

Bespilotne letjelice i primjena u pomorstvu

Franić, Mateo

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, Faculty of Maritime Studies / Sveučilište u Splitu, Pomorski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:164:083975>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-03**

Repository / Repozitorij:

[Repository - Faculty of Maritime Studies - Split -
Repository - Faculty of Maritime Studies Split for
permanent storage and preservation of digital
resources of the institution](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



SVEUČILIŠTE U SPLITU
POMORSKI FAKULTET U SPLITU

Mateo Franić

Bespilotne letjelice i primjena u pomorstvu

ZAVRŠNI RAD

SPLIT, 2020.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
POMORSKI FAKULTET U SPLITU

STUDIJ: Pomorska nautika

Bespilotne letjelice i primjena u pomorstvu

ZAVRŠNI RAD

MENTOR:

Prof. dr. sc. Josip Kasum

STUDENT:

Mateo Franić

(MB:0171265379)

SPLIT, 2020.

SAŽETAK

U ovom radu predstavljena je trenutna situacija industrije bespilotnih letjelica te je istražena mogućnost njihove primjene u pomorskoj industriji. Prikazom prvih, sadašnjih te budućih mogućnosti primjene bespilotnih letjelica (*unmanned aerial vehicle UAV-a*), rad ukazuje na posljednje trendove i tendencije budućeg razvoja dronova u pomorstvu.

Bespilotni sustavi tehnologija u naglom su razvoju te se i dalje razvijaju nadilazeći svoju prvobitnu vojnu svrhu. Ubrzanim razvojem, bespilotne letjelice vrlo brzo su se počele uporabljivati u komercijalnim djelatnostima poput dostave paketa, nadziranja poljoprivrednih usjeva, pregleda ljudima teško dostupnih mjesta i nadziranja državnih granica. Potencijali primjene bespilotnih letjelica u budućnosti su gotovo neograničeni, a u ovom radu predstavljen je njihov veliki potencijal primjene u pomorstvu s naglaskom na unaprjeđenje pomorskih djelatnosti. Ciljevi ovoga rada sljedeći su: objašnjenje načina rada bespilotnih letjelica i njihova svrha, te pojašnjenje u kojim situacijama uvelike pomažu, ili mogu pomoći, ljudima u pomorstvu. Predstavljen je i sustav ViDAR (*Visual Detection and Ranging*) koji omogućuje naprednije pomorsko pretraživanje i veću sigurnost u pomorstvu. Na kraju su prikazane mogućnosti i sustav bespilotne letjelice Saab Skeldar, jedne od najčešće uporabljivanih UAV-a u pomorskoj industriji.

Ključne riječi: unaprjeđenje pomorskih djelatnosti, bespilotne letjelice (UAV), primjena, ViDAR, sigurnost, Saab Skeldar

ABSTRACT

This paper presents the current situation of the unmanned aerial vehicle industry and explores the possibility of their application in the maritime industry. By presenting the first, present and future possibilities of using unmanned aerial vehicles (UAVs), the paper points to the latest trends and tendencies in the future development of drones in navigation.

Unmanned technology systems are in rapid development and are continuing to evolve beyond their original military purpose. With the rapid development, drones have very quickly become used in commercial activities such as parcel delivery, monitoring of agricultural crops, inspecting hard-to-reach places and monitoring state borders. The potentials of using drones in the future are almost limitless, and this paper presents their great potential for marine applications with an emphasis on improving maritime activities. The goals of this paper are the following: to explain how drones work and their purpose, and to clarify in which situations they greatly help, or can help, people in the maritime industry. The ViDAR (*Visual Detection and Ranging*) system was also introduced, which allows for advanced maritime search and greater maritime safety. Finally, the capabilities and unmanned aerial vehicle system of Saab Skeldar, one of the most widely used UAVs in the maritime industry, are presented.

Keywords: enhancement of maritime activities, unmanned aerial vehicles (UAVs), deployment, ViDAR, security, Saab Skeldar

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. POVIJEST BESPILOTNIH LETJELICA	3
2.1. DEFINICIJA BESPILOTNIH LETJELICA.....	3
2.2. POVIJEST BESPILOTNIH LETJELICA	6
2.2.1. Početci bespilotnih letjelica	6
2.2.2. Bepilotne letjelice u 20. stoljeću	8
3. PRIMJERI I KLASIFIKACIJA BESPILOTNIH LETJELICA	13
3.1. KLASIFIKACIJA BESPILOTNIH LETJELICA	13
3.1.1. Klasifikacija po načinu osiguravanja uzgonske sile.....	13
3.1.2. Klasifikacija prema masi	13
3.1.3. Klasifikacija prema namjeni	14
3.1.4. Klasifikacija po trajanju leta i doletu.....	15
3.1.5. Klasifikacija prema maksimalnoj visini leta	15
3.1.6. Klasifikacija prema vrsti pogona.....	16
3.1.7. Klasifikacija prema konstrukciji.....	16
3.1.8. Klasifikacija po načinu kontrole i upravljanja	16
3.1.9. Klasifikacija bespilotnih letjelica prema stupnju autonomnosti	17
3.2. OSNOVNI DIJELOVI BESPILOTNIH LETJELICA.....	17
3.3. PRIKAZ NAJČEŠĆE UPORABLJIVANIH MODELA BESPILOTNIH LETJELICA.....	20
3.3.1. General Atomics MQ-9 Reaper / Predator B.....	20
3.3.2. Northrop Grumman MQ-8 Fire Scout.....	21
3.3.3. AAI RQ-7 Shadow	22
3.3.4. Heron TP Eitan	23
4. BESPILOTE LETJELICE U POMORSTVU	25
4.1. VIDAR.....	25
4.2. PRIMJENA BESPILOTNIH LETJELICA U POMORSTVU	26
4.2.1. Poboljšanje sigurnosti brodske posade.....	27
4.2.2. Poboljšanje sigurnosti broda i ubrzanje održavanja i popravaka	28
4.2.3. Potraga i spašavanje – SAR.....	29
4.2.4. Protupožarstvo	31

4.2.5. Dostava paketa	32
4.2.6. Procjena štete i promatranje brodskog prometa	33
4.3. PRIMJER BESPILOTNE LETJELICE KOJA SE KORISTI U POMORSTVU	34
4.3.1. Saab Skeldar.....	34
ZAKLJUČAK.....	37
LITERATURA	38
POPIS SLIKA	40

1. UVOD

Nakon što su braća Orville i Wilbur Wright na početku dvadesetog stoljeća dokazali da je moguće upravljati zrakoplovom koji je teži od zraka, zrakoplovna industrija doživljava nagli razvoj. Ljudska želja za osvajanjem nebeskih prostranstava i dva svjetska rata najveći su uzroci daljnjih razvoja zrakoplova. Nakon godina korištenja zrakoplov je postao sigurno sredstvo za prijevoz putnika i tereta, neizostavan dio ratovanja i standardno sredstvo za rekreaciju. S vremenom je dolazilo do sve većeg razvoja opreme, poboljšanja sigurnosti pa tako i ideje o letjelici bez pilota u samoj letjelici. Danas su bespilotne letjelice (u tekstu i BL), ili popularnije dronovi, našli široku primjenu olakšavajući ljudima rad i njihovu sigurnost. Tako su bespilotne letjelice pronašle svoju uporabu i u pomorstvu. [1]

Bespilotni zrakoplov – UAV (engl. *Unmanned Aerial Vehicle*) definiran je kao zrakoplov namijenjen izvođenju leta bez pilota u zrakoplovu, koji je ili daljinski upravljani ili programiran i autonoman (NN 49/15). Sustav bespilotnog zrakoplova - UAS (engl. *Unmanned Aircraft System*) sustav je namijenjen izvođenju letova zrakoplovom bez pilota. Sastoji se od bespilotnog zrakoplova i drugih komponenti za upravljanje ili programiranje neophodnih za kontrolu bespilotnog zrakoplova, jedne ili više osoba (NN 49/15). Bespilotne letjelice mogu poslužiti kao pomoć pri potrazi i spašavanju, nadzoru prirodnih katastrofa (požari, poplave), geodetskim mjerenjima, videosnimanjima (raznih događaja, nepristupačnih mjesta, usjeva u poljoprivredi i sl.) te mogu biti korištene kao sredstvo dostave. [2]

Svrha ovog istraživanja je prikazati mogućnost primjene bespilotnih letjelica u pomorskoj industriji, njihove prednosti i olakšice koju mogu omogućiti ljudima. U ovom radu prikazana je kratka povijest bespilotnih letjelica. Također, dan je primjer bespilotne letjelice koja se koristi u pomorstvu. Cilj istraživanja je ukazati kako dronovi postaju redoviti dio opreme u pomorskoj industriji i prikazati kako utječu na poboljšanje sigurnosti, smanjenje troškova i ubrzavanje brodskih operacija.

Diplomski rad je koncipiran u pet cjelina:

1. Uvod
2. Povijest bespilotnih letjelica
3. Primjeri bespilotnih letjelica
4. Primjena bespilotnih letjelica u pomorstvu
5. Zaključak

U prvom, uvodnom poglavlju, definiran je predmet istraživanja, svrha i cilj istraživanja te je predočena struktura rada.

U drugom poglavlju objašnjen je pojam bespilotne letjelice, te je prikazan povijesni razvoj istih. Prikazana je i detaljna klasifikacija i komponente sustava koje čine sustav bespilotnih letjelica.

U trećem poglavlju opisane su komponente sustava koje čine sustav bespilotnih letjelica. Opisane su i različite vrste bespilotnih letjelica te je prikazana njihova primjena i njihove karakteristike.

U četvrtom poglavlju dan je prikaz raznih primjena dronova u pomorskoj industriji. Prikazane su mogućnosti koje se već koriste u izvršavanju brodskih operacija i ukazuje se na nove smjernice razvoja bespilotnih letjelica u pomorstvu. Dan je i opisan primjer bespilotne letjelice Skeldar V-200, njezine karakteristike i mogućnosti, posebno u pomorstvu.

U petom, zaključnom poglavlju, prikazana su zaključna razmišljanja o tematici diplomskoga rada.

2. POVIJEST BESPILOTNIH LETJELICA

Životinje posjeduju različite sposobnosti kako bi preživjele. Ljudi su često bili inspirirani životinjama i učili od njih. Let ptica bio je najfascinantniji za ljude. Iako čovjek sam nikada nije uspio poletjeti uz pomoć svojih ruku izumio je letjelice kojima može letjeti upravljajući iz same letjelice. Tijekom niza godina ljudi su razvili različite tipove letjelica podižući ljestvicu u svim kategorijama, od sigurnosti, brzine leta, maksimalne nosivosti i maksimalne visine leta. Danas se na vrhu ljestvice i ljudskih interesa u industriji leta nalaze bespilotne letjelice.

