

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

Darjan Konjić

**IZVOĐENJE OPERACIJA BESPILOTNIM
LETJELICAMA U KONTROLIRANOM
ZRAČNOM PROSTORU**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2014.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

IZVOĐENJE OPERACIJA BESPILOTNIM LETJELICAMA U KONTROLIRANOM ZRAČNOM PROSTORU

Mentor: doc. dr. sc. Andrija Vidović

Student: Darjan Konjić, 0135212757

Zagreb, 2014.

SADRŽAJ

1 UVOD.....	1
1.1 Obrazloženje teme	1
1.2 Svrha i ciljevi istraživanja.....	1
1.3 Osvrt na dosadašnja istraživanja	1
1.4 Kompozicija rada.....	2
1.5 Očekivani rezultati istraživanja	3
2 POJAM I PODJELA BESPILOTNIH LETJELICA.....	4
2.1 Definicija bespilotnih letjelica.....	4
2.2 Podjela bespilotnih letjelica	4
2.2.1 Podjela bespilotnih letjelica prema namjeni.....	4
2.2.2 Podjela bespilotnih letjelica prema doletu	6
2.2.2.1 Taktičke bespilotne letjelice	7
2.2.2.2 Strategijske bespilotne letjelice	8
2.2.2.3 Bepilotne letjelice specijalne namjene.....	8
2.2.3 Podjela bespilotnih letjelica prema konstrukciji.....	9
2.2.4 Podjela bespilotnih letjelica prema masi	9
2.2.5 Podjela bespilotnih letjelica prema visini leta	10
2.2.6 Podjela bespilotnih letjelica prema vrsti pogonske grupe.....	10
3 DIZAJN BESPILOTNIH LETJELICA.....	11
3.1 Upravljanje bespilotnim letjelicama	12
3.2 Komunikacijski sustavi bespilotnih letjelica.....	14
3.3 Senzori bespilotnih letjelica	16
3.4 Konstrukcija bespilotnih letjelica	18
3.5 Pogon bespilotnih letjelica	19
3.6 Načini polijetanja i slijetanja bespilotnih letjelica.....	20
3.7 Sense and Avoid sustav	22
4 POSTOJEĆE MEĐUNARODNE REGULATIVE O BESPILOTNIM LETJELICAMA.....	28
4.1 EUROCONTROL regulative o bespilotnim letjelicama	29
4.2 NATO regulative o bespilotnim letjelicama	30
4.3 EASA regulative o bespilotnim letjelicama	32
4.4 EDA regulative o bespilotnim letjelicama	33
4.5 Propisi za izvođenje operacija bespilotnim letjelicama u Republici Hrvatskoj	34
5 UVOĐENJE BESPILOTNIH LETJELICA U KONTROLIRANI ZRAČNI PROSTOR	36
5.1 Plovidbenost bespilotnih letjelica	36
5.2 Obuka i licenciranje operatora	38
5.3 Ljudski čimbenici	39
5.4 Aerodromi	41
5.5 Zemaljske nadzorne postaje	42
5.6 Komunikacije i veze	43
5.7 Sigurno korištenje bespilotnih letjelica.....	44
5.7.1 Jamčenje sigurnosti pri izvođenju operacija bespilotnim letjelicama.....	45
5.7.2 Zaštita temeljnih prava građana.....	46
5.7.3 Jamstva za štetu nanесenu trećim osobama.....	47
5.8 Bepilotni zrakoplovni sustavi u zračnom prostoru	47
5.8.1 Zračno fotografiranje i snimanje video sadržaja	48
5.8.2 Nadzor vjetroelektrana	50

5.8.3 Djelovanje u prirodnim katastrofama i protupožarstvu	53
5.8.4 Nadzor cjevovoda i dalekovoda.....	55
6 OPERACIJE BESPILOTNIM LETJELICAMA U ATM OKRUŽENJU	59
7 ZAKLJUČAK	67
LITERATURA.....	69
POPIS SLIKA, TABLICA, GRAFIKONA.....	73
POPIS KRATICA	74

1 UVOD

1.1 Obrazloženje teme

Predmet istraživanja u diplomskom radu jest analiza mogućnosti uvođenja bespilotnih letjelica u kontrolirani zračni prostor. Naime, neminovno je da će bespilotne letjelice u budućnosti postati punopravni sudionici civilnih zrakoplovnih operacija, te je stoga potrebno, uz postojeće regulatorne okvire, definirati i unaprijediti norme i propise kako bi se u kontroliranom zračnom prostoru odvijale civilne operacije bespilotnim letjelicama na siguran i u potpunosti reguliran način.

1.2 Svrha i ciljevi istraživanja

Svrha istraživanja je definirati pravila, norme i propise, te provesti prilagodbu u odnosu na trenutačno stanje izvođenja operacija bespilotnim letjelicama u kontroliranom zračnom prostoru.

Cilj istraživanja je odrediti način prilagodbe operacija bespilotnim letjelicama i definirati okvirni model za sigurno uvođenje bespilotnih letjelica u kontrolirani zračni prostor.

1.3 Osvrt na dosadašnja istraživanja

Posljednjih desetak godina se intenzivno provode istraživanja o uvođenju bespilotnih letjelica u kontrolirani zračni prostor. U istraživanja ove problematike su najviše uključene organizacije kao što su ICAO¹, EUROCONTROL², EASA³ i NATO⁴.

Autori Dalamagkidis, K., Valavanis, K. P. i Piegel, L. A. u svojoj knjizi „On integrating Unmanned Aircraft System into the National Airspace“ analiziraju postojeće propise za izvođenje operacija bespilotnim letjelicama, te su dani prijedlozi za daljnje poboljšanje regulative.

Izješće radne skupine NATO saveza „Development and Operation of UAVs for Military and Civil Applications“ prikazuje klasifikaciju bespilotnih letjelica

¹ ICAO – International Civil Aviation Organisation – Organizacija međunarodnog civilnog zrakoplovstva.

² EUROCONTROL – European Organisation for the Safety of Air Navigation – Europska organizacija za sigurnost zračne plovidbe.

³ EASA – European Aviation Safety Agency – Europska agencija za zrakoplovnu sigurnost.

⁴ NATO – North Atlantic Treaty Organisation – Organizacija Sjevernoatlantskog ugovora.

obzirom na misiju i namjenu, performanse leta, vrstu korisnog tereta, senzora za prikupljanje podataka slikom, signalom i mjerenjima, način upravljanja, te plovidbene zahtjeve i sigurnosne standarde prilikom izvođenja civilnih i vojnih operacija.

Izvješće američke organizacije Committee on Science, Space, And Technology u radu „Operating Unmanned Aircraft Systems in the National Airspace System“ prikazuje nedostatke i propuste prilikom izvođenja operacija bespilotnim letjelicama i donosi preporučene prakse i minimalne operativne i zrakoplovne standarde performansi i sustava nadzora kontrole zračnog prometa prilikom izvođenja operacija bespilotnim letjelicama.

Izvješće ICAO-a „Unmanned Aircraft Systems (UAS)“ se odnosi na izvođenje operacija bespilotnim letjelicama, pravila letenja, certificiranje i plovidbenost letjelica, izbjegavanje sudara u zraku i na tlu te istraživanje zrakoplovnih nesreća.

Projekt autora Huang H. M., Messina, E. i Albus, J. „Autonomy Levels for Unmanned Systems (ALFUS) Framework“ analizira stupanj autonomnosti bespilotnih letjelica i stupanj ljudskog čimbenika na izvođenje operacija.

Izvješće FAA pod nazivom „Integration of Civil Unmanned Aircraft Systems (UAS) in the National Airspace System (NAS) Roadmap“ analizira pravila i propise za sigurno, pouzdano, učinkovito i ekološki prihvatljivo izvođenje operacija bespilotnim letjelicama u kontroliranom zračnom prostoru na temelju procedura, regulative i trenažnih procesa.

1.4 Kompozicija rada

Diplomski rad je sadržajno koncipiran u sedam poglavlja:

1. Uvod
2. Pojam, podjela i karakteristike bespilotnih letjelica
3. Dizajn bespilotnih letjelica
4. Postojeće međunarodne regulative
5. Pravila i propisi uvođenja bespilotnih letjelica u kontrolirani zračni prostor
6. Operacije bespilotnim letjelicama u ATM okruženju
7. Zaključak

U prvom, uvodnom dijelu, definiran je problem istraživanja, dano je obrazloženje teme, definirani su svrha i ciljevi istraživanja, dan je osvrt na dosadašnja istraživanja, prikazana kompozicije rada i očekivani rezultati istraživanja.

Drugi dio rada, *Pojam, podjela i karakteristike bespilotnih letjelica*, definira pojam bespilotnih letjelica, podjelu bespilotnih letjelica prema namjeni, doletu, karakteristikama konstrukcije, težini, istrajnosti, visini leta i vrsti pogonske grupe.

Treći dio rada, *Dizajn bespilotnih letjelica*, daje pregled konstrukcijskih karakteristika, načina upravljanja, komunikacijskih sustava, senzora, mogućnosti polijetanja i slijetanja, te *Sense and Avoid* sustava za prepoznavanje i izbjegavanje opasnosti u zraku i na tlu.

Četvrti dio rada, *Postojeće međunarodne regulative*, daje prikaz trenutnog institucionalnog okruženja i važećih regulativa koje su izdane od strane organizacija za upravljanje zračnim prometom, kao što su ICAO, EUROCONTROL, NATO, EASA i EDA.

Peti dio rada, *Pravila i propisi uvođenja bespilotnih letjelica u kontrolirani zračni prostor*, raščlanjuje elemente operativnog okruženja i sustava bespilotnih letjelica koje zahtijevaju regulatorno uređivanje u područjima plovidbenosti bespilotnih letjelica, obuci i licenciranju operatora, utjecaju ljudskih čimbenika prilikom izvođenja operacija, zemaljskim nadzornim postajama, komunikacijama i vezama, aerodromima i sigurnim korištenjem bespilotnih letjelica.

Šesti dio rada, *Operacije bespilotnim letjelicama u ATM okruženju*, odnosi se na upravljanje zračnim prometom i kontrolu zračne plovidbe na razini dnevnih operacija.

U sedmom, zaključnom dijelu rada, sintetiziraju se rezultati istraživanja i donose zaključci i prijedlozi za ostvarivanje tehnoloških pretpostavki za uspješno izvođenje operacija bespilotnim letjelicama u kontroliranom zračnom prostoru.

1.5 Očekivani rezultati istraživanja

U skladu s opsegom i sadržajem postavljenih radnih hipoteza, određenim ciljevima i svrhom istraživanja, očekivani rezultati istraživanja su utvrđivanje postojećeg stanja sustava bespilotnih letjelica za civilne namjene u svijetu i definiranje regulatornih propisa koji će poslužiti kao podloga za definiranje okvirnog modela za uvođenje bespilotnih letjelica u kontrolirani zračni prostor.

2 POJAM I PODJELA BESPILOTNIH LETJELICA

2.1 Definicija bespilotnih letjelica

Bespilotna letjelica⁵ je letjelica koja ima mogućnost upravljanja i obitavanja u zraku bez ljudske posade, dok letjelicom upravlja pilot sa zemlje putem radijske veze ili računalo koje se nalazi u samoj letjelici. [51] Bespilotne letjelice se definiraju kao motorne letjelice bez ljudske posade i ponovno upotrebljive, koje mogu biti upravljane na daljinu, polu-autonomne i autonomne, ili mogu predstavljati kombinaciju prethodnih značajki, te mogu nositi različite vrste tereta, što ih čini sposobnim provoditi specifične zadaće unutar zemljine atmosfere, u trajanju koje je u ovisnosti o vrsti zadaće. [18] Konstruiranje bespilotne letjelice počiva na istim tehničkim principima kao i konstruiranje konvencionalnog zrakoplova, uvažavajući iste zakonitosti aerodinamike i mehanike leta, a razlika se odnosi na činjenicu kako je upravljačko sučelje na samom zrakoplovu zamijenjeno inteligentnim elektroničkim sustavom. [27]

Najvažnije prednosti bespilotnih letjelica u odnosu na zrakoplove s ljudskom posadom su nemogućnost gubitka pilota, smanjena mogućnost obaranja zbog manjih dimenzija letjelice te isplativost uporabe u smislu uporabe odnosa cijene pojedine letjelice i broja letova prije mogućeg obaranja. Upotreba bespilotnih letjelica za vojne svrhe započinje tijekom Vijetnamskog rata, a osnovna namjena je bila izviđanje iza neprijateljskih položaja. Intenzivan razvoj bespilotnih letjelica započinje sedamdesetih godina dvadesetog stoljeća, kada dolazi do značajnijih novih inovativnih rješenja. [19]

2.2 Podjela bespilotnih letjelica

2.2.1 Podjela bespilotnih letjelica prema namjeni

Bespilotne letjelice se prema namjeni dijele u tri skupine, a to su letjelice za vojne, civilne i komercijalne namjene. [18]

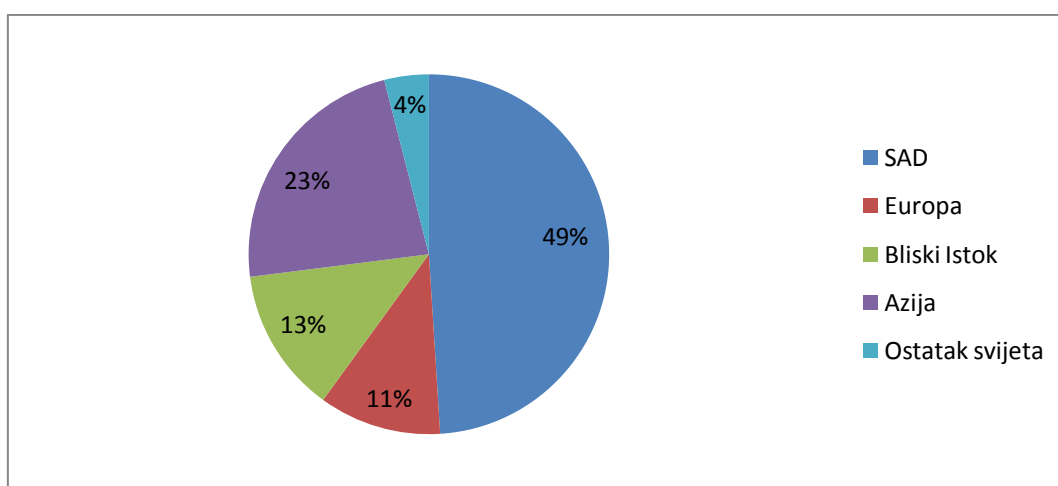
Vojne namjene bespilotnih letjelica su detekcija nuklearnih, kemijskih i bioloških aktivnosti, minska detekcija, elektronsko izviđanje, komunikacijsko povezivanje, izrada slika pomoću radara i nošenje bojnog tereta. Elektronsko promatranje i izviđanje je strategijski i taktički sustav koji omogućuje detekciju,

⁵ UAV – Unmanned Aerial Vehicles – bespilotne letjelice.

identifikaciju i lokaciju cilja, a koristi se zbog pravovremene upotrebe raspoloživih sredstava, gdje potrebno poznavati raspored i kretanje oružanih snaga protivnika. Pod elektronskim izviđanjem podrazumijeva se izviđanje fotografskim i televizijskim kamerama, termovizijskim kamerama, infracrvenim linijskim skenerima, laserskim daljinomjerima i izviđačkim radijskim prijemnicima. Radio izviđanje i ometanje se uspješno izvodi bespilotnim letjelicama, jer one se mogu dovesti u neposrednu blizinu izvora zračenja. Radio izviđanjem se prikupljaju podaci o radio-prometu, tehničkim karakteristikama radio i radio-relejnih stanica, pa je moguće pratiti njihov rad, vršiti prijem i obradu uhvaćenih, otvorenih, kodiranih i šifriranih poruka, te izvoditi tehničku i radnu analizu elektronskog sustava upravljanja. Radio ometanje sa bespilotne letjelice ima velikih pogodnosti. Uslijed udaljenosti postavljača smetnji od položaja vlastitih snaga bespilotne letjelice ne stvaraju smetnje svojim radio vezama. U usporedbi s odgovarajućim mobilnim i helikopterskim sredstvima daljinskog radio-elektronskog ometanja naglo se smanjuje potrebna snaga smetnji, jer bespilotna letjelica može biti dovedena neposredno u zonu djelovanja ometanih kanala veze protivnika. Radarsko izviđanje i ometanje namijenjeno je za otkrivanje, identifikaciju i lociranje impulsnih radara, radara s neprekidnim zračenjem i radara s kompresijom impulsa, a parametri koji se pri radarskom izviđanju prate su amplituda, širina impulsa, pravac, tim modulacije i polarizacija antena, te se svi izmjereni parametri telemetrijskim kanalom šalju u zemaljsku nadzornu postaju. Radarsko ometanje vrši se pomoću posebnih uređaja za ometanje koji se nalaze na bespilotnoj letjelici, a podešavanje tih uređaja vrši se direktno preko procesora prijemnika ili ga operator podešava manualno u zemaljskoj nadzornoj postaji. Izviđanje specijalnim sensorima vrši se zbog kontrole bojišta s ciljem utvrđivanja radiološke, biološke i kemijske zagađenosti, otkrivanje kretanja oklopnih vozila te polijetanja i slijetanja zrakoplova. U središnji dio bespilotne letjelice ugrađuju se automati za izbacivanje različitih potrošnih senzora koji se bacaju pored putova, mostova željezničkih pruga, aerodroma, radarskih, raketnih i artiljerijskih položaja, a same senzore je vrlo teško uočiti jer su malih dimenzija i njihov vanjski izgled odgovara okolini. Prikupljane podataka sa senzora vrši se pomoću prijavnika na bespilotnoj letjelici, gdje se podaci zapisuju ili se šalju u zemaljsku nadzornu postaju, a domet ovisi o preprekama i vrsti promatranog objekta. Bespilotna letjelica kao mamac koristi se za zavaravanje protivnika, obuku operatora radarskih postaja i meta za uvježbavanje gađanja, jer se

simuliranje radarskog odraza drugih zrakoplova pomoću bespilotne letjelice postiže ugradnjom leća ili reflektora. [36]

Civilne namjene bespilotnih letjelica su transport, znanstvena i zemaljska promatranja, kao što su promatranje oblaka, predviđanje odrona, geološka istraživanja, meteorološka detekcija, istraživanje atmosfere, motrenje oceana, istraživanja nastanka uragana i proučavanje vulkana, nadzor poplava, uragana, potresa, vulkana, požara i atmosferskih zagađenja, energetskih vodova, cjevovoda i naftovoda, cestovnog prometa, željezničkog prometa, pomorskog prometa, nuklearnih, radioaktivnih i kemijskih zagađenja, prikupljanje podataka o terenu, zaprašivanje polja, u razne komunikacijske svrhe i u izvanrednim situacijama kao što su potraga i spašavanje te pružanje hitne medicinske pomoći. [36] Grafikon 1 prikazuje udio korištenja bespilotnih letjelica u civilne i vojne svrhe po pojedinim regijama svijeta.



Grafikon 1: Korištenje bespilotnih letjelica u svijetu [42]

2.2.2 Podjela bespilotnih letjelica prema doletu

Prema doletu i istrajnosti, bespilotne letjelice dijele se u tri kategorije, a to su bespilotne letjelice velike istrajnosti i doleta, pa se u tu kategoriju ubrajaju letjelice čija je istrajnost više od 24 sata, dok je dolet veći od 1.500 kilometara, bespilotne letjelice srednje istrajnosti, pa se u tu kategoriju ubrajaju letjelice čija je istrajnost od pet do 24 sata, dok je dolet od 100 do 400 kilometara, te bespilotne letjelice male istrajnosti, pa se u tu kategoriju ubrajaju letjelice čija je istrajnost kraća od 5 sati, a dolet manji od 100 kilometara. [6]

Prema doletu, visini leta, masi i izdržljivosti, bespilotne letjelice su podijeljene u tri kategorije, a to su taktičke bespilotne letjelice, strategijske bespilotne letjelice i bespilotne letjelice specijalne namjene. [45]

2.2.2.1 Taktičke bespilotne letjelice

Taktičke bespilotne letjelice služe kao taktička potpora zapovjednicima u borbi s prijenosom slike u realnom vremenu, a primjenjuju se još i za urbane operacije, izviđanje, motrenje i procjenu učinka bojnog djelovanja. Sustav taktičkih bespilotnih letjelica se sastoji od letjelice, zemaljske nadzorne postaje, postaje za komunikaciju i izmjenjivog vanjskog tereta.

U taktičke bespilotne letjelice ubrajaju se mikro bespilotne letjelice, mini bespilotne letjelice, nano bespilotne letjelice, bespilotne letjelice bliskog doleta, bespilotne letjelice kratkog doleta, bespilotne letjelice srednjeg doleta, bespilotne letjelice srednjeg doleta i istrajnosti, nisko leteće bespilotne letjelice dubokog poniranja, nisko leteće bespilotne letjelice dubokog poniranja i srednje leteće bespilotne letjelice duge istrajnosti.

Mikro bespilotne letjelice imaju dolet manji od 10 kilometara, visina leta iznosi oko 250 metara, a istrajnost jedan sat.

Mini bespilotne letjelice imaju dolet manji od 10 kilometara, lete na visi od 150 do 300 metara, a istrajnost im je manja od dva sata.

Bespilotne letjelice bliskog doleta lete imaju dolet od 10 do 30 kilometara, lete na visini od 3.000 metara, a istrajnost im je od dva do četiri sata.

Bespilotne letjelice kratkog doleta imaju dole od 30 do 70 kilometara, lete na visini od 3.000 metara, a istrajnost im je od tri do šest sati.

Bespilotne letjelice srednjeg doleta imaju dolet od 70 do 200 kilometara, lete na visini do 5.000 metra, a istrajnost im je od šest do 10 sati.

Bespilotne letjelice srednjeg doleta i istrajnosti imaju dolet veći od 500 kilometara, lete na visini do 8.000 metara, istrajnost im je od 10 do 18 sati.

Nisko leteće bespilotne letjelice dubokog poniranja imaju dolet veći od 250 kilometara, lete na visini od 50 do 9.000 metara, a istrajnost iznosi jedan sat.

Nisko leteće bespilotne letjelice s dugom istrajnosti imaju dolet veći od 500 kilometara, lete na visini do 3.000 metara, a istrajnost je nešto manja od 24 sata.

Srednje leteće bespilotne letjelice s dugom istrajnosti imaju dolet veći od 500 kilometara, lete na visini do 14 kilometara, a istrajnost je između 24 i 28 sati. [48]

2.2.2.2 Strategijske bespilotne letjelice

Zadaće strategijskih bespilotnih letjelica je prijenos slike u realnom vremenu, pa stoga takve letjelice moraju biti pouzdane, nositi komercijalne uređaje, imati mogućnost brze reakcije i sposobnost nošenja tereta kao što su radari i uređaja za obradu slike.

