

Sveučilište u Zagrebu
Ekonomski fakultet
Preddiplomski stručni studij Poslovna ekonomija, Trgovinsko poslovanje

**ULOGA DRONOVA I AUTONOMNIH VOZILA U USPOSTAVI
ODRŽIVOG PRIJEVOZA**

Završni rad

Anita Perković

Zagreb, rujan 2023.

Sveučilište u Zagrebu
Ekonomski fakultet
Preddiplomski stručni studij Poslovna ekonomija, Trgovinsko poslovanje

**ULOGA DRONOVA I AUTONOMNIH VOZILA U USPOSTAVI
ODRŽIVOG PRIJEVOZA**

**THE ROLE OF DRONES AND AUTONOMOUS VEHICLES
FOR SUSTAINABLE TRANSPORTATION**

Završni rad

Studentica: Anita Perković
JMBAG studenta: 0135258176
Mentor: Izv. prof. dr. sc. Dora Naletina

Zagreb, rujan 2023.



Sveučilište u Zagrebu
Ekonomski fakultet



IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

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

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

(mjesto i datum)

(vlastoručni potpis studenta)

Sažetak

Dronovi i autonomna vozila ključne su komponente u evoluciji održivog prijevoza, koje mijenjaju način percipiranja i funkcioniranja ljudi unutar urbanih i ruralnih sredina. Njihova integracija obećava značajan napredak u učinkovitosti, smanjenju utjecaja na okoliš i ukupnoj održivosti prijevoza. Očekuju se kako će dronovi igrati ključnu ulogu u dostavama, smanjujući potrebu za tradicionalnim dostavnim vozilima. U bliskoj budućnosti moći će optimizirati rute i brzo dostavljati pakete, pridonoseći održivijem logističkom ekosustavu. Dronovi pomažu u planiranju infrastrukture pružajući vrijedne podatke za projektiranje i poboljšanje prometnih sustava, što u konačnici pridonosi pametnijim i održivijim gradovima. Nadalje, autonomna vozila igraju ključnu ulogu u uspostavi održivog prijevoza te mijenjaju način na koji se krećemo. Autonomni automobili će moći optimizirati obrasce vožnje, smanjiti prometne gužve i povećati sigurnost na cesti. Uz navedeno, porast električnih i hibridnih autonomnih vozila usmjerava automobilsku industriju prema zelenijoj i održivijoj budućnosti, smanjujući zagađenje okoliša i ovisnost o fosilnim gorivima. Dronovi i autonomna vozila pružaju inovativna rješenja za optimizaciju prometa, poboljšanje urbanog planiranja i poticanje usvajanja ekološki prihvatljivih tehnologija. Njihova sinergija otvara put prema budućnosti u kojoj prijevoz ne samo da je efikasan i prikladan, već je i odgovoran prema okolišu te održiv.

Ključne riječi: dronovi, autonomna vozila, promet, održivi prijevoz

Summary

Drones and autonomous vehicles are key components in the evolution of sustainable transportation, changing the way people perceive and function within urban and rural environments. Their integration promises significant progress in efficiency, reduction of environmental impact and overall sustainability of transport. Drones are expected to play a key role in deliveries, reducing the need for traditional delivery vehicles. In the near future, they will be able to optimize routes and deliver packages quickly, contributing to a more sustainable logistics ecosystem. As well, drones help in infrastructure planning by providing valuable data to design and improve transportation systems, ultimately contributing to smarter and more sustainable cities. Furthermore, autonomous vehicles play a key role in establishing sustainable transportation and change the way we move. Autonomous cars will be able to optimize driving patterns, reduce traffic congestion and increase road safety. In addition to the above, the rise of electric and hybrid autonomous vehicles is directing the automotive industry towards a greener and more sustainable future, reducing environmental pollution and dependence on fossil fuels. Drones and autonomous vehicles provide innovative solutions to optimize traffic, improve urban planning and encourage the adoption of environmentally friendly technologies. Their synergy paves the way for a future in which transport is not only efficient and convenient, but also environmentally responsible and sustainable.

Key words: drones, autonomous vehicles, traffic, sustainable transportation

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Predmet i cilj rada	1
1.2. Izvori i metode prikupljanja podataka	1
1.3. Sadržaj i struktura rada	1
2. POJMOVNO ODREĐENJE I KARAKTERISTIKE PRIMJENE DRONOVA	3
2.1. Pojmovno određenje i dronovi kao novi oblik transporta i dostave	3
2.2. Pregled trenutne i potencijalne buduće primjene dronova u transportu i dostavi	9
2.2.1. Pregled trenutne primjene	9
2.2.2. Pregled potencijalne buduće primjene	12
2.3. Tehnološki izazovi implementacije dronova u procese transporta i dostave	13
2.4. Zakonske regulative vezane uz korištenje dronova u transportu	14
2.4.1. Sjedinjene Američke Države	15
2.4.2. Europska unija	15
2.4.3. Republika Hrvatska	19
2.5. Utjecaj korištenja dronova na okoliš	23
3. AUTONOMNA VOZILA I ODRŽIVI PRIJEVOZ	25
3.1. Razvoj autonomnih vozila i njihov potencijal u prometu	25
3.1.1. Razvoj autonomnih vozila	25
3.1.2. Potencijal autonomnih vozila u prometu	27
3.2. Vrste autonomnih vozila i njihove primjene	29
3.2.1. Vrste autonomnih vozila	29
3.2.2. Primjene autonomnih vozila	30
3.3. Sigurnosni aspekti i zakonske regulative vezane uz implementaciju autonomnih vozila u procese transporta i dostave	32
3.3.1. Sigurnosni aspekti	33
3.3.2. Zakonske regulative	36
3.4. Utjecaj korištenja autonomnih vozila na okoliš	39
3.4.1. Pozitivni učinci	39
3.4.2. Negativni učinci	41
4. DRUŠTVENI ASPEKTI ODRŽIVOG PRIJEVOZA	43
4.1. Utjecaj novih tehnologija na zapošljavanje i radna mjesta	43
4.1.1. Utjecaj dronova	43
4.1.2. Utjecaj autonomnih vozila	44
4.2. Utjecaj implementacije autonomnih vozila na vozače i ostale sudionike u prometu	46

4.3. Prednosti i nedostaci povezani s prihvaćanjem održivih transportnih rješenja	48
5. ZAKLJUČAK.....	51
LITERATURA	53
POPIS SLIKA.....	61
POPIS TABLICA	62

1. UVOD

1.1. Predmet i cilj rada

Predmet ovog rada je analiza uloge dronova i autonomnih vozila u razvoju i uspostavi održivog prijevoza. U radu će biti istraženo kako tehnologije dronova i autonomnih vozila mogu utjecati na prometni sektor u okvirima održivosti, učinkovitosti i zaštite okoliša. Cilj ovog znanstvenog rada je pružiti dublje razumijevanje uloge dronova i autonomnih vozila u prometnom sustavu te njihov doprinos održivom prijevozu. Kroz analizu postojeće literature, primjere iz prakse i razmatranje tehnoloških, ekonomskih i društvenih implikacija, rad će nastojati odgovoriti na ključna pitanja o utjecaju ovih tehnologija na budućnost prometa i očuvanje okoliša.

1.2. Izvori i metode prikupljanja podataka

Prilikom pisanja rada korišteni su sekundarni podaci prikupljeni iz izvora relevantnih za proučavanu temu. U radu su ponajviše korištene metode analize, deskripcije, klasifikacije te kompilacije. Putem metode deskripcije opisano je trenutno stanje uporabe dronova i autonomnih vozila u prometnom sektora. Uz to, korištena je i metoda klasifikacije. Također, u sklopu analize socio-ekonomskih aspekata, korištena je i metoda kompilacije, putem koje su na temelju drugih citiranih istraživačkih radova donoseni bitni zaključci o temi. Kroz ove korake, stječe se cjeloviti uvid u ulogu dronova i autonomnih vozila u prometnom sektoru, uzimajući u obzir tehničke, ekološke, socio-ekonomske i pravne aspekte.

1.3. Sadržaj i struktura rada

Ovaj rad sastoji se od pet poglavlja u kojima će biti detaljno opisana uloga dronova i autonomnih vozila u uspostavi održivog prijevoza.

U prvom poglavlju govori se o predmetu i cilju ovog rada te metodama istraživanja koje su pridonijele izradi istog.

U drugom poglavlju bit će pobliže opisane relevantne informacije o dronovima, kao što su definicija, povijesni razvoj, pregled trenutne i potencijalne buduće primjene, tehnološki izazovi implementacije istih u procese transporta i dostave, zakonske regulative vezane uz korištenje istih te njihov utjecaj na okoliš.

Treće poglavlje posvećeno je razvoju i ulozi autonomnih vozila u prometu. Osim toga, u njemu će biti detaljnije opisane vrste autonomnih vozila, sigurnosni aspekti, zakonske regulative i njihov potencijalni ekološki utjecaj.

Četvrto poglavlje donosi društvene aspekte održivog prijevoza gdje će biti istražen utjecaj spomenutih novih tehnologija na radna mjesta i trendove zapošljavanja. Uz to, još će biti istražen i potencijalni utjecaj autonomnih vozila na druge sudionike u prometu te na kraju će se spomenuti i prednosti i nedostaci povezani s novim transportnim rješenjima.

Naposljetku, u petom poglavlju, bit će izneseni najvažniji zaključci te ključna razmatranja vezana za temu.

2. POJMOVNO ODREĐENJE I KARAKTERISTIKE PRIMJENE DRONOVA

2.1. Pojmovno određenje i dronovi kao novi oblik transporta i dostave

Bespilotna letjelica, poznata i kao dron, predstavlja leteću napravu koja se kreće bez posade. Njen let može biti kontroliran na daljinu ili izveden autonomno, uz pomoć računalnog sistema. U slučaju daljinski upravljanih bespilotnih letjelica, navigacija se ostvaruje putem radiosignala, dok autonomne ili robotizirane letjelice unaprijed programiraju svoju putanju putem računalnih podataka prije samog leta (Hrvatska tehnička enciklopedija, 2018.). Da bi se lakše razumjela povijest dronova kao novog oblika transporta i dostave, treba spomenuti njihove najranije prethodnike, a to su zmajevi koji su izumljeni stoljećima prije pravih bespilotnih letjelica. Oni su se prvenstveno koristili za kulturna i vjerska slavlja te u vojne svrhe za izviđanje, signalizaciju pa čak i podizanje vojnika u zrak.

Iako je teško točno odrediti kada su dronovi izumljeni, pretpostavlja se da je prvi pokušaj bio u jeku Francuske revolucije, točnije 1783. godine, kada su braća Montgolfier lansirali prvi balon na vrući zrak izrađen od svile i obložen papirom koji je bio promjera 10 metara (Sharp, 2019.). Balon je prvotno lansiran bez putnika te je tek godinu kasnije počeo prevoziti putnike.