2.1. DEFINICIJA BESPILOTNIH LETJELICA

Bespilotna letjelica je leteća naprava bez posade u i/ili na samoj letjelici. Može se nadzirati na daljinu ili letjeti samostalno uporabom unaprijed programiranog plana leta ili pomoću složenih autonomnih dinamičkih sustava.[3] To su ujedno tehnički sustavi koji izgledom i funkcijom u određenoj mjeri nalikuju klasičnim letjelicama kao što su avioni i helikopteri. Primjer takvih bespilotnih letjelica dan je slikom 1., gdje je prikazana CybAero Apid 60, švedska bespilotna letjelica namijenjena za izviđanje, i američka borbena bespilotna letjelica MQ-1 Predator. [4]



Slika 1. Primjer bespilotnih letjelica

Izvor: (<https://dronelife.com/2014/07/09/cybaero-receives-100m-contract-uav-helicopters/>, https://en.wikipedia.org/wiki/General_Atomics_MQ-9_Reaper)

Za istu namjenu možemo koristiti i klasičnu i bespilotnu letjelicu. S obzirom na to da bespilotne letjelice nemaju posadu, razumljivo je da će se njihova primjena očitovati u borbenim ili izviđačkim misijama koje su opasne za posadu. Izostavljanjem posade dolazi

do izostavljanja komponenti vezanih za posadu kao što su sustavi za upravljanje letjelicom, prostor za smještaj posade i sustavi namijenjeni za održavanje sigurnosti životnih uvjeta. Time dolazi do smanjenja mase što predstavlja osnovu za bolje letne karakteristike čime dolazi do povećanja brzine, doseg, trajanja leta i smanjenja potrošnje energije potrebne za let. [4] Primjerice u geodeziji, ili za bilo kakve potrebe snimanja iz zraka, možemo koristiti bespilotne letjelice ili standardne avione. Na slici 2. nalazimo komercijalnu bespilotnu letjelicu DJI Phantom 4 Pro i američki dvomotorni laki zrakoplov Piper PA-34 Seneca. [5]



Slika 2. Primjer BL i aviona koji se koriste za snimanje iz zraka

Izvor: (<http://www.geosustavi.hr/phantom4.html>, <https://picclick.com/Piper-Seneca-Pa-34-Hat-Lapel-Pin-Up-Pilot-121843109797.html>)

Širi pojam bespilotnih letjelica jest sustav bespilotnih zrakoplova – UAS (engl. *Unmanned Aircraft System*) koji unutar sebe obuhvaća nužne elemente za korištenje BL (Slika 3.). Sustav bespilotnih zrakoplova stoga uključuje bespilotnu letjelicu, kontrolni centar bespilotne letjelice te sustav za osiguravanje komunikacije između prethodne dvije stavke. Upravljanje bespilotne letjelice vrši se upravljanjem na daljinu pomoću radiosignala pri čemu pilot s udaljene lokacije izdaje zapovijedi za kretanje letjelice ili se obavlja samostalno letenje prema unaprijed definiranim rutama leta uz podršku složenih autonomnih dinamičkih sustava. [4]



Slika 3. Kontrolni centar bespilotne letjelice

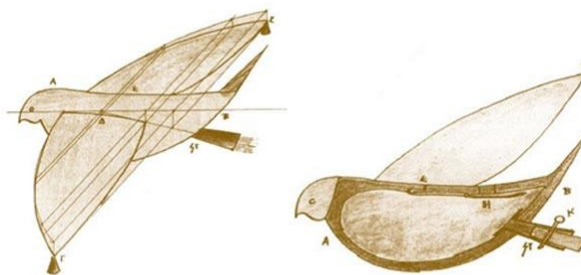
Izvori: (<http://www.uasmagazine.com/articles/1415/flymotion-announces-uas-mobile-command-and-control-center>)

2.2. POVIJEST BESPILOTNIH LETJELICA

Trenutno se nalazimo u vremenu naglog razvoja bespilotnih letjelica. Svakim danom uviđamo njihove nove mogućnosti. Postavljamo im nove izazove, rušimo stare rekorde. Sličnu situaciju je prošla i prolazi automobilska industrija, iako su bespilotne letjelice puno stariji ljudski izum od automobila.

2.2.1. Počeci bespilotnih letjelica

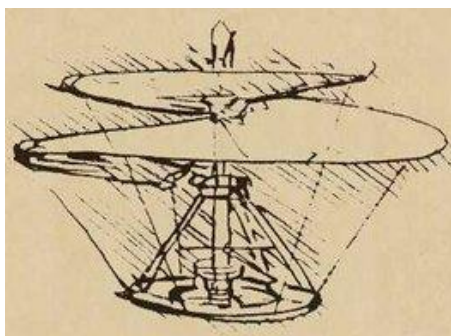
Od davnina, promatrajući ptice, ljudi su bili fascinirani letom. Tako je prva bespilotna letjelica inspirirana baš njima. Grčki filozof, matematičar i fizičar Archytas još je 425. godine prije Krista sagradio mehaničku pticu, prikazanu na slici 4., po imenu Golub. Golub je bio napravljen od drveta, balansirao utezima, te je za pogon koristio zrak zatvoren u svom trupu. Maksimalan dolet Goluba bio je 200 metara.[6]



Slika 4. Prvi primjer bespilotne letjelice

Izvor: (<https://www.ancient-origins.net/ancient-technology/steam-powered-pigeon-archytas-flying-machine-antiquity-002179>)

Nakon skoro dva tisućljeća, Leonardo Da Vinci je 1483. godine izumio žiroskop. Pomoću žiroskopa dizajnirao je takozvani zračni žiroskop, letjelicu koja je imala mogućnost lebdjenja iznad tla, prikazanu na slici 2. Letjelica je imala promjer od pet metara i uzgon je ostvarivala okretanjem vratila. Uporabom dovoljne sile na vratilo letjelica bi poletjela. Ovaj izum se smatra pretečom današnjih helikoptera, ali i modernih multikoptera koji lete stvaranjem uzgona na krajevima lopatica rotora. [7]

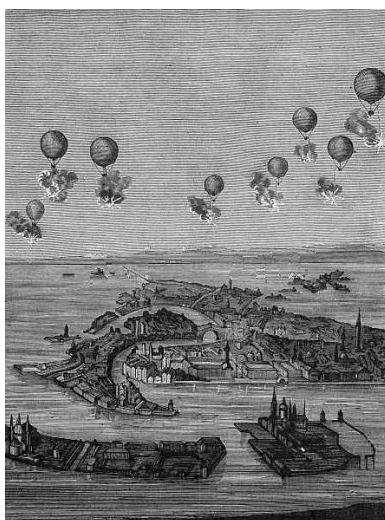


Slika 5. Skica žiroskopa Leonarda Da Vincija

Izvor: (<https://www.pinterest.com/pin/133067363969290178/?lp=true>)

Nakon prvog leta čovjeka u balonu punjenog toplim zrakom, koji su izveli braća Montgolfier, 1783. godine u Francuskoj, pojavila se ideja o balonu koji bi iz košare ispuštao eksploziv iznad svog cilja.[8]

Iako baloni danas generalno ne pripadaju u grupu bespilotnih letjelica, njihov koncept je bio dovoljno uvjerljiv da vojska uvidi potencijal korištenja bespilotnih letjelica u vojne svrhe. Prvi zapis o korištenju bespilotnih letjelica u vojne svrhe vezan je uz događaj koji se zbio 22. kolovoza 1849. godine. Tada su Austrijanci napali Veneciju bespilotnim balonima (Slika 6.) koji su nosili obješene bombe težine 25 kg, s vremenskim upaljačima tempiranim tako da otpuste bombe nad ciljevima u gradu. Baloni su bili puštani s kopnenih položaja, ali i s bojnih brodova. Iako je nekoliko balona došlo do svog cilja, ostatak je vjetar otpuhao nazad preko austrijskih linija, tako da učinak bombardiranja nije bio silno uspješan. [9]

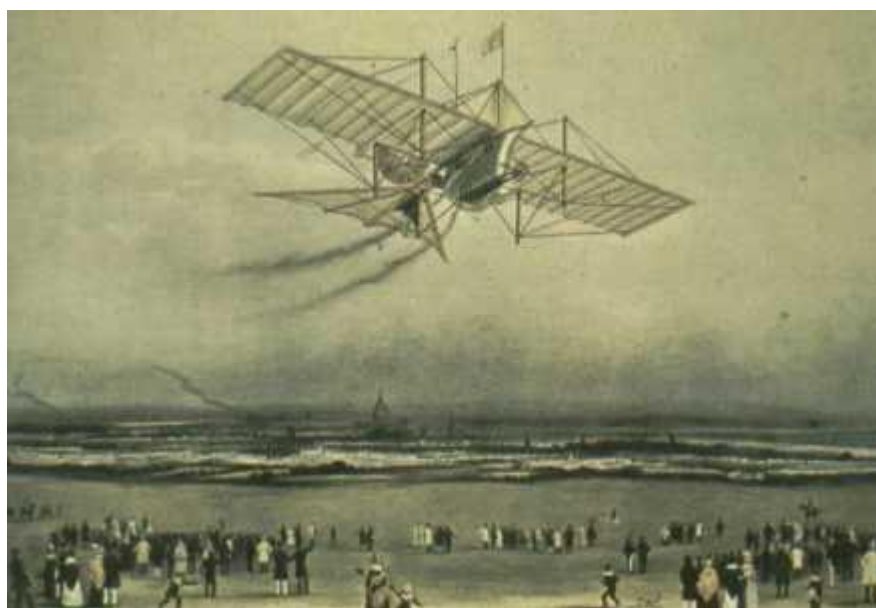


Slika 6. Prikaz bombardiranja Venecije

Izvori: (<https://povijest.net/prva-zracna-bombardiranja/>)

Tijekom Američkog građanskog rata (1861.-1865.), sjevernjaci su pokušavali koristiti balone sa zapaljujućim bombama u nadi da će ih vjetar odnijeti na željeni cilj te tako izazvati požar na suparničkom teritoriju. Ovakvih pokušaja bilo je i tijekom Drugog svjetskog rata od strane Japana. Ispuštali su balone pokušavajući iskoristiti jake struje na velikim visinama u nadi da će uspjeti doći do obala Amerike.