U strategijske bespilotne letjelice ubrajaju se bespilotne letjelice za srednje visine, bespilotne letjelice za velike visine i bespilotne letjelice malog odraza za velike visine. Dolet strategijskih letjelica je oko 2.000 kilometara, plafon leta 20 kilometara, a istrajnost duža od 24 sata. [39]

2.2.2.3 Bespilotne letjelice specijalne namjene

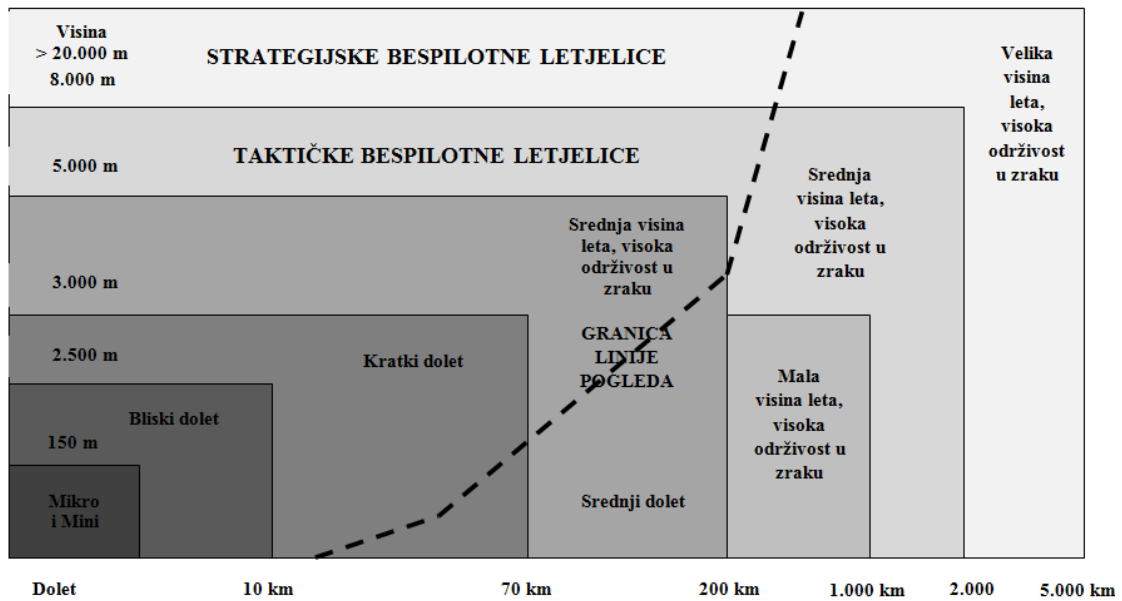
Bespilotne letjelice specijalne namjene dijele se na stratosferske bespilotne letjelice, borbene bespilotne letjelice, smrtonosne bespilotne letjelice, mamce, zračne mete i svemirske bespilotne letjelice.

Stratosferske bespilotne letjelice imaju dolet veći od 2.000 kilometara, visina leta je od 20 do 30 kilometara, a istrajnost 48 sati.

Borbene bespilotne letjelice imaju dole 1.500 kilometara, visina leta je oko 10 kilometara, a istrajnost dva sata.

Smrtonosne bespilotne letjelice imaju dolet 300 kilometara, lete na visini do 5.000 metara, a istrajnost je od 3 do 4 sata.

Mamci imaju dolet do 500 metara, plafon leta iznosi 5.000 metara, a istrajnost je manja od 4 sata. [48] Na slici 1 prikazana je podjela bespilotnih letjelica prema doletu i visini leta.



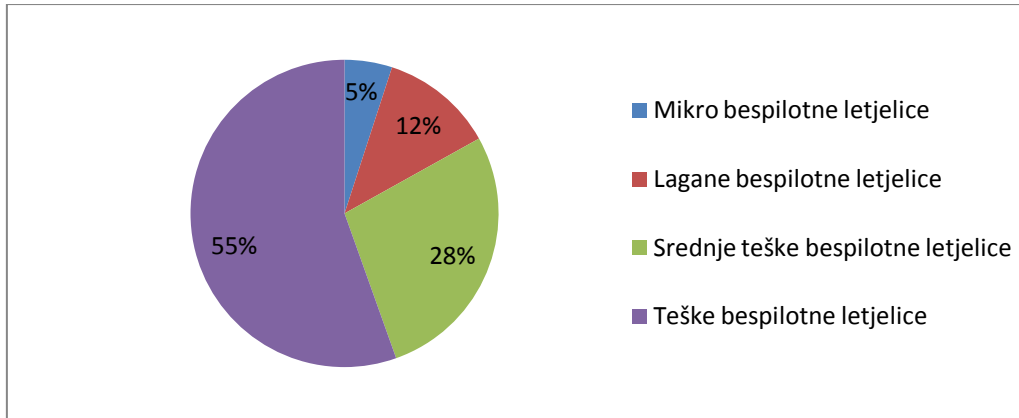
Slika 1: Podjela bespilotnih letjelica prema doletu i visini leta [34]

2.2.3 Podjela bespilotnih letjelica prema konstrukciji

Prema konstrukciji, bespilotne letjelice se dijele na letjelice s fiksnim krilima, letjelice s rotacionim krilima, letjelice teže od zraka i letjelice lakše od zraka. [16]

2.2.4 Podjela bespilotnih letjelica prema masi

Prema masi, bespilotne letjelice dijele se u pet kategorija, a to su super teške bespilotne letjelice, mase veće od 2.000 kilograma, teške bespilotne letjelice, mase od 200 do 2.000 kilograma, srednje teške bespilotne letjelice, mase od 50 do 200 kilograma, lagane bespilotne letjelice, mase do 50 kilograma, te mikro bespilotne letjelice, čija je masa manja od pet kilograma. [6] Grafikon 2 prikazuje udio masenih kategorija bespilotnih letjelica u Europi.



Grafikon 2: Masene kategorije bespilotnih letjelica u Europi [23]

2.2.5 Podjela bespilotnih letjelica prema visini leta

Prema maksimalnoj operativnoj visini ili plafonu leta, bespilotne letjelice se dijele u tri kategorije, a to su bespilotne letjelice za male visine, koje lete do 1.000 metara, bespilotne letjelice za srednje visine, koje lete između 1.000 i 10.000 metara, i bespilotne letjelice za velike visine, koje lete na visinama višim od 10.000 metara. [6]

2.2.6 Podjela bespilotnih letjelica prema vrsti pogonske grupe

Budući da se bespilotne letjelice upotrebljavaju za različite misije, potrebno je pravilno odabrati pogonsku grupu kako bi se postigli željena visina leta, dolet i istrajnost, te bi misija bila uspješno obavljena. Pogonske grupe koje koriste bespilotne letjelice dijele se na klipne, mlazne i električne motore. [27]

3 DIZAJN BESPILOTNIH LETJELICA

Dizajniranje, odnosno konstruiranje zrakoplovnih konstrukcija je posebna disciplina u aeronautičkom inženjerstvu, koja je različita od analitičkih disciplina, kao što su aerodinamika, struktura, kinematika i propulzija. Općenito se konstruiranje zrakoplova, pa tako i bespilotnih letjelica, dijeli na tri glavne faze, a to su konceptno konstruiranje, preliminarno konstruiranje i detaljno konstruiranje. [3]

Konceptno konstruiranje započinje konceptom, odnosno novom idejom koju se skicira i analizira, gdje se tijekom procesa, kako se istražuje konstrukcija u sve više detalja, javljaju nove ideje i problemi, pa ih je potrebno analizirati i dimenzionirati, ponovno crtati, unašati izmjene, mijenjaju težine, količine goriva, veličina krila, dužina trupa i vrsta pogonske grupe. Krajnji rezultat jest definiranje različitih parametara, kao što su dimenzije, težine i konfiguracije novog modela letjelice, koja udovoljava svim zahtijevanim specifikacijama, ograničenjima i karakteristikama. U konceptnoj fazi potrebno je analizirati i komercijalnu održivost, a na temelju analize ključnih pitanja o potrebama potrošača, veličini tržišta, visini operativnih troškova i sustava održavanja odlučuje ulazi li projekt u slijedeću fazu ili se konstruiranje obustavlja, a projekt napušta. [3]

Preliminarno konstruiranje je druga faza konstruiranja letjelice, a započinje kada su glavne izmjene u konceptu već determinirane i kad su poznati osnovni parametri i konfiguracija. Specijalisti za strukturu, stajni trap, upravljačke i ostale sustave konstruiraju i analiziraju elemente strukture, a zatim se utvrđuju potrebna testiranja iz područja aerodinamike, propulzije, strukture, stabilnosti i upravljivosti. U ovoj fazi, nakon izgradnje modela, ključna je aktivnost provjeravanja dodatnih zahtjeva, od kojih se posebno ističe podobnost za serijsku proizvodnju. Preliminarna konstrukcija mora rezultirati prijedlozima i rješenjima u punoj mjeri, te omogućiti da se letjelica može sagraditi na vrijeme i po procijenjenim troškovima. [3]

Detaljno konstruiranje nastavlja razvoj konstrukcije u punoj mjeri i počinje detaljno konstruiranje elemenata koji ulaze u proizvodnju, kao što su rebra, ramenjače, uzdužnice, oplata, pogonska grupa, sustav za kisik, sustav za gorivo, električni, komunikacijski i navigacijski sustavi, protupožarna instalacija i sustavi protiv zaleđivanja, a svaki element pojedinog sustava se zasebno analizira. U ovoj fazi je uključeno utvrđivanje tehnologije, izrada alata, uspostava proizvodnje, te se intenziviraju testiranja pojedinih dijelova. Ova faza završava izgradnjom prvih

letjelica, koje se nazivaju prototipovi, na kojima se provode ispitivanja i zahtijevana dokazivanja za stjecanje svjedodžbe o homologaciji. [3]

3.1 Upravljanje bespilotnim letjelicama

Letačke operacije bespilotnih letjelica moguće je izvršiti u tri različita režima upravljanja, a to su daljinsko upravljanje bespilotnom letjelicom, polu-autonomno upravljanje bespilotnom letjelicom i samostalno upravljana bespilotna letjelica. [25]

Daljinsko upravljanje bespilotnom letjelicom izvodi se izdavanjem naredbi putem radioveze. Operater, koji upravlja palicom, nalazi se na tlu, a upravljačke naredbe se prenose UHF⁶ valovima, uz uvjet postojanja optičke vidljivosti između predajnika zemaljske nadzorne postaje i prijammnika bespilotne letjelice. [41] Ovakav način upravljanja bespilotnom letjelicom nije prikladan za zadatke u kojima se zahtijeva dugotrajno praćenje, jer umor smanjuje koncentraciju operatera, što povećava mogućnost ljudske pogreške. Ovisno o namjeni i doletu bespilotne letjelice, postoji nekoliko načina daljinskog upravljanja. [49] Upravljanje bespilotnim letjelicama kratkog doleta upotrebljavaju se prijenosne zemaljske stanice, koja je prikazana na slici 2.



Slika 2: Prijenosna zemaljska stanica za bespilotne letjelice kratkog doleta [49]

Za složenije misije koriste se kabine vozila opremljene različitim uređajima kojima upravljaju dva ili tri člana posade, a to su operator vođenja, operator izviđanja i zapovjednik stanice. Na slici 3 prikazana je unutrašnjost zemaljske nadzorne postaje za tri člana posade.

⁶ UHF – Ultra High Frequency – radijski valovi ultra visokih frekvencija.



Slika 3: Radno okruženje zemaljske nadzorne postaje [24]

Polu-autonomno upravljanje bespilotnom letjelicom izvodi se na način da operater donosi strateške odluke za vrijeme trajanja leta putem sučelja za upravljanje letom, koji se nalazi na bespilotnoj letjelici i namijenjen je za upravljanje letom na temelju podataka primljenih od operatera putem upravljačko-komunikacijskog kanala.

Autonomno upravljanje bespilotnom letjelicom izvodi se pomoću navigacijskog sustava. U mapu rada unose se podaci o koordinatama i tehničkim postavkama po kojima letjelica obavlja svoju zadanu funkciju. Prikupljeni podaci šalju se s letjelice u realnom vremenu u upravljačku jedinicu, putem koje operator nadgleda stanje na promatranom području. Ukoliko dođe do neke promjene ili izvanredne situacije, operator ima mogućnost promijeniti koordinate i na taj način preusmjeriti letjelicu na neko drugo područje. Kako bi se smanjio utjecaj operatora, razvijaju se potpuno autonomni sustavi koji omogućuju bespilotnoj letjelici prepoznavanje područja, struktura i događaja od važnog značaja za uspješno izvršenje misije, te se prema njima navodi. Budući da autonomna bespilotna letjelica predstavlja kompleksni sustav, prilikom planiranja rute, potrebno je ispuniti nekoliko zahtjeva, a to su određivanje optimalnih kretnji letjelice, određivanje optimalne putanje letjelice, kombiniranje informacija prikupljenih iz različitih senzora i određivanje optimalne raspodjele zadataka, uzimajući u obzir vremenska ograničenja, količinu raspoloživog goriva i vrstu opreme. Kako bi autonomna bespilotna letjelica uspješno obavila svoju zadaću, svi sustavi moraju koordinirano djelovati. [5]

Pomoću sustava za vođenje, navigaciju i upravljanje operator definira putanju po kojoj će se letjelica kretati, prateći pri tome niz putnih točaka pomoću navigacijskog sustava i senzora pokreta i rotacije, te se temelju podataka dobivenih iz tih senzora računaju smjer i brzina letjelice.

Sustav za navođenje služi za određivanje brzine, smjera, visine nagiba i putanje bespilotne letjelice. Prije izvođenja autonomne operacije operator definira zemljopisno područje ili granice unutar kojih će se letjelica kretati.

Sustav za vođenje sastoji se od sučelja kojim operator definira putne točke, a unutar tog sučelja nalaze se algoritmi koji generiraju upravljačke upute koje sustav zavođenje koristi za vođenje letjelice u skladu s unaprijed definiranim putnim točkama, koje su određene zemljopisnom dužinom i širinom.

Navigacijski sustav određuje poziciju letjelice u prostoru, njenu brzinu i smjer kretanja. Satelitski prijemnik u letjelici mora imati optičku vidljivost s barem četiri satelita, kako bi se iz vremena preleta signala mogla izračunati pozicija letjelice. U letjelicu se ugrađuje navigacijski prijemnik malih dimenzija i mase, koji ima zadaću prepoznati, pratiti i mjeriti satelitske navigacijske signale, te na osnovi mjerenja izračunati poziciju. Uspoređujući podatke dobivene iz navigacijskog sustava, koji uključuju informacije o trenutnoj lokaciji, brzini i položaju letjelice, s izlaznim podacima iz sustava za vođenje, koji uključuju podatke o tome gdje bi letjelica trebala biti na osnovu unaprijed definirane putanje i putnih točaka, letjelica se autonomno upravljana način da se pomiču komandne površine pomoću sustava za upravljanje, koji može biti mehanički, električni ili hidraulični sustav. [44]

3.2 Komunikacijski sustavi bespilotnih letjelica

Komunikacijski sustavi bespilotnih letjelica su podatkovni kanali koji se odnose na sve veze sustava bespilotnih letjelica, što uključuje upravljačke, komunikacijske i pretvorničke veze namijenjene za prijenos glasa ili podataka između posade sustava bespilotne letjelice i kontrole zračne plovidbe, ostalih korisnika zračnog prostora i drugih korisnika podataka, slanje naredbi za upravljanje letjelicom i pretvornicima, primanje statusa između letjelice i upravljačke jedinice te prijenos podataka s pretvornika. Slanje podataka vrši se putem radijskih frekvencija, izravno ili pak preko satelita, ukoliko nije moguća direktna veza zbog prevelike udaljenosti između letjelice i upravljačke jedinice, jer satelitska komunikacija omogućuje veće područje djelovanja. [44]

Komunikacijski sustav treba biti pouzdan i omogućiti nesmetan prijenos podataka. Kanali za prijenos podataka moraju posjedovati visok stupanj zaštite od smetnji i što je moguće manju mogućnost otkrivanja od strane elektronskih izviđačkih

sredstava. Uređaji koji omogućuju prijenos podataka trebaju se odlikovati otpornošću na klimatske i mehaničke utjecaje, a na njihov odabir utječu još i cijena, masa, potrebna snaga napajanja, promjena napona napajanja i potrebno hlađenje. Karakteristike kanala za prijenos podataka određuju se na osnovu kompromisa između potrebnih karakteristika, kao što su brzina prijenosa, daljina upotrebe i zaštita od smetnji, opsega radnih frekvencija, fizičkih ograničenja, kao što su masa, dimenzije, napajanje i hlađenje te tehničkih ograničenja, kao što su snaga predajnika, intenzitet šuma predajnika i razina zračenja bočnih lepeza antena. [44]

Sustavi veze i prijenosa podataka sastoje se od tri radio kanala, a to su telekomandni radio kanal, telemetrijski radio kanal i informacijski radio kanal. Telekomandni radio kanal koristi se za prijenos signala upravljanja letom bespilotne letjelice i uređajima koji se nalaze u njoj. Telemetrijski radio kanal namijenjen je za prijenos informacija o navigacijskim parametrima i parametrima orijentacije bespilotne letjelice, kao što su informacije o koordinatama, kursu, visini leta i brzini leta, ali i za prijenos informacija o stanju funkcioniranja sustava u letjelici. Prijenos signala od informacijskog predajnika, vrši se pomoću informacijskog radio kanala. [44]

Uređaji za prijenos komandi, koji se još nazivaju i telekomandni uređaji, su komandi predajnik na zemlji i komandni prijemnik u letjelici, pa se pomoću njih komande vođenja, izdane u zemaljskoj upravljačkoj postaji, šalju na letjelicu zajedno sa komandama upravljanja opremom, a te komande su komande za promjenu smjera kretanja, visine, brzine leta te uključivanje i isključivanje autonomnog vođenja letjelice. [41]

Telemetrijski uređaji su telemetrijski predajnik na zemlji i telemetrijski prijemnik u letjelici, a putem tog kanala se sa letjelice u zemaljsku nadzornu postaju šalju telemetrijski parametri poput visine leta, brzine leta i smjera leta, a moguće je i prenositi video signale televizijske slike prema zemaljskoj nadzornoj postaji i drugim korisnicima. [44]

Uređaji za prijenos informacijskog signala su video predajnici za prijenos televizijske ili infracrvene slike, predajnik za radio prijenos i predajnik za prijenos signala sa prijemnika za prislušivanje i izviđanje. [50]

3.3 Senzori bespilotnih letjelica

Senzori bespilotnih letjelica koriste se u svrhu ispunjavanja specifičnih ciljeva. Služe za prikupljanje podataka, na način da omogućuju otkrivanje, prepoznavanje, klasificiranje i identificiranje ciljeva, a uglavnom su to elektro-optički senzori visoke rezolucije, kao što su kamera, infracrveni senzori i radari. Cilj prikupljanja podataka signalom, poput određivanja geološke lokacije predajnika, iskorištavanja sadržaja primljenog signala i tehničke analize novih signala, jest smanjivanje snage signala i usporedba viših frekvencija. Cilj prikupljanja podataka mjerenjima i potpisom je multispektralna izrada slike. [50]

Karakteristike senzora na bespilotnim letjelicama namijenjenim izviđanju i nadzoru su pokrivanje velike površine, daljinsko upravljanje, prijenos slike visoke rezolucije, prilagodljivost u primjeni, rad u svim svjetlosnim i vremenskim uvjetima. Kako bi sustav senzora na bespilotnim letjelicama bio funkcionalan, koriste se različiti komunikacijski sustavi velikog dometa koji uključuju satelitske i zemaljske veze te repetitore na letjelicama. [41]

Aerofoto kamere služe za izviđanje nadlijetanog terena, pa se ugrađuju u bespilotne letjelice na takav način da se dobije vertikalni, kosi ili panoramski snimak terena, a za kvalitetne ovisi o osvjetljenosti terena i prozračnosti atmosfere. Za razvijanje filma, izradu i dešifriranje snimaka potrebno je poprilično vremena, stoga se aerofoto izviđanjem ne mogu pratiti brze promjene na bojištu. [50]

Televizijske kamere najviše se primjenjuju u sustavima bespilotnih letjelica, a koriste se za detekciju, identifikaciju, lokaciju i praćenje ciljeva, upravljanje bespilotnom letjelicom i prilikom operacija slijetanja. Korištenjem televizijskih kamera na bespilotnoj letjelici u kratkom vremenskom periodu prikupljaju se podaci o objektima na tlu. Slika se u realnom vremenu prenosi do zemaljske nadzorne postaje, izdvojenih televizijskih terminala i svih mjesta na kojima se donose strateške i taktičke odluke. Koriste se dvije vrste televizijskih kamera, a to su televizijske kamere za dnevno izviđanje i televizijske kamere za snimanje pri niskoj razini svjetlosti. Dimenzije su vrlo malene, a osjetljivost velika, pa se snimanje može provoditi i pri veoma slabom osvjetljenju. [50]

Termovizijske kamere koriste se za termovizijsko izviđanje okoline koje se vrši toplotnim sensorima u tamnim noćima i prilikom vrlo slabog osvjetljenja, kada televizijska kamera nije efikasna. Služe za dobivanje slike objekata, koja je posljedica

stanja u kojem se objekt nalazi, te se može podjednako dobro snimanje izvoditi i pri dnevnom svjetlu i u potpunom mraku bez ikakvog vanjskog osvjetljenja. Termovizijske kamere primaju toplinsko zračenje sa svake točke objekta i pretvaraju ga u električne signale, koji se dalje vode na pokazivač sličan televizijskom monitoru. Za termovizijsko izviđanje najčešće se koriste američke i izraelske termovizijske kamere, koje se odlikuju pristupačnim cijenama i malim dimenzijama. [53] Na slici 4 prikazana je termovizijska kamera.



Slika 4: Termovizijska kamera [44]

Slika 5 prikazuje infracrveni linijski skener, koji skeniraj prostor poprečno u odnosu na pravac leta pomoću primanja toplinskog zračenja objekta toplinskom rezolucijom, a dobivene toplinske slike strateških ciljeva i okolnog terena mogu se koristiti za detekciju i identifikaciju ciljeva te za navigaciju u dnevnim i noćnim uvjetima. [52]



Slika 5: Infracrveni linijski skener [50]

Laserski uređaji standardna su oprema bespilotnih letjelica, a najviše je u uporabi laserski daljinomjer, koji mjeri daljinu od cilja radi određivanja pozicije otkrivenog cilja. Os laserskog snopa se, zbog usmjeravanja na odabrani cilj, poklapa s osi televizijske kamere. Ovisno o modelu i svrsi laserskih uređaja, doomet iznosi od 200 do 20.000 metara. [50]

Izviđački senzori se razlikuju na temelju fizičkih principa koje koriste za rad, pa se dijele na akustične, seizmičke, udarne, magnetske, elektromagnetske i senzore pritiska. Domet senzora ovisi o preprekama i vrsti promatranog objekta. [50] Tablica 1 prikazuje karakteristike, namjenu i vrstu senzora kojima su bespilotne letjelice opremljene.

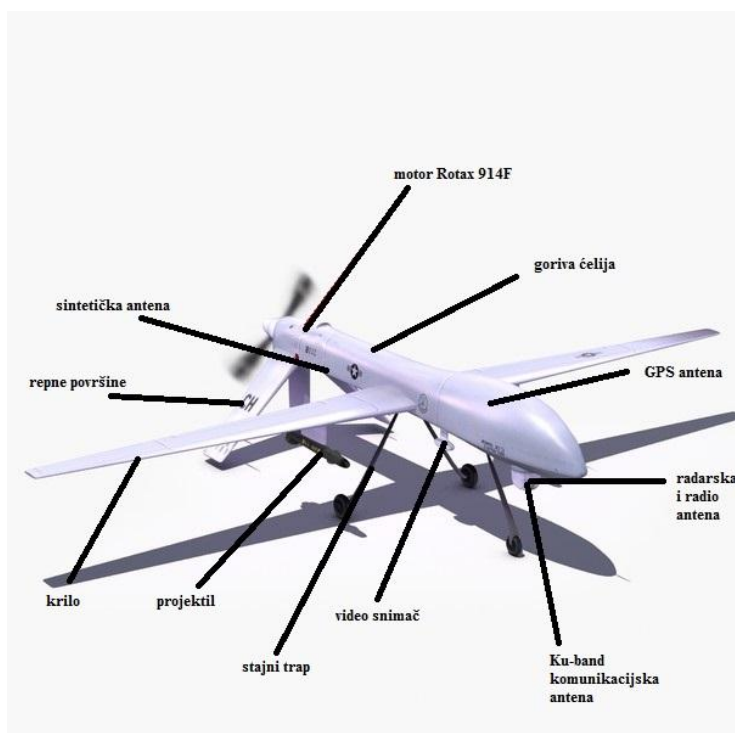
Tablica 1: Karakteristike, namjena i vrsta senzora bespilotnih letjelica [37]

	Bliski dolet	Kratki dolet	Srednji dolet	Dugi dolet
Namjena	detekcija NKB aktivnosti, elektronsko izviđanje, komunikacija	elektronsko izviđanje, detekcija NKB aktivnosti	komunikacija, elektronsko izviđanje, znanstvena promatranja	elektronsko izviđanje, radarska izrada slika
Polijetanje/slijetanje	USS, lanser/ USS, mreže	USS, lanser/ USS, mreže	USS, lanser/ USS, mreže	USS/ USS
Radijus kretanja	50 km	150 km	650 km	2.000 km
Brzina	120 km/h 150 km/h	170 km/h 200 km/h	750 km/h 950 km/h	800 km/h 1.100 km/h
Istrajnost	1-5 sati	8-12 sati	12 sati	24 sata
Pravodobnost informacija	realno vrijeme	realno vrijeme	realno vrijeme, snimanje	realno vrijeme, snimanje
Senzori	TV kamera, elektro senzor	TV kamera, termovizijska kamera, elektro senzor	termovizijska kamera, elektro senzor	TV kamera infracrveni senzor, laser

3.4 Konstrukcija bespilotnih letjelica

Bespilotne letjelice trebaju imati što je moguće manju težinu, a što veću čvrstoću. Kako bi se to postiglo, većina bespilotnih letjelica izgrađena je od kompozitnih materijala, odnosno od karbonskih vlakna, armirane plastike i metalnih legura. [26] Armirana plastika ima mehaničke osobine slične kao i legure čelika, dakle, osim male težine i velike čvrstoće, karakterizira je i stabilnost oblika, kemijska postojanost, visoka dinamička otpornost i mogućnost izlaganja različitim atmosferskim uvjetima. Nedostaci armirane plastike su osjetljivost na ultraljubičasto zračenje i složeni način popravka oštećenja. [3]

Oblik trupa, krila, repnih površina i ostalih dijelova bespilotne letjelice vrlo su slični obliku konvencionalnih zrakoplova. Zavisno o veličini, doletu, vrsti opreme i količini tereta koju nose, razlikuju se i dimenzije bespilotni letjelica. Najčešća izvedba bespilotnih letjelica je sa fiksnim krilima, dok manje bespilotne letjelice imaju rotirajuća krila, te se konstruiraju kao helikopteri ili rakete. [18] Na slici 6 prikazani su glavni konstrukcijski dijelovi bespilotne letjelice „Predator A“, koju koristi vojska Sjedinjenih Američkih Država za bojno djelovanje.