Međutim, jedan od prvih zapisa o korištenju dronova u vojne svrhe, odnosno u ovom slučaju bespilotnih balona, datira iz 1849. godine. Tada su Austrijanci napali Veneciju balonima napunjenim eksplozivom koje su pustili sa svog bojnog broda. Ta misija i nije bila previše uspješna, zato što većina balona nije došla do svog cilja (Dulcinea, 2023.). Iako austrijska misija nije bila uspješna, bio je ovo veliki korak u daljnjem razvoju bespilotnih letjelica.

Tijekom ostatka 19. stoljeća događaju se još razne druge promjene na području razvoja bespilotnih letjelica pa tako 1858. godine francuski fotograf Gaspard Felix Tournachon snima prvu fotografiju iz zraka uz pomoć balona na vrući zrak, na nebu iznad Pariza. Sredinom 1896. godine švedski znanstvenik Alfred Nobel osmislio je i prijavio patente u Engleskoj i Francuskoj na natječaj naziva "Poboljšani način dobivanja fotografskih karata i mjerenja zemlje ili tla" korištenjem fotografske kamere nošene balonom, raketom ili projektilom (Skoog, 2010.). Ta njegova ideja razvijana je tijekom ostatka 1896. godine te su u travnju iduće godine, nakon njegove smrti, ali po njegovim uputama nastale prve dokumentirane fotografije iz zraka snimljene kamerom pričvršćenom na raketu. Dvije godine nakon, odnosno 1898. godine Nikola Tesla okupljenima u Madison Square Gardenu predstavlja svoj novi izum, a to je bio čamac na

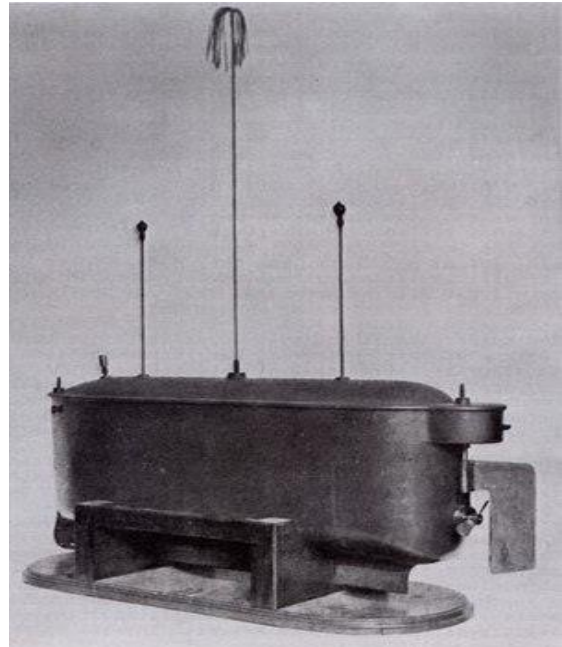
daljinsko upravljanje koji je zapravo imao veliki utjecaj na razvoj današnjih konzola na daljinsko upravljanje.

Slika 1: Prva dokumentirana fotografija iz zraka snimljena kamerom pričvršćenom za raketu



IZVOR: <https://www.smithsonianmag.com/air-space-magazine/alfred-nobels-rocket-camera-117825125/>

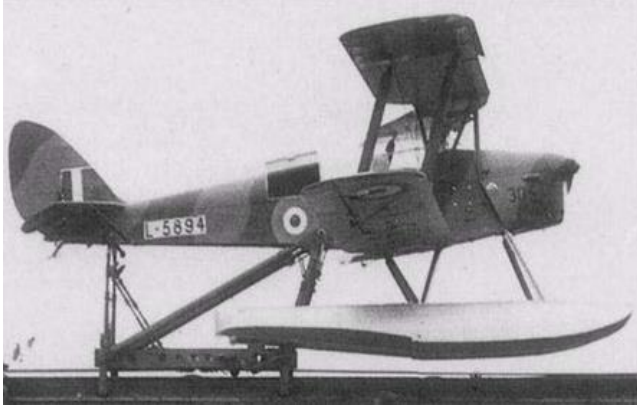
Slika 2: Prvi čamac na daljinsko upravljanje



IZVOR: <https://www.engadget.com/2014-01-19-nikola-teslas-remote-control-boat.html>

Početak 20. stoljeća, odnosno 1917. godine Amerikanac Charles F. Kettering izumio je Kettering Aerial Torpedo nazvan „Bug“. To je bila bespilotna letjelica koja je sadržavala oko 90 kilograma eksploziva te je mogla letjeti na visini od 3 kilometra. Nadalje, 1935. godine Britanac Geoffrey de Havilland predstavlja svoj novi izum, a to je bila bespilotna letjelica Queen Bee. Ona je bila osmišljena kao jeftina letjelica na daljinsko upravljanje te je služila za ciljanje i realističnu obuku protuzračnog gađanja. Mnogi ovaj izum smatraju prvim modernim dronom (Daly, b. d.).

Slika 3: Queen Bee



IZVOR: <https://dronewars.net/de-havilland-dh82b-queen-bee/>

Dvije godine nakon toga, Američka mornarica razvija prvi bespilotni torpedo na daljinsko upravljanje nazvan Curtiss N2C-2. Ova letjelica je tijekom leta dobivala naredbe od operatera smještenog u zrakoplovu s posadom koji je letio uz nju. Iako je let u zrakoplovu pokraj dosta ograničio učinkovitost ovog izuma, on je i dalje bio značajan korak u daljnjem razvoju tehnologije na daljinsko upravljanje (Daly, b. d.).

Slika 4: Curtiss N2C-2



IZVOR: https://corescholar.libraries.wright.edu/special_ms223_photographs/1289/

Također, u jeku Drugog svjetskog rata, javljaju se neki novi izumi. Pa tako 1942. godine Boeing i US Airforce razvijaju BQ-7. To je bila letjelica kojom je dio puta prema meti upravljao pilot, koji bi kada bi cilj bio u vidokrugu uključio autopilot i iskočio iz letjelice. Letjelica bi tada ostatak puta prešla sama, no princip rada ove letjelice nije zaživio te nije baš bio koristan u ratu, zato što piloti u velikoj većini slučajeva ne bi preživjeli. Dvije godine kasnije prvi put je upotrijebljena V-1 bomba, poznata i kao „Vergeltungswaffe 1“ („osvetničko oružje 1“), koju je prvotno izumio Nijemac Robert H. Goddard, a kasnije usavršio Wernher von Braun. V-1 bomba bio je prvobitni oblik bespilotne krstareće rakete s mlaznim motorom. Korištena je od strane Njemačke na teritoriju Velike Britanije i kontinentalne Europe (Radaković, 2005.).

Nakon Drugog svjetskog rata napredak u tehnologiji i inženjerstvu pridonio je razvoju sofisticiranijih dronova za različite namjene. Tijekom 1950-ih i 1960-ih godina, američka vojska uložila je velika sredstva u razvoj bespilotnih letjelica, gdje se izviđački dron Ryan Firebee znatno ističe (Gross, 2023.). Ryan Firebee je serija dronova dizajnirana i proizvedena od strane tvrtke Ryan Aeronautical Company te je prvi put predstavljena 1951. godine, a prvotno je korišten od strane Sjedinjenih Američkih Država i drugih zemalja u vojne svrhe. To je taktički i rekognoscirani dron koji se koristio za nadzor, izviđanje i testiranje protuzračne obrane te je imao sposobnost samostalnog leta i veliki domet. Ovi rani dronovi pridonijeli su evoluciji dronova proširivanjem svojih mogućnosti izvan vojne primjene.

Slika 5: Ryan Firebee



IZVOR: <https://www.designation-systems.net/dusrm/m-34.html>

U razdoblju od 1973. do 1982. godine, Izraelci za potrebu svojih ratnih događanja odlučuju unaprijediti do sada korištene dronove te tako 1973. koriste svoju prvu vojnu bespilotnu letjelicu Tadiran Mastiff, koja je te godine sudjelovala u Jomkipurskom ratu. Devet godina poslije Izrael u Libanonskom ratu odlučuje koristiti unaprijeđenu bespilotnu letjelicu IAI Scout (Frantzman, 2019.). Tijekom ostatka 80-ih i kroz cijele 90-te godine 20. stoljeća događaju se razni napreci na području razvoja bespilotnih letjelica odnosno dronova. 1975. godine, nakon završetka Vijetnamskog rata, SAD je bio spreman povećati proizvodnju te unaprijediti dronove koje su do sada koristili. Na takav potez su ih upravo potaknuli izraelski uspjesi na ovom području nekoliko godina ranije te im je zbog toga bilo jasno da će dronovi u budućnosti imati sve veću ulogu na ratištima (Blom, 2010.). 1985. godine, SAD u suradnji s Izraelom razvija novi dron RQ2 Pioneer, koji postaje jedna od najuspješnijih bespilotnih letjelica do sada. Ovaj dron nastao je tako što je nadograđen izraelski dron IAI Scout kroz značajna poboljšanja nosivosti. Zanimljivo je da su se tijekom Zaljevskog rata (1990.-1991.) neke iračke snage čak i

predale ovom dronu, odnosno dron je drugoj strani prenio informacije o njihovoj predaji (Daly, b. d.).

SAD 1996. godine, uz pomoć znanstvenika Abrahama Karema, predstavlja svoj revolucionarni izum, a to je bio dron nazvan „Predator“. On je bio prvo oružje u povijesti čiji su korisnici mogli uhoditi i ubiti osobu na drugoj strani planeta iz pozicije zasjede i potpune nepovredivosti. Ta revolucionarna sposobnost je razlog zašto je ovaj dron za mnoge bio ne samo revolucionaran, već i vrlo zastrašujuć te je tako iz korijena promijenio dosadašnji način ratovanja (Whittle, 2018.).

Slika 6: Predator



IZVOR: <https://www.nbcnews.com/news/investigations/how-predator-went-eye-sky-war-terrors-weapon-choice-flna6c10215303>

Jedan od najvećih napredaka na području razvoja dronova i njihovom putu do pozicije na kojoj su danas, dogodio se početkom 21. stoljeća, odnosno 2006. godine kada je FAA (Federal Aviation Administration) dopustila bespilotnim letjelicama da lete u civilnom zračnom prostoru SAD-a. To se dogodilo uslijed razaranja koje je prouzročio uragan Katrina, a letjelice su tada služile za operacije potrage i spašavanja pomoću svojih termalnih kamera koje su mogle detektirati toplinske oznake ljudi s udaljenosti od oko 3 kilometra (Daly, b. d.). Također, ovo dopuštenje FAA-e ukinulo je i neka od ograničenja za letenje potrošačkih dronova u rekreativne svrhe te je samim time to dopuštenje otvorilo vrata mnogim tvrtkama i profesionalcima koji su se željeli okušati u korištenju dronova za svoje poslovne pothvate. Nakon ovog događaja ideja da dron dostavlja proizvode i nije se više činila tako nemoguća te je to potaknulo mnoge tvrtke da počnu ulagati u razvoji i izradu bespilotnih letjelica.