Može se zaključiti da su se dronovi pojavili dosta prije prvih letjelica koje su sa sobom nosile pilota. Tijekom najranijih početaka zrakoplovstva, većina izumitelja svoje je nacрте bazirala na bespilotne letjelice. Glavni razlog tome bila je sigurnost, ali i samò povećanje težine letjelice čovjekom predstavljalo je problem zbog kojeg bi letjelica trebala stvoriti veći uzgon kako bi ostvarila let. Englezi, John Stringfellow i William Henson, udružili su svoje talente i 1848. godine izgradili prvi bespilotni zrakoplov s propelerom pokretan parom. Ovaj zrakoplov, razmaka krila tri metra, nazvali su Zračna parna kočija (Slika 7.). Ovaj model bilježio je uspješan let svega pedesetak metara. [10]



Slika 7. Prikaz Zračne parne kočije

Izvor: (http://hubs.hr/wp-content/uploads/2016/07/Svehla_diplomski_V2-6-1.pdf)

2.2.2. Bespilotne letjelice u 20. stoljeću

Nakon što su braća Wright uspješno poletjela na početku dvadesetog stoljeća, i tako započela razvoj zrakoplovne industrije, nije bilo potrebno dugo da se zainteresira vojna industrija, (kao što i inače pokazuje interes za sve napredne tehnologije). Tijekom prve

polovine dvadesetoga stoljeća, zabilježeno je puno pojedinačnih projekata razvoja bespilotnih letjelica. U ovom poglavlju izdvojiti ćemo najznačajnije bespilotne letjelice. Prvi pravi zrakoplovi bez posade sagrađeni su za vrijeme, i odmah nakon Prvog svjetskog rata.

Za vrijeme Prvog svjetskog rata američki bespilotni zrakoplov *Hewitt-Sperry Automatic Airplane*, prikazan na slici 8., izveo je prvi let u srpnju 1917. godine. Elmer Sperry je usavršio žiroskope za pomorsku uporabu i iskoristio mogućnost korištenja radija za kontrolu zrakoplova. Tako je nastala bespilotna letjelica koja je mogla letjeti unaprijed zadanom stazom, ispustiti bombe i vratiti se na željeno mjesto. [11]



Slika 8. Hewitt-Sperry Automatic Airplane

Izvor: (<https://alchetron.com/Hewitt-Sperry-Automatic-Airplane>)

1918. godine pojavljuje se prva bespilotna letjelica, prema narudžbi američke vojske. Letjelica pod imenom Kettering Bug prikazana je na slici 9. Kettering Bug je eksperimentalna letjelica, zamišljena kao bespilotna letjelica s funkcijom bespilotnog torpeda. Smatra se pretečom današnjih krstarećih raketa. Mogla je pogoditi prizemne ciljeve do 121 kilometra od svoje točke lansiranja, dok je vozila brzinom od 80 kilometara na sat. Nakon lansiranja, upravljanje raketom vršilo se pomoću radio valova. Ukupni trošak svakog Buga bio je 400 USD. Kako bi se osiguralo da Bug pogodi svoju metu, osmišljen je mehanički sustav koji će pratiti prelet udaljenosti zrakoplova. Prije polijetanja, tehničari su odredili udaljenost koju treba prijeći u odnosu na zrak, vodeći računa o brzini vjetra i smjeru duž putanje leta. Ovim se računa ukupni broj okretaja motora potrebnih da bi Bug postigao svoje odredište. Kad bi brojač okretaja dostigao zadanu vrijednost, pao bi poklopac koji bi ugasio motor i povukao vijke koji bi onesposobili krila, te bi ona otpala. Iako vrlo napredna za to vrijeme, prekasno je puštena u proizvodnju te se nije koristila u ratnim akcijama.[12]



Slika 9. Kattering Bug

Izvor: (https://en.wikipedia.org/wiki/Kattering_Bug)

Godine 1922. izvršeno je prvo lansiranje bespilotne letjelice RAE 1921 Target s nosača zrakoplova HMS Argus. Već 1924. godine RAE 1921 Target bilježi prvi uspješan let bespilotne letjelice kontrolirane radio signalom koji je trajao 39 minuta. [13]

Godine 1931. Britanci su razvili Fairey Queen, radioupravljanu bespilotnu letjelicu na bazi Fairey III F zrakoplova i izradili tri prototipa. Prema priči, samo ime Queen Bee dovelo je do uporabe izraza *drone* za sve bespilotne letjelice, posebno one radioupravljanu. [14]

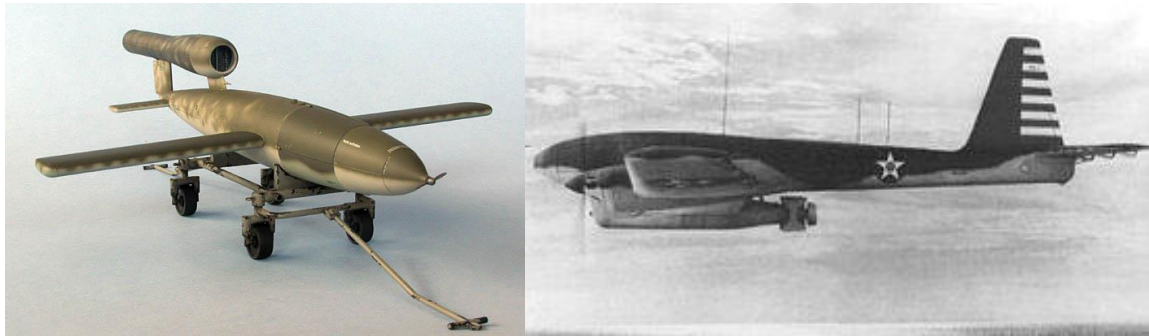


Slika 10. DH 82B Queen Bee

Izvor:(<http://www.vintagewings.ca/VintageNews/Stories/tabid/116/articleType/ArticleView/articleId/484/The-Mother-of-All-Drones.aspx>)

Za vrijeme Drugog svjetskog rata, 12. lipnja 1944. godine, njemačka vojska bilježi prvo borbeno korištenje bespilotne letjelice Fieseler Fi 103 V-1 (Slika 11.). Radi se o još jednoj vrsti aviona u ulozi krstarećeg projektila. Prvo borbeno korištenje bespilotnog aviona

američke mornarice TDR-1 (Slika 11.) bilježi se 19. listopada 1944. godine u napadačkoj ulozi. [15]



Slika 11. Fieseler Fi 103 V-1 i TDR-1

Izvor: (http://hyperscale.com/2010/features/v135bs_1.htm,
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Interstate_TDR-1.jpg)

Prva korištenja bespilotnih letjelica za znanstvena istraživanja izvedena su 1946. godine. Provedena su prerađenim dronom *Northrop P-61 Black Widow* za letove u oluje, a za potrebe američkog meteorološkog ureda za prikupljanje meteoroloških podataka. Prvi let izviđačke bespilotne letjelice *Northrop Radioplane SD-1 Falcon/Observer*, dizajnirane od strane američke i britanske vojske, izveden je 1955. godine. [16]

Prvi let bespilotnog helikoptera, *Gyrodyne BP50A* (Slika 12.) zabilježen je 2. kolovoza 1960. godine u Marylandu, u SAD-u. [17]



Slika 12. Gyrodyne BP50A

Izvor: (<https://helikopterhysteriezwo.blogspot.com/2018/08/choppers-helos-579-museumshubschrauber.html>)

Aerosonde Laima i Northrop Grumman Global Hawk Southern Cross II, bespilotne letjelice (Slika 13.), ostat će upamćene po prvom transatlantskom letu bespilotne letjelice između Kanade i Škotske 20. kolovoza 1998. godine, te 20. travanja 2001. godine po prvom transpacifičkom letu bespilotne letjelice između SAD-a (Kalifornija) i Australije. [18]



Slika 13. Aerosonde Laima i Northrop Grumman Global Hawk Southern Cross II

Izvor: (<http://sustainableskies.org/dr-jack-langelaan-and-heuristic-navigation-techniques/aerosonde-laima/>, <https://israelnoticias.com/militar/northrop-apoyo-mq-4c-triton/>)

3. PRIMJERI I KLASIFIKACIJA BESPILOTNIH LETJELICA

Postoji velik broj različitih tipova bespilotnih letjelica s različitim mogućnostima. Kriteriji za podjelu bespilotnih letjelica nisu usuglašeni, iako se intenzivno radi na tom pitanju. Trenutno za bespilotne letjelice možemo reći da vrijede jednake osnovne podjele kao i za klasične letjelice s ljudskom posadom. Po vrsti namjene dijele se na vojne i civilne, a civilne na komercijalne ili nekomercijalne. Postoji i podjela na letjelice teže i lakše od zraka. [4]

3.1. KLASIFIKACIJA BESPILOTNIH LETJELICA

U nastavku je opisana klasifikacija bespilotnih letjelica prema njihovim najznačajnijim karakteristikama: masi, trajanju leta i doletu, maksimalnoj visini leta, vrsti pogona, konstrukciji (konfiguraciji) i stupnju autonomije letjelice. [19]

3.1.1. Klasifikacija po načinu osiguravanja uzgonske sile

Prva podjela bespilotnih letjelica koja se izdvaja, podjela je u dvije velike grupe prema načinu osiguravanja uzgonske sile:

- aerostati – letjelice lakše od zraka koje su punjene plinovima kao što su topli zrak, helij ili vodik;
- aerodini – letjelice teže od zraka koje uzgonsku silu osiguravaju krilima (nepokretnim ili pokretnim krilom/ima). [20]

3.1.2. Klasifikacija prema masi

Za klasifikaciju prema masi koriste se najčešće vrijednosti maksimalne težine letjelice pri polijetanju (MTOW, Maximim Take-off Weight):

- Super-teške letjelice – teže od 2000 kg (X-45, Global Hawk, Predator)
- Teške bespilotne letjelice – između 200 i 2000 kg (Outrider, Fire Scout)
- Srednje teške bespilotne letjelice – između 50 i 200 kg (Raven, Phoenix, Tern,)
- Lagane bespilotne letjelice – između 5 i 50 kg (ScanEagle, Manta, Skylark)
- Minijaturne (male) bespilotne letjelice – lakše od 5 kg (Wasp, Hornet).