Slika 6: Konstrukcijski dijelovi bespilotne letjelice Predator A [47]

3.5 Pogon bespilotnih letjelica

Pogonsku grupu bespilotnih letjelica najčešće sačinjava samo jedan motor, kako bi se smanjila ukupna težina letjelice, a upravo pogonska grupa i specifična potrošnja goriva određuju istrajnost i dolet letjelice. [6] Kako bi težina motora bila što je moguće manja, motori se izgrađuju kombinacijom različitih materijala, a uglavnom je riječ o kompozitnim materijalima i keramici, koja je vrlo lagana, slabo provodi toplinu i daje veliku čvrstoću pri visokim temperaturama.

Većina bespilotnih letjelica za pogon koristi motor s unutrašnjim izgaranjem, kao što su jednocilindrični ili dvocilindrični dvotaktni klipni motori, snage od 6.000 do 35.000 W, ili pak mlazne motore, dok su baterijski i solarni pogon rjeđe u uporabi, ali zbog nestabilnosti cijene nafte na svjetskom tržištu, potrebe za smanjenjem

operativnih troškova, smanjenja emisija ispušnih plinova i povećanja istrajnosti i doleta, proizvođači pogonskih sustava rade na razvoju motora za bespilotne letjelice na električni pogon u kombinaciji sa alternativnim izvorima energije, poput gorivih i solarnih ćelija.

Gorive ćelije proizvode istosmjernu struju iz elektro-kemijske reakcije vodika i kisika, bez štetnih produkata sagorijevanja, pa ne zagađuju okoliš i rad motora je izuzetno tih. Osnovne prednosti gorivih ćelija su učinkovitost u odnosu na motore s unutrašnjim izgaranjem, pouzdanost i ekološka prihvatljivost, jer ne stvaraju stakleničke plinove, dok su nedostaci visoka cijena proizvedene energije, nepotpuno razvijena tehnologija proizvodnje, izrada od skupih materijala i velika masa te obujam gorivih ćelija, pa zauzimaju prilično velik prostor u bespilotnoj letjelici. Solarne ćelije pretvaraju solarnu energiju u električnu, koja se koristi za pogon motora. Količina energije, odnosno snaga koja se dobije iz solarne ćelije ovisi o vrsti i površini materijal solarne ploče koja sakuplja sunčevu energiju, jačini sunčeve svjetlosti i valnoj duljini sunca. U proizvodnji solarnih ćelija najčešće se koristi silicijev kristal visoke čistoće i savršene kristalne strukture, što je moguće postići samo pod visokim tlakom i temperaturom, pa je metoda vrlo skupa. [18]

3.6 Načini polijetanja i slijetanja bespilotnih letjelica

Konvencionalni zrakoplovi koriste uzletno-sletnu stazu za akceleraciju prilikom polijetanja, odnosno za deceleraciju i zaustavljanje prilikom slijetanja. Bespilotne letjelice većih dimenzija sa fiksnim krilima koriste uzletno-sletne staze za polijetanje i slijetanje, jer prilikom polijetanja trebaju ubrzanje kako bi se postigla minimalna brzina pri kojoj započinje stvarati uzgon, a slijeću korištenjem stajnog trapa usporavajući i zaustavljajući se na uzletno-sletnoj stazi. [16]

Dimenzijama manje bespilotne letjelice u većini slučajeva ne polijeću sa uzletno-sletnih staza, nego se lansiraju na različite načine, kao što su lansiranje opružnim, pneumatskim ili hidrauličnim lansirnim sredstvom smještenim na vozilu s tračnicama duljene od šest do 20 metara, prikazano na slici 7, lansiranje s lansirnog sredstva pomoću startnih raketa, ručno lansiranje lakih bespilotnih letjelica, prikazano na slici 8, vertikalno polijetanje te polijetanje s lansirnih sredstava pričvršćenih na zrakoplov. [36]



Slika 7: Hidraulično lansirno sredstvo [43]



Slika 8: Ručno lansiranje lake bespilotne letjelice [17]

Nakon obavljanja određene misije, bespilotne letjelice se uglavnom vraćaju na mjesto s kojeg su i poletjele. Kako bi se uspješno prizemljile i zaustavile, postoje različiti načini sigurnog slijetanja. Prilikom slijetanja u okomito postavljene najlonske mreže na vozilima, kao što je prikazano na slici 9, koriste se svjetlosni, infracrveni ili radarski izvori zračenja smješteni u središnjem dijelu mreže. Na osnovi informacija dobivenih preko odgovarajućeg uređaja u letjelici, kao što su televizijske kamere, radarski prijemnici ili infracrveni senzori, letjelica se navodi u mrežu, bilo automatizmom ili od strane operatora u zemaljskoj nadzornoj postaji. Postoje još vertikalni način slijetanja i slijetanje pomoću helikoptera s posadom, gdje se na bespilotnoj letjelici, dok helikopter lebdi iznad nje, aktivira padobran, te se letjelica hvata pomoću sajle ili užeta i uvlači u helikopter. [36]



Slika 9: Pehvaćanje bespilotne letjelice u okomito postavljenu mrežu [21]

3.7 Sense and Avoid sustav

Razlićite operacije koje se izvode bespilotnim letjelicama zahtijevaju integraciju letjelica u kontrolirani zraćni prostor. Ključan preduvjet za potpunu integraciju jest, uz niz tehnoloških i proceduralnih aspekta koji su u razvoju, izbjegavanje sudara. Sve dok bespilotne letjelice ne budu u mogućnost prikazati prihvatljivu razinu kompatibilnosti s primjenjivim pravilima zraćnog prometa, vojne i civilne zrakoplovne vlasti im onemogućuju pristup svim klasama zraćnog prostora. Operacije bespilotnim letjelicama u kontroliranom zraćnom prostoru ne smiju predstavljati veći rizik za ostale sudionike u zraćnom prometu u odnosu na onaj koji je vezan uz konvencionalne zrakoplove s ljudskom posadom. Kontrolirani zraćni prostor je dio zraćnog prostora u kojem se odvija promet zrakoplova nadziran od strane kontrole zraćne plovidbe. [33]

„Sense and Avoid“ sustav predstavlja proces određivanja pristupa potencijalnog sudara u zraku i upravljanja letjelicom kako bi se on izbjegao. U konvencionalnom zrakoplovstvu konaćna odgovornost za izbjegavanje sudara leži na pilotu, neovisno o klasi zraćnog prostora u kojoj se odvija operacija, a izvodi se pomoću pilotove sposobnosti uočavanja i izbjegavanja, dakle pilot vidi svojim očima, a zatim donosi i izvršava odgovarajuću odluku kojom upravlja zrakoplovom kako bi izbjegao opasnost. Sposobnost pilota da uoći i izbjegne opasnost u konvencionalnom zrakoplovu zahtijeva ekvivalentan mehanizam na bespilotnim letjelicama, odnosno „Sense and Avoid“ sustav koji otkriva nazoćnost potencijalne opasnosti, te poduzima odgovarajuće radnje kako bi se ona izbjegla. Postizanje zahtijevanih sigurnosnih normi nije samo funkcija tehnološkog razvoja „Sense and Avoid“ sustava, već je

potrebno definirati i analizirati okruženje zrakoplovnih operacija, obuku, certificiranje plovidbenosti, upravljanje zračnom plovidbom i ostale sustave. [24]

Integracija bespilotnih letjelica u kontrolirani zračni prostor podrazumijeva podilaženje sigurnosnim normama unutar nekoliko slojeva tehnološke eksploatacije, što uključuje VFR⁷ i IFR⁸ pravila letenja, strukturu zračnog prostora, nadzor i kontrolu zračnog prometa kroz ATM⁹ elemente koji pružaju stratešku i taktičku potporu sigurnosti odvijanja prometa i izbjegavanju sudara, te sustave namijenjene isključivo izbjegavanju sudara, kao što su TCAS¹⁰ ili ACAS¹¹. Bespilotna letjelica koja sudjeluje u zračnom prometu unutar kontroliranog zračnog prostora, kako bi dostigla jednaku razinu tehnološke sigurnosti koja vrijedi i za zrakoplove s ljudskom posadom, treba biti u mogućnosti uočavati ostale sudionike prometa u svojoj blizini te na odgovarajući i siguran način obavljati operacije u takvom okruženju, jednako kao u slučaju da njome upravlja pilot. [35]

Osnovna zadaća svakog „*Sense and Avoid*“ sustava je osiguranje dovoljne količine informacija kako bi se održale funkcije razdvajanja zrakoplova i izbjegavanja sudara. Kao takav, svaki „*Sense and Avoid*“ sustav treba, kad situacija to zahtjeva, biti sposoban obavljati dvije različite, ali komplementarne radnje, a to su izbjegavanje sudara i osiguranje razdvajanja. Izbjegavanje sudara je akcija koja nastupa u trenutku kad funkcija razdvajanja nije izvršena i kad postoji rizik od vremenski bliskog sudara. Izbjegavanje sudara mora biti spremno nastupiti u svakom trenutku, bez obzira na klasu zračnog prostora ili važeće pravila leta.

Uvažavajući činjenicu kako se svaki let izvodi uz odobrenje kontrole zračne plovidbe, ostaje dužnost kontrolora zračne plovidbe poduzeti sve potrebne napore i mjere kako se bespilotna letjelica ne bi sudarila s bilo kojim drugim zrakoplovom. Osiguranje razdvajanja predstavlja rutinski čin očuvanja zrakoplova na minimalnoj potrebnoj razdaljini kako bi se umanjio rizik od sudara u zraku, kontrola zračne plovidbe je odgovorna za razdvajanje. [26] Slika 10 prikazuje osnovni princip rada „*Sense and Avoid*“ sustava.

⁷ VFR – Visual Flight Rules – Vizualno letenje.

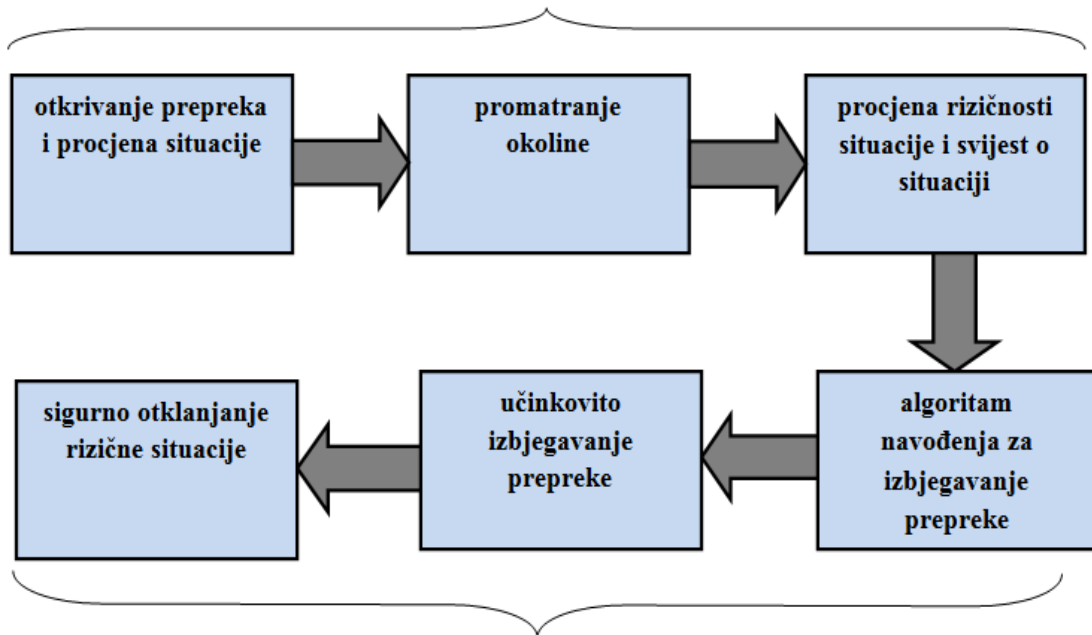
⁸ IFR – Instrument Flight Rules – Let pomoću instrumenata.

⁹ ATM – Air Traffic Management – Upravljanje zračnim prometom.

¹⁰ TCAS – Traffic Collision Avoidance System – Sustav za izbjegavanje prometnih sudara.

¹¹ ACAS – Airborne Collision Avoidance System – Sustav za izbjegavanje sudara u zraku.

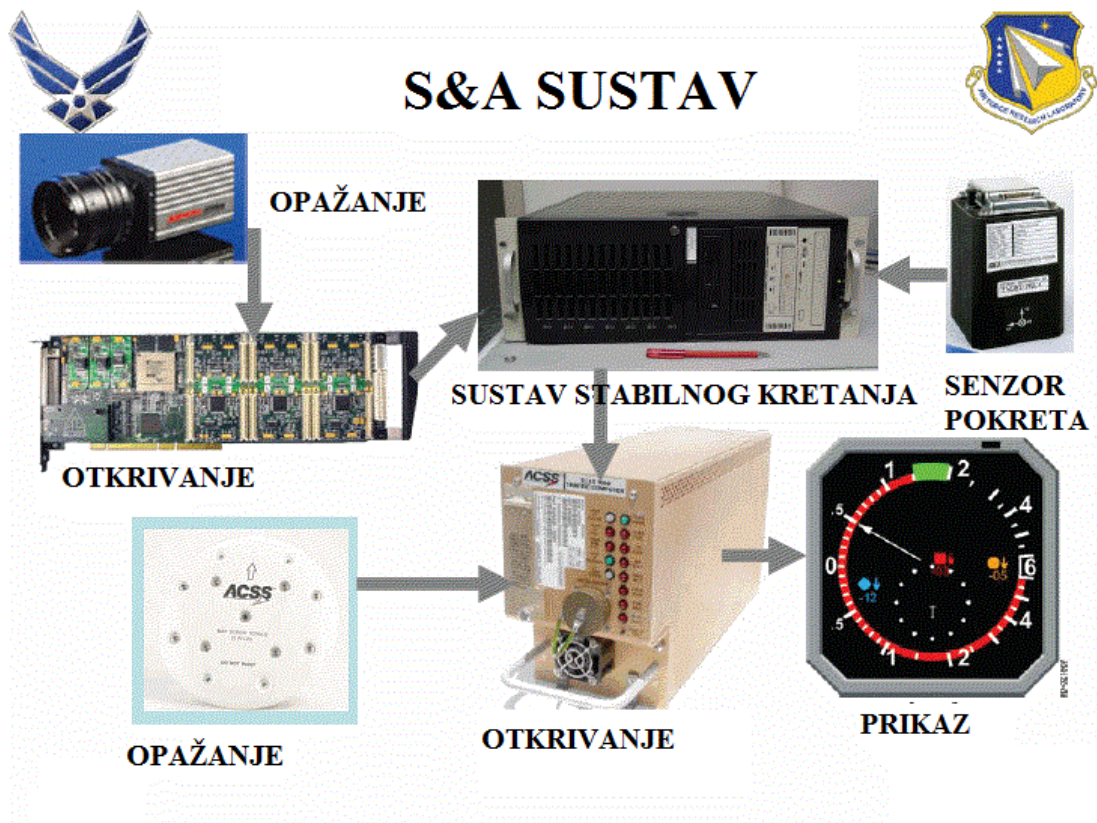
PROMATRANJE



IZBJEGAVANJE

Slika 10: Princip rada „Sense and Avoid“ sustava [40]

Svi predloženi sustavni zahtjevi za „Sense and Avoid“ sustave dijele se u dvije skupine, a to su obavezni, odnosno zahtjevi kojih se korisnici sustava moraju pridržavati i od kojih se može odstupiti samo u slučaju postojanja specifičnih nacionalnih izuzeća, te poželjni, odnosno zahtjevi koji su predloženi kako bi se poboljšala izvedba „Sense and Avoid“ sustava na razinu sigurnosti iznad one temeljne, pa takvi zahtjevi ne smiju prejudicirati sposobnost nekog „Sense and Avoid“ sustava da dostigne obavezne zahtjeve. [20] Slika 11 prikazuje glavne dijelove „Sense and Avoid“ sustava.



Slika 11: Glavni dijelovi „Sense and Avoid“ sustava [26]

Radno tijelo NATO saveza pod nazivom JCGUAS¹² je u dokumentu „NATO Naval Armaments Group, Sense and Avoid Requirements for Unmanned Aerial Vehicles Systems Operating in Non-Segregated Airspace“ navelo zahtjeve vezene uz funkciju izbjegavanja sudara i funkciju osiguranja razdvajanja.

U dokumentu je navedeno osamnaest funkcionalnih zahtjeva vezanih uz funkciju izbjegavanja sudara. Sustav za izbjegavanje sudara treba detektirati i surađujući i ne-surađujući zrakoplov. Sustav mora otkriti bliski zrakoplov u svim dnevno/noćnim uvjetima u kojima je bespilotnim letjelicama odobreno djelovanje. Sustav mora otkriti bliski zrakoplov neovisno djeluje li bespilotna letjelica u IFR ili VFR uvjetima. Sustav mora otkriti bliski zrakoplov u svim klasama zračnog prostora u kojima je bespilotnoj letjelici odobreno djelovanje. Sustav mora osigurati sposobnost izbjegavanja drugih zrakoplova uz minimalnu udaljenost od 152,4 metra (500 ft) u horizontalnoj ravnini i 30,48 metra (100 ft) u vertikalnoj ravnini. Sustav se neće isključivo oslanjati na instrukcije ili intervencije kontrole zračne plovidbe kako bi bespilotna letjelica izbjegla sudar s drugim zrakoplovom. Ukoliko bespilotna

¹² JCGUAS – Joint Capability Group on Unmanned Aircraft Systems – Zajednička sposobnosna skupina za bespilotne zrakoplovne sustave.

letjelica ne primi ulaznu naredbu operatora, bilo zbog gubitka veze ili drugog razloga, s ciljem izbjegavanja bliske opasnosti od sudara, bespilotna letjelica će izvršiti automatski manevar s ciljem izbjegavanja bliskog prometa. Sustav može upozoriti operatora o manevru u tijeku i planiranom manevru te omogućiti, ukoliko to vrijeme i okolnosti dopuštaju, sposobnost premošćivanja. Sustav koji se nalazi na bespilotnoj letjelici mora imati minimalno srednje vrijeme između dva kritična otkaza od 1 u 10^5 sati leta. Sustav mora posjedovati način indiciranja statusa sustava prema označenom operatoru. Kad se dogodi kritični otkaz sustava, bespilotna letjelica će automatski proglasiti kvar korištenjem dogovorenog koda transponderu. Nakon rješenja konfliktne situacije, sustav mora označenom operatoru signalizirati kako je situacija razriješenja. Sustav može zatražiti od označenog operatora dozvolu za izvršenje manevra povratka na planiranu rutu. Sustav mora imati sposobnost za automatski povratak na zadnju odobrenu visinu i rutu u scenariju gubitka veze, ukoliko u međuvremenu ne dođe do novog konflikta. Kut gledanja senzora sustava za izbjegavanje sudara mora biti minimalno $\pm 100^\circ$ horizontalno u odnosu na uzdužnu os bespilotne letjelice, te minimalno $\pm 15^\circ$ vertikalno u odnosu na putanju leta, uz osiguranje dovoljne pokrivenosti, kako bi se osiguralo otkrivanje bliskog prometa u zraku u slučaju očekivanih manevara. Sustav ne smije povećati opasnost od sudara za zrakoplove koji koriste postojeće sustave za izbjegavanje sudara. [26]

U dokumentu je navedeno devet funkcionalnih zahtjeva vezanih uz funkciju osiguranja razdvajanja. Sustav za osiguranje razdvajanja mora detektirati i surađujući i ne-surađujući zrakoplov. Sustav mora detektirati bliski zrakoplov u svim dnevno/noćnim uvjetima u kojima je bespilotnoj letjelici odobreno djelovanje. Sustav mora osigurati dovoljnu količinu informacija za operatora kako bi se bespilotna letjelica razdvojila od drugih zrakoplova, neovisno je djeluje li bespilotni zrakoplovni sustav u IFR ili VFR uvjetima. Sustav mora, osim u slučaju aerodromskih operacija, osigurati dovoljnu količinu informacija operatora kako bi se bespilotna letjelica razdvojila od drugih zrakoplova za minimalnu udaljenost od 926 metara (0,5 NM) u horizontalnoj ravnini, ili za minimalnu udaljenost od 1.640,4199 metara (500 ft) u vertikalnoj ravnini kad, uvažavajući pravila zračnog prometa, bespilotna letjelica ima odgovornost davanja prednosti drugom zrakoplovu. Sustav mora upozoriti operatora o vjerojatnosti gubitka razdvajanja kako bi operator mogao održavati razdvajanje kad god je bespilotna letjelica dužna to učiniti prema pravilima zračnog prometa. Sustav mora osigurati operatoru informaciju o statusu sustava, te svaka promjena u statusu

sustava mora biti jasno vidljiva. Sustav mora osigurati operatoru potvrdu kako je konfliktna situacija razriješena nakon što je odgovarajuće razdvajanje ponovno uspostavljeno. Kut gledanja senzora sustava mora biti minimalno +/- 110° horizontalno u odnosu na uzdužnu os bespilotne letjelice, te minimalno +/- 15° vertikalno u odnosu na putanju leta pri normalnoj brzini krstarenja, uz osiguranje dovoljne pokrivenosti, kako bi se osiguralo otkrivanje bliskog prometa u zraku u slučaju očekivanih manevara. [26]

4 POSTOJEĆE MEĐUNARODNE REGULATIVE O BESPILOTNIM LETJELICAMA

Globalni institucionalni okviri za civilno zrakoplovstvo proizlaze iz Konvencije o međunarodnom civilnom zrakoplovstvu, potpisane 1944. godine u Chicagu, kojom se određuje međunarodni kontekst zrakoplovstva. U članku 8 Konvencije se razmatra koncept bespilotnih letjelica u skladu s važećim percepcijama toga vremena, te se donosi sljedeći članak: „Niti jedan zrakoplov, sposoban letjeti bez pilota, neće letjeti bez pilota nad teritorijem države potpisnice bez posebnog dopuštenja te države i u skladu s uvjetima takve autorizacije. Svaka država potpisnica poduzet će mjere kako bi se osiguralo da let takvog zrakoplova bez pilota u prostoru otvorenom za civilni promet, bude kontroliran na način kojim će se izbjeći opasnost po civilne zrakoplove.“

Iz tog članka proizlazi da su posebnosti bespilotnih zrakoplova bile uočljive već prije sedamdeset godina, uvažavajući pri tom činjenicu kako se bespilotni zrakoplovi koriste većinom za vojne svrhe, te kako su vojni zrakoplovi, prema tekstu članka 3 iste Konvencije, vlasništvo države i kao takvi su izuzeti iz regulative koja vrijedi za civilno zrakoplovstvo. U istom članku nameće se i zahtjev prema kojemu nacionalne regulative, koje vrijede za državne zrakoplove, moraju uvažavati sigurnosne kriterije navigacije civilnih zrakoplova u kontroliranom zračnom prostoru, te posljedično postoji i imperativ zadovoljenja sigurnosnih aspekata integracije bespilotnih letjelica u kontrolirani zračni prostor, neovisno o institucionalnoj ili nacionalnoj razini na kojoj se ta integracija odvija. [12]

Budući da se u svijetu većina bespilotnih letjelica koristi za vojne svrhe, njihova upotreba je ograničena na letenje u izdvojenom zračnom prostoru, odnosno u posebnim zonama za vojno letenje. Ondje gdje postoje određene operacije izvan izdvojenih prostora, na snazi su brojna i složena ograničenja, zbog čega je istovremeno ograničen i raspon zadaća koje bi današnji bespilotni zrakoplovi u drugim okolnostima obavljali bez većih poteškoća. [14]

Kako bi se iskoristile jedinstvene operativne sposobnosti postojećih i budućih bespilotnih zrakoplova, većina vojnih vlasti koje djeluju kroz regulatorna tijela EUROCONTROL i NATO saveza, ulažu velike napore kako bi bespilotne letjelice bile u stanju operirati preko nacionalnih granica i imati pristup svim klasama zračnog prostora.