Sljedeći veliki korak dogodio se 2010. godine kada je francuska tvrtka Parott predstavila svoj najnoviji izum, AR Dron. To je bio mali kvadrokopter pogodan za primjenu u raznim prigodama, od privatnih do poslovnih. Glavna razlika od dosadašnjih dronova bila je ta što je vlasniku za sigurno upravljanje bila potrebna samo aplikacija na njegovom pametnom telefonu (Daly, b.d.). Ovo je bio prvi dron malih dimenzija koji se pojavio na tržištu te je samim time označio početak nove ere u ovoj industriji.

Slika 7: Parott AR Dron



IZVOR: <https://toucharcade.com/2010/01/06/ces-2010-parrot-ar-drone-an-iphone-controlled-quadricopter/>

Tri godine poslije, odnosno 2013. godine kineska tvrtka DJI predstavlja novu seriju dronova nazvanu Phantom. Ovaj dron uključivao je interni GPS te sustav za stabilne i pouzdane letove. Mane ovog drona su bile te što je mogao letjeti samo oko 10 minuta te to što nije dolazio s kamerom već je korisnik na njega morao staviti svoju, što je onda dovodilo da toga da su snimke bile loše kvalitete (DJI, b. d.). Usprkos svemu tome, ovim dronom započelo je veliko populariziranje korištenja dronova i snimanja snimki iz zraka.

Slika 8: DJI Phantom



IZVOR: <https://www.dji.com/hr/phantom/info#downloads>

Iste godine, velike tvrtke poput FedEx-a, UPS-a, Amazon-a, Google-a te Uber-a prepoznavanju potencijal i prednosti dronova kao sredstava za dostavljanje (Daly, b. d.). Oni tada već polako

započinju testiranja različitih koncepata dostave bespilotnim letjelicama te usput rade na rješavanju raznih regulativnih prepreka kako bi takvo što u budućnosti zapravo moglo biti moguće.

U narednim godinama pa sve do izbijanja pandemije korona virusa, ova industrija se nastavila rapidno razvijati te se dronovi kroz godine na tržištu počinju javljati u raznim veličinama i oblicima, što dovodi do sve veće primjene kako u svakodnevnim životima ljudi, tako i u ostalim industrijama i to s ciljem što lakšeg, isplativijeg i efikasnijeg obavljanja nekog zadatka.

2.2. Pregled trenutne i potencijalne buduće primjene dronova u transportu i dostavi

2.2.1. Pregled trenutne primjene

Od izbijanja pandemije korona virusa krajem 2019. godine, zbog raznih izazova povezanih sa suzbijanjem zaraze, dronovi pridobivaju nove uloge i sve veći značaj. Ključni načini uporabe dronova u tom periodu bili su preuzimanje i dostava laboratorijskih uzoraka te transport medicinskih potrepština i lijekova, koji je bio puno brži nego na bilo koji drugi način i jer bi se tako skratilo vrijeme čekanja i smanjila mogućnost dodatne zaraze, zaprašivanje javnih površina iz zraka radi dezinfekcije potencijalno kontaminirana mjesta te nadzor javnog prostora i usmjeravanje populacije tijekom karantene (UNICEF, b. d.). Dronovi su tada pronašli i još neke primjene, a to su bile javne objave putem istih, koji su nosili zvučnike i zastave s QR kodovima. Također, nadzirali su i poštivanje propisanih mjera na raznim prostorima kao što su bile plaže, trgovi i ulice nekih gradova (Mohsan i sur., 2022.). Iz ovog i mnogih drugih primjera je vidljivo kako su se višegodišnji napori i ulaganja u ovu industriju isplatili te da svakako ima još puno prostora za rast i razvoj.

Usporedno s ovim, dronovi se već nekoliko godina uvelike koriste i na mnogim drugim područjima kao što su:

- a) poljoprivreda, gdje se koriste za nadzor usjeva, inspekciju, primjenu pesticida i gnojiva,
- b) filmska industrija, gdje se koriste u snimanju filmova, serija i reklama kako bi se postigli kadrovi iz ptičje perspektive,
- c) građevina i arhitektura, gdje se koriste za snimanje fotografija i videa gradilišta i terena,
- d) osiguranje i zaštita, gdje oblijeću objekte svih veličina te kod kojih nadziru ulazne i izlazne točke te sprovode nadzor nad inventarom i drugom imovinom,

- e) industrija fosilnih goriva i drugih energenata, dronovi se ovdje koriste kao sredstvo za inspekciju cjevovoda, dalekovoda, solarnih panela i vjetroturbina,
- f) znanost, gdje se dronovi uveliko koriste za nadziranje i istraživanje flore, faune, brojnih neistraženih prostora i drugih prirodnih pojava.

Dronovi su od svoje komercijalizacije, uz već nabrojane primjene, pronašli i još jednu vrlo plemenitu, a to je pomoć unesrećenima i potraga za istima. Štoviše, zbog te svrhe je unazad nekoliko godina zabilježeno i dosta slučajeva spašavanja uz pomoć dronova pa je tako na primjer u Australiji 2018. godine izvršena misija spašavanja dronom, koji je izbacio plutajuću opremu u ocean te tako spasio dvije osobe (Jasim i Kasim, 2022.). Prema statističkim podacima kineske tvrtke DJI, koja se bavi proizvodnjom i prodajom dronova, zabilježeno je preko 1000 slučajeva spašavanja ljudi iz opasnosti uz pomoć njihovih bespilotnih letjelica (DJI, 2023.).

Također, dronovi se u zadnjih nekoliko godina sve više počinju koristiti kao sredstvo transporta, odnosno dostave. Već sada se u nekim zemljama koriste u slučajevima kada je potrebno dostaviti manje pakete u hitnim slučajevima i na teško dostupne lokacije te kada je u pitanju transport medicinske opreme te dostava esencijalnih potrepština u slučaju prirodnih katastrofa. Prvo zabilježeno korištenje bespilotne letjelice za dostavu medicinske opreme dogodilo se 2014. godine u Papua Novoj Gvineji, a za to su bili odgovorni Liječnici bez granica (UNICEF, b. d.). Trenutno na tržištu postoje deseci poduzeća koja pokazuju ambicije i želju za uspostavom dostave putem dronova, no samo ih je pet dobilo dozvolu od FAA-e za puštanje bespilotnih letjelica u zračni prostor. Neka od poduzeća koja su dobila tu dozvolu su Amazon Prime Air, Wing, UPS Flight Forward, Matternet i Zipline (Brown, 2023.). Bitno je naglasiti da su sva poduzeća provela razna ispitivanja te postupno rade na komercijalizaciji dostave dronovima, a neka od njih su već i uspjele u tome. Trenutna vodeća poduzeća koje se bave dostavom putem bespilotnih letjelica, odnosno dronova su Wing i Zipline.

Wing je jedino poduzeće koje uz pomoć bespilotnih letjelica, odnosno dronova, obavlja dostavu na adresu u vidu hrane i raznih drugih potrepština. Na stranici istog jasno je naznačeno da su do sada obavili više od 300.000 komercijalnih isporuka na tri kontinenta i kako njihove letjelice rade autonomno te im napredni vid omogućuje da razumiju svoje okruženje, a sustavi za planiranje leta i navigaciju omogućuju planiranje vlastitih ruta, provjeru grešaka u vlastitim sustavima i odgovaranje na zahtjeve za dostavu na zahtjev. U poduzeću očekuju kako će njihovi

dostavni dronovi do sredine 2024. godine biti u mogućnosti dostaviti milione paketa uz manje troškove nego putem standardne dostave (Garland, 2023.).

Slika 9: Wing-ov dostavni dron



IZVOR: <https://www.bbc.com/news/technology-64891005>

S druge strane je Zipline, koji je također vrlo uspješno dostavno poduzeće, koje se trenutno još uvijek bavi samo dostavom medicinske opreme, potrepština, krvi i cjepiva putem dronova (Shakir, 2023.). U ožujku ove godine najavili su kako od sljedeće godine kreću s ozbiljnom provedbom ovog projekta uz pomoć svojih poslovnih partnera.

Slika 10: Trenutni način dostave dronom tvrtke Zipline



IZVOR: <https://www.engadget.com/zipline-drone-delivery-medicine-utah-114733625.html>

Ostala poduzeća, UPS Flight Forward i Matternet koja se trenutno bave samo dostavom medicinske opreme, cjepiva te raznih medicinskih uzoraka također teže ostvarenju ideje o dostavi dronovima, no nisu još uvijek toliko blizu kao ostale dvije tvrtke. Još jedno poznato poduzeće, a to je Amazon. On putem svog projekta Amazon Prime Air još od 2013. godine, kada su najavili ostvarenje ideje o dostavi proizvoda dronovima, pokušava potpuno

komercijalizirati tu ideju. Napori su im se skoro i isplatili 2016. godine kada su uspjeli izvesti prvu dostavu dronom, no nakon te dostave još uvijek nije bilo nekog revolucionarnog pomaka te su u narednih 7 godina obavili ukupno 100 dostava dronovima (Tarasov, 2023.). Također i dalje nije poznato kada će Amazon-ovi dronovi početi konstantno dostavljati proizvode te tako ostvariti svoj puni potencijal.

2.2.2. Pregled potencijalne buduće primjene

Perma podacima tvrtke Research and Markets veličina globalnog tržišta logistike i transporta bespilotnih letjelica procijenjena je na 17,92 milijarde dolara u 2022. godini te se predviđa da će taj iznos uz CAGR (eng. *compound annual growth rate*), odnosno prosječna godišnja stopa rasta) od 35,42% rasti te bi mogao doseći čak 202,76 milijardi dolara do 2030. godine (Coleman, 2023.). Ovi podaci zapravo ukazuju na to da ovo tržište još nije doseglo ni pola svog potencijala te da će se u narednim godinama rapidno razvijati. Također, postoji puno potencijalnih projekata i ideja koji bi u bližoj ili daljoj budućnosti mogli zaživjeti te svojom provedbom i doprinosom podržati navedenu statistiku.

Prvi i najvjerojatniji ostvareni projekt na ovom polju bit će normalizacija i svakodnevna dostava putem dronova. Isto tako, predviđa se da će se na ovom tržištu s vremenom pojavljivati sve više tvrtki sa željom ostvarivanja dostave dronovima na nekom određenom polju. Pa bi tako u budućnosti bilo normalizirano da sve bolnice, u usporedbi s današnjom nekolicinom, koriste ovu tehnologiju u hitnim slučajevima dostave organa, krvi i nekih drugih esencijalnih medicinskih potrepština. Slično tome, u budućnosti se također očekuje pojava bespilotnih teretnih letjelica za transport teških i velikih tereta. Ovakve letjelice bile bi posebno korisne za dostavu tereta u teško pristupačna ili ruralna područja.

Drugi, također ostvariv projekt bit će autonomni leteći taksiji, koji bi za svoju provedbu koristio tehnologiju po uzoru na bespilotne letjelice. Iako ovo zvuči kao nešto osigurano za daleku budućnost, to zapravo nije slučaj jer se na europskom nebu do sad već odvijalo nekoliko testnih letova zračnih taksija s pilotima te se zajednica sada priprema za provedbu zračne mobilnosti u gradovima, uvođenjem odgovarajućih letjelica te potrebnom infrastrukturom na tlu (EASA, b. d.). Činjenica da će kroz koju godinu iznad brojnih gradova letjeti zračni taksiji s pilotima samo dodatno otvara vrata za autonomne leteće taksije. Zapravo, mnoge tvrtke i start up-ovi, uključujući Uber, Airbus, Volocopter i Joby Aviation, aktivno rade na razvoju usluga autonomnog letećeg taksija. Također, autonomni leteći taksiji imaju potencijal ponuditi novi

način prijevoza, smanjujući prometne gužve u gradovima i istovremeno omogućujući brže putovanje od točke A do točke B.