Na slici 14. možemo vidjeti norvešku vojnu bespilotnu letjelicu *Black Hornet 3* i izraelsku bespilotnu letjelicu *IAI Eitan* namijenjenu za izviđanje. [21]



Slika 14. Usporedba dimenzija BL u odnosu na odraslu osobu

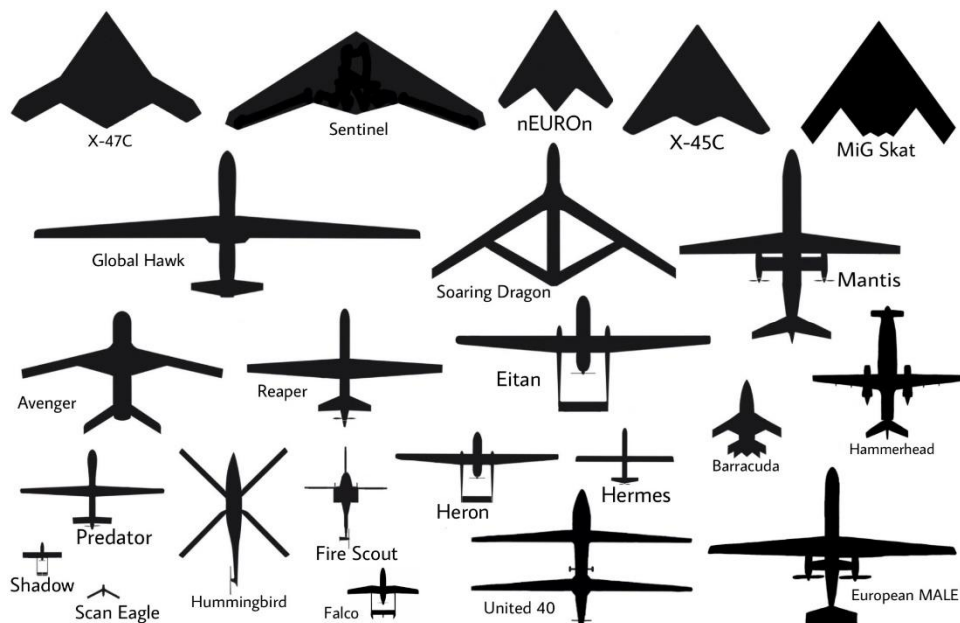
Izvor: (<https://www.pcrevue.sk/a/Americka-armada-dostane-do-vybavy-male-spionazne-drony>, <https://www.timesofisrael.com/israel-is-worlds-largest-exporter-of-drones/>)

3.1.3. Klasifikacija prema namjeni

Bespilotne letjelice moguće je klasificirati s obzirom na njihovu vlastitu namjenu:

- mete i mamci – simuliranje neprijateljskih zrakoplova ili projektila u vojnim treninzima pri provođenju vježbi gađanja i manevriranja
- izviđanje – špijunaža i nadzor neprijateljskih teritorija, nadzor državnih granica
- borbena uporaba – izvođenje napada na visokorizične ciljeve za letjelice s posadom
- logistika – isporuka i dostava različitih vrsta tereta
- istraživanje i razvoj – pristup teško dostupnim lokacijama i opasnim područjima
- civilne i komercijalne BL – uporaba za poljoprivredna i geodetska snimanja, fotografiranje događaja i povijesnih lokaliteta, natjecanja dronova i sl.

Bespilotne letjelice mogu imati raznovrsne oblike (platforme) iako im je namjena posve različita (Slika 15.). [4]



Slika 15. Primjer raznovrsnih oblika bespilotnih letjelica

Izvor: (https://www.wikiwand.com/en/List_of_unmanned_aerial_vehicles)

3.1.4. Klasifikacija po trajanju leta i doletu

Što je duži let letjelice to je veći i njezin operativni radijus. Klasifikacija po trajanju leta i doletu određuju tip letjelice za određenu namjenu:

- bespilotne letjelice dugog trajanja leta (LE - Long Endurance), 24 sata i više s doletom većim od 1500 km,
- bespilotne letjelice kratkog trajanja leta (SE - Short Endurance), do 5 sati. [4]

3.1.5. Klasifikacija prema maksimalnoj visini leta

- bespilotne letjelice s malom visinom leta – LA (Low Altitude) letjelice čija je maksimalna visina leta do 1000 m
- bespilotne letjelice sa srednjom visinom leta – MA (Medium Altitude) letjelice s maksimalnom visinom leta između 1000 i 10000 m (najveći dio UAV letjelica spada u ovu kategoriju)
- bespilotne letjelice s velikom visinom leta – HA (High Altitude) letjelice koje mogu letjeti na visinama većim od 10000 m [4]

3.1.6. Klasifikacija prema vrsti pogona

Bespilotne letjelice svoju su širu primjenu pronašle u zadnjih par desetaka godina te se koriste svakim danom za sve više različitih zadataka. Pri ispunjavanju raznovrsnih zahtjeva opremljene su različitim motorima. Veličina i težina motora u razmjeru s njegovom snagom je ograničavajući faktor za sve vrste letjelica. Na bespilotnim letjelicama moguće je naći sve vrste motora, od turboventilatorskih, dvotaktnih, klipnih, turbopropelerskih, propelerskih te električnih motora, kakvi se pretežno koriste na manjim letjelicama. [19]

3.1.7. Klasifikacija prema konstrukciji

- Bespilotne letjelice s nepokretnim krilima - letjelice koje za polijetanje i slijetanje zahtijevaju pistu, ili se pri polijetanju lansiraju katapultom ili ručno i uzgon stvaraju zbog stalnog potisnog kretanja prema naprijed. Ove letjelice zahtijevaju horizontalno polijetanje i slijetanje pa kažemo da su HTOL (Horizontal Take Off and Landing) tipa.
- Bespilotne letjelice s pokretnim krilima (rotorima) - imaju sposobnost vertikalnog polijetanja i slijetanja te prednost lebdenja i visoke manevribilnosti pri manjim brzinama i na nižim visinama leta. Izrađuju se u brojnim konfiguracijama s jednim glavnim rotorom ili više rotora. Za ove letjelice kažemo da su VTOL (*Vertical Take-Off and Landing*) tipa.
- Ostalo: bespilotne letjelice lakše od zraka (baloni, zračni brodovi)
 - konfiguracije teže od zraka s mašućim krilima
 - hibridne letjelice, koje su sposobne za VTOL, a nakon polijetanja naginju rotore i nastavljaju let kao letjelice s fiksnim krilima. [19]

3.1.8. Klasifikacija po načinu kontrole i upravljanja

Po načinu kontrole i upravljanja bespilotne letjelice dijelimo na autonomne sustave, sustave samoupravljanja, sustave upravljanja po radarskom ili radio snopu (sustav telenavođenja), sustave telekomandnog upravljanja i kombinirane sustave (autonomni, neautonomni). Autonomni sustav se uvelike razlikuje od automatiziranog sustava. Automatizirani sustav je onaj sustav koji je programiran da logički slijedi zadana pravila tako da je konačno ponašanje letjelice predvidljivo. Autonomni sustav sposoban je razumjeti veću razinu namjere prema stanju očitano s vlastitih senzora. Pomoću senzora, bespilotna

letjelica će u trenutku odabrati određenu akciju (od njih više zadanih) za ispravljanje nekog stanja bez (potpunog) ljudskog nadzora i upravljanja. [22]

3.1.9. Klasifikacija bespilotnih letjelica prema stupnju autonomnosti

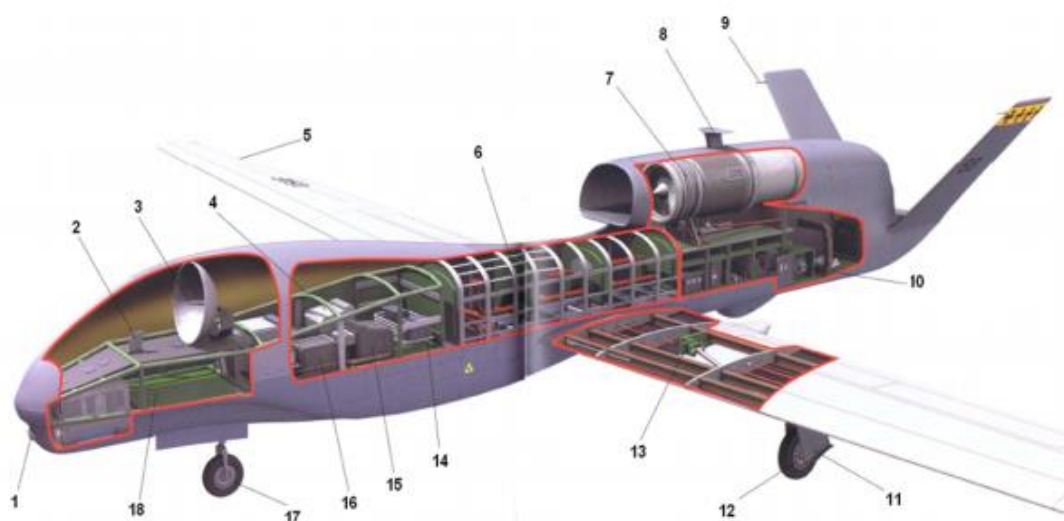
Bespilotne letjelice prema stupnju autonomnosti možemo podijeliti u tri kategorije:

- potpuno daljinski upravljane letjelice,
- polu-autonomni sustavi i
- potpuno autonomni sustavi.

Većina komercijalnih sustava u današnjoj uporabi jesu polu-autonomni sustavi, sposobni slijediti preprogramirane putanje i reagirati na programirani način na osnovi podataka dobivenih sa senzora. klasifikacija ALFUS (*Autonomy Levels For Unmanned Systems*) odnosi na sve daljinski upravljane sustave (bespilotne letjelice, vozila, itd.) te obuhvaća i civilne i vojne primjene tih sustava. Što je manja razina autonomnosti to je veći posao operatera. [19]

3.2. OSNOVNI DIJELOVI BESPILOTNIH LETJELICA

U ovom poglavlju su ukratko prikazani osnovni dijelovi bespilotnih letjelica te su neke od tih komponenti opisane u daljnjem tekstu.