4.1 EUROCONTROL regulative o bespilotnim letjelicama

EUROCONTROL predstavlja međuvladinu organizaciju sačinjenu od 39 država članica, a osnovana je 1960. godine, te ima dvojnu, civilnu i vojnu, ulogu u osiguravanju tehničkog i tehnološkog stručnog mišljenja vezanog uz letenje u europskome zračnom prostoru, te zadatak gradnje jedinstvenog pan-europskog sustava upravljanja zračnim prometom, odgovarajući na kontinuirani prirast zračnog prometa, uz uvažavanje imperativa njegove sigurnosti.

EUROCONTROL je vodeći sudionik u radu vezanom uz aspekte upravljanja zračnim prometom bespilotnih letjelica. Opseg aktivnosti se u tom smislu stalno povećava i uključuje velik broj organizacija, agencija i drugih predstavničkih tijela, pa je zbog toga ustrojena aktivnost „UAS¹³ ATM Integration Activity“, s ciljem razvoja politike upravljanja zračnim prometom vojnih i civilnih bespilotnih zrakoplova. S konačnim ciljem sigurne integracije bespilotnih letjelica u kontroliranom zračni prostor, EUROCONTROL razvija zahtjeve za bespilotne letjelice u ATM okruženju, koji će se sastojati od skupa interoperabilnih kriterija za operativna odobrenja i certifikaciju. Ti zahtjevi pretpostavljaju kako će se bespilotne letjelice u potpunosti prilagoditi u postojećem ATM sustavu, nego da se taj sustav na bilo koji način prilagođava bespilotnim letjelicama.

Kroz svoj angažman na integraciji bespilotnih sustav kontrole zračnog prometa, EUROCONTROL slijedi nekoliko principa, pa tako operacije u kojima sudjeluju bespilotne letjelice ne smiju ni na koji način povećati rizik za ostale sudionike u zračnom prometu, ATM procedure u letenju bespilotnih letjelica moraju u potpunosti biti jednake onima koje vrijede za zrakoplove s ljudskom posadom, a osiguranje službi kontrole zračnog prometa prema bespilotnim letjelicama treba biti transparentno među kontrolorima zračnog prostora na svim razinama. Jedan od važnijih doprinosa operativnoj integraciji bespilotnih letjelica u europski zračni prostor je izdavanje skupa neobavezujućih ATM smjernica, pomoću kojih će operatori bespilotne letjelice „Global Hawk“, koja je namijenjena za let na velikim visinama s dugom istrajnosti, koristiti u pregovaranju pristupa u individualni kontrolirani zračni prostor europskih država, a omogućavaju informiranje, obučavanje i osiguranje smjernica pružateljima usluga u zrakoplovnoj navigaciji, operatorima

¹³ UAS – Unmanned Aircraft System – bespilotni zrakoplovni sustav.

sustava „Global Hawk“ i drugim sudionicima sigurne primjene ATM procedura unutar europskog zračnog prostora.

Iako EUROCONTROL smatra kako će proces integracije bespilotnih letjelica u kontrolirani zračni prostor biti dugotrajan i postupan, implementacija operativnih smjernica za „Global Hawk“ platformu je značajan korak ka uvođenju i prilagodbama nadolazećih tehnologija bespilotnih sustava. [7]

4.2 NATO regulative o bespilotnim letjelicama

Stručne skupine NATO saveza, vezane za integraciju bespilotnih letjelica u kontrolirani zračni prostor, obavljaju istraživanja kroz grupe radnih tijela podređenih Upravi za obrambene investicije NATO saveza.

Središnje tijelo predstavlja Združena grupa za razvoj sposobnosti - JCGUAS s ciljem razvoja smjernica i regulativa za razvoj zajedničkih sposobnosti NATO saveza u domeni bespilotnih letjelica. Ispod JCGUAS radnog tijela ustrojeno je nekoliko ekspertnih radnih skupina koje imaju zadaću predlagati tekstove šireg spektra specijalističkih dokumenata na kojima će počivati regulativa neophodna za integraciju bespilotnih letjelica u zračni prostor zemalja članica NATO saveza. Sva ekspertna tijela podređena skupini JCGUAS pokrivaju široki raspon funkcionalnih područja, ali primarno su vezane uz sustave bespilotnih letjelica, regulativu operacija u VFR i IFR letenju, te komunikacije. Posebno je istaknuto radno tijelo FINAS¹⁴, jer se to tijelo bavi upravo uspostavljanjem regulatornog okvira za sigurnu integraciju bespilotnih sustava u zračni prostor. Ovo tijelo proizvelo i nekoliko standardizacijskih dokumenata, među kojima je najznačajniji STANAG 4671¹⁵, koji određuje zahtjeve za određivanje plovidbenosti za bespilotne letjelice. Dokument već verificiran u nekoliko zemalja članica NATO saveza. Njegov značaj očituje se u omogućavanju letenja bespilotnih sustava, koji zadovoljavaju kriterije za ostvarivanje plovidbenosti, kroz zračni prostor zemalja članica NATO saveza bez potrebe za suglasnosti tijela za kontrolu zračne plovidbe tih zemalja, što prema odredbama ICAO-a generalno nije dozvoljeno. Međutim, STANAG 4671 nije sveobuhvatni dokument i ne pokriva određene sustavne zahtjeve koji su kritični u kontekstu sigurnosti zračnog prometa, kao što su tehnologija za otkrivanje i izbjegavanje objekata, obuka operatora, učinci

¹⁴ FINAS – Flight in Nonsegregated Airspace – let u neodvojenom zračnom prostoru.

¹⁵ STANAG 4671 – Standardization Agreement on USAR – Unmanned Aerial Vehicles System Airworthiness Requirements – Zahtjevi za plovidbenošću bespilotnih zrakoplovnih sustava.

na okoliš i drugi sigurnosni aspekti, a koji su zahvaćeni drugim dokumentima. Radno tijelo FINAS, prije završetka rada na dokumentu STANAG 4671, proizvelo je i drugi standardizacijski dokument pod nazivom STANAG 4670, koji određuje standardizacijske zahtjeve za obuku operatora bespilotnih letjelica.

Ostali značajni dokumenti vezanih uz tehnološki okvir operativne integracije bespilotnih letjelica radnog tijela FINAS su STANAG 4586¹⁶, koji je već objavljen od strane NSA¹⁷, te STANAG 4660¹⁸, koji je u postupku ratifikacije među zemljama članicama NATO saveza.

Pored radnih tijela podređenih Upravi za obrambene investicije NATO saveza, čiji je rad prvenstveno usmjeren na razvoj sposobnosti na razvoj sposobnosti kroz tehničke i standardizacijske aspekte njihove implementacije, integracijom bespilotnih letjelica se bave i radna tijela čiji je funkcionalni fokus usmjeren na upravljanje zračnim prostorom, među kojima prednjači Odbor za upravljanje zračnim prometom NATO saveza, NATMC¹⁹. Međutim, NATO savez, kao vojno-politički savez, nije institucionalni subjekt koji može ustrojiti univerzalna pravila letenja, već je njegov primarni cilj ustrojavanje okvira standardnih procedura i arhitekture sustava, koji će osigurati zemljama članicama Saveza smjernice za postizanje interoperabilnosti, odnosno NATO standarda, pa je regulativa koju donosi NATO primjenjiva samo za zemlje članice Saveza, što ne znači da regulativa NATO saveza, vezana uz integraciju bespilotnih letjelica u kontrolirani zračni prostor, nije kompatibilna i s uredbama ICAO-a, EASA-e i EUROCONTROL-a.

Stoga NATO savez uspostavlja zajednička radna tijela s ostalim institucijama s ciljem usuglašavanja standarda i zahtjeva koji će osigurati certifikaciju ploidbenosti bespilotnih letjelica i pripadajućih sustava u civilnom zračnom prostoru, a najznačajnije zajedničko radno tijelo koje je formirano između NATO saveza i EUROCONTROL-a je NEASCOG, s ciljem predlaganja i usvajanja sigurnosnih normi i tehničkih aspekata integracije vojnih zrakoplova u europski zračni prostor. [14] U tablici 2 prikazana je NATO kategorizacija bespilotnih letjelica po kategoriji, masi, namjeni, visini leta i radijusu kretanja.

¹⁶ STANAG 4586 - Standard UNTERFACES of UAV CONTROL System – UCS for NATO UAV Interoperability

¹⁷ NSA - NATO Standardization Agency

¹⁸ STANAG 4660 – Standard Interoperable Command and Control Data Link (IC2DL) for NATO Interoperability

¹⁹ NATMC - NATO Air Traffic Management Committee

Tablica 2: NATO kategorizacija bespilotnih letjelica [22]

Klasa bespilotne letjelice	Kategorija i masa (kg)	Namjena	Visina leta (m)	Radius kretanja (km)	Primjer
klasa I	mala m > 20 kg	taktička	h < 1.500 m	50 km (linija pogleda)	Luna, Hermes 90
	mini 2 > m > 20 kg	taktička	h < 1.000 m	25 km (linija pogleda)	ScanEagle, Skylark, Raven, DH3, Aladin, Strix
	mikro m < 2 kg	taktička/ izviđačka	h < 60 m	5 km (linija pogleda)	Black Widow
klasa II	taktička m > 750 kg	taktička	h < 3.000 m	200 km (linija pogleda)	Sperwer, Iview 250 Hermes 450, Aerostar Ranger
klasa III	napadačke/ borbene m > 3.500 kg	strategijska	h < 20.000 m	neograničeno (izvan linije pogleda)	Northrop Grumman X-47B
	visoko leteće bespilotne letjelice duge istrajnosti m > 10.000 kg	strategijska	h < 20.000 m	neograničeno (izvan linije pogleda)	Global Hawk
	srednje leteće bespilotne letjelice duge istrajnosti m > 1.500 kg	operacijska	h < 15.000 m	neograničeno (izvan linije pogleda)	Predator A Predator B Heron, Heron TP Hermes 900

4.3 EASA regulative o bespilotnim letjelicama

Postojeći regulatorni sustav za daljinski upravljane zrakoplovne sustave temelji se na rascjepkanim pravilima za specifična i pojedinačna operativna odobrenja, te kao takav predstavlja administrativno usko grlo i otežava razvoj europskog tržišta bespilotnih letjelica. [29]

EASA se zalaže za integraciju bespilotnih letjelica u europski zrakoplovni sustav na takva način da sigurnost neće biti ugrožena, odnosno upotreba bespilotnih zrakoplovnih sustava treba nuditi jednaku razinu sigurnosti kao i upotreba zrakoplova s posadom.

Sadašnja podjela bespilotnih zrakoplovnih sustava na vrlo lake i teške letjelice upitna je u kontekstu jedinstvene sigurnosne politike, jer je ograničen opseg nadležnosti EASA-e za letjelice preko 150 kilograma na osnovi tradicionalnih poimanja plovidbenosti. Regulatornim okvirom trebalo bi se odražavati široki raspon

letjelica i operacija, održavati pravila razmjernima mogućim rizicima, te držati u razumnim okvirima administrativni teret za industriju i nadzorna tijela, pa bi se regulatorni okvir najprije usmjerio na područja gdje su tehnologije zrele i gdje postoji dovoljno povjerenje. Regulatorne mjere uvode se postupno, baš kao i korištenje bespilotnih zrakoplovnih sustava za složenije zadaće. U slučajevima kada je potrebno izdati ateste ili dozvole, europskim će se pravilima osigurati sustav međusobnog priznavanja jedinstvenog tržišta za proizvođače, korisnike i organizacije bespilotnih zrakoplovnih sustava. EASA zahtijeva da takva pravila bitu u skladu sa standardima ICAO-a i temelje se na međunarodnom konsenzusu, a kako bi se on postigao, JARUS²⁰ je sakupio iskustva država članica i međunarodnih organizacija. EASA treba imati vodeću ulogu u procesu JARUS i na temelju njegovih rezultata nastaviti raditi kako bi se stvorile smjernice i pravila za primjenu.

Sve dok se područje primjene pravila EASA-e formalno ne proširi izvan limita od 150 kilograma, EASA može prihvatiti ove rezultate kao smjernice za lakše sustave, a ako se područje nadležnosti EASA-e proširi, ove smjernice tada postaju europska pravila. [10]

4.4 EDA regulative o bespilotnim letjelicama

Budući da u Europi ne postoji krovno regulatorno tijelo ili agencija koja je isključivo zadužena za pitanja vojne sigurnosne regulative, kao što EASA djeluje u civilnom zrakoplovstvu, NATO savez regulira mnoga pitanja iz ove domene u korist svojih zemalja članica, pa tako pri Europskoj komisiji djeluje Europska obrambena agencija, EDA²¹, koja u svome djelokrugu rada na razvojnim obrambenim projektima vodi izuzetno značajan program koji se naziva MIDCAS, projekt vrijedan 50 milijuna eura započet 2007. godine između pet država članice EAD-e, Švedske, Njemačke, Francuske, Italije i Španjolske.

Cilj programa je demonstrirati sposobnost sustava bespilotnih letjelica za prepoznavanja i izbjegavanja objekata, kako bi se ispunili zahtjevi za razdvajanje unutar zračnog prometa i izbjegavanje sudara u zraku u neizdvojenom zračnom

²⁰ JARUS – Joint Authorities for Rulemarking on Unmanned Systems – Međunarodna skupina zrakoplovnih tijela, usporediva s bivšim Zajedničkim zrakoplovnim vlastima, a članovi su Austrija, Australija, Belgija, Brazil, Danska, Kanada, Švicarska, Češka Republika, Njemačka, Španjolska, Finska, Francuska, Grčka, Izrael, Italija, Malta, Nizozemska, Norveška, Ruska Federacija, Južna Afrika, Ujedinjeno Kraljevstvo i Sjedinjene Američke Države, zajedno s EUROCONTROL-om i EASA-om.

²¹ EDA – European Defence Agency– Europska obrambena agencija.

prostoru. Zbog potreba da se sustav vođenja i nadzora oslanja i na satelitsku komunikaciju, ovaj program je koordiniran s Europskom svemirskom agencijom, zbog čega se nameće cijeli niz novih tehničko-tehnološki zahtjeva.

U okviru programa MIDCAS, EDA je od vanjskog izvođača naručila studiju pod nazivom „Technology Demonstration Study on Sense and Avoid Technologies for Long Endurance Unmanned Aerial Vehicles“, koja je završena krajem 2007. godine. Osim demonstracije izvodljivosti sustava za izbjegavanje sudara u zraku za ugradnju na bespilotne letjelice, studija je pokazala kako razvoj novih tehnologija nije potreban. Dodatni razvojni programi i tehničko usavršavanje trebaju osigurati sustave specifične za bespilotne letjelice i njihovu integraciju u konstrukciju zrakoplova. Sustav treba sadržavati surađujuću opremu i ne-surađujuće senzore, kako bi se dostigla ekvivalentna razina sigurnosti u odnosu na konvencionalno zrakoplovstvo. Ne-surađujući dijelovi sustava trebaju biti razvijeni na temelju kombinirane arhitekture, koja se sastoji od radarskih i infracrvenih senzora. [14]

4.5 Propisi za izvođenje operacija bespilotnim letjelicama u Republici Hrvatskoj

Agencija za civilno zrakoplovstvo je samostalna i neprofitna pravna osoba koja obavlja poslove od interesa Republike Hrvatske u okviru djelokruga utvrđenog Zakonom o zračnom prometu. Djelatnosti Agencije obuhvaća sigurnost, certificiranje, nadzor i inspekciju u cilju osiguravanja kontinuiranog udovoljavanja zahtjevima za obavljanje zračnog prijevoza i drugih djelatnosti u zračnom prometu, vođenje propisanih registara i evidencija te obavljanja drugih poslova utvrđenih Zakonom o zračnom prometu.

U Republici Hrvatskoj trenutno ne postoji propis kojim se utvrđuje izvođenje letačkih operacija bespilotnim zrakoplovnim sustavima. Međutim, zbog naglog razvoja bespilotnih zrakoplovnih sustava u posljednjih nekoliko godina i sve veće potrebe za uporabom bespilotnih letjelica, Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo pokrenula je postupak za donošenje propisa koji bi omogućio izvođenje letačkih operacija bespilotnim letjelicama unutar zakonskih okvira. Stoga je za drugu polovicu 2014. godine planirana prezentacija koncepta i prvog nacrtu propisa, kako bi se sve zainteresirane strane mogle uključiti sa svojim prijedlozima i komentarima sa svrhom

poboljšanja predloženog propisa te kako bi se u najvećoj mogućoj mjeri i na najbolji način obuhvatili svi aspekti područja koje se žele tim propisom regulirati. Završni nacrt propisa bio bi upućen krajem 2014. godine nadležnom ministarstvu na procjenu i objavu. [28]

5 UVOĐENJE BESPILOTNIH LETJELICA U KONTROLIRANI ZRAČNI PROSTOR

5.1 Plovidbenost bespilotnih letjelica

Svaki zrakoplov koji se upisuje u nacionalni registar zrakoplova i sudjeluje u međunarodnom civilnom zračnom prometu mora posjedovati odgovarajuću potvrdu o plovidbenosti. Potvrda o plovidbenosti pokriva široki spektar područja koji se odnose na aspekte dizajna, konstrukcije i korištenja zrakoplova. U okružju suvremenog zračnog prometa postoji više elemenata sustava višeg reda koji zahtijevaju certifikaciju unutar određenog regulatornog okvira. Oni osnovni se odnose na zrakoplove, zrakoplovnu operativu, aerodrome i zemaljska pomoćna sredstva, te pritom nije nužno da za svaki od ovih elemenata bude odgovorna ista zrakoplovna vlast, pa su tako za certifikaciju jednih elemenata nadležne regionalne ili međunarodne agencije, a za druge nacionalne zrakoplovne vlasti. [12]

Certificiranje bespilotnih sustava nameće pretpostavku kako će proces certificiranja morati odgovoriti na sigurnosne zahtjeve eksploatacije bespilotne letjelice, ali i zemaljske nadzorne stanice s pripadajućim sučeljem i ostalih elemenata koji čine taj sustav. Upravo je taj posredni odnos između operatera i zrakoplova specifičan u odnosu na konvencionalne zrakoplove, gdje je odnos neposredan, pa ga je u tom smislu potrebno i posebno razmatrati u regulatornom kontekstu. Organizacijski i operativni aspekti, s druge strane, neće zaživjeti bitne promjene u odnosu na konvencionalno zrakoplovstvo, između ostalog i zato što je ekvivalentnost procedura u letenju između dvije grupe zrakoplova jedan od preduvjeta njihove zajedničke integracije. [1]

U europskom zračnom prometu potvrdu o plovidbenosti regulira EASA, agencija ustanovljena pri Europskoj komisiji EU²² 2003. godine s ciljem ustanovljavanja temeljnih principa i osnovnih zahtjeva zrakoplovne sigurnosti. Okvir rada je primarno bio ograničen na regulativu plovidbenosti i zaštitu okoliša, a nakon 2008. godine nadležnosti su bile proširene na operacije, licenciranje pilota i operatore iz trećih zemalja. EASA regulativa o plovidbenosti bespilotnih letjelica temelji se na

²² EU – European Union – Europska Unija.

specifikaciji CS-23²³, dok se za visoko leteće bespilotne letjelice dugog doleta može primijeniti specifikacija CS-25. Budući da trenutno nema razvijenih posebnih specifikacija za certificiranje bespilotnih letjelica, EASA u dokumentu „Policy statement, Airworthiness Certification of Unmanned Aircraft Systems“, u kojem razrađuje politiku plovidbenosti bespilotnih letjelica, navodi kako će specifikacija obuhvaćati i specijalne uvjete sposobnosti oporavka u slučaju nužde, upravljačka i nadzorna veza, razina autonomnosti, sučelje čovjek-stroj, kontrolna stanica, specifičnost predviđenih operacija i prosudba sigurnosti sustava. Navedene specifikacije EASA-e, kada budu završene, neće se odnositi na određene skupine bespilotnih letjelica kao što su vojne i specijalne letjelice te letjelice čija ukupna masa u polijetanju ne prelazi 150 kilograma, jer takve letjelice pripadaju u nadležnost nacionalnih zrakoplovnih vlasti. S obzirom kako nema ljudske posade u zrakoplovu, cilj certificiranja plovidbenosti je primarno usmjeren na zaštitu ljudi i vlasništva na zemlji. Civilne bespilotne letjelice ne smiju povećati rizik za ljude ili vlasništvo na zemlji u odnosu na zrakoplove s ljudskom posadom ekvivalentne kategorije. Standardi plovidbenosti moraju biti tako postavljeni da ne budu manje zahtjevniji od onih koji vrijede za odgovarajuće zrakoplove s ljudskom posadom, niti da kažnjavaju bespilotne letjelice, zahtijevajući usklađivanje s višim standardima samo zato što to tehnologija dopušta. [13]

Standardizacijska tijela NATO saveza ulažu velike napore u razvoju sigurnosnih kodova za certifikaciju plovidbenosti bespilotnih letjelica, što je samo po sebi razumljivo, jer višenacionalna priroda Saveza, te prostorna razmještenost zrakoplovnih potencijala prema područjima gdje se provode vojne operacije diktira potrebu prilagođavanja zrakoplovnoj regulativi, unatoč činjenici kao su vojni zrakoplovi u pravilu izuzeti od potrebe izdavanja certifikata plovidbenosti. Međutim, prema konvencijama ICAO-a, vojnim zrakoplovima je zabranjeno prelijetanje zračnog prostora drugih članica bez njihova specijalnog dopuštenja, pa se iz tog razloga NATO zrakoplovi certificiraju prema EASA ili FAR²⁴ zahtjevima plovidbenosti, kako bi se umanjile teškoće u zrakoplovnim operacijama unutar civilnog zračnog prostora. Najznačajniji doprinos NATO stručnih tijela u smjeru zaobilaženja navedenih problema bila je izrada standardizacijskog dokumenta

²³ CS-23 – Certification Specification for Normal, Utility, Aerobatic and Commuter Category Aeroplanes – Potvrda o specifikacijama za normalne zrakoplove, akrobatske zrakoplove, zrakoplove kratkog doleta i generalno zrakoplovstvo.

²⁴ FAR – Federal Aviation Regulation – Savezni zrakoplovni propisi.

