

Upotreba dronova u dostavi

Martinović, Josip

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:436275>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-12**



Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)



uniri DIGITALNA
KNJIŽNICA



**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

JOSIP MARTINOVIĆ

UPOTREBA DRONOVA U DOSTAVI

ZAVRŠNI RAD

Rijeka, 2022.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

UPOTREBA DRONOVA U DOSTAVI

THE USE OF DELIVERY DRONES

ZAVRŠNI RAD

Kolegij: Automatizacija u prometu

Mentor: prof. dr. sc. Vinko Tomas

Student: Josip Martinović

Studijski smjer: Tehnologija i organizacija prometa

JMBAG: 0069074831

Rijeka, srpanj 2022.

Student: Josip Martinović

Studijski program: Tehnologija i organizacija prometa


JMBAG: 0069074831

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom UPOTREBA DRONOVA U DOSTAVI izradio samostalno pod mentorstvom prof. dr. sc. Vinka Tomasa.

U radu sam primijenio metodologiju stručnog/znanstvenog rada i koristio literaturu koja je navedena na kraju završnog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo u završnom radu na uobičajen, standardan način citirao sam i povezo s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Student



(potpis)

Josip Martinović

Student: Josip Martinović

Studijski program: Tehnologija i organizacija prometa


JMBAG: 0069074831

IZJAVA STUDENTA – AUTORA O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG ZAVRŠNOG
RADA

Izjavljujem da kao student – autor završnog rada UPOTREBA DRONOVA U DOSTAVI dozvoljavam Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa završnim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog završnog rada kao autorskog djela pod uvjetima *Creative Commons* licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

Student



(potpis)

Josip Martinović

SAŽETAK

Dronovi predstavljaju inovativnu tehnologiju koja je svoju primjenu našla u različitim područjima i djelatnosti. Poboljšanja u tehnologiji bespilotnih letjelica (dronova) utjecala su i na njihovu sve veću primjenu u industriji prijevoza, posebice u dostavi paketa e-trgovine, hrane, lijekova i drugih dobara, opskrbi brodova i dr. Cilj rada je, uz teorijske odrednice dostave i isticanja temeljnih značajki dronova, ukazati na upotrebu dronova u dostavi. U radu su opisane značajke tehnologije dostave te novi oblici dostave uz autonomnu dostavu i dostavu "posljednje milje". Poseban je naglasak dan na teorijske odrednice bespilotnih letjelica. Iako je tijekom povijesti civilizacije ljudska težnja bila usmjerena ka izradi bespilotnih letjelica tek je tehnološki razvoj u 20. stoljeća omogućio njihovu izradu i primjenu. U početku u vojnoj primjeni, dronovi se u drugoj polovici 20. stoljeća šire i na civilnu upotrebu. Mogućnosti njihove upotrebe šire se s razvojem tehnologije. Upotreba dronova u dostavi predstavljena je u radu, kroz dostavu paketa, dostavu hrane i opskrbu brodova.

Ključne riječi: tehnologija dostave; autonomna dostava; bespilotne letjelice (dronovi); opskrba brodova.

SUMMARY

Drones represent an innovative technology that has found its application in various fields and activities. Improvements in the technology of unmanned aerial vehicles (drones) have also influenced their increasing use in the transport industry, especially in the delivery of e-commerce packages, food, medicine and other goods, supply of ships, etc. The aim of the work, in addition to the theoretical determinants of delivery and highlighting basic features of drones, indicate the use of drones in delivery. The paper describes the features of delivery technology and new forms of delivery in addition to autonomous delivery and "last mile" delivery. Special emphasis is given to the theoretical parameters of unmanned aerial vehicles. Although throughout the history of civilization, human aspiration was directed towards the creation of unmanned aerial vehicles, it was only technological development in the 20th century that enabled their creation and use. Initially in military use, drones spread to civilian use in the second half of the 20th century. The possibilities of their use expand with the development of technology. The use of drones in delivery is presented in the paper, through package delivery, food delivery and ship supply.

Key word: delivery technology; autonomous delivery, unmanned aerial vehicles (drones); supply of the ship.

SADRŽAJ

SAŽETAK	I
SUMMARY	I
SADRŽAJ	II
1. UVOD.....	1
2. OPĆENITO O DOSTAVI.....	2
2.1. POJAM I POVIJESNI RAZVOJ DOSTAVE	2
2.2. TEHNOLOGIJA DOSTAVE	5
2.3. NOVI OBLICI DOSTAVE	8
2.3.1. Autonomna dostava	8
2.3.2. Dostava “posljednje milje”	10
3. DEFINICIJA I ZNAČAJKE DRONOVA.....	14
3.1. RAZVOJNA OBILJEŽJA DRONOVA.....	14
3.2. GLAVNI ELEMENTI DRONOVA.....	18
3.3. VRSTE DRONOVA	20
3.4. PREDNOSTI I NEDOSTACI DRONOVA	22
3.5. ZAKONSKA REGULATIVA KORIŠTENJA DRONOVA	23
4. UPOTREBA DRONOVA U DOSTAVI	26
4.1. DRONOVI U PROCESU DOSTAVE PAKETA	26
4.2. PRIMJENA DRONOVA U DOSTAVI HRANE	30
4.3. DRONOVI U OPSKRBI BRODOVA	31
5. ZAKLJUČAK.....	34
POPIS LITERATURE.....	35
POPIS TABLICA.....	39
POPIS SLIKA	40
POPIS GRAFIKONA.....	41

1. UVOD

Dronovi predstavljaju inovativnu tehnologiju koja je svoju primjenu našla u različitim područjima i djelatnosti, uključujući poljoprivredu, građevinarstvo, rudarstvo, sigurnost, kinematografiju, a posljednjih godina i logistiku. Zahvaljujući svojoj autonomiji, fleksibilnosti i širokom rasponu područja primjene, dronovi posljednjih godina postaju predmetom sve većeg interesa kako privatnog sektora, tako i znanstvene i stručne javnosti. Poboljšanja u tehnologiji dronova utjecala su i na njihovu sve veću primjenu u industriji prijevoza, posebice u dostavi paketa e-trgovine, hrane, lijekova i drugih dobara, opskrbi brodova i dr. Cilj rada je, uz teorijske odrednice dostave i isticanja temeljnih značajki dronova, ukazati na upotrebu dronova u dostavi.

Globalno širenje poslovanja dovelo je do sve veće udaljenosti mjesta proizvodnje proizvoda i krajnjeg mjesta dostave proizvoda kupcu, što je ujedno dovelo i do povećanja vremena isporuke te troškova logistike i ukupnih troškova poslovanja. Korištenjem inovativnih rješenja, poput dronova nastoje se otkloniti nastali problemi.

Dostava dronovima nije novost. U Kini se ona u malim razmjerima obavlja od 2013. godine, a u SAD-u je u 2016. godini pravno regulirana ograničena komercijalna upotreba dronova [1]. S ubrzanim razvojem tehnologije dronova, sve je veći broj tvrtki koje se žele uključiti u ponudu usluga dostave dronovima kako bi zadovoljile zahtjeve potražnje i smanjile troškove logističkih operacija. Dostava dronovima ima značajne prednosti u odnosu na klasičnu dostavu, što uključuje kraće vrijeme dostave, smanjenje troškova dostave, autonomnu i sigurniju dostavu, bolju dostavu u izoliranim i ruralnim područjima, smanjenje negativnih učinaka dostave na okoliš i dr. [2]. Procjenjuje se da će ovaj segment dostave imati eksponencijalan rast u godinama koje slijede, posebice u kontekstu dostave paketa e-trgovine koja posljednjih godina bilježi dinamičan rast.

Rad je podijeljen u pet poglavlja. Nakon uvoda, u drugom poglavlju, prikazane su opće značajke dostave. Pri tome je istaknut njen pojam i dan je presjek povijesnog razvoja. Posebno su opisane značajke tehnologije dostave i novi oblici dostave uz autonomnu dostavu i dostavu "posljednje milje". Treće poglavlje daje uvid u definiciju i značajke dronova, njihova razvojna obilježja, glavne dijelove i vrste dronova. U četvrtom poglavlju istražuje se upotreba dronova u dostavi, kroz dostavu paketa, dostavu hrane i opskrbu brodova. Na kraju rada je zaključak u kojem se iznosi kratak pregled najvažnijih zaključaka po pojedinim poglavljima.

2. OPĆENITO O DOSTAVI

Dostava se shvaća kao aktivnost fizičkog prijevoza robe ili materijala između lokacija. To je logistički proces premošćivanja udaljenosti na ekonomski učinkovit način, u smislu troškova i vremena isporuke [3]. Roba se može slati različitih oblicima prijevoza, zračnim, pomorskim, željezničkim i cestovnim. S obzirom da dostava može biti relativno složen proces zbog okolnosti ili količina koje su u tom procesu uključene, veliku važnost pridaje se implementaciji novih tehnologija poput logističkih softvera koji omogućuju povećanje automatizacije i optimalizacije pojedinih procesa kao i primjeni novih oblika dostave (autonomna dostava, dostava “posljednje milje”).

2.1. POJAM I POVIJESNI RAZVOJ DOSTAVE

Prema općeprihvaćenoj definiciji Međunarodne trgovinske komore, predloženoj 1947. godine, dostava je stadij koji slijedi proizvodnju dobara od trenutka kada su ona komercijalizirana do njihove isporuke potrošačima [4]. U najširem smislu, dostava se može promatrati kao skup znanja i aktivnosti i dr. kojima se funkcionalno i djelotvorno povezuju svi djelomični procesi svladavanja prostornih i vremenskih transformacija materijala, dobara, stvari, tvari, (polu)proizvoda, repromaterijala, živih životinja, kapitala, znanja, informacija i dr. u sigurne, brze i racionalne (tj. optimalne) jedinstvene procese, tokove, protoke, materijale i dr. od sirovinске baze, točke isporuke, (polu)proizvođača, skladišta, terminala, distribucijskih centara i dr. preko točke ili točaka razdiobe do krajnjih potrošača, odnosno korisnika [5].

U užem smislu dostava je skup različitih aktivnosti i operacija koje se poduzimaju kako bi se osiguralo stavljanje robe na raspolaganje kupcima. Dostavom su obuhvaćeni poslovi koji se pokreću kako bi proizvođači što brže i uz što niže troškove bili preneseni od proizvođača do kupca odnosno potrošača [6]. Radi se, dakle, o složenom procesu koji obuhvaća logističke postupke kojima se prenosi roba od jedne točke do druge, uz korištenje odgovarajućih prijevoznih sredstava. Zadatak dostave je [6]:

- omogućiti potrošačima da raspoložu robom na način i u uvjetima koji odgovaraju njihovim zahtjevima,
- omogućiti brze, sigurne i racionalne tokove roba od proizvođača do potrošača,
- vremenski uskladiti proizvodnju i potrošnju,
- povećati sposobnost robe za promet,
- usmjeravati proizvodnju prema potrošnji,
- djelovati na plasmane novih proizvoda,
- utjecati na promjenu potrošačkih navika i kulture,
- zaštititi interese potrošača.

Dostava svoje korijene ima daleko u prošlosti. Potreba za premještanjem stvari od jedne do druge točke datira iz prapovijesnog razdoblja, bilo da je bila riječ o premještanju materijala potrebnog za izgradnju nastambi za stanovanje ljudi, za smještaj životinja namijenjenih prehrani ljudi ili drugih dobara koja su se koristila u procesu razmjene. Najstariji zapisi o prijevozu robe potječu iz starog Egipta, gdje su kuriri dostavljali dokumente uklesane u kamenu. Egipćani su, također, morali premještati građevinski materijal potreban za izgradnju piramida. Legenda o Fidipidu govori o grčkom vojniku koji je pretrčao udaljenost od Maratona do Atene udaljenost od 40 km bez stajanja kako bi prenio vijest o pobjedi, a po dolasku u Atenu je umro od iscrpljenosti, a legenda 'živi' u nazivu atletske utrke izdrživosti [7].