Sljedeći potencijalni projekt bila bi integracija bespilotnih letjelica s umjetnom inteligencijom u prometnom sustavu. Integracija umjetne inteligencije s autonomnim bespilotnim letjelicama omogućila bi automatiziranu regulaciju bespilotnih letjelica koje bi pratile promet i prikupljale prometne podatke, dok bi umjetna inteligencija omogućila strujanje podataka u stvarnom vremenu te bi se tako mogao uspostaviti kontinuirani nadzor i primanje povratnih informacija (Gupta i sur. 2022.). Iako je ovo vrlo kompleksna i izazovna operacija u teoriji i praksi, smatra se da će se u skorijoj budućnosti, uz daljnji razvoj tehnologije, pronaći odgovarajuće rješenje za to. Ovo su samo neki od potencijalnih projekata u ovoj industriji za koje postoji velika vjerojatnost da će se uspjeti ostvariti u bliskoj budućnosti.

2.3. Tehnološki izazovi implementacije dronova u procese transporta i dostave

Uz postepeni razvoj dronova kao sredstava transporta i dostave, ova industrija suočava se s nekoliko tehnoloških izazova u pokušaju implementacije istih u današnju svakodnevicu. Jedan od većih izazova u implementaciji dronova bila bi sigurnost. Dronovi kao letjelice, koje će operirati civilnim zračnim prostorom, morat će biti stabilni i sigurni sami po sebi te još važnije za ljude i imovinu u okolini. Kako bi to bilo moguće, važno je da poduzeća koja se bave transportom i dostavom, svojim letjelicama osiguraju zadovoljavajuće tehničke uvjete, odnosno pouzdanu navigaciju te vrhunske senzore i dobru mrežu komunikacija. Sa zadovoljavanjem tih tehničkih uvjeta dronovi bi bili sposobni samostalno izbjegavati prepreke te tako smanjili rizik od raznih nesreća i ozljeda, koje bi u nekim slučajevima nepažnje potencijalno mogle biti i kobne.

Sljedeći u nizu izazova su upravljanje zračnim prostorom te dimenzioniranje voznog parka jer da bi se pokrenuo sustav dostave dronovima u urbanom području, treba prilagoditi veličinu dronova tipu dostave te unaprijediti infrastrukturu urbanog zrakoplovstva kako bi se ono moglo nositi s velikom gužvom uzrokovanom frekventnom cirkulacijom bespilotnih letjelica (Benarbia i Kyamakya, 2021.). U ovakvoj situaciji vrlo je bitno dronove integrirati u postojeći zračni prostor, zajedno s drugim letjelicama poput helikoptera i aviona te je potrebno razviti pouzdanu zračnu navigaciju i učinkovite sustave upravljanja zračnim prometom koji će omogućiti sigurno kretanje dronova u urbanim područjima i drugim gusto naseljenim područjima.

Još jedan izazov koji se javlja prilikom implementacije dronova u procese transporta i dostave je činjenica da baterija drona ograničava trajanje leta drona i njegov domet (Li i sur., 2023.). Dizajn dostavnih, odnosno transportnih dronova trebao bi im omogućiti dugo trajanje baterije, kako bi mogli preletjeti određene udaljenosti i istovremeno nositi teret. Ti uvjeti trebaju biti zadovoljeni kako bi oni zapravo bili funkcionalni u ovoj industriji. Međutim, da bi se ovaj problem riješio, potrebno je dronovima poboljšati kapacitet baterije, optimizirati im veličinu i masu te na određenim mjestima napraviti postaje za punjenje istih. Postoji još jedna potencijalna solucija za ovaj problem, a to je implementacija sustava dron-kamion. Ovaj sustav bi funkcionirao tako da bi dostavni kamion, ujedno sa svojim pošiljkama vozio i dron, koji bi po potrebi dostavljao pakete na teže dostupna mjesta. Ovakav dostavni sustav ispitan je te prema dobivenim rezultatima ispostavilo se da dronovi na ovaj način štede vrijeme i energiju (Barmounakis, Vlahogianni i Golias, 2016.).

Kada se govori o izazovima implementacije dronova u dostavi i transportu potrebno je spomenuti još jedan, a to je tehnologija za praćenje i upravljanje istima. Kako bi se ovakav tip drona uspješno integrirao u navedene procese, potrebno je razviti sofisticirana softverska rješenja za praćenje, upravljanje te planiranje ruta. Važno je da takav tip softverskih rješenja osigura dronovima sposobnost komunikacije s centralnim upravljačkim sustavima te mogućnost učinkovite koordinacije određenih dostavnih, odnosno transportnih misija (Li i Tupayachi, 2023.).

Još jedan izazov povezan s prethodnima je problem preciznosti dostave paketa pomoću dronova na područjima velike gustoće naseljenosti. S obzirom da su dronovi letjelice bez posade, postoji velika mogućnost da bi u nekom vrlo napučenom mjestu napravili pogrešku te pošiljku dostavili na krivu adresu čime bi stvorili dodatne troškove za određeno poduzeće pogotovo ako bi se ta pogreška često ponavljala. Štoviše, i brojni potrošači bi bili nezadovoljni ovakvim tipom usluge jer u konačnici ne bi dobili svoj paket na vrijeme.

2.4. Zakonske regulative vezane uz korištenje dronova u transportu

Uvjeti korištenja bespilotnih letjelica, odnosno dronova razni su te regulirani zakonom. U većini slučajeva svaka država ima svoje regulative kojima uređuje svoj zračni prostor i uspostavlja red u istom.

2.4.1. Sjedinjene Američke Države

Opće je poznato da je zračni promet SAD-a jedan od najprometnijih u svijetu. Tamo je sav zračni promet, ujedno i promet dronova reguliran državnim tijelom koje se naziva Savezna uprava za civilno zrakoplovstvo (eng. *FAA - Federal Aviation Administration*). Ovo državno tijelo donosi regulative na razini SAD-a, no s obzirom da je SAD sastavljen od više saveznih država, svaka ta država ima pravo dodati i neke druge regulacije na svom teritoriju, ako smatraju da su potrebne.

Od 2015. godine, FAA počinje tretirati dronove, odnosno bespilotne letjelice, kao specifičnu vrstu letjelica te ljude koji upravljaju njima kao pilote. Prema službenim stranicama FAA-e, u SAD-u je registrirano ukupno 863,728 dronova, od kojih je 352,222 dronova registrirano za komercijalnu uporabu, dok su ostali registrirani za rekreacijsku uporabu (FAA, b. d.). Na stranicama FAA-e također stoji da se prije korištenja svi dronovi mase veće od 250 grama moraju registrirati te osoba koja upravlja istim mora biti FAA-certificirani pilot (FAA, b. d.). Dronovi mase 250 grama i manje, mogu biti korišteni samo u rekreativne svrhe. Što se tiče ostalih letjelica koje su veće od 250 grama pa sve do 25 kilograma, one moraju biti registrirane prije nego što polete, registraciju moraju ponavljati svake tri godine te ne smiju letjeti na visinama većim od 122 metra. Dronovi mase veće od 25 kilograma ili više, ne ubrajaju se u male bespilotne letjelice te se moraju registrirati kao standardne letjelice. Za ovaj tip letjelica većinom vrijede ista pravila kao i za one lakše, do 25 kilograma, no razlika je u tome da pilot mora posjedovati certifikat više razine, biti upoznat s više pravila i propisa te mora imati liječničku potvrdu kojom dokazuje da je sposoban upravljati letjelicom. Na stranici također stoje i neka pravila koja vrijede za sve tipove letjelica, a to su da je strogo zabranjeno letjeti blizu drugih letjelica, da je zabranjeno letjeti noću i blizu zračne luke (osim ako se ne posjeduje neka posebna dozvola) (FAA, b. d.). U slučaju ne pridržavanja danih regulacija, prijestupnici mogu biti kažnjeni velikim novčanim kaznama.

2.4.2. Europska unija

S godinama zračni promet svih zemalja pa tako i članica Europske unije postaje sve gušći i užurbaniji te je zbog toga EU 2003. godine osnovala državno tijelo zaduženo za osiguravanje zračne sigurnosti na svom teritoriju pod nazivom Europska agencija za zrakoplovnu sigurnost (eng. *EASA - European Union Aviation Safety Agency*). Ovo tijelo regulira sve aspekte upravljanja bespilotnim letjelicama, odnosno dronovima. Na njihovim stranicama jasno su prikazane i objašnjene sve informacije koje je potrebno znati prije nego se započne korištenje

dronova. EASA jasno definira tri kategorije civilnih operacija dronovima, a to su otvorena, specifična i certificirana kategorija.

U otvorenoj kategoriji su operacije bespilotnih letjelica nižeg rizika te u njoj operater mora zadovoljiti određene zahtjeve za sigurnost. Također, s obzirom da se operacije u otvorenoj kategoriji smatraju nisko rizičnima, one ne zahtijevaju posebno odobrenje prije leta (EASA, b. d.). Otvorena kategorija još se dijeli na tri potkategorije, a one se mogu sažeti na sljedeći način:

- a) A1: letenje iznad ljudi, ali ne iznad skupina ljudi
- b) A2: letenje blizu ljudi
- c) A3: letenje daleko od ljudi.

Prema uputama EASA-e, svaka potkategorija dolazi s vlastitim skupom regulacija. Stoga je u otvorenoj kategoriji važno identificirati potkategoriju operacija pod koju će se željene aktivnosti ubrajati, kako bi se time moglo odrediti koja se pravila trebaju primjenjivati na budućeg operatora drona te vrstu obuke koju on treba proći (EASA, b. d.).