STANAG 4671, kojim se standardiziraju zahtjevi plovidbenosti za sustave na bespilotnim letjelicama. U dokumentu se, između ostalog, pojašnjava i njegova uloga. Ako nacionalne vlasti ovlaštene za izdavanje certifikata plovidbenosti utvrde kako bespilotni zrakoplovni sustav odgovara zahtjevima iz STANAG-a 4671, tada će taj zrakoplovni sustav imati odobrenje za letenje u zračnom prostoru drugih zemalja članica NATO saveza. STANAG zapravo predstavlja prilagođenu inačicu EASA specifikacije CS-23 i odnosi se na zrakoplove s fiksnim krilima ukupne mase u polijetanju između 150 i 20.000 kilograma. Ostale kategorije zrakoplova, kao što su zrakoplovi s rotirajućim krilima ili oni ukupne mase manje od 150 kilograma, NATO će tretirati u drugim iteracijama svojih standardizacijskih dokumenata te će specifikacije za zrakoplove s rotirajućim krilima biti izvedene na temelju EASA specifikacija CS-27. Područja specifikacija plovidbenosti koja tretira STANAG 4671 su letenje, struktura, dizajn i konstrukcija, pogonska grupa, oprema, operacije, upravljačka jedinica i sustav kontrole. [14]

5.2 Obuka i licenciranje operatora

Neovisno o tome u kojoj su mjeri bespilotne letjelice određene stupnjem autonomnosti u letenju, značajna, pa čak i presudan, može biti utjecaj koji na njega ima operator, odnosno pilot. Problematika licenciranja pilota bespilotnih sustava pokazala se mnogo veći problem nego što se isprva očekivalo. Izdavanje dozvola u skladu s člankom 32 Konvencije ICAO-a predstavlja mjeru kontrole koju zemlja registracije ima nad time kome se izdaje dozvola, te pod kojim uvjetima, u svojstvu posade zrakoplova ili djelatnika održavanja zrakoplova koji sudjeluje u međunarodnim operacijama. Problem koji se već u početku nameće jest činjenica kako se operator bespilotne letjelice fizički ne nalazi u zrakoplovu, pa se na njega ne odnosi navedeni članak Konvencije. [12] Također, uvažavajući činjenicu kako je bespilotna letjelica samo dio sustava koji se, pored same zrakoplovne platforme, sastoji i od zemaljskih nadzornih postaja i odgovarajuće komunikacijske arhitekture, licenciranje osoblja mora uvažiti i mogućnost postojanja više okvira specijalnosti.

Obzirom na to kako se u slučaju dužih letova bespilotna letjelica može osloniti na više komunikacijskih releja i zemaljskih upravljačkih stanica, od kojih svaka može operirati u nadležnosti drugih zrakoplovnih vlasti, a potencijalno i pod drugim regulatornim zahtjevima, jasno je koliko će složen biti proces utvrđivanja

sveobuhvatne kompatibilnosti licenciranja sa svim zrakoplovnim propisima koji reguliraju tu problematiku. Međutim, posve je ispravno pretpostaviti kako će polazišna točka za određivanje uvjeta za certificiranje operatora i programa njihove obuke predstavljati svojevrsan ekvivalent onih koji vrijede za pilote ili tehničko osoblje u konvencionalnom zrakoplovstvu. [11]

Operator bespilotne letjelice mora biti u odgovarajućoj mjeri obučen u aeronautičkim znanjima i vještinama, te u operativnom znanju. Međutim, aspekti kao što su razina autonomnosti zrakoplova i profil misije određuju potrebnu razinu stručnog usavršavanja u svakoj pojedinoj kategoriji obučenosti. Istovremeno, nužno je uvažiti i čitav niz drugih specifičnosti kao što su zahtijevani zdravstveni kriteriji, psihomotoričke sposobnosti, letačko iskustvo i interakcija sa službama zrakoplovne navigacije.

Kad se radi o izvođenju civilnih međunarodnih operacija, perspektiva licenciranja se usložnjava u slučaju gdje je registrirani operator bespilotnog sustava iz jedne države, a sam operator ili pilot se nalazi u drugoj državi. Također, u slučaju preleta zrakoplova iz jedne u drugu državu, lokalne zrakoplovne vlasti ne mogu izvršiti neposredan uvid u odgovarajuće dozvole operatora koji se u toj državi fizički ne nalazi, a što je uobičajena praksa u konvencionalnom zrakoplovstvu. [1]

Kod vojnih operacija, situacija je nešto jednostavnija, pogotovo u slučaju operacija unutar zračnog prostora članica NATO saveza. U vez s tim, nužno je napomenuti kako je NATO savez jedina organizacija koja postavlja konkretne zahtjeve za licenciranje, a koji se nalaze u standardizacijskom dokumentu STANAG 4670. U istom dokumentu, u dijelu koji se odnosi na sadržaj zemaljske obuke i kvalifikacije instruktora, NATO savez donosi preporuku o poželjnim područjima stručnog usavršavanja operatore. Ona se odnosi na dizajn zračnog prostora i operativne zahtjeve, procedure i pravila letenja, aerodinamiku i mehaniku leta, zrakoplovne sustave, letačke karakteristike, navigaciju, meteorologiju, komunikacijske procedure i pripremu zadaća. [14]

5.3 Ljudski čimbenici

Kad se radi o certificiranju bespilotnih sustava i operatora te daljnjem tehnološkom razvoju bespilotnih letjelica, vrlo važan element spoznaje o okvirima i prirodi regulatornih zahtjeva jest utjecaj ljudskog čimbenika na ukupni rizik njihove

eksploatacije unutar kontroliranog zračnog prostora. Odgovornost čovjeka prema sigurnom izvršavanju tehnoloških postupaka unutar zrakoplovnih operacija jednaka je neovisno o tome nalazi li se on za vrijeme leta u zrakoplovu ili na zemlji. Zbog svojevrsnoga neposrednog odnosa između operatora i bespilotne letjelice, ostavlja se dojam kako je odgovornost za sigurno izvršenje leta, kad se isključe organizacijski aspekti, podijeljena između letjelice i operatora, dok je kod konvencionalnih zrakoplova ta odgovornost u potpunosti dodijeljena pilotu i posadi. [15]

Dosadašnja iskustva u aktivnostima vezanim uz integraciju bespilotnih letjelica u civilni zračni prostor upućuju na to kako bi najveće regulatorne prepreke mogle biti vezane uz označenu odgovornost, odnosno potrebu da se u svakome trenutku mora jasno znati tko je odgovoran za sigurnost operacije u kojoj sudjeluje bespilotna letjelica. NATO je u frazeologiji nametnuo izraz označeni operator bespilotne letjelice, upravo s ciljem kako bi se na taj način operator, u komunikaciji s odgovarajućim službama kontrole zračnog prometa, pozicionirao kao subjekt koji je odgovoran za zrakoplov koji nadzire. Daljinska svjesnost situacije očituje se u tome kako je operator fizički izoliran od letjelice, te na taj način spoznaju o situaciji u okružju letjelice ili ponašanju same letjelice u letu on određuje na temelju posrednih, sintetičkih podataka. Pilot u konvencionalno zrakoplovu može, u slučaju pojave snažnih dinamičkih opterećenja na zrakoplov, putem kinestatičkih (primanje informacija o položaju i pokretu udova i glave u odnosu na tijelo) i vestibularnih (primanje informacija o položaju glave u odnosu na tijelo i tijela u odnosu na silu težu) osjeta spoznati indikatore izvanrednog događaja i bez kontrole letačkih instrumenata. Vidno polje pilota u konvencionalnom zrakoplovu je u znatnoj mjeri opsežnije i detaljnije od onoga koje stoji na raspolaganju operatoru na zemlji. Kvaliteta vizualne informacije može biti znatno smanjena zbog ograničenja frekvencijskog pojasa i kašnjenja u prijenosu. Takvi specifični oblici uključuju slabu prostornu rezoluciju, ograničeno vidno polje i zakašnjelo osvježenje slike. Takvi uvjeti oslabljuju i kontrolu letjelice i vizualno prepoznavanje prometa u zračnom prostoru. U usporedbi s pilotom konvencionalnog zrakoplova, operator bespilotne letjelice djeluje u relativnoj senzorskoj izoliranosti u odnosu na zrakoplov koji je pod njegovom kontrolom.

Kompozicija i profil zemaljskog nadzornog tima jest aspekt u izučavanju ljudskog faktora koji je usko vezan uz problem jasnog označavanja odgovornog operatora. U postojećim okolnostima, kad je riječ o operacijama vojnih bespilotnih

letjelica, zemaljski tim se sastoji od dva člana, od kojih je jedan zadužen za konstrukciju i položaj letjelice, dok je drugi operator zadužen za senzore na letjelici. Postojeća operatorska sučelja su izvedena iz standarda koji vrijede za upravljačke konzole u kabinama konvencionalnih zrakoplova, pa se postavlja pitanje je li takav angažman optimalan za zemaljske posade. Ispitivanje uzoraka nekoliko zrakoplovnih nesreća vojnih bespilotnih letjelica u području NATO operacije u Afganistanu, pokazalo je kako je podjela zadaća između više operatora u određenoj mjeri doprinijela pojavi nesreće. [14]

Potrebna su detaljna istraživanja kako bi se spoznalo kakva je kompozicija zemaljskog tima potrebna za odgovarajući tip zrakoplovne misije, a pored toga i na koji način će članovi tima međusobno komunicirati kako njihova interakcija ne bi posljedično predstavljala incidentni čimbenik u izvršenju misije.

Potrebno je odrediti u kojoj mjeri operatorsko sučelje može biti optimizirano i automatizirano na način da je dovoljan samo jedan operator koji će upravljati svim tehnološkim segmentima operacija bespilotnih letjelica. određena istraživanja su pokazala da, uz određeni tehnološki pomak u razini autonomnosti bespilotnih letjelica, jedan operator posjeduje dovoljnu razinu kognitivnih sposobnosti za upravljanje s više bespilotnih letjelica u istom trenutku. [13]

5.4 Aerodromi

U ovom trenutku većina operacija polijetanja i slijetanja bespilotnih letjelica izvodi se na posebnim uzletno-sletnim stazama i vojnim aerodromima te na posebno prilagođenim platformama. Međutim, predviđeni trendovi integracije bespilotnih letjelica u civilni zračni promet podrazumijeva i uporabu civilnih aerodromskih manevarskih površina. Pri tome se pretpostavlja kako u toj fazi tehnološkog procesa neće biti posebnih ograničenja, odnosno kako će bespilotne letjelice imati potpuno ravnopravan tretman u procedurama i redosljedu korištenja rulnih staza, stajanke i uzletno-sletne staze.

Sigurnosna regulativa za aerodromske površine izvodi se na temelju odredbi Konvencije ICAO-a u Annexu 14. [12] U Europi je od strane 14 zemalja uspostavljena posebna Grupa regulatora za aerodromsku sigurnost, GASR²⁵, koja na dobrovoljnoj bazi razvija usklađene sigurnosne regulativne standarde za aerodrome i

²⁵ GASR – Group of Airport Safety Regulators – Regulatorna skupina za aerodromsku sigurnost.

sredstva za prihvat i otpremu zrakoplova. Agencija za civilni promet Ujedinjenog Kraljevstva je jedna od prvih nacionalnih regulatornih vlasti koja je odredila neke okvire budućih operacija. Nositelj aerodromske licence je dužan pokazati na koji način će sigurnost onih zrakoplova koji zahtijevaju upotrebu licenciranog aerodroma biti osigurana kada su na tom aerodromu dozvoljene operacije bespilotnih letjelica. Operacije bespilotnih letjelica na licenciranom aerodromu će se provoditi u skladu s zahtjevima upravljanja sigurnošću na način na koji su on uređeni u Aerodromskom priručniku, koji čini bazični element sustava aerodromskog upravljanja sigurnošću, sadržava politiku sigurnosti, odgovornosti i procedure, kako bi se olakšale sigurne provedbe aerodromskih operacija.

U završnom izvješću Koncepta europske regulative za bespilotne letjelice, koje je izdalo združeno tijelo JAA²⁶/EUROCONTROL, ne obrađuje se detaljno problematika aerodromskih operacija. Navodi se jedan važan segment aspekta sigurnosti u toj domeni kojemu će biti nužno posvetiti poseban obzir. Potrebno istražiti tehničke i sigurnosne mehanizme koji će spriječiti nedozvoljeni izlazak na uzletno-sletnu stazu. Oni se u konvencionalnom zrakoplovstvu prosječno događaju jednom u tri dana, zbog čega se u Europi dogodi nedopustiva razina rizika od sudara na uzletno-sletnoj stazi jednom u dva mjeseca. Budući da u bespilotnim letjelicama nije fizički prisutna posada, ne postoji mogućnost prepoznavanja i reakcije na vizualni crveni signal, a sama letjelica na sebi nema odgovarajućih tehničkih rješenja koji bi to učinili umjesto pilota. [13]

5.5 Zemaljske nadzorne postaje

Prilikom izvođenja operacija bespilotnim letjelicama, zemaljske nadzorne postaje važan su element bespilotnih sustava, pa zahtijevaju regulatorni tretman kao i svi ostali sigurnosno-kritični elementi zrakoplovnog sustava.

Tradicionalne operativne pozicije za konvencionalno zrakoplovstvo ograničene su na okruženje koje uključuje jednu pilotsku kabinu, a nazočnost posade unutar zrakoplovne platforme ima integralnu ulogu u ukupnom certificiranju zrakoplova i razvoju letačkih procedura. Prilikom uklanjanja okruženja pilotske kabine iz zrakoplova, dolazi do kompleksnosti u interakcijama između udaljene posade i njihovih operativnih pozicija unutar zrakoplova. Stoga je u određenoj mjeri

²⁶ JAA – Joint Aviation Authorities – Združene zrakoplovne vlasti.

potrebno izmijeniti procedure u letenju, kako bi se prilagodile opisanom scenariju. [11]

Plovidbenost i kodovi za certificiranje zahtijevaju od konvencionalnih zrakoplova osiguranje redundantne konfiguracije, dok dostizanje slične razine redundancije za bespilotne letjelice uključuje samu letjelicu, zemaljsku nadzornu postaju i pripadajuće veze za upravljanje i nadzor. Za bespilotni zrakoplovni sustav svi ti elementi mogu tražiti jednaku razinu redundancije kao i zrakoplovi s ljudskom posadom, dok potporni podsustavi, kao što su snimači leta, zahtijevaju sličnu ili višu razinu redundancije, pa njima moraju biti opremljeni i zemaljska nadzorna postaja i bespilotna letjelica. [8]

Standardizacijska tijela NATO saveza izradila su dokument STANAG 4586, u kojem se pobliže opisuju standardi za operacijska sučelja i druge elemente zemaljskih nadzornih stanica, na način da oni budu što je više moguće operabilni s različitim tipovima bespilotnih platformi i komunikacijskih veza, koje služe za prijenos podataka, ne samo između bespilotne letjelice i nadzorne postaje, već i između nadzorne postaje i odgovarajućih službi za zrakoplovnu navigaciju. [14]

5.6 Komunikacije i veze

Komunikacija između službi kontrole zračne plovidbe i zemaljskog operatora koji je odgovoran za let bespilotne letjelice treba odgovarati standardima i protokolima koji vrijede za zrakoplove s ljudskom posadom. Očiti problem koji se pritom nameće jest taj što operator, osim što ostvaruje neposrednu komunikaciju s kontrolom zračne plovidbe i što je dužan reagirati na zadane instrukcije, istovremeno mora imati i uspostavljen komunikacijski kanal letjelicom, što je preduvjet koji treba ispuniti kako bi pilot bio potpuno svjestan situacije u zraku.

Pilot koji se nalazi u zrakoplovu prati analognu razmjenu informacija između kontrole zračne plovidbe i ostalih zrakoplova u svom okruženju, što značajno doprinosi u postizanju svijesti o situaciji u zraku i namjerama ostalih sudionika u prometu. Međutim, operator bespilotne letjelice nema uvijek takvu mogućnost, pa u postojećem ATM okruženju, koje tek treba evoluirati na mrežno ustrojeni sustav, posjeduje ograničenu sliku situacije u zraku. [12]

Potrebno je razmotriti i sigurnosne standarde za više komunikacijskih kanala koji su potrebni za odgovarajuće obavljanje misija bespilotnih letjelica, jer osim što

operator ostvaruje komunikaciju sa svojom letjelicom, on istovremeno mora ostvarivati i glasovnu i podatkovnu komunikaciju sa službama kontrole zračnog prometa. Stoga je potrebno pronaći način kako bi ta komunikacijska mreža trebala biti ustrojena.

Jedno rješenje je da bespilotna letjelica služi kao relej za komunikaciju s kontrolom zračne plovidbe, a sva se komunikacija odvija preko VHF²⁷ pojasa, dok je za veće zrakoplove i veće operativne dolete standardna i satelitska komunikacija. Ovaj način komunikacije je jednostavno rješenje, no implicira značajna pitanja u kontekstu sigurnosti i izvanrednih procedura u slučaju gubitka veze, koja bi istovremeno onemogućila rad letjelice, zemaljske nadzorne postaje i službe kontrole zračnog prometa.

Drugo rješenje počiva na mogućnosti da se komunikacija ostvaruje preko VHF pojasa između zemaljske nadzorne postaje i letjelice, dok se komunikacija sa službama kontrole letenja uspostavlja neposredno, što je sigurniji, ali i značajno složeniji način koji zahtijeva preduvjet da sve cjeline kontrole zračnog prometa imaju mogućnost uspostavljanja takvih komunikacijskih ustroja. Neovisno o načinu provođenja zrakoplovnih komunikacijska za bespilotne letjelice i ustroju komunikacijskih kanala između zemaljskih nadzornih postaja, bespilotnih letjelica i kontrole zračne plovidbe, oni će zasigurno biti uvjetovani okolnostima koje će donijeti modernizacija postojećeg okruženja u mrežno orijentirani sustav. [11]

5.7 Sigurno korištenje bespilotnih letjelica

Neke od ključnih tehnologija potrebnih za sigurnu integraciju bespilotnih letjelica još nisu dostupne. Napori na istraživanju i razvoju usredotočit će se na provjeravanje tih tehnologija. Istraživanja i razvoj provode se u okviru niza istraživačkih programa, kojima upravljaju različite organizacije, uključujući Europsku komisiju, EUROCONTROL, EDA-u i ESA²⁸-u.

Tehnologije koje je potrebno razvijati i provjeravati su zapovijedanje i nadzor, uključujući dodjelu spektra i upravljanje, tehnologije za otkrivanje i izbjegavanje, sigurnosna zaštita od fizičkih, elektroničkih i kibernetičkih napada, jasne i usklađene procedure za izvanredne situacije, sposobnost donošenja odluka kako bi se osiguralo

²⁷ VHF – Very High Frequency – radijski valovi vrlo visokih frekvencija.

²⁸ ESA – European Space Agency – Europska svemirska agencija.

standardizirano i predvidivo ponašanje u svim fazama leta i pitanja koja uključuju ljudski faktor. [13]

5.7.1 Jamčenje sigurnosti pri izvođenju operacija bespilotnim letjelicama

Budući da je civilno zrakoplovstvo dostupno velikom broju ljudi, javlja se problem donošenja učinkovite regulative koja bi istovremeno mogla jamčiti sigurnost i jednostavnost odvijanja operacija.

Veliki problem kod bespilotnih letjelica očituje se u tome što pilot nije fizički prisutan u samoj letjelici, pa postoji mogućnost konstruiranja vlastite bespilotne letjelice ili kupnje iste, te njezinog korištenja u protupravne svrhe. Stoga je nužno donijeti propise koji će strogo i jednoznačno definirati uvjete dobivanja licence za upravljanje bespilotnom letjelicom, kako bi se olakšao rad službama koje sudjeluju u nadzoru zračnog prometa, poput službi kontrole zračnog prometa, Ministarstva obrane i Agencije za civilno zrakoplovstvo. [7]

Regulativa treba biti ustrojena na takav način da neće kočiti razvoj tržišta bespilotnih letjelica sa sigurnosnim ograničenjima. Jedna od mogućnosti je i uspostavljanje dopuštenih i nedopuštenih zona letenja u zračnom prostoru. U nedopuštenim zonama provodila bi se zabrana leta iznad gradova i određenih područja od taktičkog značaja ispod određene visine leta. Ograničila bi se i upotreba određene elektronske opreme na samim letjelicama, kako bi se spriječila zloupotreba za privatan nadzor, uhođenje i provođenje kaznenih djela.

Prilikom izvođenja operacija globalnim sustavima bespilotnih letjelica mogu se javiti četiri skupine nastanka mogućih problema sigurnosti, a to su fizički problemi, problemi podatkovne veze i problemi vezani uz podatkovnu mrežu te programski problemi.

Fizički problemi očituju se u otmici upravljačke jedinice i manipulacije samom letjelicom prije leta, te je stoga potrebno osigurati okolinu zemaljske nadzorne postaje i pristupe terminalima.

Preko komunikacijske ili podatkovne veze operator daje naredbe koje se šalju u terminal na bespilotnoj letjelici koja putem elektromotora upravlja manevarskim površinama. Pritom postoji mogućnost ometanja veze ili preuzimanja kontrole letjelice. Stoga je važno konstruirati takve sustave koji bi sa prvim znakovima preuzimanja kontrole letjelice isključili daljinsko upravljanje i prema određenoj

proceduri vratili letjelicu na početni kurs. Međutim, gubitak veze između letjelice i zemaljske nadzorne postaje može biti slučajan, dakle nije posljedica protupravnih radnji, te nužno ne predstavlja potencijalnu opasnost trećim osobama na zemlji, pa je potrebno definirati procedure u slučaju opasnosti i prilagoditi sustave bespilotnih letjelica koji sprječavaju pad ili sudar.

Ukoliko se provodi operacija bespilotnom letjelicom dugog doleta, komunikacija kontrole zračne plovidbe i operatora bespilotne letjelice odvija se na velikim udaljenostima. Jedan od načina ostvarivanja takve komunikacije je putem podatkovne mreže, gdje svi korisnici imaju jednak pristup podacima. Potrebno je kreirati sigurnosne sustave koji bi štitili podatke u mreži i razviti minimalne sigurnosne standarde, algoritme za sigurnosnu zaštitu, razine pristupa podacima i redosljed opsluživanja bespilotnih letjelica, primjerice po veličini, masi, svrsi i zalihama goriva bespilotne letjelice. Prednosti ovakvog načina komunikacije očitovale bi se u jednostavnosti komunikacije, brzini prijenosa podataka i stvaranja okruženja u kojem kontrolor zračne plovidbe komunicira s bespilotnom letjelicom i operatorom na udaljenom položaju.

Problemima sigurnosti programskog sustava, koji se odnose na neovlašteno korištenje, kvar sustava i nepotpuno funkcioniranje sustava, podjednako su izloženi i zemaljska nadzorna postaja i bespilotna letjelica. potrebno je definirati programske sustave koji se ugrađuju na letjelicu, kako bi u slučaju nepravilnog rada sustava iz bilo kojeg razloga letjelica održala u zraku i spriječio njezin pad. Neposredno prije polijetanja bespilotne letjelice na računalo u letjelici upisuju se podaci vezani uz misiju koju letjelica obavlja, a upravo u tom trenutku je operativni sustav najranjiviji, jer postoji mogućnost provlačenja računalnih virusa koji mogu onesposobiti cijeli sustav ili onemogućiti izvođenje određenih funkcija, pa je potrebno odrediti mjere zaštite prilikom takvih radnji i razviti sigurnosne procedure za takve kritične situacije.

[13]

5.7.2 Zaštita temeljnih prava građana

Uporaba bespilotnih letjelica ne smije dovesti do kršenja temeljnih prava, uključujući poštovanje prava na privatni i obiteljski život, ta zaštitu osobnih podataka.

U širokom rasponu mogućih primjena civilnih bespilotnih letjelica, određeni broj može uključivati prikupljane osobnih podataka te pokrenuti etička pitanja, pitanja

privatnosti i zaštite podataka, posebice u području nadzora, praćenja i snimanja. Korisnici bespilotnih letjelica trebat će se držati važećih propisa o zaštiti podataka, posebno onih koji su utvrđeni u nacionalnim mjerama. One se temelje na „Direktivi o zaštiti pojedinaca u vezi s obradom osobnih podataka i o slobodnom protoku takvih podataka“ i „Okvirnoj odluci o zaštiti osobnih podataka koji se obrađuju u okviru policijske i pravosudne suradnje u kaznenim stvarima“. Rizici koji se pri tome javljaju odnose se na upotrebu opreme za nadzor, jer se bilo kakva obrada osobnih podataka mora temeljiti na legitimnoj osnovi.