Razvoj dostave, u suvremenom poimanju kurirske službe, potaknuli su američki poduzetnici James E. (Jim) Casey i Claude Ryan, koji su u Settlu u Washingtonu pokrenuli kurirske usluge, a do današnjih dana njihova *startup* tvrtka osnovana 1907. godine pod nazivom American Messenger Company izrasla je u multinacionalnu kompaniju *United Parcel Service* (skr. UPS), jednu od najvećih svjetskih prijevozničkih tvrtki. U početku je tvrtka dostavljala male pakete za lokalne robne kuće koje su do tada koristile konje i vagone za isporuku robe. U 2017. godini ova je tvrtka isporučila više od pet milijardi paketa u 220 zemalja svijeta, a zapošljava više od 454 tisuće zaposlenika širom svijeta [8].

Od početka 20. stoljeća do danas, dostava paketa bitno je izmijenjena. Promjene su posebice bile snažne posljednjih 30-ak godina. Za prijevoz robe koriste se različiti oblici prijevoza. Nekad su to bili konji i zaprežna kola, a danas se dostava paketa obavlja

pomorskim, željezničkim i zračnim prijevozom. UPS je već 1929. godine nudio uslugu brze dostave paketa zrakoplovom u velike gradove zapadne obale Amerike. Na kraju 20. stoljeća industrija dostave paketa počela je nuditi različite mogućnosti dostave, uključujući uslugu dostave istog dana, dostavu sljedećeg dana i razne odgođene mogućnosti dostave koje su uključivale vrijeme dostave. S povećanjem razmjera trgovine od lokalne zajednice do nacionalne trgovine, a potom i do globalnog tržišta, industrija dostave paketa slijedila trendove, s velikim kapitalnim ulaganjima i širenjem, te sve većom konkurencijom na tržištu dostave paketa.

Značajna ulaganja u informacijsku tehnologiju omogućio je prijevoznicima paketa pružanje kupcima mogućnosti praćenja kretanja paketa od podrijetla do odredišta. Ostali pomaci uključivali su kombiniranje logističkih, prijevoznih i financijskih usluga s tradicionalnom dostavom paketa kako bi se kupcima ponudila potpuna rješenja upravljanja opskrbnim lancem.

Razvoj dostave paketa omogućio je inovacije novih poslovnih modela. Jeff Bezon, osnivač Amazona.com je, primjerice, u svom poslovnom modelu kombinirao 'isporuku na vrijeme' zajedno s e-trgovinom. U 2013. godini predstavio je korištenje dronova u dostavi malih paketa. Također je transformirao dostavu na kućnu adresu izgradivši vlastitu mrežu paketnih centara, kamiona i dostavnih kombija, koja obrađuje većinu narudžbi korisnika Amazona putem partnera za dostavu, a koje su prije dostavljale poštanske službe, UPS, FedEx, DHL i dr. [9]. U Hrvatskoj je Hrvatska pošta investirala u postavljanje paketomata koji olakšavaju dostavu robe na način da građani koji putem Interneta kupuju ili šalju jedni drugima robu mogu pakete sami podignuti, tijekom 24 sata dnevno, sve dane u tjednu, uz pomoć koda dobivenog putem mobitela koji otključava ladicu u kojoj se ostavljaju naručeni paketi [10].

Vidljivo je, dakle, da dostava prolazi svoj razvojni put koji je uvjetovan velikim brojem čimbenika, a posebice tehnološkim razvojem.

2.2. TEHNOLOGIJA DOSTAVE

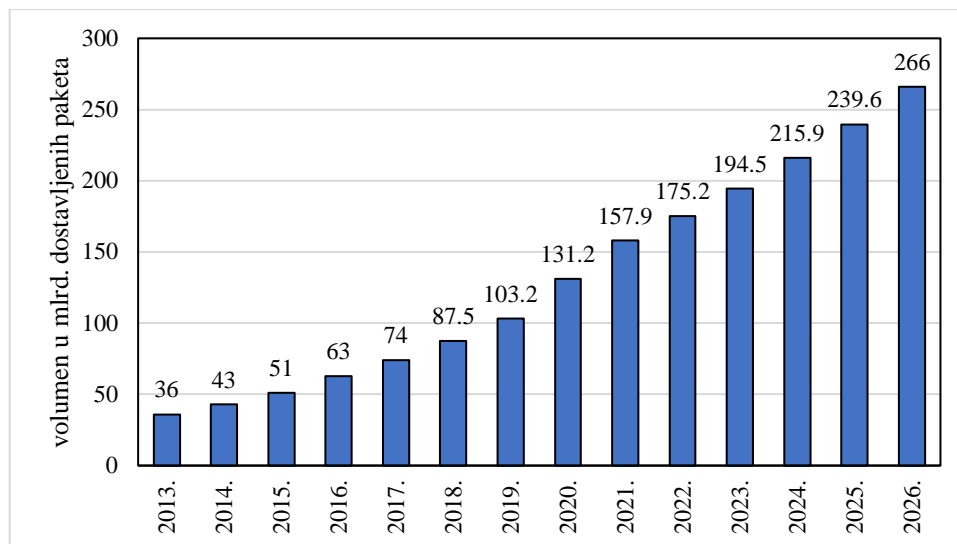
Kako je prethodno istaknuto cilj dostave je da se roba ili usluge dostave naručitelju u dogovorenom vremenskom razdoblju, uz optimalno korištenje resursa i optimalne troškove. Dostavu omogućava korištenje odgovarajuće tehnologije prijevoza. Koriste se svi oblici i tehnologije prijevoza, od cestovnog, željezničkog, vodenog i cijevnog prijevoza do različitih kontejnerskih sustava i tehnologija vertikalnog prijevoza, a posljednjih godina sve se veća pažnja pridaje i intermodalnim sustavima prijevoza robe [11]. Dok su zračni i pomorski prijevoz zastupljeniji u savladavanju velikih udaljenosti, željeznički i cestovni prijevoz koriste se češće pri savladavanju malih udaljenosti. Dostava na području gradovima najčešće se obavlja cestovnim vozilima: teretna vozila, kombiji, motociklima, biciklima. Kako bi se smanjila emisija stakleničkih plinova dostavne službe, poput DHL-a i dr. koriste vozila na električni pogon (slika 1). Amazon je u 2021. godine dvije trećine dostave paketa svojim kupcima u Parizu obavljao električnim kombijima, biciklima i pješaćkom dostavom iz mikro čvorišta putem partnera za dostavu. Cilj je Amazona da do 2030. godine 50 % isporuka bude s nula emisije ugljika. Za dostavna vozila s nula emisijama koriste se 100 % električne baterije ili pogonjene vodikom, a dolaze uz električne bicikle i električna vozila na tri kotača [12].



Slika 1. Električni dostavni bicikl [13]

Gradske zone su često mjesta u kojima je zabranjen promet motornim vozilima, pa se dostava obavlja biciklima ili klasičnim načinom isporuke kada čovjek koristi različita prijenosna sredstva, poput košara ili kolica posebno konstruiranih za tu namjenu.

Ubrzani razvoj tehnologije posljednjih godina potaknuo je širenje usluga za zahtjev putem digitalnih kanala koji je potrošačima omogućio neposredan pristup robi i uslugama u područjima kao što su dostava hrane, e-trgovina, pa i zdravstvenoj skrbi, zajedno s praktičnom i brzom dostavom, koja se u nekim slučajevima odvija istog dana. Pandemija Covid-19 ubrzala je taj trend, jer su potrošači sve više i više kupovali online uslijed restriktivnih mjera ograničenja kretanja u svrhu sprječavanja širenja zaraze. Dostava paketa u 2020. godini generirala je preko 131 milijardu paketa na globalnoj razini, što je u odnosu na 2013. godinu gotovo četverostruko povećanje (grafikon 1). Procjenjuje se da će u 2026. godine dostava paketa u svijetu dosegnuti dvostruko veći volumen (266 mlrd. paketa) u odnosu na 2021. godinu (131,2 mlrd. paketa) [14].



Grafikon 1. Kretanje volumena dostavljenih paketa u svijetu, 2013.-2020. godine i procjena za 2021.-2026. godinu [14]

Govoreći o tehnologiji dostave zasigurno je najrasprostranjenija tradicionalna tehnologija dostave koja podrazumijeva dostavu putem kurirske službe ili osobno preuzimanje pošiljaka na određenoj lokaciji. Za dostavu putem kurirske službe može se reći da je to najrašireniji oblik dostave. Procjenjuje se da bi globalno tržište kurirskih usluga do 2025. godine moglo dosegnuti 326,32 mlrd. USD. U 2018. godini tri vodeće američke kurirske tvrtke imale su sljedeće isporuke [15]:

- USPS – 6,2 mlrd. dostavljenih paketa,
- FedEx – 2,1 mlrd. dostavljenih paketa,
- UPS – 5,2 mlrd. dostavljenih paketa.

Dostava putem kurirske službe je vrlo fleksibilan način dostave s vrlo individualnim pristupom. Sam proces dostave kurirskom službom ovisi o poduzeću koji isporučuje proizvod ili uslugu, ugovoru, lokaciji i drugim čimbenicima. Isporučitelj može vlastitu isporuku dostaviti lokalnom skladištu, koju potom preuzima dostavljač i distribuira kupcima. No, dostava se može obaviti i na način da kurirska služba preuzme paket izravno od prodavača (dostava 'od vrata do vrata'). Kurirska služba često preuzima veliki broj različitih narudžbi za dostavu na određenom području ili unutar neke regije kako bi smanjio ukupne troškove transporta i vrijeme. Koordinacijom dostave za određeno područje, kurirska dostavna služba smanjuje količinu nepotrebnih putovanja, pa se dostava može izvršiti i u jednom danu. Primjeri dostave kurirskom službom mogu biti sljedeći [16]:

- prodavač dostavlja narudžbu lokalnom skladištu,
- kurirska služba preuzima narudžbu u lokalnom skladištu,
- kurirska služba prevozi narudžbu do određenog područja distribucije,
- kurirska služba dostavlja pakete kupcima na kućnu adresu ili drugu naznačenu adresu,
- kurirska služba se vraća u lokalno skladište za više paketa ili završava sa smjenom.

Dostave kurirskom službom koriste i pametno planiranje rute dostave, te je time olakšan proces dostave i u konačnici se štedi vrijeme dostave. Pri tome se koriste softverska rješenja za planiranje ruta, koja dostavnoj kurirskoj službi omogućavaju povećanje produktivnosti, jer softver odabire najbolje i 'pametne' rute čime se izbjegavaju prometne gužve.

Nova tehnološka rješenja u praćenju pošiljaka utjecala su na transformaciju usluga kurirske službe. Obavještavanje kupaca o statusu paketa postalo je standard u ekosustavu e-trgovine. Praćenje lokacije pošiljaka omogućeno je *Global Positioning System* (skr. GPS), globalnim satelitskim navigacijskim sustavom. GPS softver omogućava poboljšanu komunikaciju otpremnika i kurira s jedne strane i te vozače i kupce s druge strane, čime se povećava zadovoljstvo kupaca. No, promjene se nisu time zaustavile. Daljnji razvoj tehnologije pametnih senzora omogućio je korisnicima da znaju točnu lokaciju artikla u tranzitu s preciznom točnošću, pa čak i s točnim uvjetima okoline (temperaturu, primjerice) u kojoj se paket nalazi. FedEx je, primjerice, razvio tehnologiju SenseAware koja se

primjenjuje u posebno osjetljivim područjima dostave, kao što je dostava lijekova, cjepiva i drugih medicinskih proizvoda koji su osjetljivi na temperaturu i vremenske prilike, a koja omogućuje praćenje dostave robe i uvjeta u kojima se roba nalazi [17]. Ova tehnologija omogućava veću sigurnost i pravodobnu dostavu.