Tablica 1: Prikaz određivanja potkategorije letjelice prema masi iste

LETJELICA	OPERACIJA		OPERATOR DRONA/PILOT		
MAKSIMALNA MASA	POTKATEGORIJA	POTKATEGORIJSKE REGULACIJE	REGISTRACIJA OPERATERA DRONA	KOMPETENCIJA DALJINSKOG PILOTA	MINIMALNA DOB ZA UPRAVLJANJE
< 250 g	A1 (može letjeti i u A3 potkategoriji)	<ul style="list-style-type: none"> • Ne smije se letjeti iznad ljudi koji nisu upućeni, a ako se dogodi treba biti što kraće. • Ne smije se letjeti iznad skupine ljudi. 	Ne, osim ako dron nije igračka te sadrži kameru ili senzor.	<ul style="list-style-type: none"> • Trening nije potreban. 	Nema dobne granice.
< 500 g			Da	<ul style="list-style-type: none"> • Pažljivo pročitan korisnički priručnik. • Završena obuka i položen ispit, kojeg definira nacionalno nadležno tijelo ili dokaz o završetku obuke za A1/A3 potkategoriju. 	- 16
< 2 kg	A2 (može letjeti i u A3 potkategoriji)	<ul style="list-style-type: none"> • Zabranjeno letenje iznad ljudi koji nisu upućeni. • .Držanje na horizontalnoj udaljenosti od 50 m od ljudi. 	Da	<ul style="list-style-type: none"> • Pažljivo pročitan korisnički priručnik. • Završena obuka i položen ispit, kojeg definira nacionalno nadležno tijelo ili dokaz o završetku obuke za A1/A3 potkategoriju. 	- 16
<25 kg	A3	<ul style="list-style-type: none"> • Zabranjeno letenje iznad ljudi. • Obveza letenja na barem 150 m od komercijalnih i industrijskih zona. 	Da	<ul style="list-style-type: none"> • Pažljivo pročitan korisnički priručnik. • Završena obuka i položen ispit, kojeg definira nacionalno nadležno tijelo ili dokaz o završetku obuke za A1/A3 potkategoriju. 	- 16

IZVOR: <https://www.easa.europa.eu/en/domains/civil-drones/drones-regulatory-framework-background/open-category-civil-drones>

U Tablici 1 prikazano je određivanje potkategorije drona prema masi istoga. Vidljivo je da dronovi mase do 500 grama spadaju pod A1 potkategoriju te im nije dopušteno letjeti iznad ljudi koji nisu upućeni da se to događa, a ako se to i dogodi treba biti što kraće i ne smiju letjeti iznad skupina ljudi. Dronove lakše od 250 grama nije potrebno registrirati ako su samo igračke, ali ako na sebi imaju kameru ili senzor onda ih je potrebno registrirati baš kao i one koji teže do 500 grama. Kada su kompetencije i minimalna dob daljinskog pilota u pitanju, kada govorimo o dronovima do 250 grama, nema nikakvih zahtjeva ni ograničenja, no kada su dronovi do 500 grama u pitanju ovdje minimalna dob iznosi šesnaest godina te za moguće upravljanje dronom, daljinski pilot mora pažljivo pročitati korisnički priručnik te mora završiti obuku, položiti ispit koji je definirano nacionalno nadležno tijelo ili imati dokaz o završetku obuke za A1/A3 potkategoriju. U A2 potkategoriju ubrajaju se letjelice do dva kilograma koje se moraju registrirati i moraju biti na barem 50 metara horizontalne udaljenosti od ljudi te je s njima zabranjeno letjeti iznad ljudi koji o tome nisu obaviješteni. Da bi se moglo upravljati letjelicama u ovoj kategoriji daljinski pilot mora imati barem šesnaest godina te mora pažljivo proučiti upute za upravljanje dronom te imati sve položene ispite i obavljenju obuku kao i kod letjelica do 500 grama. Kada se govori o letjelicama u potkategoriji A3, tu se ubrajaju sve letjelice mase 2-25 kilograma. Za letjelice u ovoj potkategoriji vrijede ista pravila kao i za letjelice u A2 potkategoriji, osim iznimke da one ne smiju letjeti u neposrednoj blizini ljudi te moraju letjeti na minimalnoj udaljenosti od 150 metara od komunalnih i industrijskih zona.

Nakon otvorene kategorije, sljedeća kategorija u nizu je specifična kategorija. Ona pokriva operacije bespilotnih letjelica s višim rizikom, gdje operater mora dobiti operativno odobrenje od nacionalnog nadležnog tijela prije početka operacije. Za dobivanje odobrenja, operater mora provesti procjenu rizika i ispuniti određene zahtjeve za siguran rad. Neki od primjera korištenja letjelica u ovoj kategoriji su kada se koriste dronovi mase veće od 25 kilograma, kada se upravlja dronom mase veće od 4 kilograma ili bez identifikacijske oznake klase u urbanom okruženju, pri ispuštanju raznih materijala dronom te pri letu na visinama viši od 120 metara.

U certificiranoj kategoriji sigurnosni rizik je znatno veći pa je certifikacija operatera bespilotne letjelice i licenciranje pilota uvijek potrebno, kako bi se osigurala sigurnost. Prema EASA-i, ova kategorija bit će zasnovana na tri vrste operacija. Prva vrsta operacija bit će međunarodni letovi certificiranih teretnih bespilotnih letjelica prema pravilu instrumentalnog letenja (eng. *IFR - instrumental flight rule*) u klasama zračnog prostora A-C, a obavezno je uzlijetanje i slijetanje na aerodromima koji su pod nadzorom EASA-e. Druga vrsta operacija uključuje

bespilotne letjelice koje prevoze putnike ili teret, a to su na primjer zračni taksi ili usluge dostave koje bi dolazile direktno na adresu. Treći tip operacija objedinjuje operacije iz drugog tipa, no u ovom slučaju u prvoj fazi razvoja one bi se izvodile s letjelicom i pilotom koji bi istom upravljao (EASA, b. d.). Međutim, u drugoj fazi letjelica bi trebala postati daljinski upravljana.

Prema EASA-i, sve tri kategorije dronova dijele neka zajednička pravila. Prema tome, prije leta, piloti moraju obaviti registraciju, provjeriti dozvoljena područja za korištenje dronova i držati ih unutar vidnog polja, ne prelazeći visinu od 120 metara. Osim toga, zabranjeno im je letjeti blizu zračnih luka, heliodroma, drugih letjelica ili preblizu tla i drugih prepreka (EASA, b. d.). Također, bez dopuštenja nije dozvoljeno fotografirati ili snimati druge ljude i to bilo gdje objavljivati.

2.4.3. Republika Hrvatska

Republika Hrvatska, kao članica Europske unije i EASA-e dužna je pridržavati se regulacija koje propisuju, no uz to ostavljeno joj je na raspolaganje i da na svom teritoriju može postavljati i neke druge regulative, ako misli da je to potrebno. U Hrvatskoj te dodatne regulative, vezane za uporabu bespilotnih letjelica, propisuje Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo (HACZ), dok zračni prostor nadzire Hrvatska kontrola zračne plovidbe. U Republici Hrvatskoj postoji Pravilnik o sustavima bespilotnih zrakoplova, odnosno dronova. U ovom dokumentu su pobliže opisane sve regulacije vezane za uporabu i operacije bespilotnih letjelica u zračnom prostoru Republike Hrvatske.

Prema Pravilniku sve bespilotne letjelice bi trebale biti registrirane kod nadležnih tijela te se registracija provodi elektroničkim putem. Pravilnik klasificira bespilotne letjelice u tri operativne kategorije, a to su A, B i C. Klasificiraju se ovisno o karakteristikama letjelice i svrsi korištenja te svaka od tri kategorije ima specifične tehničke i operativne zahtjeve.

Tablica 2: Klasifikacija dronova po kategorijama

Kategorija letaćkih operacija	BESPILOTNI ZRAKOPLOV	IZVOĐENJE LETAČKIH OPERACIJA		ZAHTJEVI ZA PILOTA NA DALJINU		ZAHTJEVI ZA OPERATORA	
		Dio dana	Područje izvođenja operacija	Minimalna dob	Polaganje teorijskog/praktičnog ispita	Obveza evidentiranja/odobrenja operatora	Dokumentacija operatora
A	OM < 250 g	Danju i/ili noću	Naseljeno i/ili nenaseljeno područje	Nije primjenjivo	Nije primjenjivo	Nije primjenjivo	Nije primjenjivo
B1	250 g ≤ OM ≤ 900 g	Danju	Nenaseljeno područje	14 godina starosti, ili manje od 14 godina starosti, pod nadzorom punoljetne osobe	Nije primjenjivo	Nije primjenjivo	Nije primjenjivo
B2	OM < 5 kg	Danju i/ili noću	Naseljeno i/ili nenaseljeno područje	16 godina	Nije primjenjivo	Evidencija	Nije primjenjivo
C1	5 kg ≤ OM < 25 kg	Danju	Nenaseljeno područje	18 godina	Položen teorijski ispit iz poznavanja primjenjivih zrakoplovnih propisa koji provodi HACZ	Evidencija	Nije primjenjivo
C2	5 kg ≤ OM ≤ 150kg	Danju i/ili noću	Naseljeno i/ili nenaseljeno područje	18 godina	a) Položen teorijski ispit iz poznavanja primjenjivih zrakoplovnih propisa koji provodi HACZ b) Demonstracija pripreme leta i letenja	Odobrenje	a) Operativni priručnik b) Zapisi o letu c) Upravljanje rizicima

Izvor: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018_11_104_2040.html

Tablica 2 prikazuje kvalifikaciju dronova po kategorijama s posebnim specifikacijama o njihovom korištenju. Kategorije od A do C osmišljene su prema masi letjelice pa se tako u A kategoriju ubrajaju letjelice čija operativna masa ne prelazi 250 grama i dopušteno im je letjeti danju i noću iznad svih područja, a dodatnih zahtjeva za pilote na daljinu i operatore nema, odnosno letjelicama iz A kategorije može upravljati bilo tko. Sljedeća kategorija je B te je podijeljena na dva dijela, a to su B1 i B2 potkategorija. U B1 potkategoriju ubrajaju se letjelice operativne mase do 900 grama kojima je dopušteno letjeti danju i iznad nenaseljenog područja uz minimalnu dob pilota od četrnaest godina bez prisustva punoljetne osobe. B2 potkategoriju čine letjelice mase do pet kilograma kojima je dopušteno letjeti bilo kada i bilo gdje, sve dok pilot ima najmanje šesnaest godina te uz evidenciju operatora. Zadnja kategorija je C te se ona također dijeli na C1 i C2 potkategoriju. U C1 potkategoriju ubrajaju se dronovi mase između 5 i 25 kilograma. Dopušten im je let danju i na nenaseljenom području uz minimalnu dob daljinskog pilota od osamnaest godina te uz položen teorijski ispit iz poznavanja primjenjivih zrakoplovnih propisa koji provodi HACZ. Također, daljinski pilot svoj let mora evidentirati kod operatora. C2 potkategorija objedinjuje sve dronove mase između 5 i 150 kilograma, a let im je dopušten bilo kada i bilo gdje. Minimalna dob daljinskog pilota za upravljanje ovakvim tipom letjelice je osamnaest godina te pilot mora imati položen teorijski ispit iz poznavanja primjenjivih zrakoplovnih propisa koji provodi HACZ te mora provesti demonstraciju pripreme leta i letenja. Za let mu je također potrebno odobrenje operatora koji mora imati operativni priručnik, zapise o letu te mora imati sposobnost upravljanja rizicima. Iz Tablice 2 je također vidljivo da se ovisno o kategoriji kojoj dron pripada može zahtijevati određena razina obuke i/ili certifikacije, kako bi osoba bila ovlaštena za upravljanje bespilotnom letjelicom. Isto tako, prije svakog leta operateri su dužni dobiti dozvolu od nadležnih tijela te je njome određeno mjesto, vrijeme, uvjeti leta te sve sigurnosne mjere koje se moraju poštovati.