Slijedom toga, otvaranje zrakoplovnog tržišta bespilotnim letjelicama trebat će uključivati procjenu mjera koje su neophodne kako bi se osiguralo poštivanje temeljnih prava i zaštita podataka, te zahtjevi za privatnost. Stanje zaštite privatnosti morat će biti pod stalim nadzorom nadležnih tijela, uključujući i državna tijela za zaštitu podataka. [10]

5.7.3 Jamstva za štetu nanесenu trećim osobama

Čak i s najvišim sigurnosnim standardima, nesreće se mogu dogoditi, i žrtvama treba osigurati naknadu za ozljede ili štete, a to podrazumijeva da oni koji su odgovorni budu lako identificirani, i da su u mogućnosti podmiriti svoje financijske obaveze. Sadašnji režim osiguranja odgovornosti za štetu nanесenu trećim osobama uspostavljen je za zrakoplove s ljudskom posadom, a masa od 500 kilograma naviše određuje minimalni iznos osiguranja. Komisija će ocijeniti potrebe za izmjenom postojećih pravila radi posebnosti bespilotnih letjelica, od kojih su mnoge lakše od sadašnjeg limita od 500 kilograma, i način promicanja učinkovitog tržišta osiguranja u kojem bi premije bile razmjerne stvarnom financijskom riziku koji je procijenjen na osnovi dosadašnjih nesreća i prijavljenih šteta. [10]

5.8 Bespilotni zrakoplovni sustavi u zračnom prostoru

U zračnom prostoru moguće je obavljanje velikog broja različitih vrsta operacija bespilotnim letjelicama. Civilne operacije koje se najčešće provode su zračno fotografiranje i snimanje video materijala, nadzor vjetroelektrana, hitno djelovanje za vrijeme prirodnih katastrofa i operacije protupožarstva, te nadzor cjevovoda i dalekovoda. Za pravilno provođenje takvih operacija važno je definirati

sigurnosne propise, zaštitne postupke, odgovornosti, rizike, ali je potrebno voditi računa i o privatnosti građana, zaštiti podataka i javnom prihvaćanju uporabe bespilotnih zrakoplovnih sustava u takve namjene. [9]

5.8.1 Zračno fotografiranje i snimanje video sadržaja

Uporaba bespilotnih zrakoplovnih sustava omogućuje različite mogućnosti u izradi zračnih fotografija i snimanju video sadržaja. Ovi sadržaji su vrlo učinkoviti u sprečavanju kriminalnih aktivnosti i terorističkih napada. Snimanje iz zraka povećava razinu sigurnosti zahvaljujući praćenju zračnih i pomorskih luka, željezničkih i autobusnih kolodvora, nuklearnih postrojenja i mjesta okupljanja velikog broja ljudi. Video sadržaj koji se prenosi u realnom vremenu policija koristi za praćenje cestovnog i željezničkog prometa te praćenje državnih granica. Najveća pogodnost zračnog snimanja je civilna zaštita stanovništva, jer je moguće pratiti i predvidjeti razne kritične situacije pomoću fotografija video sadržaja koji se prenose u realnom vremenu. Dakle, obavljanje zadaća zračnog snimanja potrebno je koristiti zrakoplove s posadom koji lete vrlo nisko i u neposrednoj blizini prepreka. Upotrebom bespilotnih zrakoplovnih sustava moguće je neutralizirati opasnosti koje prijete prilikom takvih operacija. Pomoću bespilotnih zrakoplovnih sustava moguće je snimiti fotografije i video sadržaje koje nije moguće snimiti konvencionalnim metodama, kao što su kamere na dizalicama ili kamere na helikopterima. Najznačajnije prednosti zračnog fotografiranja i snimanja video sadržaja bespilotnim zrakoplovnim sustavima u odnosu na konvencionalne načine praćenja očituju se u nadzoru industrijskih postrojenja, nekretnina, snimanju teško dostupnih mjesta i procjena štete.

Bespilotni zrakoplovni sustavi za zračno snimanje ne nose koristan teret, osim profesionalnih senzora malenih dimenzija koji smanjuju troškove samog snimanja video sadržaja i izrade fotografije, a omogućuju kvalitetnu i brzu izradu fotografija i video sadržaja. Samo snimanje zračnih fotografija pomoću senzora na bespilotnim zrakoplovnim sustavima izvodi se vrlo jednostavno, pa nije potrebna, uz ljudsku posadu koja bi upravljala konvencionalnim zrakoplovom ili helikopterom, još i posada koja bi bila zadužena za snimanje fotografija različitim mehaničkim uređajima. Upravo zbog tih prednosti zračno fotografiranje i snimanje video sadržaja

visoko letećim bespilotnim letjelicama duge istrajnosti i srednje letećim bespilotnim letjelicama duge istrajnosti može zamijeniti satelitske sustave nadzora.

Zračno fotografiranje i snimanje video sadržaja moguće je podijeliti u dvije kategorije, a to su komercijalne operacije, koje obuhvaćaju televizijska snimanja i izradu reklamnih materijala, te vladine operacije, koje obuhvaćaju javne usluge, inspekcijske nadzore i policijske operacije. Učinci operacija zračnog fotografiranja i snimanja video sadržaja u komercijalne svrhe dostupni su široj javnosti kroz distribucijske kanale filmske industrije i digitalne navigacijske aplikacije. Podizanjem javne svijesti i primjenom različitih tehnologija u svakodnevnom životu takvi se sadržaji sve više upotrebljavaju. Prilikom operacije koje se izvode bespilotnim zrakoplovnim sustavima u neposrednoj blizini naselja, važno je osigurati dovoljnu razinu sigurnosti kako ne bi došlo do nesreća prilikom izvođenja zadaća snimanja. Česte nezgode prilikom izvođenja zračnog snimanja u komercijalne svrhe ne mogu biti opravdane, dok se nezgode prilikom zračnih snimanja koje donose pogodnosti za cjelokupno stanovništvo mogu biti tolerirane ukoliko su posljedice samo materijalne. Osim nezgoda, javlja se i problem zaštite privatnosti stanovništva. Privatnost i zaštita podataka regulirani su uobičajenim komercijalnim pravilima. Organizacija koja financira zračno snimanje posjeduje autorska prava na svoj snimljeni materijal, ali ukoliko daljnja uporaba ugrožava prava pojedinca ili određene skupine te narušava ugled, fotografije se ne smiju koristiti u komercijalne svrhe. To je regulirano zakonskim propisima koji su nastali na temelju povreda prava privatnosti iz raznih usluga satelitskog promatranja. Stoga nije potrebno ponovno donositi zakone, već samo regulirati postojeće. Problemi odgovornost i automatizacije obveza rješavaju se na temelju načela koja vrijede i u konvencionalnim slučajevima. Izrada zračnih fotografija daje detaljan uvid u privatnu imovinu, pa sama etika nije dovoljna kako bi se onemogućila upotreba takvih fotografija bez dodatnih preinaka na njima kako bi se zaštitili pojedinci i njihova privatnost. Odgovornost je, dakle, na privatnim organizacijama koja provode zračno fotografiranje i snimanje. Rizici prilikom uporabe bespilotnih zrakoplovnih sustava za namjene zračnog fotografiranja snimanja nisu veliki, ukoliko se misije provode na odgovarajući sigurnosni način, iako uvijek postoji opasnost od pogreške prilikom upravljanja i mehaničkog kvara na samoj letjelici. Operacije se mogu izvoditi u izoliranom radnom okruženju ili otvorenom prostoru, a rizici se mogu ublažiti provođenjem stroge sigurnosne politike. Javno prihvaćanje zračnog fotografiranja i snimanja video sadržaja bespilotnim

zrakoplovnim sustava u policijske i javne svrhe često je negativno. Međutim, neke policijske operacije, poput traganja i spašavanja te oslobađanja ljudi iz zatočeništva imaju pozitivan učinak na javno mišljenje. Stvarni učinak ovisi o konkretnim aktivnostima i priopćenju dobivenih rezultata javnosti. To dovodi do povećanja pozitivne percepcije korištenja bespilotnih zrakoplovnih sustava i naklonosti prema uporabi tehnologija koje mogu donijeti dobrobit cjelokupnoj javnosti. Kao i kod komercijalnih operacija zračnog fotografiranja i snimanja, naglasak je na privatnosti i zaštiti podataka. Postojeći propisi koji se odnose na zaštitu privatnosti moraju se poštivati i prilikom prijenosa podataka iz bespilotne letjelice na operatora i osoblje koje analizira fotografije i video sadržaj, te je potrebno zabraniti pristup materijalu neovlaštenim osobama. Većina državnih i javnih vlasti su osigurane, pa stoga pitanja odgovornosti su manje važna nego je to slučaj sa komercijalnim operatorima. Svaki incidentni događaj koji je posljedica greške unutar automatiziranog sustava mora biti obrađen na isti način kao da se radi o incidentu koji je posljedica ljudske pogreške. Rizici koji se javljaju prilikom korištenja zračnog fotografiranja i snimanja u javne svrhe isti su kao i oni kod korištenja u privatne svrhe. Međutim, javnost može biti manje tolerantna na rizike koje nameću vladine službe, što može neutralizirati pozitivne učinke zračnog fotografiranja i snimanja.

Ekonomski učinci zračnog fotografiranja i snimanja video sadržaja očituju se u uštedama prilikom provođenja nadzora državnih granica. Umjesto implementacije konvencionalnih zrakoplova i helikoptera sa ljudskom posadom i obalne straže s posadom za nadzor morskih granica upotrebljuju se bespilotni zrakoplovni sustavi. Oni omogućuju znatnu uštedu novčanih sredstava i otklanjaju rizike i opasnosti za ljudsku posadu u slučaju incidentnog događaja bilo koje vrste. Korištenje obalne straže s ljudskom posadom predstavlja rizike za posadu tijekom nepovoljnih meteoroloških uvjeta. [9]

5.8.2 Nadzor vjetroelektrana

Generiranje energije vjetra posljednjih nekoliko godina doživljava procvat. Godine 2009. svjetski kapaciteti vjetroelektrana porasli su za 31%, dok je globalno tržište zabilježilo ulaganja u instalaciju turbina u visini od 63 milijarde američkih dolara. Najveće proizvodnja električne energije odvija se na području Europe, gdje je

2011. godine proizvedeno 96.606 MW²⁹ energije. Vjetroturbine su kapitalne investicije koje zahtijevaju pravilan rad i održavanje kako bi se izbjegli neočekivani prekidi proizvodnje uzrokovani kvarovima i skupi popravci na opremi. Budući da su vjetroturbine složeni stroj koji funkcionira u kompleksnom okruženju, potrebni su znanja i elementi iz različitih grana znanosti, poput aeronautike, strojarstva, hidraulike, informatike, robotike i građevine kako bi sustav mogao funkcionirati. Najznačajniji dijelovi vjetroturbine koji se sa posebnom pozornošću trebaju pažljivo pratiti pomoću programa održavanja i redovitih pregleda su mjenjačka kutija, generator i lopatice rotora. Ukoliko dođe do kvara na jednom od tih glavnih komponenti sustava, cijeli sustav prestaje s radom, što dovodi do financijskih gubitaka. Stoga vjetroturbina mora biti učinkovito i redovito kontrolirana čestim inspekcijskim nadzorima kako bi se zaštitili materijali i očuvao kontinuitet proizvodnje, odnosno koliko je moguće smanjila vremenska razdoblja kada se obavljaju radovi redovitog održavanja, popravaka i zamjena dijelova. Prilikom pojedinih provjera, kao što je provjera mjenjačke kutije, potrebna je prisutnost tehničara održavanja. Međutim, pregled lopatica, analize strukture pukotina ili stupanj korozije mogu se otkriti i nadzirati pomoću malih bespilotnih zrakoplovnih sustava koji bi letjeli oko vjetroelektrane te prikupljali podatke na temelju različitih senzora. U Sjedinjenim Američkim Državama već postoje registrirane komercijalne tvrtke koje nude usluge ispitivanja vjetroturbina pomoću malih daljinski upravljanih helikoptera. Dakle, već postoji komercijalni aspekt nadzora postrojenja za dobivanje električne energije iz energije vjetra, ali takav nadzor ipak nije potpun. Da bi se nadzor mogao u potpunosti obaviti, čovjek se fizički treba popeti na jarbol, što je iznimno skup i iz sigurnosnog aspekta opasan pothvat. Dakle, potrebno je obaviti nadzor bez nepotrebnog ljudskog izlaganja riziku, a da pri tome nadzor bude potpun i siguran, kako bi vjetroturbine bile učinkovite. Korištenje bespilotnih zrakoplovnih sustava u svrhu nadzora vjetroturbina je ekonomski isplativo i lako primjenjivo. Sigurnosni aspekt cjelokupnog nadzora vjetroturbina nije upitan, jer bespilotni zrakoplovni sustavi lete samo u neposrednoj blizini vjetroturbina, dakle daleko od naseljenih područja i korisnika kontroliranog zračnog prostora. Ukoliko se dogodi nezgoda, ona neće imati veliki utjecaj na društvo. Zaštita bespilotnih zrakoplovnih sustava ne predstavlja problem, jer takvi sustavi ne nose skupocjene korisne terete koji bi mogli

²⁹ MW – Megavat: jedinica snage električne struje (1MW = 10⁶ W = 1,000.000 W).

privući pljačkaše i otmičare te ne predstavljaju atraktivne ciljeve terorističkim skupinama. Budući da bespilotni zrakoplovni sustavi za nadzor vjetroelektrana operiraju na uskom području, ne postoji potreba za zaštitom privatnosti niti za civilnom zaštitom stanovništva.

Pojavom vjetroelektrana, kao jednog od glavnih izvora za proizvodnju električne energije, raste potražnja za alternativnim načinima nadzora takvih postrojenja. Za vrijeme tradicionalnih inspekcijskih nadzora koji se provode od strane licenciranih tehničara dolazi do smanjenja ili čak potpunog prekida proizvodnje električne energije. Ujedno su i takvi nadzori skupi, iziskuju brojno ljudsku i tehničku podršku te postoji određeni sigurnosni rizik prilikom rada tehničara na velikoj visini. Budući da su vjetroelektrane smještene na područjima koja su poprilično udaljena od naseljenih mjesta, za rutinske vizualne preglede moguće je koristiti bespilotne zrakoplovne sustave bez da se postavljaju pitanja o sigurnosti stanovništva. Takav nadzor osigurava pouzdan i neprekidan način proizvodnje električne energije, jer nije potrebno obustaviti proizvodnju i izlagati tehničko osoblje sigurnosnom riziku. Nadzor vjetroelektrana koje su smještene na plutajućim platformama na otvorenim morima također je puno jednostavnije i sigurnije obaviti bespilotnim zrakoplovnim sustavima, nego prevoziti tehničare brodovima ili helikopterima na takva udaljena mjesta. Na područja u kojima se nalaze vjetroelektrane nije dozvoljen ulazak neovlaštenim osobama, pa nadzor bespilotnim zrakoplovnim sustavima ne narušava privatnost. Zaštita podataka također ne predstavlja veliki izazov, jer prikupljeni podaci ne pridonose ničijoj vrijednosti ili važnosti, osim operatoru vjetroelektrane. Obzirom da senzori koji se koriste za nadzor vjetroelektrane nužno ne trebaju biti optički, već mogu biti, zavisno o vrsti pregleda, infracrveni ili akustični, pitanje zaštite podataka se u potpunosti isključuje. Važno je odrediti načela odgovornosti prije uvođenja bespilotnih zrakoplovnih sustava za nadzor vjetroelektrana, kako bi se mogla namiriti moguća šteta nastala sudaranjem bespilotne letjelice i vjetroelektrane. Ukoliko je operator vjetroelektrane ujedno i vlasnik bespilotnog nadzornog sustava, tada nisu potrebna dodatna sigurnosna jamstva prilikom provođenja nadzora. Za vrijeme provođenja nadzora vjetroelektrane, rizici su usko povezani sa odgovornošću. Jedini rizik koji nadmašuje pogodnosti korištenja bespilotnog zrakoplovnog sustava jest rizik sudara između vjetroturbine i bespilotne letjelice, što neminovno dovodi do prekida u radu vjetroelektrane.

Korištenje bespilotnih zrakoplovnih sustava za nadzor vjetroelektrana je poprilično ograničeno, jer još uvijek, iako broj vjetroelektrana u svijetu raste, ne postoji mnogo takvih postrojenja. Odluka o korištenju bespilotnih zrakoplovnih sustava donosi se na temelju tehničkih i ekonomskih karakteristika cjelokupnog sustava, te analize troškova i koristi. Ukoliko se operatori vjetroelektrana odluče za nadzor bespilotnim zrakoplovnim sustavima, oni će analizirati isplati li im se više investirati u vlastitu flotu ili pak koristiti usluge tvrtki specijaliziranih za provođenje takve vrste nadzora. Samo korištenje bespilotnog zrakoplovnog sustava u proizvodnji električne energije podiže razinu svijesti o prednostima takvih sustava. [9]

5.8.3 Djelovanje u prirodnim katastrofama i protupožarstvu

Taktičke bespilotne letjelice mogu se koristiti u situacijama koje zahtijevaju procjenu šteta nastalu prirodnim katastrofama kada korištenje konvencionalnih zrakoplova za zračno fotografiranje i snimanje nije sigurno. Budući da sustavi civilne zaštite i protupožarnog djelovanja svoje operacije obavljaju uglavnom na niskim nadmorskim visinama i u naseljenim područjima, uporaba bespilotnih zrakoplovnih sustava omogućuje operacije u opasnim zonama kako bi se procijenila nastala šteta i pružila interventna i logistička pomoć bez opasnosti za posadu konvencionalnog zrakoplova ili helikoptera. Mikro bespilotne letjelice mogu letjeti unutar nuklearno zagađenih zona i prikupljati radioaktivni materijal i uzorke zagađenog zraka. Japanske vlasti koristile su takve letjelice za prikupljanje uzoraka u radioaktivnom oblaku iznad grada Fukushime 2011. godine, dok su na Filipinima 2004. godine korištene bespilotne letjelice za nadzor područja pogođenog razornim plimnim valom. Bespilotni zrakoplovni sustavi koriste se i u borbi protiv požara na teško dostupnim mjestima ili u neboderima, u istragama nakon gašenja požara, za nadzor opožarenih mjesta, za nadzor kemijskih oblaka, zagađenja nastalih emisijom štetnih plinova iz automobila i traganjem za osobama na teško dostupnim mjestima. Za vrijeme poplava, potresa i kemijskih zagađenja uporaba bespilotnih zrakoplovnih sustava omogućuje detaljan uvid u postojeće stanje na samom području pogođenom prirodnom katastrofom, te je dalje puno lakše i jednostavnije upravljati akcijama spašavanja unesrećenih. Na području Europe godišnje izbija oko 70.000 šumskih požara. Gospodarske štete procjenjuju se na oko 1,5 milijardi eura godišnje. Šumski požari uništavaju životinjska staništa, čine velike štete na okoliš, olakšavaju širenja

epidemija i raznih bolesti, razaraju tla te mijenjaju kvalitetu podzemnih i nadzemnih voda. Štetni dimovi i plinovi koji se oslobađaju za vrijeme požara pospješuju bolesti očiju, dišnih putova i nadražuju grlo. Neprekidno praćenje područja na kojima je prisutan veliki rizik od požara, posebice za vrijeme ljetnih mjeseci, ukoliko požar iznenadno izbije, omogućuje brzu intervenciju vatrogasaca, što omogućuje zaštitu životinjskih staništa, naselja i infrastrukture. Stoga su bespilotni zrakoplovni sustavi prepoznati kao moćno sredstvo logističke podrške za vrijeme kriznih situacija. Napredak širokopojasne komunikacije omogućuje prijenos slike i zvuka sa bespilotne letjelice koja nadzire područje pogođeno prirodnom katastrofom u centar civilne zaštite i vatrogastva. Usavršavanje nove generacije senzora za snimanje i tehnika u obradi fotografskog i video materijala ubrzava i pospješuje donošenje odluka u kriznim situacijama, jer se omogućuje izravan uvid u situaciju na terenu. Toplinski senzori na bespilotnim letjelicama omogućuju jednostavno i brzo otkrivanje požara, a korisni su i u akcijama traganja i spašavanja. Ukoliko se za nadgledanje opožarenog područja koriste zrakoplovi s ljudskom posadom, dolazi do povećanog sigurnosnog rizika, jer zrakoplovi lete jako nisko, blizu prepreka i izloženi su visokim temperaturama i smanjenoj vidljivosti zbog dima. Stoga je za nadgledanje takvih područja sigurnije koristiti bespilotne zrakoplovne sustave, jer se posada direktno ne izlaže opasnostima koje prijete u takvom okruženju.

Djelovanjem bespilotnih zrakoplovnih sustava u prirodnim katastrofama i protupožarstvu pruža se osnovna pomoć na unesrećenom području, ali se, uz snimanje fotografija i video materijala kako bi se dobio uvid u stvarno stanje u vrlo kratkom vremenskom periodu, može i isporučiti stvarna usluga, poput gašenja požara, dostava hrane i opreme i slično. To omogućuje dodjeljivanje sredstava na odgovarajući način, što je vrlo bitno za hitne intervencije, što dovodi do kvalitetnijeg pružanja osnovne pomoći unesrećenima i njihovo sigurno spašavanje. Bilo da se bespilotni zrakoplovni sustavi koriste za spašavanje ljudskih života i imovine ili pak otkrivanje izvora potencijalnih kemijskih, nuklearnih ili bioloških zagađenja, njihova uporaba djeluje pozitivno na ljudsku populaciju. To proizlazi iz činjenice da je moguće brzo i kvalitetno intervenirati bez nepotrebnog izlaganja zdravlja i života spasitelja opasnostima koja prijete na takvim područjima. Ekonomska isplativost uporabe bespilotnih zrakoplovnih sustava za djelovanje u prirodnim katastrofama i protupožarstvu očituje se u smanjenju troškova letačkih operativa. Sigurnost stanovništva uporabom bespilotnih letjelica na područjima pogođenim prirodnim

katastrofama nije dodatno narušena, jer je stanovništvo već evakuirano. Stoga bilo kakva nezgoda bespilotne letjelice za vrijeme izvođenja određene operacije nema veliki utjecaj na društvenu zajednicu. Budući da bespilotne letjelice koje se koriste u kriznim situacijama ne nose visoko vrijedan koristan teret, one nisu meta terorista i otmičara. Zaštita podataka pak, predstavlja maleni, ali neizostavni problem, zbog zračnog fotografiranja i snimanja video sadržaja, pa se pri tome treba pridržavati autorskih prava, te poduzeti sve potrebne mjere opreza kako se takav materijal ne bi dospio u medije. To je moguće napraviti posebnim zaštitnim kodovima u komunikaciji između bespilotne letjelice, zemaljske nadzorne postaje i osoblja koje rukovodi operacijama traganja, spašavanja i pružanja hitne pomoći. Termalne kamere te akustični i infracrveni senzori na bespilotnim letjelicama ne predstavljaju poseban problem u zaštiti podataka, jer pomoću njih nije moguće jednoznačno identificirati osobu. Kao i za vrijeme provođenja drugih javnih operacija, tako i za vrijeme djelovanja u prirodnim katastrofama i protupožarstvu, vrlo je teško riješiti sva moguća pitanja odgovornosti. Operator, naravno, snosi najveću odgovornost prema trećim osobama. Važno je da organizacija koja provodi operacije u kriznim situacijama i obavlja humanitarno djelovanje preuzme dio odgovornosti na sebe, kako bi se rasteretio sam pilot bespilotne letjelice, odnosno operator. Prednosti koje donosi bespilotni zrakoplovni sustav ipak su mnogo izraženije nego možebitan gubitak takvog sustava, koji je najčešće uzrokovan padom letjelice. Za vrijeme korištenja bespilotnih zrakoplovnih sustava u protupožarstvu neminovno je izlaganje riziku, ali radne skupine su dobro upoznate sa svim opasnostima koje prijete za vrijeme obavljanja takvih operacija. Sve dok se slijede smjernice za sigurno izvođenje operacija, a prikupljene informacije se prenose i pohranjuju na siguran način, etička pitanja ne predstavljaju problem. Ipak, navedeni problemi ne smiju biti otegotna okolnost za korištenje bespilotnih zrakoplovnih sustava za djelovanje u prirodnim katastrofama i protupožarstvu, jer mnogi životi i imovina mogu biti spašeni pravovremenim i pravilnim korištenjem takvih sustava u kriznim situacijama. [9]

5.8.4 Nadzor cjevovoda i dalekovoda

Svjetska mreža naftovoda je vrijedna imovina koja je u vlasništvu različitih privatnih i državnih tvrtki. Zaštita takve vrste imovine ključna je za nastavak uspješnog ekonomskog poslovanja, ne samo naftnog, nego cjelokupnog energetskeg

sektora. Financiranje sigurnosnih i zaštitarskih organizacija za čuvanje plinovoda i naftovoda je izuzetno skupo, a ponekad, kao u primjeru cjevovoda u pomorskim područjima, i nemoguće za izvesti. Iako se većina cjevovoda pruža iznad kopna, njihova velika duljina otežava kontinuirano praćenje. Napadi ili oštećenja cjevovoda mogu dovesti do velikih ekoloških onečišćenja, gubitaka prihoda i narušavanja cjelokupnog tržišta nafte i naftnih derivata. Glavni problemi prilikom nadzora cjevovoda je pravodobno uočavanje oštećenja na cjevovodu koja dovode do propuštanja i nemogućnost pravovremenog obavljanja intervencija popravka. Stoga postoji potreba za ekonomski učinkovitim sustavima nadzora cjevovoda u kompletnoj njegovoj duljini, pružanjem pravodobnih i pouzdanih intervencija te povećanje ukupne sigurnosti. Taktičke bespilotne letjelice mogu otkriti propuštanja i sigurnosne propuste na cjevovodima koji se protežu i na moru i na kopnu. Bespilotni zrakoplovni sustavi mogu poslužiti kako učinkovit alat za neprekidan nadzor naftovoda i plinovoda, kako bi se odgovorilo na sigurnosne zahtjeve koji se postavljaju pred vlasnika takve infrastrukturne građevine. Prednost bespilotne letjelice je mogućnost višesatnog boravka u zraku, pogotovo letjelica duge istrajnosti, što omogućuje detaljan pregled cijevi i spojeva na cjevovodu. Korištenje konvencionalnih zrakoplova s ljudskom posadom u takve svrhe je ekonomski neopravdano, jer osim troškova letačkog osoblja i opasnosti koje prijete posadi zbog jednoličnog posla, potrebna su i česta održavanja zrakoplova, što umanjuje učinkovitost nadzora, a povećava troškove. Automatizacija leta bespilotnih letjelica duž cjevovoda te obrada slike i video sadržaja koje su snimljene zračnim kamerama doprinose učinkovitom nadzoru. Prednost bespilotnih zrakoplovnih sustava posebice dolazi do izražaja ukoliko je bespilotna letjelica opremljena infracrvenim sensorima za inspekcijski nadzor. Naime, infracrveni senzori omogućuju lako uočavanje curenja nafte ili plina zbog razlike u temperaturi između supstrata i tla. Neotkrivena propuštanja cjevovoda mogu dovesti do katastrofalnih posljedica, kao što su ekonomski gubici, požari, eksplozije, pa čak i gubitak ljudskih života. Noću infracrvena kamera otkriva i prisutnost potencijalnih kriminalaca u blizini cjevovoda. Naftne mrlje koje plutaju na površini vode također su lako uočljive, te se bespilotnim letjelicama omogućuje, ukoliko se mrlje otkriju dovoljno rano, smanjenje gubitka nafte i milijunske novčane kazne zbog onečišćenja okoliša.