Kod osobnog preuzimanja pošiljke kupcu je omogućeno preuzimanje pošiljke na lokaciji koju prodavač ima u svojoj ponudi. To može, primjerice, biti poslovnica prodavača u mjestu prodaje, poslovnica dostavne službe, paketomat i dr. Kupac u tom slučaju samostalno preuzima pošiljku na lokaciji dostave.

Tehnologija dostave prati, dakle, trendove tehnološkog razvoja te primjenom tehnoloških rješenja nastoji što brže i sigurnije dostaviti narudžbu kupcu.

2.3. NOVI OBLICI DOSTAVE

Uz tradicionalne oblike dostave pod utjecajem tehnološkog razvoja, posljednjih se godina razvijaju i novi oblici dostave, koji upotpunjuju tradicionalnu dostavu te povećavaju učinkovitost dostave i prilagodbu zahtjevima kupaca. U ovom dijelu rada daje se uvid u autonomnu dostavu i dostavu “posljednje milje”.

2.3.1. Autonomna dostava

Rastuća potražnja za beskontaktnim uslugama nakon pandemije pomogla je povećanju potražnje za autonomnim rješenjima dostave. Upotreba tehnologije autonomne dostave ima za cilj smanjenje troškova dostave. Autonomna vozila nastala su kao opskrba vozila američkoj vojsci za dostavu materijala [18]. No, njihova se primjena komercijalizira i u dostavi malih pošiljaka. U 2021. godini globalno tržište autonomne dostave doseglo je vrijednost od 860 milijuna USD [19]. Procjenjuje se da bi autonomna vozila u budućnosti isporučivala 78 % artikala na globalnoj razini, dok će tradicionalna dostava sudjelovati s oko 20 % [16]. *Startup* za autonomnu dostavu *Nuro*, kojeg su 2016. godine osnovali Dave Ferguson i Jiajun Zhu prva je tvrtka u Kaliforniji, pokrenuo je u 2021. godini komercijalne usluge dostave bez vozača, korištenjem Toyotina vozila Prius (slika 2). Izdavanje dozvole za ovu vrstu dostave u Kaliforniji ujedno je označilo i značajnu prekretnicu u evoluciji

autonomnih vozila. Maksimalna brzina vozila je 40 km/h, a imaju odobrenje za rad u povoljnim vremenskim uvjetima s ograničenjem brzine do 56 km/h [20].



Slika 2. Autonomno vozilo tvrtke Nuro za dostavu pošiljaka [19]

Trendove na američkom tržištu prate se i u drugim dijelovima svijeta, posebice u Aziji. Azijski gradovi pokazuju sve veće zanimanje za usvajanje autonomnih tehnologija, a razlog tome nalazi se u optimiziranju robotske tehnologije u rješavanju višestrukih problema dostave u gradovima, kao što je smanjenje prometnih gužvi, povećanje produktivnosti i dr. U Singapuru se provodi jednogodišnje ispitivanje autonomnih robota za dostavu na sjeveroistoku otoka u svrhu širenja robota “kurira” za uslugu dostave na zahtjev. Autonomna dostavna vozila postavljena su i u kineskim gradovima nakon pandemije Covid-19 bolesti u 2020. godini. FedEx je u Japanu u 2021. godini predstavio robota za autonomnu dostavu Roxo™, namijenjen dostavi manjih pošiljaka direktno na kućni prag kupaca, dizajniran za kretanje nogostupima i uz ceste. Na taj način potrošačima je omogućena usluga beskontaktno dostave isti dan na kućnom pragu. U Europi su za dostavu “posljednje milje” razvijaju autonomni roboti. U pilot fazi su u 2022. godini roboti razvijeni u suradnji UPS i CARNET-a u Esplugues de Llobregatu u Španjolskoj, Hamburgu u Njemačkoj i Debrecenu u Mađarskoj.

Vidljivo je da autonomna vozila odnosno roboti, zauzimaju sve značajnije mjesto u dostavi pošiljaka. Procjenjuje da se bi njihova primjena mogla imati ubrzani rast, te da bi do 2030. godine tržište autonomnih vozila trebalo dosegnuti vrijednost od 4,9 mlrd. USD [19].

Njihova primjena bi mogla smanjiti troškove dostave “posljednje milje”, povećati učinkovitost i smanjiti ispuštanje stakleničkih plinova izazvanih cestovnim prometom.

U fazi testiranja su i poluautomatizirani kamioni (koji vozače koriste za pojedine faze) i potpuno autonomni kamioni (za koje nije potreban vozač). Cilj je upotrebe autonomnih kamiona smanjenje umora vozača te značajno poboljšanje produktivnosti. Implementacija samovozećih polukamiona smanjila bi troškove rada, osiguranja i potrošnju goriva.

Dostava pomorskim prometom, također, bilježi inovacije. Prvi autonomni kontejnerski brod Yara Birkeland s nultom potrošnjom energije u vlasništvu norveške tvrtke za proizvodnju gnojiva Yara Norge AS projektiran je za prijevoz gnojiva od Yarine tvornice gnojiva do luka Brevik i Larvik. Količina gnojiva koju bi preveo zamijenila bi 40.000 kamionskih putovanja cestom [19].

2.3.2. Dostava “posljednje milje”

U literaturi je široko prihvaćeno shvaćanje prema kojem se termin dostava “posljednje milje” odnosi na one logističke aktivnosti povezane s dostavom pošiljaka, primjerice, paketa robe naručene putem Interneta kupcima u urbanim područjima. Prema tom shvaćanju, isporuka “posljednje milje” počinje kada pošiljka dostigne početnu točku u urbanom području, npr. centralno skladište nakon što je prevezena s udaljene lokacije, a završava kada pošiljka uspješno stigne do željene odredišne točke krajnjeg kupca [21]. Alternativni koncept posljednje milje definira se kao specifičan procesni lanac koji primjenjuju jedno ili više transportnih vozila (npr. kombi za dostavu i/ili dron), skladišne objekte (npr. središnje skladište i/ili poštanski ormarić) i opcije primopredaje (npr. dostava na kućnu adresu uz pratnju ili samoposluživanje od strane kupaca) kako bi se ispunio zadatak dostave u posljednjoj milji [22]. Dostavu “posljednje milje” karakterizira najmanja učinkovitost i troškovno najveći dio procesa dostave. Razlog tome nalazi se u izazovnim ciljanim razinama usluge, malim dimenzijama narudžbi i visokoj razini raspršenosti odredišta [23]. Troškovi “posljednje milje” mogu iznositi i do polovice ukupnih logističkih troškova.

Kako bi rasteretili urbana područja od prekomjernog dostavnog prometa, ali i smanjili troškove dostave “posljednje milje” koriste se različiti koncepti dostave, među kojima su i decentralizirana mikroskladišta i teretni bicikli, posebno u najužim gradskim

središtima. Nadalje, mnogi davatelji poštanskih usluga nastoje uspostaviti samoposluživanje za korisnike kako bi svoje zaposlenike oslobodili praćene dostave na kućnu adresu.

Tradicionalni koncept dostave koji se primjenjuje u cijelom svijetu za obradu velike većine pošiljaka temelji se na dostavnim kombijima koji polaze iz središnjeg skladišta, a voze ih dostavljači. Tijekom obilaska kuća kupaca, dostavljač zaustavlja kombi uz cestu, prilazi kući kupca i predaje paket izravno kupcu putem praćene kućne dostave. Ovaj koncept se uspješno primjenjuje već desetljećima. Međutim, mnogi gradovi, posebice u užim centrima, zbog gustoće naseljenosti i prometa, traže alternativne načine dostave. Jedan od tih načina su teretni bicikli na isključivo ručni ili električni pogon ili kombinacija oba. Dobro su prihvaćeni u velikim gradovima, poput Pariza, Antwerpena, Beča i dr. Njihova je prednost što mogu doprijeti do kupca koji žive u područjima s ograničenim pristupom (npr. pješačka zona) i nedostatkom parkirnih mjesta. S obzirom da je njihov kapacitet znatno manji od dostavnih vozila, potrebno ih je više puta nadopunjavati dodatnim pošiljkama tijekom dana. Kako bi se izbjeglo dugotrajno vraćanje u središnje skladište, teretni bicikli se obično nadopunjuju putem mreže decentraliziranih mikroskladišta (tzv. satelitska skladišta) (slika 3).



Slika 3. Teretni bicikl i mobilno mikro skladište [22]

S obzirom da je dostava na kućnu adresu uz pratnju najdugotrajniji, a time i najskuplji način predaje paketa, davatelji usluga dostave nastoje uspostaviti samoposluživanje korisnika. Kod primjene ove opcije primopredaje, višestruki paketi za više od jednog kupca donose se u decentralizirani objekt koji je lako dostupan korisnicima. To mogu biti ormari za pakete koji se postavljaju na dobro posjećenim mjestima, prodavaonica duhana ili mala trgovina koja služi kao paketna ispostava, ali i recepcija velikih poslovnih zgrada ili fitness

centara. U usporedbi s dostavom na kućnu adresu, skupna dostava paketa više kupaca na decentraliziranu lokaciju za preuzimanje smanjuje troškove dostavne službe, olakšava rukovanje sve većim količinama paketa i rasterećuje radnu snagu. Ovaj oblik dostave pogodan je za ljude koji nisu često kod kuće u uobičajeno vrijeme kada pakete dostavljaju tradicionalne kurirske službe.

Koncepti dostave “posljednje milje” koji se naziru u bliskoj budućnosti, a čija je eksperimentalna faza u tijeku, koncepti su koji se temelje na tehnološkom razvoju i inovacijama bilo u transportu ili primopredaje. Ti koncepti uključuju dronove, autonomne robote za dostavu, *crowdshipping* i javni prijevoz kao alternativne opcije prijevoza. S obzirom da se o dronovima detaljno govori u sljedećim poglavljima rada, a o autonomnim vozilima već je bilo riječi, ovdje se daje uvid u *crowdshipping* i javni prijevoz.

Razvoj tehnologije i digitalizacija omogućili su uključivanje više ljudi u poslovne procese. Tako, primjerice, tvrtke poput UberRUSH, Cargomatic, Grabr, Nimbar i dr., umjesto zapošljavanja ljudi u dostavi na određeno vrijeme, slijede ideju uključivanja velikog broja ljudi u proces dostave, koji su već na putu, a imaju slobodnih kapaciteta te su voljni dostaviti pošiljku na lokaciju potrošača. Glavna karakteristika *crowdshippinga* je postojanje online (digitalne) platforme i povezane aplikacije za pametne telefone. Nakon što je zahtjev za isporukom objavljen na platformi, nudi se registriranim *crowdshipperima* koji mogu odabrati jedan ili više zadataka, preuzeti pošiljku i dostaviti je primatelju. *Crowdshipperi* za svoj rad dobivaju naknadu. *Crowdshipping* se može implementirati ili kao samostalni koncept dostave ili kao podrška tradicionalnoj dostavi kombijem, ovisno o poslovnom modelu [22]. Jedna od uspješnih implementacije ovog koncepta u praksi je koncept Amazon Flex.

Jedna od opcija dostave “posljednje milje” je i uporaba slobodnih kapaciteta javnog prijevoza za dostavu pošiljaka. Primjerice, tzv. Tram Fret u Saint-Étienneu u Francuskoj koristi tramvaje za premještanje pošiljki prema urbanim mikroskladištima [22].

Uz navedeno, u primjeni su i inovativne ideje samoposluživanja, dostava u privatno područje poslužitelja, poput pretinca za prijem paketa npr. u kućnom dvorištu ili u garaži, pametne brave na vratima koje dostavljaču omogućuju otvaranje ulaznih vrata kuće pomoću aplikacije za pametne telefone i dostava u prtljažniku osobnog automobila.