Pravilnik o sustavima bespilotnih zrakoplova također nalaže da su operateri dužni redovno održavati svoje bespilotne letjelice, kako bi time osigurali njihovu sigurnost i sposobnost letenja. Pravilnik također navodi određene mjere sigurnosti da ne bi došlo do situacije da letjelica ugrožava živote i imovinu drugih ljudi. Također, korisnici dronova dužni su se pridržavati pravila i ograničenja vezanih uz korištenje dronova pa se tako u članku 4. Pravilnika o sustavima bespilotnih zrakoplova navodi da je bespilotnim zrakoplovima dopušteno letenje:

- a) danju
- b) u nekontroliranom zračnom prostoru na visini do 120 m iznad razine tla ili do 50 m iznad prepreke, ovisno što je više,

- c) u kontroliranom zračnom prostoru izvan prostora polumjera 5 km od referentne točke aerodroma na visini do 50 m iznad razine tla,
- d) na udaljenosti od najmanje 3 km od rubova i pragova uzletno-sletne staze (USS) nekontroliranog aerodroma, osim kada su posebno predviđene procedure za letenje bespilotnih zrakoplova definirane napatkom za korištenje aerodroma,
- e) na način da horizontalna udaljenost bespilotnog zrakoplova od skupine ljudi nije manja od 50 m, osim kada se bespilotnim zrakoplovom sudjeluje na zrakoplovnoj priredbi,
- f) na način da horizontalna udaljenost od ljudi koji nisu uključeni u operacije nije manja od visine leta i nije manja od:
 - i. 5 m kada je na bespilotnom zrakoplovu uključen način rada na maloj brzini i kada je najveća dopuštena brzina podešena na 3 m/s ili
 - ii. 30 m u ostalim slučajevima,
- g) unutar vidnog polja pilota na daljinu i
- h) uz uspostavu ad hoc strukture u skladu s primjenjivim propisom o upravljanju zračnim prostorom (Narodne novine, broj 69/09, 84/11, 54/13, 127/13 i 92/14).

U istom članku Pravilnika navedeno je i da kada se bespilotni zrakoplov koristi za potrebe rekreacije i sporta dopušteno je:

- a) izvođenje leta koristeći prikaz pogleda iz bespilotnog zrakoplova (FPV – first person view),
- b) letenje samo u nenaseljenom području i
- c) letenje na visini većoj od 120 m iznad tla (Narodne novine, broj 69/09, 84/11, 54/13, 127/13 i 92/14).

Pravilnikom su također navedene određene zabrane, poput letenja dronovima na specifičnim područjima kao što su zračne luke i vojni objekti, prevoženje opasne robe, tereta, ljudi i životinja, izbacivanje predmeta tijekom leta, letenje iznad skupina ljudi te noćna vožnja bez potrebne opreme. Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo (HACZ) ima ovlasti provjeriti da li operateri i dronovi poštuju dane propise. Ukoliko se utvrdi kršenje Pravilnika, kršitelji će biti suočeni s novčanim kaznama ili drugim sankcijama.

2.5. Utjecaj korištenja dronova na okoliš

Posljednjih godina upotreba bespilotnih letjelica u raznim sektorima dobila je značajan zamah, mijenjajući način na koji razmišljamo o prijevozu. Primjena dronova u logističkim operacijama posebno obećava, nudeći širok raspon prednosti kao što su učinkovite usluge dostave, smanjeni troškovi i poboljšana pristupačnost. Međutim, kao i kod svake tehnologije u nastajanju, ključno je procijeniti utjecaj dronova na okoliš u prijevozu jer ova inovacija donosi bezbroj izazova i prilika. Važno je istaknuti njihov utjecaj na okoliš, istražujući potencijalne prednosti i ispitujući potrebne mjere opreza kako bi se osigurala održiva i zelena integracija bespilotnih letjelica u prometnu mrežu.

Početak učestale uporabe dronova mogla bi dovesti do nekih prednosti, ali i do nedostataka. Kada govorimo o prednostima, ona glavna bi bila smanjenje potrošnje goriva jer dronovi su obično na električni pogon, što rezultira većom energetsom učinkovitošću u usporedbi s konvencionalnim vozilima koja se oslanjaju na fosilna goriva. Kao dokaz tome, u izvješću Svjetskog ekonomskog foruma navedeno je da dronovi za dostavu mogu ponuditi četiri puta veću energetska učinkovitost od kamiona za dostavu, ovisno o rasponu i težini isporučenih artikala (World Economic Forum, 2018.).

Sljedeća prednost bila bi potencijal za integraciju obnovljivih izvora energije u procese transporta dronovima jer kako se povećava usvajanje obnovljivih izvora energije, kao što su solarna energija i energija vjetra, dronovi bi se mogli puniti putem tih čistih izvora, čime bi se dodatno smanjio njihov utjecaj na okoliš. Studija objavljena u časopisu *Transportation Research Part D: Transport and Environment* pokazala je potencijalnu integraciju bespilotnih letjelica s infrastrukturom obnovljive energije čime bi se postigla poboljšana održivost (Chiabaut, Salani i Bierlaire, 2019.).

Kada je riječ o smanjenju emisija ugljikovog dioksida u atmosferu, u ovom slučaju to može biti i prednost, ali i nedostatak. Utvrđeno je da bi uporaba bespilotnih letjelica u velikim razmjerima vjerojatno učinkovitije smanjila onečišćenje u ruralnim područjima nego u urbanim (Li i sur., 2023.). Druga studija objavljena u časopisu *Environmental Science & Technology* pokazuje kako bi korištenje dronova za dostavu paketa u urbanim područjima potencijalno moglo povećati emisije ugljikovog dioksida, jer bi bile potrebne velike količine energije za vrlo učestala polijetanja i slijetanja (Baker i Snyder, 2019.). Ovo istraživanje sugerira da bi dronovi bili učinkovitiji u pogledu smanjenja emisija CO₂ samo u ruralnim ili rijetko naseljenim

područjima zbog manje frekvencije polijetanja i slijetanja (Baker i Snyder, 2019.). Ipak, s druge strane, dronovi omogućuju isporuku paketa izravno od točke A do točke B, eliminirajući potrebu za dodatnim prijevozom, poput kamiona ili kombija, koji doprinose emisiji stakleničkih plinova. Studija koju je provelo Sveučilište u Washingtonu procjenjuje da korištenje dronova za dostavu može smanjiti emisije stakleničkih plinova do 22% u usporedbi s tradicionalnim metodama dostave (He, Xi i Seshadri, 2018.).

Kao što postoje prednosti korištenja dronova u ovoj industriji, tako postoje i neki nedostaci. Jedan od njih je i činjenica da dronovi mogu doprinijeti zagađenju bukom, posebno u gusto naseljenim područjima te zvuk koji stvaraju tijekom rada može uznemiriti ljude, divlje životinje i stoku koja živi u blizini (Sheard, 2019.). Također, u jednoj studiji su procijenjeni zvučni krajolici na različitim lokacijama, uzimajući u obzir utjecaj buke dronova na promet. Utvrđeno je da je u područjima koja su blizu prometnih cesta, buka dronova bila prekrivena bukom prometa, uzrokujući samo minimalno uvećanje smetnje od buke dronova u usporedbi s područjima s manje prometa na cestama, gdje je smetnja od buke dronova bila dosta veća (Li, Sharmin i Martinez, 2023.). Ovi rezultati ukazuju na to da planiranje ruta rada dronova u blizini prometnih cesta može značajno smanjiti buku koju dronovi stvaraju te tako potencijalno riješiti ovaj problem. Sljedeći nedostatak bio bi tako zvano vizualno onečišćenje koje bi se moglo izbjeći poboljšanim planiranjem njihovih putanja, a još jedan jednako bitan problem bi bio sudaranje dronova s pticama i potencijalno ozljeđivanje životinja.

Također, nedostatak na koji bi se još moglo naići prilikom frekventne uporabe dronova u dostavi i transportu je stvaranje velike količine elektroničkog otpada jer opće je poznato da se dronovi sastoje od raznih komponenti, poput baterija i elektroničkih sklopova. S obzirom na kratak životni vijek nekih dronova i brzi razvoj tehnologije, može se stvoriti značajna količina takve vrste otpada (Belobaba, Odoni i Barnhart, 2013.).

Naposljetku, treba napomenuti da korištenje dronova može imati i pozitivne i negativne utjecaje na okoliš, a ti utjecaji mogu varirati ovisno o različitim čimbenicima poput veličine drona, udaljenosti leta, izvora energije koji dron koristi i vrste transporta koji zamjenjuje. Štoviše, napredak u tehnologiji i kontinuirana istraživanja mogu pomoći u smanjenju negativnih utjecaja i promicanju pozitivnih utjecaja tijekom vremena.

3. AUTONOMNA VOZILA I ODRŽIVI PRIJEVOZ

Posljednjih godina koncept autonomnih vozila zaokupio je maštu znanstvenika i šire javnosti, predstavljajući intrigantnu perspektivu za budućnost transporta. Dok nastojimo odgovoriti na hitne ekološke izazove s kojima se suočavamo, integracija autonomnih vozila u održive prometne sustave pojavljuje se kao obećavajuće rješenje. Prije svega, treba napomenuti kako je autonomno vozilo, ono koje samostalno upravlja, opremljeno je sensorima, umjetnom inteligencijom (*AI – artificial intelligence*) i kontrolnim sustavima koji mu omogućavaju navigaciju i interakciju s okolinom bez potrebe za izravnom ljudskom kontrolom ili intervencijom (NHTSA, 2021.).

3.1. Razvoj autonomnih vozila i njihov potencijal u prometu

3.1.1. Razvoj autonomnih vozila

Razvoj autonomnih vozila jedno je od većih tehnoloških dostignuća čovječanstva, koje ima potencijal revolucionizirati prijevoz. No do ovog stadija vozila nije se došlo preko noći te je sve počelo 1920-ih godina kada je koncept autonomnih vozila počeo privlačiti pozornost. Inženjeri su počeli eksperimentirati s automobilima na radio upravljanje, koji se obično smatraju igračkama. Međutim, zbog ograničenih tehnoloških mogućnosti, ti rani pokušaji bili su uglavnom svedeni na ispitne faze i imali su minimalnu praktičnu primjenu (Mercat-Bruns, Guéguen i Pipbern, 2019.). Dalje, do 1950-ih i 1960-ih, istraživačke institucije kao što su Massachusetts Institute of Technology (MIT) i Sveučilište Stanford provodile su eksperimente s autonomnim vozilima. Ovi rani prototipi koristili su radar i kamere za navigaciju (Mercat-Bruns, Guéguen i Pipbern, 2019.).