Slika 16. Glavni dijelovi bespilotne letjelice

Izvor: (http://hubs.hr/wp-content/uploads/2016/07/Svehla_diplomski_V2-6-1.pdf)

Uz pomoć slike 16. možemo se upoznati s glavnim dijelovima bespilotne letjelice na primjeru bespilotne letjelice *Northrop Grumman Global Hawk*:

1. utor za kameru
2. UHF skrivena antena
3. antena za satelitsku komunikaciju
4. GPS sustav
5. krilce
6. glavni rezervoar za gorivo
7. turbofan motor
8. UHF satelitsko-komunikacijska antena
9. pitot cijev
10. konektor za zemaljsko pokretanje motora
11. vrata stajnoga trapa
12. stražnji stajni trap
13. aktuator stajnog trapa
14. uređaj za snimanje podataka
15. modemski priključak
16. naprijedni senzorski odašiljač
17. prednji stajni trap
18. ležište unutarnjih antena. [23]

S obzirom na to da bespilotna letjelica nema posade, možemo primijetiti da kamera i videoveza gotovo uvijek zamjenjuju prozore pilotske kabine dok radio-digitalne naredbe zamjenjuju fizičku kontrolu u pilotskoj kabini.

Manje bespilotne letjelice uglavnom koriste litij-polimerne baterije (Li-Po), dok se one veće oslanjaju na standardne motore aviona. Svakako, treba uzeti u obzir da Li-Po baterije zauzimaju manje prostora nego benzinski sustavi. Također, električna se energija koristi jer je za let potrebno manje rada, a električni motori su tiši. Pravilno dizajniran omjer potiska i težine motora koji pokreće propeler omogućuje da bespilotna letjelica može lebdjeti ili se penjati okomito.[24]

Okvir letjelicu štiti od opasnosti iz njezine okoline, vremenskih neprilika, te kod dronova sa fiksnim krilima služi za stvaranje uzgona. Pogonski sistem daje dronu potreban potisak za održavanje leta te uvelike utječe na performanse, efektivnost i iskoristivost

letjelice. Pogonski sustav zajedno s ostalim čimbenicima određuje istrajnost drona u letu, njegovu veličinu, težinu i svrhu za koju će se letjelica koristiti. Pogonski sustavi koje dronovi danas koriste podijeljeni su u tri grupe. Prva grupa su letjelice pogonjene solarnim ćelijama, druga se odnosi na letjelice koje koriste električnu energiju za stvaranje potiska i treća skupina koristi motore sa unutarnjim izgaranjem. Odabir pogonskog sustava određuje njegova namjena, pa se tako električni motori koriste za operacije koje se moraju obaviti u tišini, a mlazni motori za operacije na kojima letjelice lete na velikim visinama i moraju preletjeti velike udaljenosti.[25]

Računalo za kontrolu leta osigurava održavanje unaprijed zadane putanje leta i praćenje podataka u stvarnom vremenu zaprimljenih od stanice na zemlji te izvođenje radnji uz izbjegavanje prepreka i drugih korisnika zračnog prostora. Pomoću sustava za navigaciju u svakom trenutku možemo znati gdje se letjelica nalazi.

Sistem za komunikaciju (*data link*) sastoji se od odašiljača, prijammnika, antena te modema koji to sve povezuju sa sensorima na letjelici. Sistem za komunikaciju ima tri glavne zadaće:

- Uplinks – slanje podataka letjelici od stanice za upravljanje,
- Downlinks – slanje podataka prikupljenih sensorima od letjelice prema stanici i
- sredstvo koje osigurava mjerenje azimuta i udaljenost letjelice od zemlje i od satelita kako bi se osigurala dobra komunikacija između njih. [25]

Sense and Avoid sistem sastoji se od nekoliko senzora ugrađenih u letjelicu koji su odgovorni za prikupljanje i obradu podataka na ruti leta. Svaka prepreka koja može predstavljati prijetnju za letjelicu mora biti zapažena. Zabilježeni podatci se sakupljaju i obrađuju programom za izbjegavanje sudara koji je ugrađen u glavni procesor.

Teret koji dron nosi podijeljen je na:

- elektro-optičke sisteme za opažanje i skenere
- sustave sa infra-crvenim zračenjem
- radare
- teret koji je moguće odbaciti za vrijeme leta – oružje, sonde, hranu
- senzore za okoliš. [25]

3.3. Prikaz najčešće uporabljivanih modela bespilotnih letjelica

Kroz povijest, za vrijeme ratove ili za vrijeme mira, svjetske države uvijek su se međusobno nadmetale koja će unaprijediti ili proizvesti što moćnije, pouzdanije i kvalitetnije oružje. Zbog tih razloga, bespilotne letjelice koje se koriste u vojne svrhe predstavljaju najnaprednije bespilotne letjelice današnjice.

3.3.1. General Atomics MQ-9 Reaper / Predator B

General Atomics MQ-1, poznat i pod nazivom *Predator B*, američka je bespilotna letjelica namijenjena izviđanju i napadima na zemaljske ciljeve pomoću dva AGM-114 Hellfire projektila. Smatra se jednom od najučinkovitijih i najsmrtonosnijih bespilotnih letjelica. Američka korporacija General Atomics Aeronautical Systems razvila je ovu bespilotnu letjelicu prvenstveno za Američke vojne snage. Prvi prototip proizveden je i stavljen u uporabu 2001. godine, i to za svrhu izviđanja i nadzora zbog svojih prednosti. Prva prednost bila mu je što može biti upravlján dvama načinima, pomoću daljinskog upravljača ili djelovati kao autonomno upravljiva letjelica. Druga prednost je visoko razvijena tehnologija različitih senzora postavljenih unutar letjelice poput termografske kamere za snimanje noću. Unatoč tome, *Predator B* ubrzo je prenamijenjen u vojnu letjelicu kao dron lovac zbog mogućnosti duže istrajnosti te postizanja većih visina od njegovih tadašnjih konkurenata na tržištu. Tako je 2008. godine postala prva borbena jedinica koja se u potpunosti pretvorila u bespilotnu borbenu letjelicu. U ožujku 2011. godine, zračne snage SAD-a uvježbavale su više pilota za napredne bespilotne letjelice, nego za bilo koji drugi pojedinačni sustav oružja.

Karakteristike *General Atomics MQ-9 Reapera*:

- duljina trupa: 11 m
- raspon krila: 20 m
- visina: 3,81 m
- EM: 2.233 kg
- MTOM: 4760kg
- pogon: turboprop motor od 900 konjskih snaga
- maksimalna brzina: 482 km/h
- dolet: 1852 km
- istrajnost: 14 h

- maksimalna visina leta: 15000 m [26]



Slika 17. General Atomics MQ-9 Reaper

Izvor. (<http://www.ga-asi.com/predator-b>)

3.3.2. Northrop Grumman MQ-8 Fire Scout

MQ-8 Fire Scout (Slika 18.) bespilotna je letjelica pogonjena rotorskom elisom, autonomne funkcije. Svojim pogonom, a još više izgledom, podsjeća na moderne helikoptere. Korporacija *Northrop Grumman* razvila je ovu letjelicu za Američke oružane snage, s primarnom zadaćom da bude u službi vojne mornarice. *MQ-8 Fire Scout* dizajniran je tako da pruža: kontolu požara, izviđanje trenutne situacije ili snimanja, podršku u zračnoj borbi i potporu preciznog ciljanja kopnenim, zračnim i morskim snagama. U siječnju 2006. godine, *RQ-8 Fire Scout* (predhodnik *MQ-8 Fire Scouta*) sletio je na brod transportnog broda *Nashville*, prilikom pristajanja na obalu Marylanda, u blizini rijeke Patuxent. To je bio prvi put da je bespilotni helikopter samostalno sletio na pokretni brod američke mornarice, a da pritom pilot nije upravljao letjelicom. *Nashville* je tijekom testova manevrirao brzinom od 27 km/h. Američke vojne snage koriste *MQ-8 Fire Scout* letjelice na različitim zadacima, od nadgledanja pomorskih granica, sprječavanja krijumčarenja nedopuštenih sredstava do nadgledanja raznih vojnih akcija.

Karakteristike *Northrop Grumman MQ-8 Fire Scouta*:

- dužina: 7,3 m
- promjer rotora: 8,4 m
- visina: 2,9 m

- EM: 940,3 kg
- MTOM: 1430 kg
- pogon: turboshaft motor od 313 kW (420 KS)
- maksimalna brzina: 213 km/h
- operativni radijus: 203,7 km
- istrajnost: 8 h
- maksimalna visina leta: 6100 m [27]



Slika 18. *Northrop Grumman MQ-8 Fire Scout*

Izvor: (https://en.wikipedia.org/wiki/Northrop_Grumman_MQ-8_Fire_Scout)

3.3.3. AAI RQ-7 Shadow

AAI RQ-7 Shadow letjelica je proizvedena od korporacije *AAI Corporation* sa sjedištem u SAD-u. *RQ-7 Shadow* američka je bespilotna letjelica koju trenutno koriste vojne snage SAD-a, Australije, Italije i Švedske za izviđanje, nadzor, ciljane akcije i procjene šteta. Pokreće se iz pneumatskog katapultu koji se lako postavlja na željeno mjesto. Proizvedena je u dvije varijante: *RQ-7A Shadow* i *RQ-7B Shadow*. Platforma Shadow preletjela je preko 37.000 borbenih snaga kao podrška američke vojske operacijama u Iraku i Afganistanu. AAI je 6. kolovoza 2012. godine objavio da je Shadow postigao 750.000 sati leta tijekom više od 173.000 misija.

Karakteristike *AAI RQ-7 Shadowa*:

- dužina: 3,41 m
- raspon krila: 3,87 m

- visina: 1,0 m
- EM: 77 kg
- MTOM: 170 kg
- pogon: 1 × *Wankel* UAV motor koji se koristi samo sa sintetičkim uljem silikona, 38 KS (28,5 kW)
- maksimalna brzina: 200 km/h
- operativni radijus: 109,5 km
- istrajnost: 6h
- maksimalna visina leta: 4572 m [28]



Slika 19. AAI RQ-7 Shadow

Izvor: (http://typesofplanes.com/subject_s/Twin+boom+aircraft)

3.3.4. Heron TP Eitan

Izrael uz SAD spada u predvodnike svjetske industrije u proizvodnji bespilotnih letjelica. Bespilotna letjelica *Heron* najpoznatiji je izraelski produkt u svom sektoru. *Heron* se smatra jednom od najpouzdanijih i najtraženijih vojnih bespilotnih letjelica na svijetu. Prvi let *Heron*a zabilježen je 1994. godine, a prve značajne uporabe bilježi 2008. i 2009. godine u vojnim operacijama iznad područja Gaze. Otada ga koriste vojne zračne službe Austarije, Kanade, Njemačke, Indije, Brazila i mnoge druge zemlje.