Prisutne su i inovativne ideje za buduće koncepte dostave “posljednje milje” koje još

nemaju razvijene elementarne komponente. Kao primjer mogu se navesti alternativne platforme za lansiranje bespilotnih letjelica. Kako bi se izbjegli visoki investicijski troškovi guste mreže depoa za lansiranje bespilotnih letjelica s ograničenim radnim dometom, kao mobilne platforme za lansiranje u patentnoj fazi primjene su osim kamiona, vlakovi, plovila i zračni brodovi. U patentu za leteće skladište koje je osvojio Amazon 2016. godine pretpostavlja se da zračni brod primijenjen kao platforma za lansiranje drona lebdi iznad gradskog središta. Nakon što kupac izvrši online narudžbu, dron se puni s pošiljkom i lansira iz zračnog broda. Bespilotne letjelice koje bi se lansirale s velike visine morale bi same stabilizirati svoje letove, pa bi i do udaljenih kupaca mogle doći bez pretjerane potrebe za energijom. Nakon što bespilotna letjelica isporuči svoj paket, pretpostavlja se da se neće vratiti na cepelin već u skladište smješteno na zemlji. Nakon što se dovoljno dronova skupi u depou, vraćaju se na zračni brod uz pomoć *shuttlea*, zajedno s robom i radnicima.

Može se zaključiti kako se za dostavu “posljednja milja” koriste različiti koncepti dostave, pri čemu razvoj tehnologije ima posebnu ulogu u oblikovanju novih načina dostave kojima se nastoje smanjiti negativni učinci na okoliš, povećati učinkovitost, smanjiti troškove i povećati zadovoljstvo kupaca.

3. DEFINICIJA I ZNAČAJKE DRONOVA

Dron je bespilotna letjelica (engl. *unmanned aerial vehicles*, skr. UAVs) ili sustav bespilotnih letjelica (engl. *unmanned aircraft systems*). U osnovi je to leteći robot kojim se može daljinski upravljati ili koji može autonomno letjeti pomoću softverski kontroliranog plana leta u svojim ugrađenim sustavima koji rade zajedno s ugrađenim sensorima i sustavom globalnog pozicioniranja (engl. *Global Positioning System*, GPS) [23a]. Pojednostavljeno dronovi su letjelice sposobne izvršiti kontinuirani let bez pilota [23b].

U ovom dijelu rada daju se temeljna obilježja dronova kroz kratak pregled razvoja, glavni elemenata, vrste dronova i zakonske regulative njihovog korištenja.

3.1. RAZVOJNA OBILJEŽJA DRONOVA

Koncept bespilotne letjelice opisan je 1915. godine i u disertaciji Nikole Tesle u kojoj on opisuje naoružani bespilotni zrakoplov namijenjen za obranu SAD-a [24]. Razvoj dronova bio je snažno motiviran vojnom primjenom. Prvi dron proizveden je dvije godine kasnije za potrebe američke vojske, a bio je kontroliran radiosignalom. U 1922. godini započela su istraživanja opremanja radio-kontrolnog sustava na zrakoplovu, te su 1924. godine dva probna leta na zrakoplovu F-5L (slika 4) pokazala da sustav automatske stabilizacije i radio-upravljanje besprijekorno funkcioniraju. Treći let, obavljen istog dana, po prvi put u povijesti pokazao je da je radio-upravljana letjelica daljinski upravljana kroz sve faze leta: polijetanje, manevar i slijetanje [25].



Slika 4. Zrakoplov F-5L daljinski upravljani u svim fazama leta (polijetanje, manevar i slijetanje) iz 1924. godine [24]

Unatoč tim uspjesima, interes za takvu letjelicu opada i tek 1936. godine nastavljaju se daljnja istraživanja radijski upravljanje letjelice. U drugoj polovici 1936. godine uvodi se pojam dron za zračne mete, oznaka koja je ostala do današnji dana. Dronovi kao zračne mete upotrijebljeni su prvi put 1938. godine, kada topovima s broda *USS Ranger (CV-4)* uništen ciljani dron. Korištenje takvih bespilotnih letjelica nastavljeno je tijekom sljedećih godina dok njihova upotreba nije postala rutina, otkrivajući nedostatke u protuzračnoj obrani flote protiv manevarskih ciljeva i ubrzalo poboljšanja u sustavu za kontrolu vatre. Mornarica se usredotočila na financiranje i razvoj jurišnih dronova [24].

Tijekom drugog svjetskog rata usavršavanje radijski upravljanih letjelica je nastavljeno, prvenstveno kao platformama za dostavu oružja i vođenih projektila. Uspjesi i neuspjesi predratnih ciljnih bespilotnih letjelica u funkciji meta te njihovih ukrčanih zračnih krila potaknuli su oživljavanje koncepta zračnih torpeda. Tijekom 1942. godine, mornarica je izvela prvi uspješan napad uživo radio-upravljanim zrakoplovom naoružanim lažnim torpedom protiv manevarskog razarača u zaljevu Narragansett [24]. Upravljana 'letjelicom majkom' udaljenom 20 milja, radio upravljanja letjelica postigla je izravan pogodak u ciljnu splav razarača.

Nakon drugog svjetskog rata, pojedine zemlje su svoje napore usmjerile na projektiranje letjelica koje imaju sposobnost nadzora, izviđanja i prodiranja na neprijateljski teritorij bez angažiranja ljudi u područjima visokog rizika. To je podrazumijevalo autonomno uzlijetanje, letenje i slijetanje [26]. U 21. stoljeću primjena dronova i dalje je najviše orijentirana za potrebe vojske. No, posljednjih godina sve se više upotrebljava i u civilne svrhe, te dobiva komercijalni značaj, a koristi se i u području znanosti i javne sigurnosti. Dronovi omogućavaju prikupljanje podataka i snimaka ugroženih područja, izradu karata, komunikacijski prijenos, istraživanje, spašavanje, nadzor prometa i dr. Primjena dronova je, uistinu raznolika, a razvoj tehnologije i softverskih rješenja omogućava daljnje širenje njihove primjene.

Tijekom povijesnog razvoja drona mijenjao se i njegov oblik. Prvi dron oblika aviona u civilne svrhe projektirali su 1979. godine Przybill i Wester-Ebbinghaus (slika 5). Dron je bio namijenjen za fotogrametrijsku primjenu. Bio je dug 3 m i imao je raspon krila 2,6 m te je mogao nositi teret od najviše 3 kg. Letovi su se obavljali na visini od 150 m iznad zemlje i brzinom od 40 km/h. Korištenjem ovog drona bilo je moguće dobiti slike arheološkog područja, arhitekture i gradilišta. Provedena je kombinacija terestričkih i zračnih mjerenja.

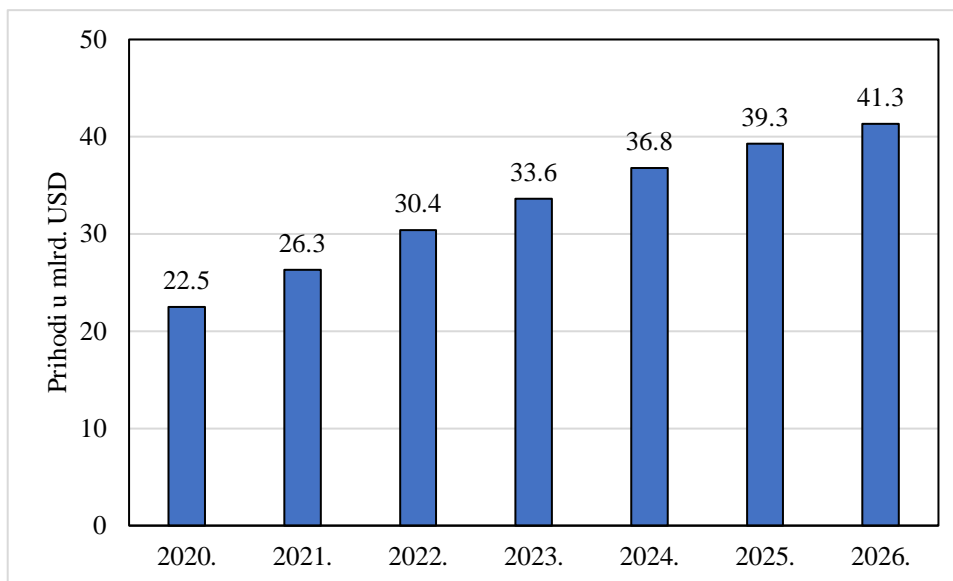


Slika 5. Model drona u konstrukciji Przybilla i Wester-Ebbinghaus iz 1979. godine [27]

Godine 1980. Wester-Ebbinghaus je prvi put upotrijebio model helikoptera u fotogrametrijske svrhe. Helikopter je imao maksimalnu nosivost 3 kg. Letenje helikoptera je uključivao angažman pilota i navigator. Dok je pilot kontrolirao polijetanje, slijetanje i letenje, navigator je mora kontrolirati visinu i aktivirati kamere putem radio veze. Helikopter je mogao letjeti na visini od 10 do 100 m [27].

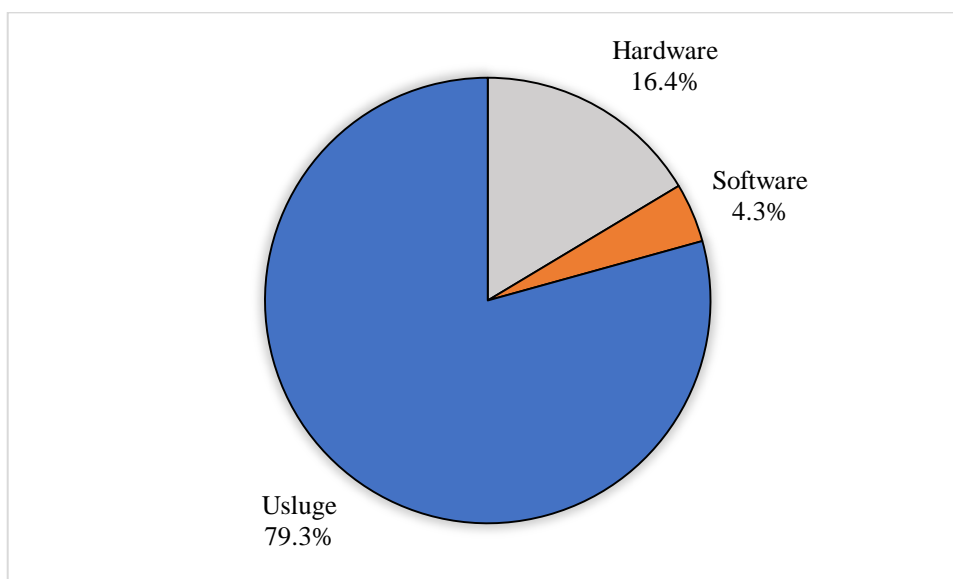
Daljnja konstrukcijska rješenja dronova uključivala su dronove u obliku cepelina i balona, no najboljima su se pokazali dronovi u obliku aviona i helikoptera, koji su se nastavili razvijati i u daljnjem razdoblju i pridonijeli sve većoj autonomiji i točnosti izvođenja leta [25]. Početkom korištenja civilnih dronova smatra se 2006. godina kada u SAD-u dolazi do promjene zakona o odgovarajućim regulatornim mjerama te je time omogućena upotreba dronova u komercijalne svrhe. Iste su godine dozvoljena dva bespilotna letenja.

Tehnološki razvoj omogućio je daljnji razvoj dronova, čemu posebice pogoduje razvoj digitalne tehnologije i Internet stvari (engl. *Internet of things*, skr. IoT). Komercijalni dronovi postali su snažno rastuća industrija koji imaju potencijal odgovoriti na niz tržišnih potreba. Prema podacima *Drone Industry Insights* globalno veličina globalnog tržišta dronova iznosila je 22,5 mlrd. USD, a prema procjenama do 2026. godine dosegnuti će 41,3 mlrd. USD s prosječnim godišnjim rastom od 2021. do 2026. godine od 9,4 % [28]. Kretanje veličine globalnog tržišta dronova u 2020. godini i predviđanje do 2026. godine predstavljeno je grafikonom 2.