Velika prekretnica u razvoju autonomnih vozila dogodila se početkom 21. stoljeća, odnosno 2004. godine kada je Agencija za napredna obrambena istraživanja (eng. *DARPA - Defense Advanced Research Projects Agency*) organizirala prvi Grand Challenge. Ovaj izazov imao je za cilj promicanje istraživanja u tehnologiji autonomnih vozila. Od sudionika se tražilo da razviju vozila sposobna za navigaciju kroz terensku stazu dugu oko 240 kilometara. U utrci je sudjelovalo 15 sudionika, a nagrada za pobjednika je uznosila milijun dolara. Iako niti jedan tim nije uspio dovršiti izazov te godine, to je potaknulo val istraživanja i ulaganja (Urmson, 2018.). Sljedeće godine, 2005. ovaj događaj je ponovno organiziran. Te godine je bio uspješniji jer je jedan tim uspio završiti utrku te osvojiti nagradu od 2 milijuna dolara, dok su četiri druga tima također uspjela završiti stazu Grand Challenge koja je bila duga oko 212 kilometra po

pustinjskom terenu (DARPA, b. d.). Izazov iz 2007. godine umjesto u pustinjskom, odvio se u urbanom okruženju te su četiri automobila uspjela dovršiti utrku od oko 96 kilometara u vremenskom periodu od šest sati. Ovaj tip izazova održavao se sve do 2013. godine te je to zapravo bio jedan od glavnih poticaja za daljnji razvoj u ovoj industriji.

Nekoliko godina kasnije dolazi do toga da se tehnološki divovi kao što su Google i Tesla počinju zanimati za autonomna vozila i naposljetku ulagati u razvoj istih. To je označilo značajnu prekretnicu u razvoju autonomnih vozila. Google je 2009. pokrenuo svoj projekt autonomnih automobila, fokusirajući se na razvoj potpuno autonomnih vozila. Njihova su vozila skupila milijune autonomnih kilometara, pružajući vrijedne podatke i pokazujući održivost tehnologije (Urmson, 2018.). S napretkom tehnologije autonomnih vozila, vlade i regulatorna tijela prepoznala su potrebu za uspostavom smjernica i propisa pa je tako 2011. godine Nevada postala prva američka država koja je odobrila rad autonomnih vozila na javnim cestama. Ovaj je bio veliki korak koji je poslužio kao daljnji poticaj za istraživačke i razvojne napore na tom području (Fagnant i Kockelman, 2015.).

Sljedeći revolucionarni događaj odvio se 2014. godine, kada je prvi put predstavljen autopilot, tvrtke Tesla. To je bio polu-autonomni sustav vožnje, koji je omogućio Teslinim automobilima izvođenje funkcija poput automatskog centriranja vozne trake i adaptivnog tempomata. Ova inovacija pokazala je mogućnosti tehnologije za olakšavanje vožnje, potaknuvši daljnja ulaganja i istraživanja u domeni autonomnih vozila (Shaban, 2019.). Dvije godine nakon toga, odnosno 2016. godine Googleov projekt autonomnih automobila, Waymo, napravio je veliki korak naprijed kada je najavljeno da će razviti potpuno autonomna vozila bez tradicionalnih ručnih kontrola. Waymo-ovi rani testovi pokazali su potencijal za potpunu autonomiju, predstavljajući izgled budućih vozila koja će raditi u potpunosti bez ljudske intervencije (Waymo, 2021.).

Daljnjim razvojem i mnogobrojni drugi automobilski divovi kao što su BMW, Mercedes – Benz, Kia, Hyundai, Honda, Toyota, General Motors, Volvo, Ford i Nissan na tržište stavljaju svoje verzije autonomnih vozila. To je sve dovelo do partnerstva između tehnoloških tvrtki i proizvođača automobila kako bi omogućili olakšano stvaranje i dizajniranje automobila bez vozača. Najpoznatiji primjer takve suradnje bio je kada se tehnološki div Microsoft, 2016. godine, udružio s Toyotom i Volvom u cilju stvaranja što funkcionalnijeg autonomnog vozila (Hörl, Ciari i Axhausen, 2016.). Dvije godine poslije, odnosno 2018. godine Nvidia je

predstavila čip za automobile pod nazivom 'Xavier', koji je opremljen naprednom umjetnom inteligencijom te uspostavila partnerstvo s Volkswagenom za razvoj buduće generacije autonomnih vozila. Iako nije bila prva tvrtka koja je primijenila umjetnu inteligenciju u automobilskoj industriji, ovo je bilo prvo povezivanje umjetne inteligencije s masovno proizvedenim hardverom (Nvida, 2018.). Nakon toga i Apple se odlučuje na suradnju s tvrtkom Uber u želji za stvaranjem autonomnog taksi vozila, no 2018. godine dogodila se tragedija prilikom testne vožnje autonomnog vozila, što je usporilo i unazadilo daljnji razvoj ovog projekta (Martínez-Buelvas i sur., 2022.). Iste godine, počinju se testirati i autonomni kamioni na autocestama u SAD-u i Velikoj Britaniji te Waymo počinje s ograničenom komercijalizacijom robotaksi usluge u Arizoni.

Nakon toga bilježi se napredak u razvoju umjetne inteligencije (AI), strojnog učenja i tehnologije senzora koji je značajno povećao sigurnost i pouzdanost autonomnih vozila. Inovacije, poput LiDAR (sustav za lasersko snimanje), poboljšanih dubokih neuronskih mreža i naprednih senzorskih paketa, omogućile su autonomnim automobilima prikupljanje točnih podataka u stvarnom vremenu i donošenje važnih odluka na cesti. Ova industrija i dalje, bez prestanka, nastavlja bilježiti svakodnevni rast i razvoj te je već sada na ulicama nekih gradova moguće vidjeti autonomna vozila, a sve tvrtke koje su u ovom tipu industrije imaju jedan cilj, a to je razviti što bolje autonomno vozilo.

3.1.2. Potencijal autonomnih vozila u prometu

U prometnom sustavu koji se stalno razvija, autonomna vozila predstavljaju transformativnu snagu s potencijalom preoblikovanja prometa u gradovima i na autocestama. Koncept vozila koja se mogu kretati cestama bez ljudske intervencije, posljednjih godina, pobudio je maštu i privukao značajnu pozornost mnogih znanstvenika i inovatora diljem svijeta. Dok se naš svijet bori sa sve većim prometnim gužvama, zabrinutošću za okoliš i potragom za sigurnijim putovanjem, autonomna vozila pojavljuju se kao potencijalno rješenje, nudeći pogled u budućnost u kojoj promet nije samo izazov, već i prilika za inovacije. Ovakav tip vozila ima dosta potencijala u prometu, a jedan od najvećih je poboljšanje sigurnosti jer su autonomna vozila opremljena naprednim sensorima i algoritmima koji im omogućuju lakše opažanje okoline i donošenje brzih odluka u stvarnom vremenu. Ova tehnologija ima potencijal značajno smanjiti broj prometnih nesreća uzrokovanih ljudskom pogreškom, koja je ujedno i glavni uzrok za istih. Prema najnovijim statistikama više od 1,35 milijuna ljudi umre svake godine zbog posljedica prometnih nesreća, dok ih između 20 i 50 milijuna bude ozlijeđeno (WHO,

2022.). Tu bi autonomna vozila mogla biti od velike pomoći u smanjenju tih brojki, uklanjanjem ili minimiziranjem ljudskih pogrešaka.

Obzirom da autonomna vozila imaju sposobnost međusobne komunikacije to također može uvelike pridonijeti smanjenju zagušenja prometa kroz optimizaciju prometnog protoka, smanjenjem obrazaca stajanja i kretanja te učinkovitijeg korištenja trake. To će doprinijeti održavanju konstantnih brzina, minimiziranju naglog kočenja te naposljetku skraćivanju putovanja. Još jedan značajan potencijal proizlazi iz bolje iskoristivosti resursa, budući da autonomna vozila imaju sposobnost značajno unaprijediti učinkovitost potrošnje goriva i smanjiti emisije. To postižu optimizacijom obrazaca vožnje, eliminiranjem nepotrebnog ubrzavanja i kočenja, te pružajući ekonomičnije i ekološki prihvatljivije alternative za tradicionalna vozila.

Osim toga, iskorištenost cesta i parkirnih mjesta bi mogla biti uvelike poboljšana, budući da bi se vozila zbog mnogobrojnih senzora i kamera mogla voziti bliže jedno drugome te iz istog razloga i efikasnije parkirati. Međutim, kako bi se ovaj potencijal ostvario, nužno je razmotriti ograničenja kapaciteta prometne infrastrukture, koja u mnogim slučajevima zahtijeva unapređenje kako bi bila u stanju nositi se s ovom novom stvarnošću. (Friedrich, 2016.). Također, sposobnost autonomnih vozila da ostvaruju međusobnu komunikaciju i brzo donose odluke ima potencijal značajno olakšati procese uključivanja na prometnice, mijenjanja prometnih traka i prolaska kroz raskrižja. Ovaj aspekt obećava potencijalno smanjenje gužvi i zastoja na raskrižjima te postizanje fluidnijeg i efikasnijeg protoka prometa (Litman, 2023.).

Dodatno, autonomna vozila nude mogućnost neprimjetne integracije u sustave dijeljenja vožnje i zajedničke mobilnosti. Ova integracija može smanjiti potrebu za individualnim vozilima, što rezultira manjim brojem vozila na cestama. To zauzvrat dovodi do smanjenja prometnih zagušenja i potrebe za parkirnim mjestima, čiji se sve veći nedostaci osjećaju u gradovima s rastućim brojem vozila i ograničenim prostorom (Litman, 2023.). Autonomna vozila također donose obećavajuću perspektivu za pružanje prijeko potrebne mobilnosti onima koji se suočavaju s izazovima u upravljanju tradicionalnim vozilima. Ovo je posebno značajno za starije građane, osobe s invaliditetom i one s posebnim potrebama. S mogućnostima autonomnih vozila da pruže siguran i pouzdan prijevoz, otvaraju se vrata olakšanom pristupu obrazovanju, radnim mjestima, medicinskim ustanovama i raznim drugim uslugama (NHTSA, 2017.).

Naposljetku, treba napomenuti da su ovo su samo neki od mogućih potencijala za iskorištavanje prednosti autonomnih vozila u kreiranju nove generacije održivog prijevoza. Njihov utjecaj na našu svakodnevicu i prometne sustave ukazuje na moguće revolucionarne promjene, ali isto tako nosi i izazove koji će zahtijevati pažljivo planiranje i pravilnu regulaciju.