Iako svojim karakteristikama uvelike podsjeća na zrakoplov upravljani letačkom posadom, najveća razlika je u istrajnosti, pomalo nevjerojatnih 52 sata neprekidanog leta. Vojna namjena *Heron Eitana* bila je višestruka: od izviđanja i nadzora terena, skupljanja informacija, portage i spašavanja, razaranja određenih ciljeva na bojnopolju, sve do opskrbe zrakoplova u letu. *Heron* je upravljani internim GPS navigacijskim uređajem ili unaprijed programiranim profilom leta (u čijem je slučaju sustav potpuno autonoman od

polijetanja do slijetanja), ručnim prebacivanjem sa zemaljske upravljačke stanice ili kombinacijom obaju. U slučaju izgubljene komunikacije sa zemaljskom stanicom, može se autonomno vratiti u bazu.

Karakteristike: *Heron TP Eitana*

- duljina trupa: 8,5 m
- raspon krila: 16,6 m
- EM: 900 kg
- MTOM: 1150 kg
- pogon: četverocilindrični zračni i vodeni hlađeni klipni motor od 115 KS
- maksimalna brzina: 207 km/h
- dolet: 350 km
- istrajnost: 52 h
- maksimalna visina leta: 10000 m [29]



Slika 20. Heron TP Eitan

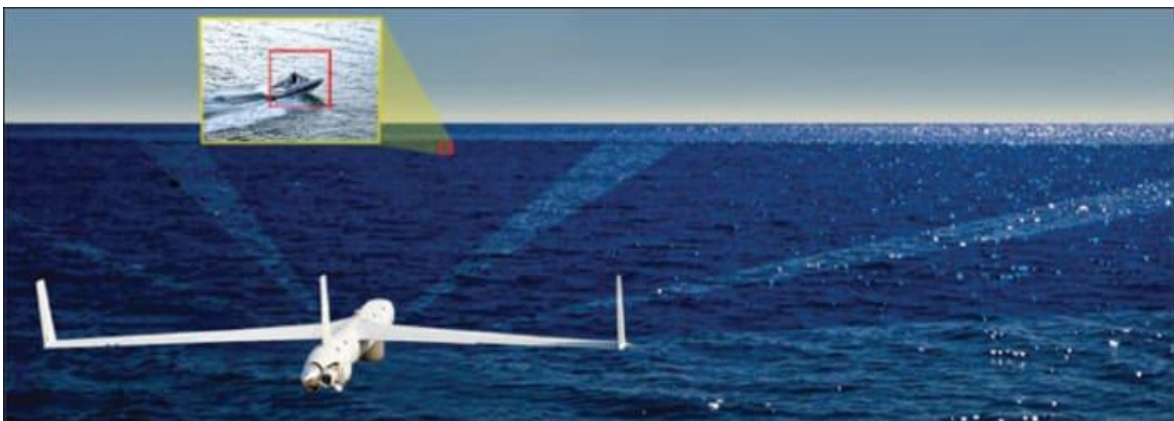
Izvor: (<http://www.regimage.org/heron-tp-drone/>)

4. BESPILOTE LETJELICE U POMORSTVU

Dronovi mogu sigurno ići ondje gdje ljudi ne mogu. Poboljšanje sigurnosti, smanjenje troškova, ubrzavanje procesa i rješavanje problema u kratkom roku samo su neke od brojnih prednosti korištenja bespilotnih letjelica u pomorskoj industriji. [30]

4.1. ViDAR

ViDAR (*Visual Detection and Ranging*) optički je radar koji pruža novu i napredniju varijantu pomorskog pretraživanja na širokom području u stvarnom vremenu (Slika 21.). Uporabom bespilotnih letjelica opremljenih ViDAR-om za misije pretraživanja i spašavanja povećava se učinkovitost za 80%, u usporedbi s klasičnim izviđanjem helikopterske posade.



Slika 21. Prikaz BL ScanEagle koja koristi ViDAR sustav

Izvor: (<https://www.techbriefs.com/>)

Pretraživanje oceana optičkim sensorima nalik je gledanju kroz slamku. Čak i kod senzora pune HD razlučivosti vidno polje jako je ograničeno, i pri tome se takva vrsta nadzora koristi u svrhe održavanja nadzora nad objektima fiksnog položaja. Objekte u pokretu možemo nadzirati pomoću radara. Međutim, radar je skup i može imati ograničenja za otkrivanje niza ciljeva koji su od velike važnosti za rješavanje problematičnih situacija, kao što su mali gumeni čamci ili brzo napadni brodovi. Optička pretraga ViDAR-a također je u potpunosti pasivna, što ga čini prikladnim za tajne operacije poput sprječavanja krijumčarenja droge. Koliko je teško pomorsko nadziranje, najbolje nam ilustrira nestanak malezijskog aviona *Boeing 777-200ER* (let MH370). Pretraga velikih površina oceana za

sitnim predmetima, poput krhotina, splavova ili ljudi u vodi, zahtijeva ogromne resurse, odvija se sporo, a s vremenom postaje sve teže za operatore i može utjecati na sposobnost spašavanja života. [31],[32]

ViDAR se sastoji od jedne ili više komercijalnih visoko razlučivih kamera koje kontinuirano skeniraju ocean na 180 stupnjeva ispred letjelice. Videozapis s ovih kamera obrađuje se autonomno u zrakoplovu u stvarnom vremenu. ViDAR-ovi algoritmi analiziraju piksele unutar svakog okvira kako bi otkrili objekte na površini oceana. ViDAR uočava odsjaje sunčeve svjetlosti i učinaka sličnih karakteristika te ih odvaja od otkrivanja objekata. Umjesto da čitav videosnimak prosljeđujemo operateru, pa ga on potom pregledava, ViDAR za svako otkrivanje izvadi malu snimku. Mirna slika i njegove koordinate, koje su određene iz inercijalnog navigacijskog sustava zrakoplova, šalju se natrag operateru koji se može nalaziti u zemaljskoj kontrolnoj stanici za UAV ili na misijskoj konzoli na plovilu. Operater jednostavno pregledava slike i koordinate lokacije na ekranu te odabire one od interesa za ispitivanje. Dok operater vrši provjeru, ViDAR nastavlja skenirati ocean autonomno šaljući daljnja otkrivanja operateru. ViDAR može locirati osobu u moru već na udaljenosti od 1,7NM, splav za šest osoba na 3,5 NM, a brzi brod pri udaljenosti od 9,1 NM. Korištenje ViDAR tehnologije za pretragu zajedno s bespilotnim letjelicama čini vrlo učinkovitu kombinaciju. Razlog je što oni mogu pokriti znatno veće područje od helikoptera u istom vremenskom intervalu što u konačnici čini početnu pretragu mnogo bržom.

ViDAR se može konfigurirati na mnogobrojnim zračnim platformama i optimizirati za specifične profile misije. Konfiguriran je za okretanje kamere oko luka od 180 stupnjeva u nizu od više koraka. Svaki se korak obično održava 10 sekundi, dok se kamera pomiče oko pet položaja. Praznine između koraka vidnog polja popunjavaju se sljedećim koracima zrakoplovnog kretanja naprijed. [31],[32]

4.2. Primjena bespilotnih letjelica u pomorstvu

Kroz povijest ratovi su oduvijek bili generatori razvoja tehnologije u svijetu, a takav scenarij nije zaobišao niti razvoj tehnologije dronova. Kako je vrijeme prolazilo tako su bespilotne letjelice imale sve širi spektar namjene u ljudskim životima.

Napredak bespilotnih letjelica sve više utječe na naš svakodnevni život, od poljoprivrede i umjetničkog stvaralaštva do sigurnosti i komunikacija. Njihov napredak predstavlja velike promjene za budućnost pomorske industrije. Koliko je god pametni

telefon ubrzao komunikaciju među ljudima, uporaba bespilotnih letjelica revolucionirat će gotovo sve brodske operacije u godinama koje dolaze. Na slici 22. prikazana je bespilotna letjelica koja leti istom brzinom kao sam brod. Kroz nekoliko godina dronove ćemo smatrati jednim od redovitih alata u pomorskoj industriji. [30]



Slika 22. Prikaz BL u letu iznad brodske palube

Izvor: (<https://www.martek-marine.com/blog/drone-technology-maritime-industry/>)

4.2.1. Poboljšanje sigurnosti brodske posade

Međunarodne pomorske organizacije, bilo da se radi o službenim ili neslužbenim, imaju cilj unaprjeđenje neke pomorske djelatnosti pri čemu se uvijek sigurnosti na moru pridodaje veliko značenje. Kroz nekoliko godina vjerojatno će svi pomorci morati znati upravljati bespilotnim letjelicama radi sigurnosti - kako posade, tako i brodske tehnologije.

Situacije u kojima će bespilotne letjelice unaprijediti sigurnosti brodske posade jesu:

- potraga i spašavanje čovjeka u moru
- pregled opasnih tereta, spremišta i visokih brodskih infrastruktura
- obavljanje uobičajenih radnji za vrijeme lošeg vremena ili velikih valova
- borba protiv piratstva
- dostava materijala i potrepština koje život znače
- poboljšanje svijesti o situacijama izvan broda
- spriječavanje požara i eksplozija.

Vrlo je važno napomenuti da djelovanjem više bespilotnih letjelica odjednom možemo pronaći rješenje u jako kratkom roku te spasiti ljudske živote, uštedjeti vrijeme pa i novac. Na slici 32. prikaz je bespilotne letjelice koja vrši nadzor brodske infrastrukture. [30]



Slika 23. BL zamjenjuje čovjeka u nadzoru brodske infrastrukture

Izvor: (<https://www.martek-marine.com/blog/drone-technology-maritime-industry/>)

4.2.2. Poboljšanje sigurnosti broda i ubrzanje održavanja i popravaka

Povrh sigurnosti brodske posade, uporaba bespilotnih letjelica u mnogočemu će pomoći samoj sigurnosti broda, brodske imovine i tereta. Osim što će bespilotne letjelice zamijeniti dio zadaća brodske posade one će ubrzati, olakšati, pojeftiniti i predvidjeti mnoge situacije, što će doprinijeti sveukupnom povećanju isplativosti broskog prijevoza.

U budućnosti ćemo vidjeti dronove koji se koriste za izbjegavanje opasnosti na moru. Na primjer, mogli bi ih koristiti na brodovima koji plove arktičkim i baltičkim vodama kako bi postigli uvid o stanju leda i pritom izabrali najoptimalniji put za nastavak putovanja.