Grafikon 2. Veličina globalnog tržišta dronova i prognoza za 2021.-2026. godinu [28]

Podjelom globalnog tržišta dronova po segmentima (*hardware*, *software* i usluge) može se sasvim jasno vidjeti da je tržište uslužno orijentirano. Oko 78 % prihoda ostvarenog na globalnom tržištu dronova generira se kroz usluge. Za ovaj se segment predviđa godišnji rast od 9,6 % te se procjenjuje da bi do 2026. godine trebao dosegnuti 30,7 mlrd. USD (grafikon 3).



Grafikon 3. Struktura globalnog tržišta dronova [28]

Segment usluga uglavnom pokreću interne poslovne aktivnosti dronova, odnosno tvrtke koje koriste tehnologiju dronova za svoje interne poslovne procese. Taj udio unutar segmenta usluga sudjeluje s oko 70 %, a prema procjenama u budućnosti će se povećavati.

Drugi najveći udio na tržište usluga dronova čini tzv. *Drone Service Providers* (skr. DSP) koji nude svoje usluge klijentima, primjerice, inspekcije i mnoge druge aplikacije.

Iz kratkog prikaza razvojnih obilježja dronova može se vidjeti njihov dinamičan razvoj posljednjih godina pod utjecajem tehnoloških promjena i sve veće potražnje za uslugama koje su omogućene dronovima. Uz stalnu minijaturizaciju senzora i procesora te sveprisutnu bežičnu povezanost, dronovi pronalaze sve veći broj novih namjena sa svrhom poboljšanja kvalitete života ljudi. Primjene bespilotnih letjelica prisutne su u poljoprivredi, premjeru zemljišta ili infrastrukture, sigurnosti, kinematografiji i hitnim intervencijama, a posebno je važna primjena bespilotnih letjelica u dostavi roba i usluga na zahtjev koja se pokazala troškovno konkurentna u odnosu na tradicionalni način dostave.

3.2. GLAVNI ELEMENTI DRONOVA

Bespilotni zrakoplovni sustav čine bespilotna letjelica, teret koji prevozi i zemaljska upravljačka stanica. Zračne letjelice su složeni sustavi sastavljeni od hardverskih i programskih struktura [29]. Poboljšanje elektronike omogućilo je razvoj navigacijskih i kontrolnih sustava koji su sve više dostupni na tržištu.

Glavne komponente bespilotnih letjelica mogu se podijeliti u tri glavne kategorije [29]:

- 1) platformu za letenje, koja uključuje konstrukciju zrakoplova, navigacijski sustav, energetski sustav i korisni teret,
- 2) zemaljsku kontrolnu stanicu, koja omogućuje kontrolu s udaljenog položaja
- 3) komunikacijski sustav, koji podržava komunikaciju između druge dvije komponente.

Platforma za letenje sastoji se od različitih komponenti čija je svrha omogućiti let i uz pomoć senzora prikupiti potrebne podatke.

Konstrukcija zrakoplova (slika 6) je glavna strukturna komponenta bespilotne letjelice. Ova struktura mora uzeti u obzir težinu s obzirom na snagu, komunikaciju i upravljačke sustave na brodu. Štoviše, konstrukcija zrakoplova mora biti odgovarajuće projektirana kako bi izdržala sile koje se mogu pojaviti tijekom leta, a da pri tome ne uzrokuje deformacije i vibracije. Fiksna krila su uglavnom izrađena od polistirena ili

plastike. Uobičajeni višerotorni okviri izrađeni su od aluminija ili ugljičnih vlakana (tako da budu lagani i otporni), a broj krakova je funkcija očekivane nosivosti i broja motora [29].



Slika 6. Različite konstruktivne strukture zrakoplova s obzirom na materijal: polistiren, plastika, aluminij, karbonska vlakna (od lijeva ka desno) [29]

Navigacijski sustav je glavna komponenta zrakoplova i autopilot koji omogućuje autonomne ili poluautonomne letove putem hardverskih i softverskih komponenti. Navigacijski sustav se sastoji od kontrole leta, GPS/GNSS-a i inercijalnog sustava. Kontrola leta je “jezgra” navigacijskog sustava. Ova ploča upravlja planiranjem leta i može u stvarnom vremenu provjeriti teoretsku u odnosu na stvarnu putanju. Na nju je moguće je spojiti nekoliko senzora, kako bi se sinkroniziralo prikupljanje podataka korištenjem GPS vremena.

GPS/GNSS ploča još je jedan temeljni element modernih bespilotnih letjelica. Obično je instaliran jednofrekventni i dvokonstelacijski (GPS i GLONASS) sustav. Tradicionalno, prijemnik se koristi samo za definiranje položaja drona u samostalnom položaju.

Inercijalni sustav obično je zadnja komponenta navigacijskog sustava. Obično se instalira inercijalna mjerna jedinica MEMS (mikro-elektro-mehanički sustavi) sa svrhom kontrole položaja drona.

Sustav napajanja bespilotne letjelice ima za cilj opskrba sustava energijom. Ovisno o odabranoj konstrukciji zrakoplova, mogu se usvojiti različiti sustavi napajanja: najčešći su Wankel rotacijski motori, gorive ćelije i električna rješenja. Kod sustava s više rotora najprihvaćenije rješenje su litij-polimerske (LiPo) baterije [29].

Korisni teret sastoji se od senzora ili instrumenata koje nosi bespilotna letjelica i koristi se za prikupljanje određenih podataka ili parametara (npr. RGB/multispektralna kamera, video kamera, termalni ili druge vrste senzora).

Ostale komponente korisnog tereta mogu biti instrumenti potrebni za opremu na dronu

i aktivaciju uređaja. Osobito u slučaju kamera, temeljna komponenta je gimbal, potpora koja omogućuje rotaciju korisnog tereta duž jedne ili više osi često opremljena servosima koji mogu prilagoditi ili stabilizirati orijentaciju senzora. Prema senzoru, gimbal se može fiksirati, stabilizirati i njime se može upravljati s tla.

Zemaljska kontrolna stanica osigurava trajno i interaktivno daljinsko upravljanje bespilotne letjelice obavještavajući pilota o tijeku autonomnog leta. Računalo ili tablet koji može planirati let i kontrolirati njegovo izvršenje obično je osnovna konfiguracija za zemaljsku kontrolnu stanicu. Pilot bi trebao biti opremljen daljinskim upravljačem koji se može koristiti u hitnim slučajevima ili za obavljanje polijetanja i slijetanja ako dron nije potpuno autonoman. Jedna ili više osoba odgovorne su za upravljanje i kontrolu parametara drona tijekom leta. Glavni dijelovi komercijalnih dronova imaju svoj namjenski planer misije ili se može koristiti softver otvorenog koda koji je razvila znanstvena zajednica.

Posljednja komponenta drona je *komunikacijski sustav* koji predstavlja radio vezu između zemlje i vozila. Za zapovijedanje i upravljanje dronom, radiokomunikacija je obavezna i kako bi se osigurala kontinuirana veza za hitne operacije. Radiofrekvencije) u rasponu od 30 MHz do 3 GHz općenito su RF pojas u kojem rade mali multirotori.

3.3. VRSTE DRONOVA

Klasifikacija dronova je važna kako bi se moglo razlikovati, ali i kako bi se moglo pravilno regulirati njihovo prometovanje i donošenje zakonske regulative prometa tih letjelica.

S obzirom na namjenu mogu se razlikovati:

- vojni,
- civilni,
- komercijalni.

Dronovi pokrivaju širok raspon težina, od mikro dronova koji teže samo nekoliko kilograma, pa sve do masivnih *Global Hawk (Tier III)* koje teže preko 11 tona. Općenito se bespilotne letjelice mogu podijeliti u nekoliko kategorija:

- super teške – težine preko dvije tone,
- teške – težine između 200 kg i 2.000 kg,
- srednje teške – težine od 50 kg do 200 kg,
- lake – težine između 5 i 50 kg,
- mikro – ispod 5 kg.

Dronove se može klasificirati i s obzirom na njihov raspon, pa se razlikuju dronovi s kraćim ili dužim rasponom. S obzirom na cijenu razlikuju se jeftiniji i skuplji dronovi, a mogu se, za klasifikaciju koristi i kriteriji složenosti modela, opterećenja i dr.

S obzirom na stupanj autonomnosti razlikuju se:

- dronovi koji se daljinski pokreću,
- dronovi s okretnim krilima,
- dronovi s nepokretnim fiksnim krilima,
- dronovi lakši od zraka.

S obzirom na način uzlijetanja i slijetanja razlikuju se dronovi s vodoravnim uzlijetanjem i slijetanje od dronova s horizontalnim uzlijetanjem i slijetanjem.

Najčešći tipovi dronova su hibridi s više rotora, s jednim rotorom, fiksnim krilima i hibridi s fiksnim krilima.

Europska zajednica za bespilotne letjelice (eng. *European Association of Unmanned Vehicles Systems*, skr. EUROUVS) kreirala je klasifikaciju bespilotnih letjelica na osnovu sljedećih parametara: visina leta, trajanje leta, brzina, maksimalna nosivost, veličina letjelice, domet signala i dr., te je izvršena podjela u četiri kategorije [25]:

- mikro/mini,
- taktičke,
- strateške,
- bespilotne letjelice s posebnom zadaćom.

Provedbenom Uredbom Komisije (EU) 2019/947 donesenom 24. svibnja 2019. godine na području cijele Europske unije prihvaćena je klasifikacija bespilotnih letjelica prema kojoj su definirani zahtjevi vezani za njihov rad i korištenje.

Tablica 1. Klasifikacija bespilotnih letjelica na području Europske unije

Specifikacija	C0	C1	C2	C3	C4
Težina/energija udara	< 250 g	900 g	< 4 kg	< 25 kg	< 25 kg
Maksimalna brzina	19 m/s = 68 km/h	19 m/s = 68 km/h	-	-	-
Maksimalna visina leta	120 m	120 m ili podesivo ograničenje visine	120 m ili podesivo ograničenje visine	120 m podesivo ograničenje visine	120 m ili prema uzletištu modela
Zahtjevi tehnike	Smjernica za igračku ili <68 km/h, ograničenje visine	< 68 km/h, ograničenje visine, slijetanje u nuždi kod gubitka signala	Ograničenje visine, slijetanje u nuždi kod gubitka signala, način male brzine, zadane točke loma	Ograničenje visine, slijetanje u nuždi kod gubitka signala, način male brzine, zadane točke loma	Nije dozvoljeno automatsko upravljanje

Izvor: Vrbanus, S. 2021, 'Od početka godine nova pravila za civilne dronove u EU', 2.01.2021., *Bug*, online: <https://www.bug.hr/propisi/od-pocetka-godine-nova-pravila-za-civilne-dronove-u-eu-18074> (18.06.2022.)

Iz navedenog je vidljiv veliki broj kriterija koji se koristi za klasifikaciju bespilotnih letjelica.

3.4. PREDNOSTI I NEDOSTACI DRONOVA

Dronovi imaju, kao i bilo koja druga tehnologija, svoje prednosti i nedostatke. Već iz samog naziva bespilotne letjelice može se razaznati prednost koju ova letjelica ima u odnosu na letjelicu upravljaju fizički prisutnim pilotom. Bespilotne letjelice su, nadalje, relativno male veličine te im je omogućen pristup i na teško dostupnim i nepristupačnim područjima. U zraku mogu boraviti oko 30 sati, a u slučaju pada letjelice doći će samo do materijalne štete, ali ne i ljudskih žrtava.

S obzirom na veličinu, prednost dronova ogleda se u njihovom jako dobrom manevru,

prevladavanju velikih udaljenosti i velikih visina. Osim toga mogu biti i u stacionarnom letu, odnosno mogu lebdjeti u mjestu. Dronovi, nadalje, za razliku od uobičajenih zrakoplova mogu letjeti na vrlo niskim visinama.