Budući da bespilotna letjelica za nadzor cjevovoda leti na velikim udaljenostima u neizdvojenom zračnom prostoru, postoji velika vjerojatnost nezgoda,

što može utjecati na opće društvenu prihvaćenost za korištenje bespilotnih zrakoplovnih sustava u takve svrhe. Stoga je prihvatljivo korištenje bespilotnih letjelica samo kad je zajamčena sigurnost stanovništva i ostalih korisnika zračnog prostora. Budući da bespilotne letjelice za nadzor cjevovoda ne nose koristan teret velike novčane vrijednosti, ne postoji mogućnost otmica i krađa, ali postoji mogućnost namjernog gađanja projektilom od strane kradljivaca nafte ili terorističkih skupina, kako bi se mogle izvesti nezakonite radnje na samom cjevovodu. Zaštita privatnosti ne predstavlja osobitu prepreku, budući da se cjevovodi uglavnom nalaze izvan naseljenih mjesta, a bespilotne letjelice operiraju samo u njihovoj neposrednoj blizini.

Inspekcijski nadzor cjevovoda i dalekovoda podrazumijeva znatan broj osposobljenog osoblja i niz skupih operacija, te korištenje zrakoplova s ljudskom posadom, a sam nadzor se provodi na teško dostupnim mjestima i ne utječe na ljudsku populaciju. Osim zrakoplova, u nadzoru se koriste i specijalno izrađena vozila te helikopteri. Inspekcijski nadzor bespilotnim zrakoplovnim sustavima smanjuje troškove samog nadzora, što dovodi do nižih potrošačkih cijena. Prednost za cjelokupnu ljudsku zajednicu korištenjem bespilotnih zrakoplovnih sustava za nadzor cjevovoda i dalekovoda očituje se i u poboljšanju opskrbljenosti električnom energijom i naftnim energentima. Infrastrukturne tvrtke u čijem se vlasništvu nalaze cjevovodi i dalekovodi moraju osigurati neometan i siguran rad operatorima u zemaljskim nadzornim postajama, što se odnosi i na pravnu zaštitu operatora, ukoliko se podnese protiv njega sudska tužba zbog pada bespilotne letjelice. Naknada šteta nastale na cjevovodima i dalekovodima, kao i nastala šteta drugim osobama mora se namiriti iz police obveznog osiguranja. Prikupljanje i zaštita podataka ne predstavljaju problem, jer se prikupljeni podaci odnose samo na fizičko stanje infrastrukture. Rizici koji se javljaju prilikom nadzora cjevovoda i naftovoda vrlo su ograničeni, ali ukoliko dođe do nezgode bespilotne letjelice, odnosno sudara sa cjevovodom ili dalekovodom, moguće su velike posljedice na infrastrukturi.

Ekonomija pojedine zemlje u osnovi direktno ovisi o energentima. Svaki prekid opskrbe može uzrokovati goleme ekonomske štete. Budući da su cjevovodi i dalekovodi najvažniji infrastrukturni elementi za opskrbu energije kućanstvima i industriji, njihovo održavanje doprinosi uklanjanju ekonomskih šteta. Učinkovitost se osigurava kontinuiranim inspekcijskim nadzorom i hitnim intervencijama, čime se sprečavaju daljnja oštećenja. Pomoću bespilotnih zrakoplovnih sustava moguće je

obaviti učinkovit i brz nadzor po znatno nižoj cijeni u odnosu na konvencionalne metode nadzora. Korištenje bespilotnih zrakoplovnih sustava za nadzor cjevovoda je poprilično ograničeno, jer u svijetu ne postoji mnogo takvih infrastrukturnih objekata. Odluka o korištenju bespilotnih zrakoplovnih sustava donosi se na temelju tehničkih, sigurnosnih i ekonomskih karakteristika cjelokupnog sustava, te analize troškova i koristi. Ukoliko se operatori cjevovoda odluče za nadzor bespilotnim zrakoplovnim sustavima, oni će analizirati isplati li im se više investirati u vlastitu flotu ili pak koristiti usluge tvrtki specijaliziranih za provođenje takve vrste nadzora. [9] Tablica 3 prikazuje prihvaćanje javnosti, procjenu rizika i posljedica te mogućnost promjene javnog mišljenja prilikom uporabe bespilotnih zrakoplovnih sustava za civilne namjene.

Tablica 3: Prihvaćanje javnosti, procjena rizika i posljedica te mogućnost promjene javnog mišljenja prilikom uporabe bespilotnih zrakoplovnih sustava [9]

PRIMJENA	PRIHVAĆANJE JAVNOSTI	RIZICI I POSLJEDICE NESREĆA	MOGUĆNOST PROMJENE JAVNOG MIŠLJENJA
Zračno fotografiranje i snimanje video sadržaja			
Nadzor industrijskih postrojenja	srednje	nisko-srednje	srednje
Nadzor nekretnina i imovine	nisko	nisko-srednje	nisko-srednje
Snimanje reklamnih spotova	srednje-nisko	srednje-visoko	nisko-srednje
Osiguranje i procjena štete	srednje-visoko	nisko	visoko
Nadzor vjetroelektrana			
Infrastrukturna inspekcija	srednje-visoko	nisko-srednje	visoko
Zračni nadzor	nisko-visoko	nisko-srednje	srednje-visoko
Nadzor usjeva	nisko-srednje	nisko	srednje
Djelovanje u prirodnim katastrofama i protupožarstvu			
Protupožarstvo	visoko	nisko	visoko
Procjena situacije	visoko	nisko	visoko
Traganje i spašavanje	visoko	nisko	visoko
Hitna medicinska pomoć	visoko	nisko	visoko
Nadzor cjevovoda i dalekovoda			
Nadzor naftovoda i plinovoda	srednje-visoko	srednje	srednje-visoko
Nadzor rijeka	srednje-visoko	nisko-srednje	visoko
Nadzor državnih granica	nisko-srednje	srednje-visoko	nisko

6 OPERACIJE BESPILOTNIM LETJELICAMA U ATM OKRUŽENJU

ICAO Anex 11³⁰ propisuje zahtjeve za klasifikaciju zračnog prostora u klase od A do G. U nadležnosti pojedinih država je da selektiraju klase koje odgovaraju operativnim zahtjevima za pružanje usluga zračnog prometa i izvođenje letova u svom zračnom prostoru. Klase zračnog prostora imaju specifična pravila za IFR i VFR uvjete. U zračnom prostoru klase A dopušteni su samo IFR letovi, a u zračnom prostoru klase G samo VFR letovi. Ostale klase dopuštaju oba režima letenja.

Svaka klasa zračnog prostora ima definirane potrebne kvalifikacije pilota, opremu zrakoplova, dopuštene brzine, udaljenost od oblaka i komunikacijske procedure.

Prema dokumentu ICAO-a Anex 11, zračni prostor dijeli se na kontrolirani zračni prostor, klase A, B, C, D i E, te na nekontrolirani zračni prostor, klase F i G.

Klasa A dopušta samo IFR letove, opseg usluge je kontrola zračne plovidbe, a razdvajanje se vrši za sve zrakoplove.

Klasa B dopušta IFR i VFR letove, opseg usluge je kontrola zračne plovidbe, razdvajanje se vrši za sve zrakoplove, a propisani minimumi za VFR letove su vidljivost od 8.000 metara na/iznad FL 100, odnosno 5.000 metara ispod FL 100, te odstojanje od oblaka vertikalno 300 metara, a horizontalno 1.500 metara.

Klasa C dopušta IFR i VFR letove. Opseg usluge u IFR režimu leta je kontrola zračne plovidbe, a opseg usluga u VFR režimu leta je kontrola zračne plovidbe za razdvajanje od IFR i informacije o prometu VFR o VFR letovima, uz preporuku za izbjegavanje na upit. Razdvajaju se IFR od IFR letova, IFR od VFR letova, te VFR od IFR letova. Propisani minimumi za VFR letove su vidljivost u letu 8.000 metara na/iznad FL 100, odnosno 5.000 metara ispod FL 100, a odstojanje od oblaka vertikalno 300 metara a horizontalno 1.500 metara. Klasa kontrolirana zona C propisuje jednake uvjete i propise kao i u zračnom prostoru klase C, ali je dodatno propisana minimalna vidljivost za VFR letove koja iznosi pri tlu 5.000 metara , a baza oblaka 457,2 metara (1500 ft).

Klasa D dopušta IFR i VFR letove. Opseg usluge u IFR režimu leta je kontrola zračne plovidbe, uključujući informaciju o prometu VFR letova, sa preporukom za izbjegavanje na upit, dok je opseg usluge u VFR režimu leta informacija o prometu

³⁰ Annex 11 – Air Traffic Services – Službe kontrole zračne plovidbe.

VFR o IFR i VFR o VFR letovima, sa preporukom izbjegavanja na upit. Razdvajaju se IFR od IFR letova, dok se VFR razdvajanje ne provodi. Propisani minimumi za VFR letove su vidljivost u letu 8.000 metara na/iznad FL 100, 5.000 metara ispod FL 100, a odstojanje od oblaka vertikalno 300 metara, a horizontalno 1.500 metara. Klasa kontrolirana zona D propisuje jednake uvjete i pravila kao u zračnom prostoru klase D, osim što se ne zahtijeva održavanje odstojanja od oblaka, ali dodatno je propisana vidljivost pri tlu 5.000 metara, a baza oblaka 450 metara.

Klasa E dopušta IFR i VFR letove. Opseg usluge u IFR režimu leta je kontrola zračne plovidbe, koja uključuje i informaciju o prometu VFR letova, dok je opseg usluge u VFR režimu leta informacija o prometu. Razdvajaju se IFR od IFR letova, dok se VFR razdvajanje ne provodi. Propisani minimumi za VFR letove su vidljivost u letu 8.000 metara na/iznad FL 100, 5.000 metara ispod FL 100, a odstojanje od oblaka vertikalno 300 metara, a horizontalno 1.500 metara.

Klasa F dopušta IFR i VFR letove. Opseg usluge u IFR režimu leta je savjetodavna usluga kontrole zračnog prometa i usluga letačkih informacija, a opseg usluge u VFR režimu leta je usluga pružanja letačkih informacija. Razdvajaju se IFR od IFR letova, a VFR razdvajanje se ne provodi. Propisani minimumi za VFR letove su vidljivost u letu 8.000 metara na/iznad FL 100, 5.000 metara ispod FL 100, a odstojanje od oblaka vertikalno 300 metara, a horizontalno 1.500 metara.

Klasa G dopušta samo VFR letove, pruža se usluga letačkih informacija, razdvajanje zrakoplova se ne provodi, a propisana minimalna vidljivost u letu je 1.500 metara, 800 metara za rotokoptere, zračne brodove i slobodne balone. Propisana je i stalna vidljivost zemljine površine, dok ulazak u oblake nije dopušten. Brzina leta mora biti takva da je moguće pravodobno uočavanje prepreka i drugih zrakoplova. [4]

Tablica 3 prikazuje dio klase zračnog prostora i bespilotne letjelice koje mogu letjeti u njima.

Tablica 4: Klase zračnog prostora i bespilotne letjelice [30]

Vrsta bespilotnih letjelica	Visina leta (m)	Klasa zračnog prostora	Primjeri bespilotnih letjelica
bespilotne letjelice za velike visine	15.000 m	klasa A	Global Hawk, Predator A, Predator B
bespilotne letjelice za srednje visine	6.000 m	klasa E	Pioneer, Shadow, Hunter
bespilotne letjelice za male visine	1.000 m	klasa G	Pointer, Dragon Eye, Wasp AV

Kontroliranim zračnim prostorom smatra se dio zračnog prostora u kojem djeluje služba kontrole letenja, u skladu sa ICAO klasifikacijom zračnog prostora. Kontrolirani zračni prostor dijeli se na kontrolirani prostor, kontrolirane zone zračne luke, završne kontrolirane oblasti i zračne putove.

Kontrolirani prostor je dio kontroliranog zračnog prostora koje se proteže u vis od određene prethodno definirane granice.

Kontrolirana zona zračne luke dio je prostora koji se horizontalno proteže najmanje 9.260 metara (5 NM) od središnje točke zračne luke u smjeru iz kojega se prilazi slijetanju. U kontroliranoj zoni zračne luke može biti smješteno više zračnih luka u neposrednoj blizini. Ta je zona u obliku kruga, elipse ili kruga s produžecima s jedne ili više strana iz kojih se obavlja prilaz na slijetanje. Zračni prostor kontrolirane zone zračne luke vertikalno se proteže od površine zemlje do apsolutne visine, čija se gornja granica utvrđuje za svaku zračnu luku, ovisno o visinama i broju zapreka što se nalaze u blizini zračne luke ili unutar završne kontrolirane oblasti. Ako se zona zračne luke nalazi unutar prostora završne kontrolirane oblasti, njezina se gornja granica podudara s donjom granicom završne kontrolirane oblasti. Ako se zona zračne luke nalazi izvan granica završne kontrolirane oblasti, onda gornja granica kontrolirane zone zrakoplovnog pristaništa treba biti na razini leta pogodnoj za pilote. Ako je gornja granica kontrolirane zone zračne luke iznad 900 m iznad razine mora, mora se izjednačiti sa najbližom razinom leta za letenje po pravilima letenja s vidljivošću.

Završna kontrolirana oblast predstavlja zračni prostor u koji ulazi više zračnih putova, te u kojemu se nalazi jedna ili više zračnih luka. Oblik i veličinu završne

kontrolirane oblasti određuju brojni parametri: broj zračnih luka smještenih u toj oblasti, broj zračnih putova koji ulaze u oblast, intenzitet prometa te raspored radionavigacijskih sredstava. Zračni prostor završne kontrolirane oblasti vertikalno se proteže od visine najmanje 213,36 metara (700 ft) iznad zemlje do utvrđene razine leta.

Zračni put je određeni dio zračnog prostora kojim se obavlja zračna plovidba pod kontrolom organa kontrole zračnog prometa širine 18.520 metara (10 NM) uz dodatni zaštitni prostor širine 4.630 metara (2,5 NM) sa svake strane. Po visini, zračni put se pruža od donje granice zračnog puta koji nadvisuje zabranjenu zapreku na tom segmentu za 300 metara, pa neograničeno u vis. Zračni put spaja unutar zemlje, dvije ili više zračnih luka, jednu ili više zračnih luka s graničnim koridorima ili dva ulazno-izlazna granična koridora.

Zračni prostor zračnog puta u vertikalnom smislu počinje od visine 300 metara iznad površine zemlje ili mora i proteže se neograničeno u vis. Ravnina koja je na visini 300 metara iznad zemlje, iznad najviše zapreke na zračnom putu ili njegovu dijelu predstavlja donju granicu zračnog puta. Iznad nje slijedi sigurnosni sloj debljine 150 metara. Gornja granica sigurnosnog sloja predstavlja najmanju dopuštenu visinu leta uz pomoć instrumenata.

Civilni zračni promet odvija se isključivo zračnim putovima. Uzduž zračnih putova postavljena su radionavigacijska sredstva koja omogućuju vođenje zrakoplova tijekom leta unutar utvrđenog zračnog puta. Letovi zrakoplova uprave, saniteta, poljodjelske djelatnosti, sportske i znanstvene namjene kao i inozemnoga turističko-poslovnog zrakoplova mogu se uz prethodnu najavu i odobrenje nadležnog organa, obaviti izvan utvrđenih zračnih putova. Svaki let zrakoplova izvan zračnog puta bez najave i odobrenja nadležnog organa smatra se povredom zračnog prostora i ugrožavanjem sigurnosti zračnog prostora te predstavlja prekršaj. Svaki zračni put u skladu s međunarodnim dogovorima i normama mora biti obilježen jednim slovom abecede i znamenkom od 1 do 99. Slova za obilježavanje zračnih putova regionalne i međunarodne mreže su: A-amber, B-blue, G-green, R-red i slovo W namijenjeno sezonskim letovima i za unutarnje linije. Uz te osnovne simbole kojima se obilježuje svaki zračni put, koriste se i dodatne oznake: U-upper-za one putove koji se većinom ili djelomice koriste za letove u gornjem zračnom prostoru, V-VOR-oznaka zračnog puta po kojemu se navigacija obavlja isključivo po VOR-u, D-oznaka zračnog puta na

kojemu radi samo savjetodavna služba kontrole letenja i F-oznaka zračnog puta na kojemu radi samo služba informacija o letu.

U skladu sa Annexom 11, ovisno o korištenju rute, sljedeća slova se koriste prilikom označavanja: A, B, G, R- rute koje su dio regionalne mreže i ne predstavljaju rute prostorne navigacije, L, M, N, P - rute koje su dio regionalne mreže ruta i predstavljaju rute prostorne navigacije, H, J, V, W- rute koje ne predstavljaju rute prostorne navigacije i Q, T, Y, Z- rute za prostornu navigaciju.

U zračnom prostoru gdje postoji potreba za detaljnijom oznakom zračnih putova, koriste se sljedeća dopunska slova: K-ruta na malim visinama uspostavljena izričito za helikoptere, U-ruta na velikim visinama uspostavljena isključivo za en-route promet, S-ruta uspostavljena za ekskluzivnu upotrebu od strane supersoničnih zrakoplova prilikom ubrzavanja, usporavanja i supersoničnog leta. [2]

Prilikom izvođenja operacija bespilotnom letjelicom, zemaljska nadzorna postaja je stacionaran u odnosu na ATM mrežu, dok je bespilotna letjelica, neovisno o razini autonomnosti, kritično ovisna o ulaznim naredbama od strane zemaljskog operatora. Najznačajnija razlika između operacija bespilotnih letjelica i konvencionalnih zrakoplova s ljudskom posadom očituje se u geografskoj relaciji između zemaljske nadzorne postaje i operativne cjeline ATM-a. Odnos između konvencionalnog zrakoplova s ljudskom posadom i operativne cjeline ATM-a relativan, jer se komunikacija odvija neposredno između nadležne cjeline ATM-a i samog zrakoplova putem odgovarajućih komunikacijskih kanala za prijenos podataka i zvuka. [12] Budući da postojeći ATM još uvijek nije u potpunosti mrežni sustav, otežan je komunikacijski prijenos u slučaju kada bespilotna letjelica leti između nekoliko različitih sektora koji pripadaju različitim nadležnostima kontrole zračne plovidbe. Prijenos komunikacija koje su važne za službe zrakoplovne navigacije trebaju ispuniti zahtjeve koji su primjenjivi za odgovarajući zračni prostor ili operaciju, u skladu s odlukama odgovarajućih zrakoplovnih vlasti. Kako bi se umanjila mogućnost vanjskog ometanja, potrebno je uspostaviti, kao i u slučaju zrakoplova s ljudskom posadom, posebno dodjeljivane frekvencijske pojaseve. [8]

Prilikom izvođenja aerodromskih operacija bespilotnim letjelicama, komunikacija s većim brojem različitih cjelinama kontrole zračne plovidbe ne predstavlja operativni problem, jer su takve operacije podjednako značajne u kontekstu sigurnosti zračnog prometa, pa ih je potrebno analizirati na odgovarajući način.

Same procedure u letenju, kao što su SID³¹ ili MAP³², ne razlikuju se značajno između bespilotnih letjelica i zrakoplova s ljudskom posadom. Međutim, bespilotne letjelice nemaju sposobnost izvršavati manevre u skladu s instrukcijama aerodromske kontrole zračne plovidbe koje zahtijevaju vizualnu identifikaciju prometa u aerodromskom krugu. Budući da bespilotna letjelica ne može ostvariti vizualnu identifikaciju prometa koji je okružuje, ona nije u mogućnosti odgovoriti na instrukciju kontrole zračne plovidbe, pa takva okolnost zasigurno predstavlja određenu prijetnju sigurnosti zračnome prometu unutar aerodromskog kruga.