Brodovi zahtijevaju razne oblike održavanja i popravaka. Bespilotne letjelice ne mogu (zasada) odstraniti kvarove, ali mogu pomoći pri njihovoj detekciji, pospiješiti njihovo odstranjivanje i ubrzati vrijeme odstranjivanja kvarova. [30],[33]

Vodeći se time da bespilotne letjelice mogu tamo gdje ljudi ne mogu tako lako, prikupljanje podataka za inspeksijske svrhe uvelike je olakšano uporabom tehnologije bespilotnih letjelica (Slika 24).



Slika 24. Prikaz nadzora brodskih sustava preko videoprijenosa s bespilotne letjelice

Izvor: (<https://www.martek-marine.com/blog/drone-technology-maritime-industry/>)

Bilo da se radi o inspekciji brodske infrastrukture, nadzoru raznovrsnih tereta, pregledu i procjeni štete, praćenju vremenskih (ne)prilika ili praćenju pomorske regulacije, bespilotne letjelice, pomoću svojih senzora, zamjenjuju ljudske oči. Osim videosenzora, bespilotne letjelice mogu pomoću termosenzora detektirati nepoželjnu promjenu temperature i izvršiti predradnju kojom će moguća šteta biti uvelike umanjena. O rasutim teretima senzori bespilotnih letjelica mogu brinuti tako da očitavaju vlagu u prostoriji i prate stanje tereta te detektiraju promjenu ili štetu na teretu. Sustav videonadzora je donekle zamijenio i olakšao nadzor. Bespilotne letjelice su stepenica, pa čak i dvije više od standardnih videonadzora. Ne samo što nadmašuju standardne kamere koje donekle mogu biti i pokretne, već bespilotne letjelice mogu služiti i kao diktafon, termometar ili dostavno sredstvo. Posebno valja izdvojiti prilagodljivo noćno snimanje i širok spektar djelovanja termokamera pri pronalasku slijepih putnika ili ilegalnih sredstava.

Pored svih prednosti koje nam pružaju bespilotne letjelice one su ipak ograničene i svojim nedostacima (dimenzije, vrijeme trajanja leta, domet i dr.). Napretkom tehnologije i vremenom ti se nedostaci smanjuju. Moramo biti svjesni, pored svih olakšanja koja nam pružaju bespilotne letjelice u obliku sigurnosti, jednako tako može doći do kriminalnih djelovanja i ugrožavanja broda i brodske posade uporabom bespilotnih letjelica.[30],[33]

4.2.3. Potraga i spašavanje – SAR

Spašavanje (*rescue*) na moru najčešće je povezano s potragom (*search*), na način da potraga prethodi spašavanju, ako nije poznat položaj objekta koji se spašava. Prema

odredbama SAR konvencije, države ugovornice moraju surađivati i usklađivati djelovanje svojih služba potrage i spašavanja. Između ostaloga, to se odnosi i na slobodan ulazak spasilačkih jedinica u teritorijalno more drugih država, u uvjetima kada sa sobom nose i opremu (brodovi, zrakoplovi, sredstva, oprema i ljudstvo). Potraga i spašavanje jako je zahtijevan posao i svaka pomoć je dobrodošla. Upravo su bespilotne letjelice najnoviji oblik pomoći pri SAR operacijama na svim terenima i pri svim uvjetima.

Manevri brodom prilikom kritične situacije čovjeka u moru mogu biti različiti, ovisno o situaciji i vrsti broda. Na primjer, ako na oceanu čovjek padne u more, brod se ne može odmah zaustaviti, već treba izvesti određeni manevar. U slučaju da unesrećeni nije odmah uočen, vremenom se smanjuje šansa za pronalaskom te samim spašavanjem. Pravovremenim djelovanjem i pokretanjem jedne ili više bespilotnih letjelica povećava se površina pretrage već za vrijeme manevra.

Američka bespilotna letjelica *Boeing Insitu ScanEagle* (Slika 25.) primjer je letjelice koja se koristi pri SAR operacija. Vrlo jednostavan, sposoban te gotovo neprimjetan na brodskoj palubi, *ScanEagle* pruža trenutne slike s mora uz dodatni dio drugih nadzornih metoda, ovisno o sensorima. Videosnimke zrakoplova uživo omogućuju korak ispred situacije, bilo da se radi misija pomorskog izviđanja ili SAR operacija. Velika prednost se uočava kod *ScanEaglea* zbog toga što nije potrebna pista za polijetanje. Time za svoje djelovanje potražuje minimalan prostor, čak i onda kada su ulozi veliki.



Slika 25. Prikaz *ScanEagle* BL za vrijeme uzlijetanja na jako malom prostoru

Izvor: (<https://www.faulhaber.com/nl/markets/camera-audio-data/>)

Početak 2018. godine u Australiji bespilotna letjelica prvi je put spasila dvojicu plivača nakon što su ih jaka struja i valovi visoki tri metra odnijeli na otvoreno more. U toj nevolji bespilotna letjelica im je spustila opremu za spašavanje. Australija je vodeća zemlja u eksperimentiranju s dronovima u području spašavanja, a u fazi ispitivanja trenutno je više desetaka letjelica na plažama diljem zemlje.[33],[34]

4.2.4. Protupožarstvo

Danas se dronovi već standardno koriste u širokom opsegu u protupožarnim aktivnostima. Vremenom su se adaptirali u sustav i postali neizostavni alat u borbi protiv požara. Dronovi olakšavaju posao vatrogasnim postrojbama na način da:

- identificiraju žarišta požara kroz gusti dim
- olakšavaju izradu plana gašenja
- nadziru jačinu i smjer vjetra
- donose sliku trenutne situacije požara iz zraka
- pomažu u procjeni nastale štete.

Korištenje dronova u vatrogasnim akcijama u velikoj mjeri povećava sigurnost vatrogasaca, olakšava raniji pronalazak mjesta požara i time preventivo sprječava nastanak požara velikih razmjera. Bespilotna letjelica *Yuneec H520* heksakopter je opremljen termalnom kamerom, i jako je stabilan, čak i u uvjetima jakog vjetra. Kamera s kojom je dron opremljen ima mogućnost snimanja u uvjetima slabijeg osvjetljenja i kontinuiranu rotaciju od 360 stupnjeva.



Slika 26. Dron Yuneec H520

Izvor: (<https://yuneec.pl/product-eng-11089-Yuneec-H520-RTK.html>)

Trenutno dronovi još nisu u mogućnosti gasiti požare, ali i to bi se uskoro moglo promijeniti. *Thrust Aircraft* i *Drone America* imaju u planu spojiti trup *Thrust* zrakoplova i amfibijsko postolje te time napraviti bespilotnu letjelicu s krilima koja bi mogla nositi 3.000 litara vode ili nekog drugog retardanta. [35]

4.2.5. Dostava paketa

Danas živimo u svijetu gdje je za slanje paketa s jednog kraja svijeta na drugi potrebno manje od dva dana. Brodovi, koji su najveće prijevozno sredstvo, često nisu na stalnoj adresi te pri planiranju putovanja planiraju i sve zalihe potrebne za sigurno putovanje (hrana, zamjenski dijelovi, medicinska pomoć (Slika 27.).

U najvećim lukama na svijetu brodovi moraju čekati na pristajanje te se zato manjim plovilom kroz već gust promet upućuju prema kopnu u nabavku potrepština. U takvim situacijama bespilotne letjelice će poslužiti kao dostavno sredstvo. Time dolazi do uštede vremena, smanjenja gužve u lukama i brže opskrbe potrebnim stvarima. Jednako tako, brodovi u plovidbi mogu razmijeniti potrebne stvari bez da se ijedno plovilo zaustavlja.

Ipak, svi dronovi su ograničeni po količini opreme koju mogu nositi za misiju jer će veća težina rezultirati skraćenim vremenom letenja. Iako dronovi ne mogu iskrcavati i ukrcavati brodski teret, mogu olakšati nadziranje njegova ukrcavanja i iskrcavanja. [30]



Slika 27. BL heksakopterskih obilježlja izvršava dostavu prve pomoći

Izvor: (<https://www.meee-services.com/first-aid-emergency-drones/>)

4.2.6. Procjena štete i promatranje brodskog prometa

Za vrijeme plovidbe može doći do oštećenja brodske infrastrukture ili samog trupa broda. Ako dođe do incidenta, bespilotne letjelice mogu se koristiti za procjenu štete, kao pomoć pri ublažavanju gubitka, za izbjegavanje fizičkih povreda ili kao ograničavajuće sredstvo mogućeg štetnog utjecaja na okoliš. Ako je brod nasukan, ili ako pretrpi nesreću poput udara u greben, posada pomoću bespilotne letjelice može izvršiti procjenu stanja trupa i popratnih dijelova. To bi moglo omogućiti brzinu informiranja, čime bi se stvorio prostor za brže donošenje ispravnih odluka i umanjivanja učinka moguće nesreće.

Pri takvim nesrećama važno je izvršiti i procjenu štete onečišćenja okoliša ispuštanjem goriva ili gubitkom tereta. Ekološkim nadzorom na licu mjesta i u trenutku nesreće, brzim reagiranjem i inteligentnim odlukama, ekološku katastrofu možemo svesti na minimum. Kao što sam brod može nadzirati svoju okolinu pomoću bespilotnih letjelica tako i on može biti nadziran od strane inspeksijskih službi.

Na zagušenim tranzitnim rutama dolazi do usporavanja prometa što dovodi do nepoštivanja pravila, stresnih situacija zbog rokova isporuke i vremena dolaska na već predviđena mjesta. Promatranje brodskog prometa može se izvršiti pomoću bespilotnih letjelica te time predvidjeti mogući problem i steći detaljni uvid o trenutnom stanju u luci. [30],[33]

4.3. Primjer bespilotne letjelice koja se koristi u pomorstvu

Brzim razvojem bespilotnih letjelica danas imamo široku paletu raznovrsnih bespilotnih letjelica. Kombinacijom idealnih parametara od dimenzije, težine, nosivosti, istrajnosti i sl., u kratkom roku je mogući razviti bespilotnu letjelicu za točno određenu namjenu. Karakteristike bespilotnih letjelica koje su pogodne za korištenje na moru približnije su vojnim BS nego civilnim, a one jesu:

- aeroidne letjelice (letjelice teže od zraka),
- srednje teške ili teške BL,
- otporne na različite vremenske uvjete,
- BL s niskom visinom leta i
- autonomnost na visokoj razini. [30],[33]

4.3.1. Saab Skeldar

Saab Skelder (Slika 28. i 29.) produkt je svjetski poznate švedske kompanije *Saab AB* za zrakoplovstvo i obranu. Proizvodnja je započeta 2005. godine. *Skelder V-150* oznaka je za prvu generaciju, dok je *V-200* oznaka za napredniju verziju sustava. Upravljan je od dvojice do četvorice rukovatelja na zemlji pomoću daljinskog upravljača. U kopnenim i pomorskim operacijama bespilotni sustav za upravljanje, tj. upravljačka stanica, može se integrirati u kopneno borbeno vozilo kao što je APC ili kamion. Za pomorske operacije kontrolna stanica može se integrirati u normalne upravljačke konzole i sustave upravljanja.