U odnosu na uobičajene zrakoplove, cijena dronova je znatno niža, a i troškovi održavanja su znatno niži.

Opremljenost suvremenim tehnologijama snimanja, praćenja, nadziranja, izviđanja i dr., te prikupljanja podataka i njihova brza implementacija do korisnika daje ovim letjelicama neslućene mogućnosti korištenja u različitim područjima i djelatnostima.

Osim prednosti, bespilotne letjelice imaju i određene nedostatke. Njihova upotreba ovisi o idealnim vremenskim uvjetima. Letjelice su upravljanje daljinski, a ljudske greške koje se mogu dogoditi pri njihovom upravljanju mogu rezultirati velikim troškovima i, u krajnjem slučaju, dovesti do pada letjelice.

3.5. ZAKONSKA REGULATIVA KORIŠTENJA DRONOVA

Iz perspektive zakonodavstva Europske unije trenutni propisi o sustavima bespilotnih zrakoplova (dronova), s maksimalnom masom uzlijetanja manjom od 150 kg, spadaju u nadležnost država članica. Zakon je u izradi nakon sporazuma koji je odobrila Europska komisija, a postignut je s Europskim parlamentom 22. prosinca 2017. godine. Donošenjem takvog zakona državama članicama Europske unije bio bi omogućen visok stupanj fleksibilnosti u definiranju zone na svom teritoriju, gdje su operacije zabranjene ili ograničene (na primjer radi zaštite osjetljivih područja) ili gdje su određeni zahtjevi ublaženi. Osim toga, to bi omogućilo korištenje autonomnih zrakoplova u "specifičnoj" kategoriji, kroz sustav koji uključuje procjenu rizika koju provodi operator sustava bespilotnih letjelica prije početka operacije. Zajedničko poduzeće SESAR (eng. *Single European Sky Atm Research*) daje pregled nacionalnog zakonodavstva i prati razvoj tržišta bespilotnih letjelica u Europi identificirajući sigurnosna pitanja i mogućnosti sektora. Europska komisija je uz potporu Agencije Europske unije za sigurnost zračnog prometa usvojila zajednička pravila za tehničke zahtjeve za bespilotne letjelice na području cijele Europske unije. Provedba zajedničkih pravila diljem Europske unije postaviti će ograničenja iz sigurnosne perspektive, ali će u isto vrijeme pružiti okvir koji će pomoći u

poticanju ulaganja i inovacija, omogućujući nesmetan razvoj poslovanja dronovima i rad dronovima [31].

Američka savezna uprava za zrakoplovstvo (engl. *US Federal Aviation Administration*, skr. FAA) izdala je 2016. godine pravila za operacije malih dronova koji pokrivaju široki spektar komercijalne primjene dronove težine manje od 25 kg. Time je omogućeno veće korištenje dronova u komercijalne svrhe.

U Republici Hrvatskoj, kao članici Europske unije, zakonodavstvo vezano uz letenje dronovima mora se uskladiti sa zakonodavstvom Europske unije. Od 1. siječnja 2021. godine prestao je važiti Pravilnik o sustavima bespilotnih zrakoplova kojim je bila regulirana upotreba bespilotnih zrakoplova operativne mase do i uključujući 150 kilograma te uvjeti koji moraju udovoljavati osobe koje sudjeluju u izvođenju letova u tim zrakoplovima. Nova pravila vezana za reguliranje područja rada i korištenja letjelica počela su vrijediti od 31. prosinca 2020. godine na cijelom području Europske unije, pa i Republike Hrvatske. Od početka 2021. godine u primjeni je Provedbena Uredba Komisije (EU) 2019/947 donesena 24. svibnja 2019. godine, a koja se tiče pravila i postupaka za rad bespilotnih zrakoplova [30]. Novim zakonodavstvom regulirana su različita područja djelovanja i rada bespilotnim zrakoplovima. Zakonodavstvom su bespilotni leteći predmeti podijeljeni u tri kategorije [30]:

1) Otvorena kategorija:

- nije potrebna dozvola nego, između ostalog, registracija korisnika,
- masa uzlijetanja treba biti manja od 25 kg,
- model treba letjeti na vidljivom mjestu,
- iznimka: koristi se dodatni promatrač ili se leti u načinu “Prati me”,
- treba se pridržavati maksimalne dopuštene visine leta,
- treba se održavati sigurna udaljenost od ljudi i ne smiju se prelijetavati okupljanja većih skupina ljudi,
- ovisno o operativnom riziku postoje minimalni uvjeti poput nošenja potvrde o osposobljenosti,

2) posebna kategorija – osmišljena je za primjene koje s pravnog stajališta nisu moguće u otvorenoj kategoriji,

3) kategorija s posebnom dozvolom – osmišljena je za primjene u industriji i prijevozu.

Novom zakonskom regulativom nastoji se olakšati područje rada i korištenja bespilotnih letjelicama.

4. UPOTREBA DRONOVA U DOSTAVI

Rast potražnje za naručenim proizvodima koji zahtijevaju dostavu od mjesta prodaje do mjesta isporuke utjecao je i na rast dostave dobara naručiteljima “na kućna vrata”. Takav oblik distribucije prate i izazovi dostave naručene robe na adekvatan način. Urbana središta, kako je već istaknuto, suočena su s prometnim zagušenjima, što dovodi do kašnjenja isporuke dobara, a manje dostupna i ruralna područja nemaju razvijenu infrastrukturu koja bi omogućila brzu isporuku robe kupcima. Dostavu do “kućnog praga” prate i visoki troškovi uslijed prostorne raspršenosti krajnjih korisnika. U takvim okolnostima alternativni oblici dostave, kao što je dostava dronovima nameće se kao bitan čimbenik učinkovite dostave.

4.1. DRONOVI U PROCESU DOSTAVE PAKETA

Primjena dronova u procesu dostave paketa posebno se aktualizira u dostavi “posljednje milje”. Zainteresiranost dostavnih tvrtki (DHL, Amazon i dr.) za ovaj oblik dostave rezultirali su uspješnim testiranjem prototipova dronova namijenjenih za tu svrhu. Dronovi koji se koriste za dostavu paketa (slika 7) obično su ograničeni na prijenos samo jedne pošiljke manje težine.



Slika 7. Dron za dostavu paketa (lijevo), lansiran iz kombija (desno) [22]

Ovisno o operativnom konceptu dronova, obrada veće količine pošiljaka može zahtijevati veliku flotu dronova, što dovodi do pitanja mogu li dronovi omogućiti rukovanje velikim količinama paketa i smanjiti troškove dostave. S druge strane, dronovi su elektronički pogonjeni, put savladavaju zračnim putem te rade autonomno (osim nadzornog

osoblja), pa imaju potencijal pozitivno utjecati na održivost i niže troškove.

Korištenje dronova za dostavu paketa, nadalje, može eliminirati troškove zagađenja, smanjiti propuštanje isporuka zbog vrlo kratkog vremena dostave, npr. 30 minuta između otpreme i dostave artikla. Dostava dronom može donijeti i druge značajne prednosti. Sa stajališta zahtjeva potrošača, dostava dronom kombinirana s aplikacijama mobilnih telefona kako bi se osiguralo praćenje i zakazivanje dostave, može biti pretpostavka za zadovoljenje uvjeta za postizanje maksimalne potražnje (kombinirajući dostavu na kućnu adresu s fleksibilnim rokovima isporuke, praćenje informacija o dostavi i smanjenje troškova). Dostava dronovima, također, bi mogla smanjiti potrebu za lokalnim prijevozom i smanjiti prometne gužve i emisije stakleničkih plinova.

U literaturi se navode dva koncepta upotrebe dronova u dostavi “posljednja milja”. Prvi koncept, središnje skladište – dron – kuća, podrazumijeva lansiranje dronova izravno iz središnjeg skladišta, te njegov let izravno korisniku. S obzirom na ograničeni dolet leta dronova, koji je ograničen na oko 20 km, u velikim urbanim područjima ovaj koncept zahtijeva gustu i skupu mrežu skladišta. Kako bi se prevladao ovaj nedostatak, drugi koncept, središnje skladište – dostavno vozilo – dron – kuća, primjenjuje dostavna vozila kao mobilne platforme za lansiranje dronova. I kod jednog i drugog koncepta nedostatak je što koncepti dostave dronom uvijek izvršavaju dostavu bez nadzora, s obzirom da se paketi ispustiti na odredište bez prisutnosti primatelja.

Osnovni koncept dostave “posljednje milje” s uključenim dronovima je lansiranje dronova iz skladišta izravno prema kupcima. Nedostatak je, međutim, ograničeni dolet leta dronova, što zahtijeva lokaciju jednog skladišta ili mreža decentraliziranih skladišta u urbanom području, a što iziskuje velika financijska ulaganja. Patent Amazona za dostavni centar dizajniran kako bi omogućio slijetanje i polijetanje dronova u gusto naseljenim područjima (tzv. dron-košnice) potvrđuje da dostavne tvrtke i Internet trgovci intenzivno promišljaju o implementaciji ove alternativne dostave. Kod mreže decentraliziranih skladišta povećava se doseg prema kupcima i smanjuje udaljenosti putovanja, ali dolazi do većih troškova ulaganja (i obrnuto). Jedno od rješenja je da se stanice za punjenje dronova integriraju u distribucijsku mrežu, te bi se tako premostila udaljenost između skladišta i korisnika izvan dometa leta drona.

Činjenica je da se sva inovativna logistička rješenja trebaju integrirati unutar koncepta

gradske logistike, pri čemu je potrebno uzeti u obzir prometno okruženje, zagušenost, sigurnost i uštedu energije, te uključivanje različitih dionika u okviru tržišnog gospodarstva. Isto vrijedi i za smještaj urbanih distribucijskih centara koji definiraju segment dostave “posljednje milje”. Njihovu lokaciju treba postaviti optimizacijom i dostave robe na velike udaljenosti i dostave rutama “posljednje milje” do krajnjeg korisnika uključujući ekonomske, ekološke i društvene kriterije i ograničenja [24].

Na razini operativnog planiranja, glavno je pitanje kako dostaviti određeni skup paketa kupcima s obzirom na mrežu skladišta opremljenu dronovima. Budući da su dronovi obično ograničeni na prijevoz jedne po jedne pošiljke, problem usmjeravanja u svojoj najosnovnijoj verziji svodi se na izravnu dodjelu dronova kupcima. Kao rješenje predlaže se paralelno raspoređivanje dronova, s jednim skladištem, kamionom i nizom dronova. Zadatak je odlučiti koje kupce treba opsluživati dronom, a koje kamionom, tako da se vrijeme potrebno svede na minimum. Dronovi lete od skladišta do odabranog klijenta, a kamion opslužuje sve preostale klijente u jednoj turi bez ograničenja kapaciteta [22]. Osim dodjele kupca i drona, moguće je optimizirati i odgovarajuću rutu dostave. Rješenje se vidi i u mreži skladišta te dopuštanju dronovima da mijenjaju skladišta.

Istraživanja o rutiranju dronova često zanemaruje punjenje baterija dronova. To se obično opravdava zamjenom baterija, čija je potrošnja vremena zanemariva u usporedbi s vremenom putovanja. Zamjene baterija, međutim, zahtijevaju ljudsku pomoć, a postoje i druge alternative procesa za produljenje dometa leta bez ljudske podrške. Jedna od alternativa je da logistička mreža koja sadrži stanice za punjenje, gdje dronovi mogu autonomno puniti svoje baterije. No, to zahtijeva vrijeme, a kapacitet punjenja je ograničen. Druga alternativa je da dronovi čekaju na sastajalištima kako bi ih pokupio kamion. To ih rasterećuje povratnih letova i ostavlja više energije za doseganje udaljenijih kupaca, ali zahtijeva integrirano planiranje procesa prikupljanja dronova [22].

