | 7 |
| Slika 6. Slijetanje drona prikačivanjem za kabel | 7 |
| Slika 7. Zemaljska nadzorna stanica | 8 |
| Slika 8. DJI Tello | 18 |
| Slika 9. DJI Phantom 4..... | 18 |
| Slika 10. Prikaz korištenja bespilotnih letjelica na SuperBowlu | 19 |
| Slika 11. DRL Racer3 | 21 |
| Slika 12. Prikaz prikupljanja slika bespilotnom letjelicom..... | 22 |
| Slika 13. Prikaz obrađenih slika i prikaz problematičnih područja usjeva | 23 |
| Slika 14. Prikaz bespilotne letjelice DJI AGRAS T20..... | 23 |
| Slika 15. WingtraOne - Bespilotna letjelica za mapiranje | 25 |
| Slika 16. Prikaz uporabe bespilotnih letjelica za vrijeme skidanja tornja zagrebačke katedrale | 26 |
| Slika 17. Prikaz Easy Aerial SAMS Falcon bespilotne letjelice za nadzor | 28 |
| Slika 18. Impossible Aerospace US-1 | 28 |
| Slika 19. DJI M210 bespilotna letjelica u vatrogasnoj službi | 30 |
| Slika 20. Prikaz letjelice Drones Amplified koja zaustavlja širenje požara..... | 31 |
| Slika 21. Prikaz multifunkcionalne Aeronos bespilotne letjelice..... | 32 |
| Slika 22. Aeronos bespilotna letjelica kod gašenja požara..... | 33 |
| Slika 23 - EHang 216F..... | 34 |
| Slika 24. Bramor sAR na katapultu za lansiranje..... | 36 |
| Slika 25. Amazon Prime Air | 37 |
| Slika 26. Bespilotna letjelica Zipline | 38 |
| Slika 27. DJI Inspire 2 | 41 |
| Slika 28. NASA Perseus B | 42 |

Popis tablica

| | |
|---|----|
| Tablica 1. Prikaz klasifikacije bespilotnih letjelica prema masi | 9 |
| Tablica 2. Prikaz klasifikacije prema doletu i istrajnosti bespilotnih letjelica..... | 10 |
| Tablica 3. Prikaz klasifikacije bespilotnih letjelica prema plafonu leta..... | 11 |
| Tablica 4. Prikaz klasifikacije bespilotnih letjelica prema opterećenju krila..... | 11 |
| Tablica 5. EASA tablica pravila za dronove otvorene kategorije od 2023. godine | 12 |
| Tablica 6. Kategorizacija i pravo izvođenja letačkih operacija..... | 15 |
| Tablica 7. Prikaz rezultata dronova i ostale opreme za potragu i spašavanje | 35 |
| Tablica 8. Klasifikacija bespilotnih letjelica prema masi u RH..... | 43 |
| Tablica 9. Prikaz bespilotnih letjelica Klase 5 | 44 |
| Tablica 10. Prikaz bespilotnih letjelica Klase 25 | 44 |
| Tablica 11. Prikaz bespilotnih letjelica Klase 150 | 45 |
| Tablica 12. Prosječne performanse bespilotnih letjelica prema namjeni | 61 |

Popis grafikona

| | |
|---|----|
| Grafikon 1. Prikaz usporedbe brzina bespilotnih letjelica Klase 5 | 46 |
| Grafikon 2. Prikaz usporedbe brzina bespilotnih letjelica Klase 25 | 47 |
| Grafikon 3. Prikaz usporedbe brzina bespilotnih letjelica Klase 150 | 48 |
| Grafikon 4. Prikaz usporedbe plafona leta bespilotnih letjelica Klase 5 | 49 |
| Grafikon 5. Prikaz usporedbe plafona leta bespilotnih letjelica Klase 25 | 50 |
| Grafikon 6. Prikaz usporedbe plafona leta bespilotnih letjelica Klase 150 | 51 |
| Grafikon 7. Prikaz usporedbe korisnog tereta bespilotnih letjelica Klase 5 | 52 |
| Grafikon 8. Prikaz usporedbe korisnog tereta bespilotnih letjelica Klase 25 | 53 |
| Grafikon 9. Prikaz usporedbe korisnog tereta bespilotnih letjelica Klase 150 | 54 |
| Grafikon 10. Prikaz usporedbe doleta bespilotnih letjelica Klase 5..... | 55 |
| Grafikon 11. Prikaz usporedbe doleta bespilotnih letjelica Klase 25..... | 56 |
| Grafikon 12. Prikaz usporedbe doleta bespilotnih letjelica Klase 150..... | 57 |
| Grafikon 13. Prikaz usporedbe istrajnosti bespilotnih letjelica Klase 5..... | 58 |
| Grafikon 14. Prikaz usporedbe istrajnosti bespilotnih letjelica Klase 25..... | 59 |
| Grafikon 15. Prikaz usporedbe istrajnosti bespilotnih letjelica klase 150 | 60 |
| Grafikon 16. Prosječna brzina bespilotnih letjelica prema namjeni..... | 61 |
| Grafikon 17. Prosječne vrijednosti plafona leta bespilotnih letjelica prema namjeni..... | 62 |
| Grafikon 18. Prosječne vrijednosti korisnog tereta bespilotnih letjelica prema namjeni..... | 63 |
| Grafikon 19. Prosječan dolet bespilotnih letjelica prema namjeni..... | 64 |
| Grafikon 20. Prosječna istrajnost bespilotnih letjelica prema namjeni | 65 |



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ diplomski rad

isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

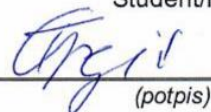
Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ diplomskog rada

pod naslovom **Usporedba performansi bespilotnih letjelica za civilne svrhe**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 23.04.2021

Student/ica:


(potpis)