Slika 28. *Saab Skelder V-200* na palubi vojnog broda

Izvor: (<https://www.geospatialworld.net/news/>)

Saab Skeldar bespilotna je letjelica s karakteristikama helikoptera upravljanoj letaćkom posadom. Srednjeg je dometa s mogućnošću vertikalnog polijetanja i slijetanja. *Skeldar V-200* može izvršiti polijetanje i slijetanje na površinu od 15x15 metara, te obje radnje imaju mogućnost autonomnog izvršenja.

Misije *Skeldara* uključuju nadzor (granica, migrantskih kretanja po čestim rutama, pomorskog prometa, poštivanja propisa), prikupljanje obavještajnih podataka (za inspeksijske svrhe), prijevoz lakog tereta (medicinska pomoć, rezervni dijelovi, oprema za spašavanje) i elektroničko ratovanje.

Skeldar V-200 modularan je u smislu da se korisni teret može mijenjati ovisno o karakteristikama misije. Na primjer, može biti opremljen laserskim pokazivačima, daljinomjerom, elektro-optičkim i infracrvenim (EO / IR) 3D mappingom, kukom za lagani teret i SIGINT sustavom (*Signals Intelligence*).

Duljina trupa mu je 4 m s promjerom glavnog rotora od 4,6 m te maksimalnom težinom polijetanja od 235 kg, kojom postiže brzinu do 140 km/h pogonjen od strane „*heavy fuel*” motora jačine 55 konjskih snaga. Dolet mu je 100 km, a istrajnost do 6 sati. Vrijeme pripreme za polijetanje je manje od 15 minuta. [36],[37],[38]

Moguća namjena u pomorstvu:

- SAR operacije,
- dostava paketa,
- pregled pomorskog prometa,
- prikupljanje inspeksijskih podataka o plovilima,
- kontrola pomorskih nesreća,
- izviđanje vremenskih prilika i područja okovanih ledom,
- komunikacija među brodovima i
- istraživanje. [37]



Slika 29. Saab Skeldar

Izvor: (<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/71/V-200.2.jpg>)

ZAKLJUČAK

U završnom radu obrađene su teme bespilotnih letjelica te njihova primjena u pomorskoj industriji. Od početaka ljudske vrste, ljudi su pronalazili nova otkrića zanimajući se za olakšanje životnih potreba. Od otkrića vatre, kotača, i nama danas uobičajenih stvari, ljudska vrsta postupno je povećala svoju populaciju i produžio joj se životni vijek. Uz pomoć vatre, tj. izgaranja goriva čovjek je uspio pokrenuti kotače, tako da se danas vrlo brzo putuje po kopnu. Ljudi su uspjeli i poletjeti preko brda, oceana, sve do izvan svoga planeta. Danas postoje razne letjelice kojima čovjek upravlja. Postupnim razvojem, ljudi su uspjeli izumiti letjelice bez pilota u samoj letjelici. Time su letjelice prestale biti ograničavane veličinom i posjedovanjem kabine za pilota i održavanje ljudskih života.

Morska prostranstva prekrivaju više od 2/3 površine na našem planetu. Iako oceani povezuju svaku obalnu točku na svijetu i preko njih se odvija najveći dio svjetskog prometa dobrima, ljudi su još uvijek ograničeni na moru. Svaki oblik tehnološkog napretka, od električne energije, telefona do računala i interneta, vrlo brzo se udomaćio u pomorskoj industriji i na samim brodovima. Bespilotne letjelice kao najnovija tehnologija polako postaju sastavni alat pri izvršavanju većine brodskih zadataka, pri čemu se njezinim korištenjem štedi na vremenu, povećava se sigurnost brodske posade i brodske imovine. Nadalje, bespilotne letjelice omogućuju bolje praćenje stanja na moru, čime mogu spriječiti tragediju te tako postaju ekološki prijatelji, ne samo moru, već i cijelom planetu. Kvalitetna primjena i daljni razvoj dovest će ne samo do veće sigurnosti, nego i do smanjenja troškova. Kao što svaki veći brod mora imati brodicu za spašavanje, s vremenom je moguće za očekivati da će svaki brod morati posjedovati jednu ili više bespilotnih letjelica. Iako ovaj rad nije studiozan, prikazana je široka primjena bespilotnih letjelica u pomorstvu pri čemu valja imati na umu ubrzan razvoj svijeta i potreba njegovih stanovnika.

Dok bespilotne letjelice nisu pronašle svoju primjenu u pomorstvu sve poslove obavljao je čovjek izlažući sebe opasnosti. Bespilotne letjelice lako i brzo idu, ne samo ondje gdje ljudi otežano dopiru, već ondje gdje ljudi i uopće ne mogu. Upravo zato njihova važnost je velika i perspektivna u smislu daljnjeg razvoja u pomorskim djelatnostima.

- [21] https://www.researchgate.net/figure/Classification-of-UAVs-with-respect-to-size-and-weight_fig1_312115495 (pristupljeno 21.8. 2019.)
- [22] https://bib.irb.hr/datoteka/895638.1-Marko_Cindri_programiranje_bespilotnih_letjelica_42176_13R1.pdf (pristupljeno 21.8. 2019.)
- [23] http://hubs.hr/wp-content/uploads/2016/07/Svehla_diplomski_V2-6-1.pdf (pristupljeno 21.8. 2019.)
- [24] https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektri%C4%8Dna_letjelica (pristupljeno 15.9. 2019.)
- [25] <https://repositorij.unizg.hr/islandora/object/fpz:1273/preview> (pristupljeno 15.9. 2019.)
- [26] https://en.wikipedia.org/wiki/General_Atomics_MQ-9_Reaper (pristupljeno 15.9. 2019.)
- [27] https://en.wikipedia.org/wiki/Northrop_Grumman_MQ-8_Fire_Scout (pristupljeno 15.9. 2019.)
- [28] https://en.wikipedia.org/wiki/AAI_RQ-7_Shadow (pristupljeno 17.9. 2019.)
- [29] https://en.wikipedia.org/wiki/IAI_Eitan (pristupljeno 17.9. 2019.)
- [30] <https://www.martek-marine.com/blog/drone-technology-maritime-industry/> (pristupljeno 4.10. 2019.)
- [31] <https://www.commercialuavnews.com/public-safety/scaneagle-drone-vidar-maritime-search-rescue> (pristupljeno 4.10. 2019.)
- [32] <https://www.techbriefs.com/component/content/article/tb/features/application-briefs/26476> (pristupljeno 4.10. 2019.)
- [33] <https://www.commercialuavnews.com/security/4-ways-drones-maritime-offshore-services> (pristupljeno 6.10. 2019.)
- [34] <https://www.24sata.hr/tech/spustio-im-opremu-prvi-puta-u-australiji-plivace-spasio-dron-556997> (pristupljeno 4.10. 2019.)
- [35] <https://lider.media/ukratko/d-r-onacija-tele2-vatrogasnim-drustvima-donirao-dronove-26329> (pristupljeno 17.11. 2019.)
- [36] https://en.wikipedia.org/wiki/Saab_Skeldar (pristupljeno 12.12. 2019.)
- [37] <https://umsskeldar.aero/our-products/maritime-solutions/> (pristupljeno 12.12. 2019.)
- [38] <https://www.naval-technology.com/projects/skeldar-v-200-maritime-uav/> (pristupljeno 12.12. 2019.)

POPIS SLIKA

Slika 1. Primjer bespilotnih letjelica.....	3
Slika 2. Primjer BL i aviona koji se koriste za snimanje iz zraka	4
Slika 3. Kontrolni centar bespilotne letjelice	5
Slika 4. Prvi primjer bespilotne letjelice	6
Slika 5. Skica žiroskopa Leonarda Da Vincija	7
Slika 6. Prikaz bombardiranja Venecije.....	7
Slika 7. Prikaz Zračne parne kočije	8
Slika 8. Hewitt-Sperry Automatic Airplane	9
Slika 9. Kattering Bug.....	10
Slika 10. DH 82B Queen Bee	10
Slika 11. <i>Fieseler Fi 103 V-1</i> i <i>TDR-1</i>	11
Slika 12. <i>Gyrodyne BP50A</i>	11
Slika 13. Aerosonde Laima i Northrop Grumman Global Hawk Southern Cross II.....	12
Slika 14. Usporedba dimenzija BL u odnosu na odraslu osobu	14
Slika 15. Primjer raznovrsnih oblika bespilotnih letjelica	15
Slika 16. Glavni dijelovi bespilotne letjelice.....	17
Slika 17. <i>General Atomics MQ-9 Reaper</i>	21
Slika 18. <i>Northrop Grumman MQ-8 Fire Scout</i>	22
Slika 19. <i>AAI RQ-7 Shadow</i>	23
Slika 20. <i>Heron TP Eitan</i>	24
Slika 21. Prikaz BL ScanEagle koja koristi ViDAR sustav	25
Slika 22. Prikaz BL u letu iznad brodske palube.....	27
Slika 23. BL zamjenjuje čovjeka u nadzoru brodske infrastrukture.....	28
Slika 24. Prikaz nadzora brodskih sustava preko videoprijenosa s bespilotne letjelice	29
Slika 25. Prikaz <i>ScanEagle</i> BL za vrijeme uzlijetanja na jako malom prostoru	30
Slika 26. Dron <i>Yuneec H520</i>	32
Slika 27. BL heksakopterskih obilježlja izvršava dostavu prve pomoći.....	33
Slika 28. <i>Saab Skeldar V-200</i> na palubi vojnog broda	34
Slika 29. <i>Saab Skeldar</i>	36