U drugom konceptu, skladište – dostavno vozilo – dron – kuća, dostavna vozila koriste se kao mobilni uređaji za lansiranje. Kombiji i njihov veći domet vožnje omogućuju prijevoz dronova bliže kupcima. Dronovi se ukrcavaju na putu, svaki s jednom pošiljkom pohranjenom u kamion, odlaze do kupca, dovršavaju svoju kućnu dostavu bez nadzora i susreću se s kamionom na istoj ili kasnijoj stanici. Alternativno, klijente, također, može servisirati vozač bez izravne podrške drona. Potonje je neizbježno kadgod kupci nemaju odgovarajući prostor za slijetanje drona, npr. jer stanuju u neboderu bez balkona ili prozora

koji se može otvoriti. Ovaj koncept, kao i prethodni ima određene nedostatke. S obzirom na jedno skladište i kamion opremljen jednim dronom, potrebno je pronaći rutu s minimalnim vremenom dovršetka obilaska (za oba uređaja), tako da svaki kupac bude opslužen kamionom ili dronom. Dron smije napuštati i vraćati se u kamion samo na korisničkom čvoru.

U literaturi se nailazi i na istraživanja učinkovitosti kombinacije navedenih koncepata, skladište – dron – kuća i skladište – dostavno vozilo – dron – kuća, te se nude istovremeno tri opcije: klijente opslužuje određeni skup kamion-dron, dronovi lansirani iz skladišta ili kamioni bez dronova, kao i usmjeravanje dronova ka većem broju klijenata prije povratka u kamion ili više dronova ima podršku jednog kamiona, pri čemu svaki od njih može nositi više paketa istovremeno [22].

Nedostaci navedenih koncepata nastoje se prevladati uporabom koncepta, skladište – dostavno vozilo – mikro skladište – dron – kuća. Kod ovog koncepta uvedena je postaja za dronove. Dron postaje su decentralizirana mikroskladišta bez ikakve dodatne opreme za rukovanje pošiljkama, tako da ne zahtijevaju mnogo skupog gradskog prostora. Pošiljke se utovaraju konvencionalnim kombijem i isporučuju prema stanici za dronove gdje se dronovi mogu opremiti pošiljkama, napuniti nakon isporuke i čekati sljedeći kamion [32].

Alternativni koncept je i koncept skladište – dron – ormarići za pakete – samoposluživanje. Ovaj koncept daje odgovor na problem koji se javlja jer mnogi kupci, posebno u urbanim područjima, nedostaje odgovarajući prostor za slijetanje za ispravnu, sigurnu i od krađe zaštićenu dostavu bez nadzora. Stoga bi se dronovi radije mogli primijeniti za dostavu pošiljaka prema ormarićima za pakete koji su opremljeni odgovarajućom platformom za slijetanje i mehanizmom za preuzimanje paketa na vrhu. Kupci bez prikladnog prostora za slijetanje drona mogli bi preuzeti pošiljku iz ormarića za pakete u odgovarajuće vrijeme [33].

Temeljem navedenog mogu se uočiti različiti koncepti dostave paketa upotrebom drona. S obzirom da je ovaj način dostave tek u začetku, razmatraju se različite alternative optimalizacije sastavnih elemenata koncepta.

4.2. PRIMJENA DRONOVA U DOSTAVI HRANE

Dostava dronom nalazi svoju primjenu i u dostavi hrane (slika 8). Prisutna inflacija te izazovi vezani uz pritiske na kanale prodaje u ugostiteljstvu za posljedicu ima pronalaženje novih, alternativnih načina dostave narudžbe hrane do potrošačkih vrata. Dostava dronom smanjuje troškove procesa dostave, a za potrošača znači niže naknade dostave i bržu isporuku.



Slika 8. Dostava hrane dronom [34]

Usvajanje tehnologije dronova značajno mijenja način dostave hrane. Primjeri iz prakse ukazuju na uspješnu implementaciju ovog načina dostave hrane, primjerice YO! Sushi, londonski lanac restorana, Francesco's Pizza u Indiji, hotel Casa Madrona u SAD-u i dr. uspješno su implementirali usluge dostave hrane kupcima dronovima [35]. Veća učinkovitost u odnosu na tradicionalnu dostavu hrane potiče dostavne tvrtke na uključivanje u dostavu hrane, poput *UberEats* planira pokrenuti uslugu dostave dronom preko partnera koji koriste bicikle i automobile, *Foodpanda*, tvrtka za dostavu hrane u Pakistanu planira pokrenuti usluge dostave hrane dronom Pandafly. Pandafly će biti prvi pakistanski komercijalni dron koji će pružati usluge dostave hrane dronom u Pakistanu. Prema podacima Flytrexa, tvrtke koja razvija dronove, dronovi mogu prevaliti put od 5 km za 5 do 10 minuta. Osim toga, učinkovitiji su od ljudi, jer u roku od sat vremena mogu obaviti i do pet dostava,

u usporedbi s dvije do tri koliko ih čovjek može obaviti. Studije, također pokazuju da bi korištenje tehnologije dronova za dostavu hrane značajno smanjilo onečišćenje okoliša. Tradicionalni sustav dostave hrane koji se temelji na vozilima na benzinski pogon poput automobila i motocikala zagađuje okoliš. Suprotno tome, usluge dostave hrane dronom ekološki su prihvatljive, jer ih pokreću baterije koje su napunjene električnom energijom.

4.3. DRONOVI U OPSKRBI BRODOVA

U pomorstvu se dronovi mogu koristiti za sigurnost, nadzor okoliša, za opskrbu plovila rezervnim dijelovima, hitne misije, poput potrage i spašavanja, kao i za inspekciju brodova i tereta [36]. Ipak, unatoč mnogim slučajevima upotrebe, tehnologija se suočava s nekim izazovima, poput ograničenog vijeka trajanja baterije dronova i poteškoća u radu u lošim vremenskim uvjetima. No, naponi su usmjereni ka poboljšanju tehnologije i proširenju dosega i opsega onoga što se može učiniti s dronovima. Poticaj za sve veću upotrebu dronova daju i regulatori poput Europske agencije za pomorsku sigurnost (eng. *European Maritime Safety Agency*, skr. EMSA). Početkom 2017. godine uspostavljen je EMSA sustav bespilotnih sustave (RPAS) koji je razvijen kako bi se uspostavila besplatna podrška pomorskom nadzoru i operacijama izviđanja u morskom prostoru država članica Europske unije, država kandidata za Europsku uniju te država EFTA-e [37]. Time je ujedno i onemogućena sveprisutna upotreba dronova u europskim vodama.

Korištenje dronova za inspekciju i nadzor uglavnom se izvodi u brodskim teretnim i balastnim tankovima, skladištima tereta i strukturnim komponentama *offshore* instalacija. Njihova implementacija u području inspekcije i nadzora proizlazi iz smanjenja vremena pripreme i poboljšanja sigurnosti korištenjem dronova. U usporedbi s klasičnim nadzorom, ova metoda omogućuje dokumentaciju visoke rezolucije, te se može obaviti u kraćem vremenu i uz manje troškove.

Jedno od područja korištenja dronova u pomorstvu je praćenje emisije sumpora s brodova unutar područja kontrole emisija plinova. Danska je u 2019. godini pokrenula projekt nadzora ispuštanja emisija SO_x i čestica s brodova koja koriste lož ulje za pogon. U 2022. godini EMSA je Danskoj ponudila bespilotni helikopter s baterijom koja traje do šest sati i doletom većim od 100 km za nadzor ispuštanja sumpora uz atmosferu s brodova. Dron je opremljen optičkom i infracrvenom kamerom, kao i AIS prijammnikom te automatskim

senzorom za pomorsko pretraživanje koje može detektirati objekte na površini mora [38]. Senzori analiziraju sadržaj zraka prilikom prolaska iznad broda u pogonu, te operator dobiva podatke o sadržaju sumpora.

U svibnju 2017. Wilhelmsen Ships Service najavio je svoje planove za pokretanje nove usluge dostave brodova temeljene na dronovima za svoje klijente. Usluga podrazumijeva izostanak potrebe za plovilima koja se koriste za dostavu neophodnih stvari na plovila na sidrištu (rezervni dijelovi, dokumenti ili medicinske potrepštine, praćenje razine tereta i zaliha i dr.). Dronovi bi uz smanjenje vremena isporuke, znatno smanjili troškovi dostave na brodovima, koji u slučaju upotrebe broda za dostavu iznose oko 1.500 USD, a u slučaju dronova tek 150 USD [39]. Dvije godine kasnije Wilhelmsen je u suradnji s Airbusom pokrenuo pilot projekt obala-brod u Singapuru, te je tako prvi put primijenjena tehnologija dronova u lučkim uvjetima u stvarnom vremenu, isporučujući niz malih predmeta koji zahtijevaju brzu dostavu radnim plovilima na sidrištu [39]. Dron *Airbus Skyways* (slika 9) poletio je s 3D printanim rezervnim dijelovima iz luke South Pier u Singapuru u kojoj je smještena mikro tvornica za 3D ispis rezervnih dijelova, te je samostalnom navigacijom duž unaprijed određenih “zračnih koridora” prevladao udaljenost od 1,5 km do sidrišta *Eastern Working*.



Slika 9. Dron *Airbus Skyways* [39]

Dron je sletio, za na to predviđeno područje na glavnoj palubi broda *M/V Pacific Centurion* (slika 10), (brod *Ancor Handling Tug Supply*, skr. AHTS) kompanije *Swire*

Pacific Offshore sa sjedištem u Singapuru te je ostavio svoj teret težine 1,5 kg kojeg je preuzeo časnik na palubi i potom se vratio u bazu. Cijela isporuka, od polijetanja prema plovilu do slijetanja natrag u bazu, trajala je samo 10 minuta.



Slika 10. Slijetanje drona *Airbus Skyways* na palubu broda *M/V Pacific Centurion* [39]

Upotreba drona kao alata za pružanje usluga *Wilhelmsen Ships Service* koji isporučuje svakodnevno osnovne rezervne dijelove, medicinske potrepštine i gotovinu kapetanima brodova u lukama širom svijeta, treba rezultirati smanjenjem vremena potrebnog za dostavu na brodove te poboljšati uslugu dostave. Dronovi su manje ovisni o ljudskom čimbeniku u odnosu na dostavne brodove, te bi potencijalno smanjili troškove dostave do 90 % u nekim lukama te pridonijeli zaštiti okoliša. Letovi su ograničeni na udaljenost od 1,5 km zbog operativne sigurnosti, no domet ovih dronova može biti do 3 km od obale.

5. ZAKLJUČAK

U radu se daje uvid u upotrebu dronova u dostavi. Dostava se shvaća kao aktivnost fizičkog prijevoza robe ili materijala između lokacija. Dostava svoje korijene ima daleko u prošlosti. Potreba za premještanjem stvari od jedne do druge točke datira iz prapovijesnog razdoblja, bilo da je bila riječ o premještanju materijala potrebnog za izgradnju nastambi za stanovanje ljudi, za smještaj životinja namijenjenih prehrani ljudi ili drugih dobara koja su se koristila u procesu razmjene. No, u suvremenom poimanju dostava kurirskom službom vezuje se za početak 20. stoljeća. Suvremeni tehnološki razvoj omogućio je široku rasprostranjenost ove djelatnosti, a u novije vrijeme upotreba dronova donosi inovativnost u dostavi.

Dron je bespilotna letjelica ili sustav bespilotnih letjelica. U osnovi je to leteći robot kojim se može daljinski upravljati ili koji može autonomno letjeti pomoću softverski kontroliranog plana leta u svojim ugrađenim sustavima koji rade zajedno s ugrađenim sensorima i sustavom globalnog pozicioniranja. Pojednostavljeno dronovi su letjelice sposobne izvršiti kontinuirani let bez pilota.