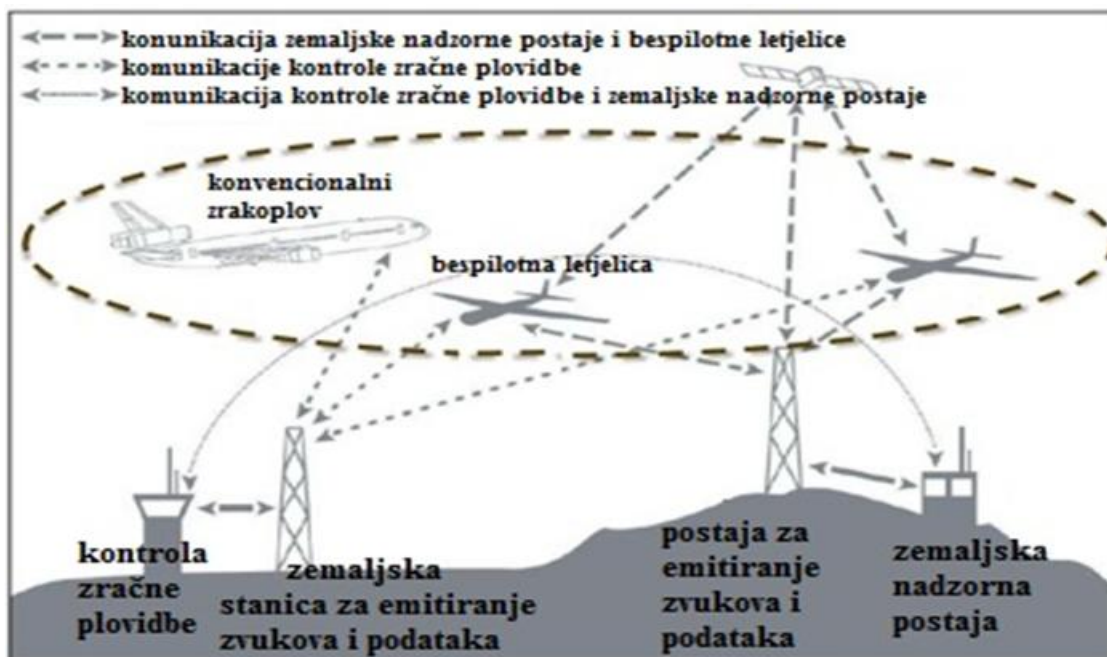
Kako bi se uvažile specifičnosti bespilotnih letjelica, potrebno je prilagoditi nekoliko dodatnih aspekata u kontekstu aerodromskih operacija. Potrebno je detaljno odrediti oznake na manevarskim površinama, kao što su stajanka, rulne staze i uzletno-sletna staza. Postoji i potreba za postojanjem motritelja na aerodromima, koji će asistirati osoblju, koje upravlja bespilotnom letjelicom, kako bi se izbjegnuli sudari. Treba ispuniti zahtjeve za licenciranjem infrastrukture za bespilotne letjelice, u što se ubrajaju prilazna pomagala, zemaljska prihvatna vozila, vatrogasna vozila i druga hitna uslužna oprema za bespilotne zrakoplove. Također je potrebno odrediti načine postavljanja zemaljskih nadzornih postaja i pripadajućih instalacija na ostalu aerodromsku infrastrukturu. [8]

Iako se smatra kako integracija bespilotnih letjelica u kontrolirani zračni prostor ni u kojim okolnostima neće uvjetovati bilo kakvu prilagodbu od strane sustava kontrole zračne plovidbe, buduća evolucija tog sustava moći će uvažiti neke specifične aspekte operacija bespilotnih letjelica kako bi se olakšala njihova integracija u sustav. [7]

Prilikom razmatranja mogućnosti izvođenja operacija bespilotnim letjelicama u ATM okruženju, potrebno je odrediti koliko su ovi sustavi tehnološki kompatibilni. Bespilotne letjelice u svom radu zahtijevaju iznimno širok komunikacijski kanal, koji istovremeno osigurava upravljačke naredbe u dvosmjernoj komunikaciji prema samoj letjelici, ali i dvosmjernu komunikaciju između letjelice i kontrole zračne plovidbe, odnosno između kontrole zračne plovidbe i zemaljske nadzorne postaje, što dovodi do usložnjavanja operativnih zahtjeva prilikom leta bespilotne letjelice između dva ili više sektorskih nadležnosti. [12] Na slici 12 prikazane su komunikacijske veze u ATM okruženju između korisnika sustava i kontrole zračne plovidbe.

³¹ SID – Standard Instrument Departure – Standardno instrumentalno penjanje.

³² MAP – Missed Approach Procedures – Postupci za neuspjeli završni prilaz.



Slika 12: Komunikacijske veze u ATM okruženju [31]

Sustavu upravljanja zračnim prometom predviđa se opsežna modernizacija, pa će tako sustav biti više orijentiran na mrežni sustav razmjene informacija, jer trenutna konfiguracija predstavlja kompleksni skup neovisnih sustava međusobno spojenih različitim tehnologijama putem geografski disperziranih instalacija. Jedna od najvažnijih inicijativa koja to pokušava promijeniti jest Inicijativa jedinstvenog zračnog prostora Europe, koja suprotno od Sjedinjenih Američkih Država, nema jedinstveni zračni prostor. Inicijativa pokušava nadvladati raščlanjenost europskog zračnog prostora, nedostatak kapaciteta strukturiranjem zračnog prostora i upravljanjem uslugama u europskom zračnom prometu. Jedinstveni europski zračni prostor kojeg je usvojila Europska komisija karakteriziraju ciljevi rekonstruiranja europskog zračnog prostora. Krajnja svrha je bolja protočnosti zračnog prometa, modernizacija ATM infrastrukture sa svrhom osiguranja potrebnih kapaciteta, budući da je europski zračni prostor među najprometnijima u svijetu, te povećanje ukupne učinkovitosti ATM-a. Kao tehnološka operacionalizacija tog koncepta, u kojoj sudjeluje i EUROCONTROL, jest SESAR³³. Operativni koncepti putem kojih SESAR povećava efikasnost ATM sustava su operacijski plan na razini mreže ATM-a, integracija operacija na zračnim lukama u ATM, upravljanje putanjama zrakoplova, kako bi se smanjila ograničenja nametnuta organizacijom zračnog prostora, novi

³³ SESAR – Single European Sky ATM Research Programme – Istraživački program upravljanja zračnim prometom jedinstvenim europskim nebom.

modeli razdvajanja zrakoplova, te uvođenje SWIM³⁴ sustava, kako bi se poboljšala razmjena podataka između ATM učesnika. Ciljevi razvojnog plana SES³⁵ inicijative su omogućiti rast kapaciteta, povećati razinu sigurnosti, smanjiti utjecaj na okoliš i smanjiti ATM troškove. [2]

Navedene inicijative su temelj za razvoj mrežno orijentiranog ATM sustav, gdje se izbjegava razmjena podataka od točke do točke, već se omogućuje korisnicima sustava izravno korištenje neprocesuiranih podataka koje u sustav unose svi korisnici, dakle kontrola zračne plovidbe, zrakoplovi i druge službe zrakoplovne navigacije. Postojanje takvog skupa podataka omogućuje svim korisnicima prilagođavanje zahtjevima zrakoplovnih operacija u realnom vremenu, jer nisu potrebni opsežno procesuiranje, analiza i raspodjela podataka. EUROCONTROL takav mrežni sustav opisuje kao jednostavnu, rasprostranjenu, horizontalno primijenjenu arhitekturu koja raspodjeljuje komponente i usluge širom lanca razmjene informacija koristeći Internet tehnologiju i druge mrežne protokole kao glavni mehanizam u potpori distribucije i obrade usluga informiranja. [8]

Bespilotne letjelice trebaju biti neometano integrirane i potpuno uvedene kroz mrežni sustav ATM-a s kojim moraju biti u jednakoj mjeri interoperabilni. Iako ovi zahtjevi s jedne strane predstavljaju izazov u tehnološkoj prilagodbi operacija bespilotnih letjelica u ATM okruženju, s druge strane predstavljaju priliku da se razvoj bespilotnih sustava prilagodi mrežnoj razmjeni informacija. Takav način operacija omogućuje bržu raspodjelu kritičnih informacija unutar okruženja operacija, pa se smanjuje vrijeme odziva upravljačke petlje u slučaju nepredviđenih situacija za vrijeme leta. Takav ustroj omogućava i višu autonomnost letenja bespilotnih letjelica, jer omogućava postojanje ulaznih podataka i u slučaju prestanka komunikacije između bespilotne letjelice i zemaljske nadzorne postaje. Postepeno transformiranje današnjeg ATM sustava prema budućem, mrežnom orijentiranom ustroju, u određenoj mjeri će olakšati i usmjeriti sljedeće korake u razvoju bespilotnih letjelica na putu prema punoj integraciji u kontrolirani zračni prostor. [12]

³⁴ SWIM – System Wide Information Management – Sustav za upravljanje informacijama.

³⁵ SES – Single European Sky –Jedinstveno europsko nebo.

7 ZAKLJUČAK

U ovom trenutku operacije bespilotnim letjelicama u kontroliranom zračnom nije moguće sigurno izvoditi, jer standardi i norme koje takvo okruženje zahtijeva još nisu jednoznačno određeni, pa ih bespilotne letjelice ni ne mogu u potpunosti ispuniti. Najveća pozornost pridodaje se plovidbenosti bespilotnih letjelica, obuci i licenciranju operatora, aerodromima za prihvat, otpremu polijetanje i slijetanje bespilotnih letjelica, zemaljskim nadzornim postajama za upravljanje i obavljanje misija te komunikacijama i vezama između letjelica, operatora i kontrole zračne plovidbe.

Sa aspekta sigurnosti, ključan je razvoj „*Sense and Aviod*“ sustava, odnosno njihove funkcionalne sposobnosti u izbjegavanju sudara u zraku i održavanja potrebnog razdvajanja od ostalih korisnika zračnog prostora. Tek će se prilikom operativne upotrebe bespilotnih letjelica dati odgovor na pitanje je li moguće efikasno provoditi zahtjeve i međunarodne regulative koje propisuju organizacije kao što su ICAO, EUROCONTROL, NATO, EASA i EDA.

U Republici Hrvatskoj trenutno ne postoji propis kojim se utvrđuje izvođenje letačkih operacija bespilotnim zrakoplovnim sustavima, ali Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo pokrenula je postupak za donošenje propisa koji bi omogućio izvođenje letačkih operacija bespilotnim letjelicama unutar zakonskih okvira. Do kraja 2014. godine očekuje se završni nacrt propisa.

Potrebno je utvrditi i posjeduju li bespilotne letjelice dovoljnu razinu autonomnosti kako bi se mogle neometano uključiti u kontrolirani zračni prostor. Tehnološko okruženje suvremenog zračnog prometa, odnosno rezultati istraživanja i razvoja različitih sustava bespilotnih letjelica i mrežne kontrole zračne plovidbe, pokazuje kako je potrebna razina već dostignuta, pa više ne postoje prepreke za izlazak bespilotnih letjelica iz izdvojenog i ulazak u kontrolirani zračni prostor.

U zračnom prostoru moguće je obavljanje različitih vrsta operacija bespilotnim letjelicama. Najčešće izvođene operacije su zračno fotografiranje i snimanje video materijala, nadzor vjetroelektrana, cjevovoda i dalekovoda, protupožarno djelovanje te hitno djelovanje za vrijeme prirodnih katastrofa i pružanja medicinske pomoći. Za pravilno provođenje takvih operacija potrebno je definirati sigurnosne propise, zaštitne postupke, odgovornosti i rizike te omogućiti dostatnu razinu zaštite podataka i privatnosti građana.

Prije ulaska bespilotnih letjelica u sustav kontrole zračne plovidbe, potrebno je ispuniti niz pravila, normi i pravno-regulatornih zahtjeva. Stoga licenciranje plovidbenosti i obuka posada nisu sami po sebi dovoljni. Potrebno je ustrojiti interakciju između posade koje upravljaju letom bespilotne letjelice u kontroliranom zračnom prometu i odgovarajuće cjeline kontrole leta. U svakome trenutku treba se odrediti osoba koja je odgovorna za kretanje bespilotne letjelice, kao što je pilot odgovoran za zrakoplov, jer u konvencionalnom zrakoplovstvu pilot snosi najveću odgovornost za sve aspekte letenja koji nisu neposredna odgovornost kontrole zračne plovidbe.

Izvođenje operacija bespilotnim letjelicama u kontroliranom zračnom prostoru najprije bi se moglo odvijati u kontroliranom prostoru klase E, F i G, gdje se ne izvode civilne operacije, a za tim i u klasama A, B, C i D, pod uvjetom da se u operativnoj funkciji dokaže potrebna funkcionalnost „*Sense and Avoid*“ sustava i uspostave regulatorni protokoli koji obuhvaćaju sve današnje i buduće zahtjeve kontrole zračne plovidbe.

LITERATURA

Knjige

1. Dalamagkidis, K., Valavanis, K. P. i Piegel, L. A.: *On integrating Unmanned Aircraft System into the National Airspace*, Springer, New York, 2008.
2. Mihetec, T.: *Planiranje u zračnom prometu*, Fakultet prometnih znanost, Zagreb, 2012.
3. Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: *Zrakoplovna prijevozna sredstva*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.
4. Radačić, Ž., Suić, I., Škurla Babić, R.: *Tehnologija zračnog prometa I*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.

Članci, studije i rasprave

5. Albus, J., Huang H.-M., Messina E.: *Autonomy Levels for Unmanned systems (ALFUS) Framework*, 2007.
www.nist.gov/el/isd/ks/upload/NISTSP_1011-I-2-0.pdf (lipanj 2014.)
6. Arjomandi, M.: *Classification of Unmanned Aerial Vehicles*, The University of Adelaide, 2007.
personal.mecheng.adelaide.edu.au/maziar.arjomandi/aeronautical%20engineering%20projects/2006/group9.pdf (lipanj 2014.)
7. EUROCONTROL: *EUROCONTROL Specifications for the Use of Military Unmanned Aerial Vehicles as Operational Air Traffic Outside Segregated Airspace*, Bruxelles, 2007.
www.eurocontrol.int/sites/default/files/content/documents/single-sky/cm/civil-mil-coordination/cmac-rpa-specifications-v-2-0-20120201.pdf (lipanj 2014.)
8. EUROCONTROL: *Integration of Unmanned Aerial Vehicles into the Future Air Traffic Management*, Bruxelles, 2001.
www.eurocontrol.int/eec/gallery/content/public/documents/projects/CARE/iabg-finalreport.pdf (lipanj 2014.)
9. European Commission: *ULTRA (Unmanned Aerial Systems in European Airspace)*, FP7-7th Framework Programme, 2013.

10. Komunikacija Komisije europskom Parlamentu i Vijeću: *Otvaranje zrakoplovnog tržišta za sigurnu i održivu uporabu daljinski upravljanih zrakoplovnih sustava*, Bruxelles, 2014.
11. FAA: *Integration of Civil Unmanned Aircraft Systems (UAS) into the National Airspace System (NAS) Roadmap*, Washington, 2013.
www.faa.gov/about/initiatives/uas/media/uas_roadmap_2013.pdf
 (lipanj 2014.)
12. ICAO: *Unmanned Aircraft Systems (UAS)*, Quebec, 2011.
www.icao.int/Meetings/UAS/Documents/Circular%20328_en.pdf
 (lipanj 2014.)
13. JAA/EUROCONTROL: *A Concept for European Regulations for Civil Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)*, 2004.
easa.europa.eu/system/files/dfu/NPA_16_2005_Appendix.pdf (lipanj 2014.)
14. NATO Research and Technology Organization: *Development and Operation of UAVs for Military and Civil Applications*, 2000.
oai.dtic.mil/oai/oai?verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=ADA390637 (lipanj 2014.)
15. Peterson, M. E. : *The UAV and the Current and Future Regulatory Construct for Integration into the National Airspace System*, McGill University, Montreal, 2005.
www.dtic.mil/get-tr-doc/pdf?AD=ADA437392 (lipanj 2014.)

Internet stranice

16. contest.techbriefs.com/2013/entries/transportation-and-automotive/3313
 (lipanj 2014.)
17. csbj.com/2013/04/19/uav-market-should-take-off-by-2015/ (svibanj 2014.)
18. en.wikipedia.org/wiki/Unmanned_aerial_vehicle (lipanj 2014.)
19. en.wikipedia.org/wiki/History_of_unmanned_aerial_vehicles (lipanj 2014.)
20. eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-0470979755.html
 (lipanj 2014.)
21. s76586.gridserver.com/military-systems/uavs.php (svibanj 2014.)
22. shemesh.larc.nasa.gov/people/jmm/NASA-TM-2013-217969.pdf
 (lipanj 2014.)
23. wartard.blogspot.com/2011/12/drone-warfare-how-uavs-change-rules-of.html

- (svibanj 2014.)
24. www.aeronautics-sys.com/?CategoryID=256&ArticleID=176 (svibanj 2014.)
 25. www.autocopter.us/GCS.htm (lipanj 2014.)
 26. www.barnardmicrosystems.com/UAV/features/sense_and_avoid.html
(lipanj 2014.)
 27. www.barnardmicrosystems.com/UAV/uav_design/guidelines.html
(lipanj 2014.)
 28. www.ccaa.hr/hrvatski/novosti_7/pravni-okvir-za-izvodjenje-letackih-operacija-sustavima-bespilotnih-zrakoplova_525/ (srpanj 2014.)
 29. www.easa.europa.eu/document-library/policy-statements (lipanj 2014.)
 30. www.emeraldinsight.com/books.htm?chapterid=1762033 (lipanj 2014.)
 31. www.esc-aerospace.com/?p=1590 (lipanj 2014.)
 32. www.eurocontrol.int/eec/public/standard_page/proj_CARE_INO_I_UAV.htm
(lipanj 2014.)
 33. www.frc.ri.cmu.edu/projects/senseavoid/ (lipanj 2014.)
 34. www.geospatialworld.net/Paper/Technology/ArticleView.aspx?aid=23671
(svibanj 2014.)
 35. www.gizmag.com/uav-sense-avoid-test-general-atomics/30184/ (lipanj 2014.)
 36. www.globalresearch.ca/unmanned-aerial-vehicles-uav-drones-for-military-and-civilian-use/5374666 (lipanj 2014.)
 37. www.globalsecurity.org/space/library/policy/army/fm/44-85/Ch2.htm
(lipanj 2014.)
 38. www.indiastrategic.in/topstories1369_Unmanned_Aerial_Vehicle.htm
(lipanj 2014.)
 39. www.igi.eu/uav.html (lipanj 2014.)
 40. www.intechopen.com/books/aeronautics-and-astronautics/a-conceptual-framework-and-a-review-of-conflict-sensing-detection-awareness-and-escape-maneuvering-m (lipanj 2014.)
 41. www.intelligent-aerospace.com/articles/2010/08/uav-ground-control.html
(lipanj 2014.)
 42. www.marketinfogroup.com/progress-in-afghanistan-and-iraq-requires-persistent-uavs/ (svibanj 2014.)
 43. www.mech.utah.edu/senior_design/05/index.php/HSUAV/LaunchTechniques
(svibanj 2014.)

44. www.militaryaerospace.com/articles/print/volume-24/issue-7/special-report/uav-command-control-communications.html (lipanj 2014.)
45. www.princeton.edu/achaney/tmve/wiki100k/docs/Unmanned_aerial_vehicles.html (lipanj 2014.)
46. www.thermoteknix.com/news/thermoteknix-miricle-in-unmanned-aerial-vehicle-uav-world-record-flight/ (svibanj 2014.)
47. www.turbosquid.com/3d-models/rq1-predator-drone-uavs-3d-3ds/602115 (svibanj 2014.)
48. www.uaver.com/about-2-5.html (lipanj 2014.)
49. www.uavm.com/uavsubsystems/groundcontrolstations.html (lipanj 2014.)
50. www.uavm.com/uavsubsystems/imagingdatasensors.html (lipanj 2014.)
51. www.uavs.org/index.php?page=what_is (lipanj 2014.)
52. www.vision-systems.com/articles/2013/02/optris-combines-lightweight-pc-with-ir-camera-for-uav-developmen.html (lipanj 2014.)
53. www.x20.org/m1-d-micro-thermal-ptz-camera (lipanj 2014.)

POPIS SLIKA, TABLICA, GRAFIKONA

POPIS SLIKA

Slika 1: Podjela bespilotnih letjelica prema doletu i visini leta [34].....	9
Slika 2: Prijenosna zemaljska stanica za bespilotne letjelice kratkog doleta [49]	12
Slika 3: Radno okruženje zemaljske nadzorne postaje [24]	13
Slika 4: Termovizijska kamera [44]	17
Slika 5: Infracrveni linijski skener [50]	17
Slika 6: Konstrukcijski dijelovi bespilotne letjelice Predator A [47].....	19
Slika 7: Hidraulično lansirno sredstvo [43]	21
Slika 8: Ručno lansiranje lake bespilotne letjelice [17]	21
Slika 9: Prihvaćanje bespilotne letjelice u okomito postavljenu mrežu [21].....	22
Slika 10: Princip rada „Sense and Avoid“ sustava [40].....	24
Slika 11: Glavni dijelovi „Sense and Avoid“ sustava [26]	25
Slika 12: Komunikacijske veze u ATM okruženju [31].....	65

POPIS TABLICA

Tablica 1: Karakteristike, namjena i vrsta senzora bespilotnih letjelica [37].....	18
Tablica 2: NATO kategorizacija bespilotnih letjelica [22].....	32
Tablica 3: Prihvaćanje javnosti, procjena rizika i posljedica te mogućnost promjene javnog mišljenja prilikom uporabe bespilotnih zrakoplovnih sustava [9].....	58
Tablica 4: Klase zračnog prostora i bespilotne letjelice [30]	61

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1: Korištenje bespilotnih letjelica u svijetu [42]	6
Grafikon 2: Masene kategorije bespilotnih letjelica u Europi [23].....	10

POPIS KRATICA

ACAS – Airborne Collision Avoidance System – Sustav za izbjegavanje sudara u zraku.

Annex 11 – Air Traffic Services – Službe kontrole zračne plovidbe.

ATM – Air Traffic Management – Upravljanje zračnim prometom.

CS-23 – Certification Specification for Normal, Utility, Aerobatic and Commuter Category Aeroplanes – Potvrda o specifikacijama za normalne zrakoplove, akrobatske zrakoplove, zrakoplove kratkog doleta i generalno zrakoplovstvo.

EASA – European Aviation Safety Agency – Europska agencija za zrakoplovnu sigurnost.

EDA – European Defence Agency – Europska obrambena agencija.

ESA – European Space Agency – Europska svemirska agencija.

EU – European Union – Europska Unija.

EUROCONTROL – European Organisation for the Safety of Air Navigation – Europska organizacija za sigurnost zračne plovidbe.

FAR – Federal Aviation Regulation – Savezni zrakoplovni propisi.

FINAS – Flight in Nonsegregated Airspace – let u neodvojenom zračnom prostoru.

GASR – Group of Airport Safety Regulators – Regulatorna skupina za aerodromsku sigurnost.

ICAO – International Civil Aviation Organisation – Organizacija međunarodnog civilnog zrakoplovstva.

IFR – Instrument Flight Rules – Let pomoću instrumenata.

JAA – Joint Aviation Authorities – Združene zrakoplovne vlasti.

JARUS – Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems – Međunarodna skupina zrakoplovnih tijela za donošenje odluka o bespilotnim sustavima

JCGUAS – Joint Capability Group on Unmanned Aircraft Systems – Zajednička sposobnosna skupina za bespilotne zrakoplovne sustave.

MAP – Missed Approach Procedures – Postupci za neuspjeli završni prilaz.

MW – Megavat: jedinica snage električne struje ($1 \text{ MW} = 10^6 \text{ W} = 1,000.000 \text{ W}$).

NATMC – NATO Air Traffic Management Committe – NATO povjerenstvo upravljanja zračnim prometom.

NATO – North Atlantic Treaty Organisation – Organizacija Sjevernoatlantskog ugovora.

NSA – NATO Standardization Agency – NATO standardizacijska agencija.

SES – Single European Sky – Jedinstveno europsko nebo.

SESAR – Single European Sky ATM Research Programme – Istraživački program upravljanja zračnim prometom jedinstvenim europskim nebom.

SID – Standard Instrument Departure – Standardno instrumentalno penjanje.

STANAG 4586 – Standard UNTERFACES of UAV CONTROL System – UCS for NATO UAV Interoperability

STANAG 4660 – Standard Interoperable Command and Control Data Link (IC2DL) for NATO Interoperability – Interoperabilna norma zapovjedništva i kontrole podatkovnih veza za NATO interoperabilnost.

STANAG 4671 – Standardization Agreement on USAR – Unmanned Aerial Vehicles System Airworthiness Requirements – Zahtjevi za plovidbenošću bespilotnih zrakoplovnih sustava.

SWIM – System Wide Information Management – Sustav za upravljanje informacijama.

TCAS – Traffic Collision Avoidance System – Sustav za izbjegavanje prometnih sudara.

UAS – Unmanned Aircraft System – bespilotni zrakoplovni sustav.

UAV – Unmanned Aerial Vehicles – bespilotne letjelice.

UHF – Ultra High Frequency – radijski valovi ultra visokih frekvencija.

VFR – Visual Flight Rules – vizualno letenje.

VHF – Very High Frequency – radijski valovi vrlo visokih frekvencija.