Rast potražnje za naručenim proizvodima koji zahtijevaju dostavu od mjesta prodaje do mjesta isporuke utjecao je i na rast dostave dobara naručiteljima “na kućna vrata”. Takav oblik distribucije prate i izazovi dostave naručene robe na adekvatan način. Urbana središta, kako je već istaknuto, suočena su s prometnim zagušenjima, što dovodi do kašnjenja isporuke dobara, a manje dostupna i ruralna područja nemaju razvijenu infrastrukturu koja bi omogućila brzu isporuku robe kupcima. Dostavu do “kućnog praga” prate i visoki troškovi uslijed prostorne raspršenosti krajnjih korisnika. U takvim okolnostima alternativni oblici dostave, poput dostave dronom vidi se kao bitan čimbenik učinkovite dostave.

Dostava dronovima ima značajne prednosti u odnosu na klasičnu dostavu, što uključuje kraće vrijeme dostave, smanjenje troškova dostave, autonomnu i sigurniju dostavu, bolju dostavu u izoliranim i ruralnim područjima, smanjenje negativnih učinaka dostave na okoliš i dr. Procjenjuje se da će ovaj segment dostave imati eksponencijalan rast u godinama koje slijede, posebice u kontekstu dostave paketa e-trgovine koja posljednjih godina bilježi dinamičan rast.

POPIS LITERATURE

- [1] Minhaj, *Benefits of Drone Delivery*, 1.04.2022., online: <https://yourdronereviews.com/benefits-of-drone-delivery> (19.05.2022.)
- [2] *Part 107 – Small unmanned aircraft systems*, Code of Federal Regulations, 28.06.2016., <https://www.ecfr.gov/current/title-14/chapter-I/subchapter-F/part-107> (20.05.2022.)
- [3] *What is included in the business process of shipping?*, 7.09.2021., <https://logistikknowhow.com/en/material-flow-and-transport-en/definition-and-overview-of-the-logistic-process-shipping-and-the-common-shipping-types/> (20.05.2022.)
- [4] Segetlija, Z. & Lamza-Maronić, M. 2000, *Distribucijski sustav trgovinskih poduzeća, Distribucija – Logistika – Informatika*, Ekonomski fakultet Sveučilišta “Josipa Jurja Strossmayera” u Osijeku, Osijek.
- [5] Zelenika, R. 2005, *Logistički sustavi*, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka.
- [6] Tolušić, Z. 2007, *Tržište proizvoda i usluga*, Poljoprivredni fakultet, Osijek.
- [7] *A Brief History of the Courier Service Industry*, 10.04.2018., <https://greencourier.co.uk/blog/brief-history-courier-service-industry/> (11.05.2022.)
- [8] Hoover, G. 2018, 'Jim Casey: The Unknown Entrepreneur Who Built the Great UPS', online: <https://www.archbridgeinstitute.org/jim-casey-the-unknown-entrepreneur-who-built-the-great-ups/> (11.05.2022.)
- [9] Ovide, S. 2020, 'Amazon's Biggest Leap Was Boring', 2.09.2020., online: <https://www.nytimes.com/2020/09/02/technology/amazon-delivery-innovation.html> (7.05.2022.)
- [10] Podgornik, B. 'Roba s Amazona brže će stizati u Hrvatsku, evo kako', 23.04.2021., online: https://www.novolist.hr/novosti/roba-s-amazona-brze-ce-stizati-u-hrvatsku-evo-kako/?meta_refresh=true (10.05.2022.)
- [11] Kolarić, G. & Skoriš, L. 2014, 'Metode distribucije u gradska središta', *Tehnički glasnik*, vol. 8, no. 4, p. 405-412, online: <https://hrcak.srce.hr/131570> (11.05.2022.)
- [12] *Amazon expands zero-emission deliveries for customers in Paris*, 13.12.2021., online: <https://www.aboutamazon.eu/news/operations/amazon-expands-zero-emission-deliveries-for-customers-in-paris> (10.05.2022.)

- [13] *Micro Mobility World*, 9.07.2022., online: <https://www.micromobilityworld.com/2019/12/03/dpd-uk-takes-delivery-of-another-electric-vehicle-first-with-the-launch-of-unique-cargo-bike/> (10.05.2022.)
- [14] Placek, M. 2022, 'Global parcel shipping volume between 2013 and 2026 (in billion parcels)', 12.04.2022., online: <https://www.statista.com/statistics/1139910/parcel-shipping-volume-worldwide/> (11.05.2022.)
- [15] *Global Courier Delivery Statistics – Market Segmentation and Key Takeaways*, online: <https://www.elluminatiinc.com/courier-delivery-statistics/> (11.05.2022.)
- [16] Preet, K. 2021, 'Technology Is Powering New Modes of Delivery For An On – Demand Economy', 22.11.2021., online: <https://www.forbes.com/sites/fedex-express/2021/11/22/technology-is-powering-new-modes-of-delivery-for-an-on-demand-economy/?sh=264f9ba06783> (11.05.2022.)
- [17] *Courier Delivery Service – How Does it Work and What are its Benefits?*, online: <https://www.allegrologistics.co.uk/courier-delivery-service-how-does-it-work-and-what-are-its-benefits/> (10.05.2022.)
- [18] Straight, B. 2022, 'Exploding growth: Autonomous delivery market set to take off', 7.01.2022., online: <https://www.freightwaves.com/news/exploding-growth-autonomous-delivery-market-set-to-take-off> (11.05.2022.)
- [19] *Autonomous Delivery: An Evolving Industry you Should Know About*, 1.07.2021., online: <https://www.simplilearn.com/what-is-an-autonomous-delivery-article> (11.05.2022.)
- [20] Korosec, K. 2020, 'Nuro can now operate and charge for autonomous delivery services in California', 23.12.2020., online: <https://www.theverge.com/2020/12/23/22197980/nuro-licensed-autonomous-deliveries-california> (11.05.2022.)
- [21] Lim, S. F. W., Jin, X. & Srari, J.S. 2018, 'Consumer-driven e-commerce: a literature review, design framework, and research agenda on last-mile logistics models', *International Journal of Physical Distribution & Logistic Management*, vol. 48, p. 308-332, online: doi:10.1108/IJPDLM-02-2017-0081 (12.05.2022.)
- [22] Boysen, N., Fedtke, S. & Schwerdfeger, S. 2021, 'Last-mile delivery concepts: a survey from an operational research perspective', *OR Spectrum*, vol. 43, p. 1-58, online: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00291-020-00607-8> (12.05.2022.)
- [23] Macioszek, E. 2018, 'First and Last Mile Delivery – Problems and Issues', *Advances*

- in Intelligent Systems and Computing*, vol. 631, p. 147-154, online: doi: 10.1007/978-3-319-62316-0_12 (14.05.2022.)
- [24] Lutkevich, B. & Earls, A.R. 'drone (UAV)', online: <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/drone> (17.05.2022.)
- [25] Govorčin, M., Kovačić, F. & Žižić, I. 2012, 'Bespilotne letjelice SenseFly Swinglet CAM', *Ekscentar*, no. 15, p. 62-68, online: <https://hrcak.srce.hr/file/121452> (16.05.2022.)
- [26] Keane, J. F. & Carr, S. S. 2013, *John Hopkins Apl Technical Digest*, vol. 32, no. 3, p. 558-571, online: https://www.researchgate.net/publication/296590415_A_Brief_History_of_Early_Unmanned_Aircraft (7.05.2022.)
- [27] Eisenbeiss, H. 2004, 'A mini unmanned aerial vehicle (UAV): System overview and image acquisition', *International Workshop on "Processing and visualization using high-resolution imagery"*, Thailand, online: <https://www.isprs.org/proceedings/xxxvi/5-W1/papers/11.pdf> (18.05.2022.)
- [28] *Global Drone Market Report 2021-2026, New insight on the commercial drone market and an updated model for the drone market report*, online: <https://droneii.com/product/drone-market-report#download> (18.05.2022.)
- [29] Giordan, D. et al. 2020, 'The use of unmanned aerial vehicles UAVs) for engineering geology applications', *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, vol. 79, p. 3437-3481, online: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10064-020-01766-2>
- [30] Aurambout, J.P., Gkoumas, K. & Ciuffo, B. 2019, *European Transport Research Review*, vol. 11, no. 30, p. 1-21, online: <https://doi.org/10.1186/s12544-019-0368-2> (17.05.2022.)
- [31] Vrbanus, S. 2021, 'Od početka godine nova pravila za civilne dronove u EU', 2.01.2021., *Bug*, online: <https://www.bug.hr/propisi/od-pocetka-godine-nova-pravila-za-civilne-dronove-u-eu-18074> (18.06.2022.)
- [32] Ulmer, M.W. & Streng, S. 2019, 'Same-day delivery with pickup stations and autonomous vehicles', *Computers & Operations Research*, vol. 108, p. 1–19, online: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0305054819300772?via%3Di> hub (17.05.2022.)
- [33] Kim, S. & Moon, I. 2019, 'Traveling salesman problem with a drone station', *IEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, vol. 49, no. 1, p. 42-52,

online: doi:10.1109/TSMC.2018.2867496 (17.05.2022.)

- [34] *Drone Food Delivery Scale up as Restaurants, Consumers Seek Cost-Friendly Options*, 7.03.2022., online: <https://www.pymnts.com/news/delivery/2022/drone-food-delivery-scales-restaurants-consumers-seek-cost-friendly-options> (17.05.2022.)
- [35] Waris, I. et al. 2022, 'An Empirical Evaluation of Customers' Adoption of Drone Food Delivery Services: An Extended Technology Acceptance Model', *Sustainability*, vol. 14, p. 1-18, online: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/5/2922> (17.05.2022.)
- [36] *Drones in the deep: new applications for maritime UAVs*, 23.01.2018., online: <https://www.ship-technology.com/analysis/drones-deep-new-applications-maritime-uavs/> (3.06.2022.)
- [37] *EU bespilotne letjelice u Hrvatskoj*, online: <https://obris.org/hrvatska/eu-bespilotne-letjelice-u-hrvatskoj/> (2.06.2022.)
- [38] *EMSA drones to offer Denmark maritime surveillance*, 17.05.2022., online: <https://safety4sea.com/emsa-drones-to-offer-denmark-maritime-surveillance/> (7.06.2022.)
- [39] *Wilhelmsen and Airbus trial world's first commercial drone deliveries to vessels at anchorage*, online: <https://www.wilhelmsen.com/media-news-and-events/press-releases/2019/wilhelmsen-and-airbus-trial-worlds-first-commercial-drone-deliveries-to-vessels-at-anchorage/> (18.05.2022.)

POPIS TABLICA

Tablica 1. Klasifikacija bespilotnih letjelica na području Europske unije.....	22
---	----

POPIS SLIKA

Slika 1. Električni dostavni bicikl [13]	5
Slika 2. Autonomno vozilo tvrtke Nuro za dostavu pošiljaka [19]	9
Slika 3. Teretni bicikl i mobilno mikro skladište [22]	11
Slika 4. Zrakoplov F-5L daljinski upravljani u svim fazama leta (polijetanje, manevar i slijetanje) iz 1924. godine [24]	14
Slika 5. Model drona u konstrukciji Przybilla i Wester-Ebbinghaus iz 1979. godine [27]	16
Slika 6. Različite konstruktivne strukture zrakoplova s obzirom na materijal: polistiren, plastika, aluminij, karbonska vlakna (od lijeva ka desno) [29]	19
Slika 7. Dostava hrane dronom [34]	30
Slika 8. Dron <i>Airbus Skyways</i> [39]	32
Slika 9. Slijetanje drona <i>Airbus Skyways</i> na palubu broda M/V <i>Pacific Centurion</i> [39]	33

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Kretanje volumena dostavljenih paketa u svijetu, 2013.-2020. godine i procjena za 2021.-2026. godinu [14]	6
Grafikon 2. Veličina globalnog tržišta dronova i prognoza za 2021.-2026. godinu [28]	17
Grafikon 3. Struktura globalnog tržišta dronova [28].....	17