3.2. Vrste autonomnih vozila i njihove primjene

3.2.1. Vrste autonomnih vozila

Autonomna vozila mogu se kategorizirati u različite vrste na temelju njihove razine autonomije i specifičnih funkcija za koje su dizajnirani. Društvo automobilskih inženjera (eng. Society of Automotive Engineers - SAE) definiralo je sustav klasifikacije koji kategorizira autonomna vozila u šest razina, u rasponu od razine 0 (bez automatizacije) do razine 5 (potpuna automatizacija) (SAE, 2021.). Prema klasifikaciji koju je napravio SAE, ovo su različite vrste autonomnih vozila prema razini autonomije:

- a) razina 0 je bez automatizacije te vozilo na ovoj razini zahtijevaju ljudskog vozača za sve zadatke, uključujući kontrolu, nadzor i donošenje odluka. Mogu postojati značajke koje olakšavaju vožnju, ali vozač je u konačnici odgovoran za sve aspekte vožnje.
- b) razina 1 osmišljena je kao pomoć vozaču. Na ovoj razini, vozilo može pomoći pri upravljanju ili ubrzavanju i usporavanju, ali ne oboje istovremeno. Primjer za značajke vozila na ovoj razini je prilagodljivi tempomat, gdje vozilo ima mogućnost održavati zadanu brzinu i prilagoditi brzinu na temelju udaljenosti do vozila koje se nalazi ispred.
- c) razina 2 koju karakterizira djelomična automatizacija omogućava istovremeno kontroliranje, upravljanje te ubrzavanja i usporavanje pod određenim uvjetima. Iako je prisutna veća razina autonomije vozila nego kod razine 1, vozač svejedno mora biti prisutan i angažiran te cijelo vrijeme pratiti okruženje tijekom vožnje. Najbolji primjer za ovu razinu je Teslin „Autopilot“ sustav.
- d) razina 3 osigurava uvjetnu automatizaciju te na ovoj razini vozilo može obavljati većinu zadataka u vožnji autonomno, a to uključuje i nadzor okoline. Iako vozilo obavlja većinu zadataka autonomno, ljudski vozač i dalje mora biti u vozilu i spreman preuzeti kontrolu u slučaju da sustav to zatraži. No važno je napomenuti da prijelaz između autonomne i standardne vožnje može biti vrlo složen i vremenski kritičan. Primjer prvog proizvedenog automobila s razinom autonomije 3, bio je Audi A8L iz 2019. godine. Ovaj model opremljen je inovativnim sustavom nazvanim 'Traffic Jam Pilot', koji se oslanjao na kombinaciju LiDAR skenera, napredne fuzije senzora i moćne obrade podataka.

- e) razina 4 kod koje je prisutna visoka automatizacija karakterizirana je visokim stupnjem autonomije u vožnji te vozila na ovoj razini imaju sposobnost obavljati sve zadatke vožnje samostalno unutar određenih operativnih domena ili okruženja. Vozila na ovoj razini u većini slučajeva ne zahtijevaju ljudsku intervenciju, no u nekim slučajevima, kao što su ekstremni vremenski uvjeti ili uvjeti izvan ceste, mogli bi trebati vozača da preuzme kontrolu.
- f) razina 5 najviša je razina automatizacije vozila te su u ovoj kategoriji vozila potpuno autonomna i sposobna obavljati sve zadatke vožnje u svim uvjetima bez ljudske intervencije. U ovim vozilima više nema potrebe za upravljačem, pedalama ili bilo kakvim ručnim kontrolama. Putnici postaju isključivo putnici, dok vozilo djeluje kao svojevrsna privatna soba na kotačima. Ova visoka razina autonomije označava značajan napredak u odnosu na vozila koja zahtijevaju stalnu ljudsku kontrolu, što ih čini pogodnim za različite primjene, uključujući prijevoz robe i ljudi.

Klasifikacija automatizacije SAE-e pruža strukturirani okvir za razumijevanje različitih stupnjeva autonomije kod vozila. Ove razine, pomažu razumjeti evoluciju autonomne tehnologije u automobilske industriji te njihov utjecaj na prijevoz. Svaka razina predstavlja značajnu prekretnicu na putu prema potpuno autonomnim vozilima. Napredci u razvoju autonomnih vozila imaju potencijal revolucioniranja industrije, poboljšanja sigurnosti na cestama i pružanja inovativnih rješenja mobilnosti. No prijelaz između ovih razina nije bez izazova te se moraju riješiti etičke, pravne i tehničke prepreke kako bi se osigurala sigurna implementacija autonomnih vozila. Kako tehnologija napreduje i autonomna vozila postaju sve prisutnija na našim cestama, klasifikacija SAE ostat će vrijedna referentna točka za regulatore, proizvođače i potrošače.

3.2.2. Primjene autonomnih vozila

Svijet autonomnih vozila doživljava zapanjujuće promjene. Ono što je nekada bilo nezamislivo, danas malo po malo postaje stvarnost. Autonomna vozila s konceptualne razine sve više prelaze na stvarne ceste i zahvaćaju različite aspekte života ljudi. Primjene autonomnih vozila bile bi sveobuhvatne. Moguća je primjena kao vozilo za osobni prijevoz jer autonomna vozila mogu biti praktična i učinkovita sredstva osobnog prijevoza, povećavajući mobilnost za pojedince, posebno one s poteškoćama u kretanju ili invaliditetom (Richter, 2023.). Sljedeće primjene bile bi robo taksiji, čiju primjenu je moguće vidjeti u San Franciscu gdje tvrtke Waymo i General Motors sa svojim autonomnim taksijima uskoro kreću u punu komercijalizaciju te će njihovi

taksiji preplaviti ulice grada (Richter, 2023.). Očekivano je i uključivanje autonomnih vozila u javni prijevoz. Ove godine predstavljen je prvi autonomni shuttle autobusi razine 4 kod kojeg je prisutna visoka automatizacija, no sličan tip vozila već je nekoliko godina u upotrebi na jednostavnim relacijama (Wienrich, 2023.). Ovakva i slična autonomna vozila u stanju su uvelike promijeniti koncepciju javnog prijevoza nudeći fleksibilne usluge i usluge na zahtjev, optimizirajući rute i smanjujući operativne troškove. Autonomna vozila su također pronašla primjenu i u području dostave i logistike gdje mogu revolucionirati dostavu paketa i robe smanjenjem troškova isporuke, poboljšanjem učinkovitosti i minimiziranjem ljudskog rada (Litman, 2023.). Još jedan zanimljiv oblik primjene autonomnih vozila je kroz autonomni kamionski prijevoz na duge relacije. Američka softverska tvrtka Aurora i dostavna tvrtka FedEx udružili su se na pilot projektu gdje je autonomni kamion tijekom šest mjeseci pouzdano i učinkovito te bez sigurnosnih incidenata preveo desetine tisuća paketa za FedEx-ove klijente (Choi, 2022.).

Osim za usluge prijevoza i dostave, autonomna vozila našla su svoju primjenu i u drugim industrijama pa ih tako možemo susresti u rudarstvu. U ovoj industriji vrlo su poželjna jer prije svega mogu raditi u opasnim okruženjima te mogu raditi stalno bez rizika od umora koji je glavni uzrok nesreća u rudarstvu. Također, još jedna prednost primjene je rad na daljinu, odnosno na udaljenim i ljudima teško dostupnim mjestima. Osim toga, autonomna vozila u takvim opasnim uvjetima mogu biti preciznija i učinkovitija, što rezultira manjom potrošnjom goriva i emisijom CO₂ (Fisher i Schnittger, 2012.). Autonomna vozila pronašla su i značajnu primjenu u građevinskoj industriji, pridonoseći preciznijem izvođenju radova u usporedbi s tradicionalnim ručnim upravljanjem. Primjerice, autonomni bageri i buldožeri omogućuju izvođenje poslova s visokom preciznošću. Pored toga, autonomna vozila značajno smanjuju potrebu za ljudskim operaterima na opasnim gradilištima, što značajno poboljšava sigurnost radnika i smanjuje rizik od nezgoda. Nadalje, kontinuirani razvoj autonomnih vozila usmjeren je i na precizno postavljanje betona, čime se smanjuju ljudske pogreške i osigurava dosljedna kvaliteta u graditeljskim projektima (Bogue, 2017.). Osim toga, autonomna vozila vrlo su bitna u optimizaciji logistike i povećanju učinkovitosti putem transporta materijala unutar gradilišta. Također, autonomna oprema s daljinskim upravljanjem omogućuje operaterima da upravljaju više strojeva s udaljenih i sigurnih pozicija, čime se smanjuje potreba za osobljem na licu mjesta te tehnologija omogućuje i stvaranje detaljnih 3D nacrtu gradilišta, što dodatno poboljšava planiranje i izvođenje građevinskih projekata (Bogue, 2017.).

Poljoprivredna industrija je još jedna u nizu koja je uspjela uspješno implementirati autonomna vozila u svoje svakodnevne zadatke. Tako se ovdje susrećemo s autonomnim traktorima i kombajnima koji su opremljeni GPS-om i naprednim sensorima koji omogućuju preciznu sadnju, žetvu te imaju sposobnost gnojenja usjeva s visokom preciznošću, što dovodi do boljih usjeva i smanjenog rasipanja resursa. Dalje, automatizacija zadataka kao što su plijevljenje i prskanje smanjuje potrebu za ručnim radom, pridonoseći značajnim uštedama kada su troškovi rada u pitanju. Osim toga, autonomna vozila omogućuju primjenu promjenjive količine resursa temeljem stvarnih podataka u realnom vremenu. To optimizira upotrebu vode, pesticida i gnojiva, smanjujući ekološki otisak poljoprivredne proizvodnje. Također, poljoprivrednici mogu daljinski nadzirati i upravljati autonomnim vozilima, tako olakšavajući upravljanje s više strojeva na velikim poljima (Ghobadpour i sur., 2022.). Ova tehnološka revolucija u poljoprivredi obećava povećanje produktivnosti uz smanjenje ekološkog utjecaja, pridonoseći održivijoj budućnosti poljoprivrede.

Autonomna vozila još jednu primjenu našla su u vojnoj uporabi. Autonomna kopnena vozila izvrsno obavljaju različite zadatke, uključujući uklanjanje eksplozivnih naprava i kao logistička podrška, što omogućava učinkovit prijevoz opreme, streljiva i medicinskih potrepština, što značajno smanjuje ranjivost osoblja tijekom vojnih misija (Mancini, 2020.). S druge strane, autonomna podvodna vozila igraju ključnu ulogu u otkrivanju mina i u oceanografskim istraživanjima. Ona rade autonomno pod vodom ili su upravljana na daljinu, pridonoseći pomorskoj sigurnosti i prikupljanju obavještajnih podataka. Također, autonomni sustavi mogu se koristiti i za otkrivanje i čišćenje kopnenih područja zagađenih minama i drugim eksplozivnim napravama. Dodatno, autonomna vozila koriste se za patroliranje i nadzor granica, učinkovito nadzirajući udaljene lokacije i odgovarajući na potencijalne prijetnje (Mancini, 2020.). Unatoč korisnim primjenama autonomnih vozila u poboljšanju vojnih operacija i smanjenju rizika za vojnike, postoje i etičke i pravne dileme kada se ovi sustavi koriste kao oružje.

3.3. Sigurnosni aspekti i zakonske regulative vezane uz implementaciju autonomnih vozila u procese transporta i dostave

Integracija autonomnih vozila u procese transporta i dostave predstavlja transformativni skok u svijetu logistike i mobilnosti. Dok ova vozila obećavaju golemu učinkovitost i praktičnost, njihova sigurna implementacija predstavlja složen izazov. Osiguravanje sigurnosti putnika,

pješaka i tereta, kao i snalaženje u zamršenoj mreži pravnih propisa i prometnih pravila, najvažnije su brige.

3.3.1. Sigurnosni aspekti

Kada razmatramo faktor sigurnosti autonomnih vozila, moramo uzeti u obzir nekoliko potencijalnih prijetnji koje su međusobno povezane i čine kompleksnu sliku rizika. Tri ključne prijetnje su cyber sigurnost, krađa podataka i neovlašteni pristup. Autonomna vozila mogu biti izrazito ranjiva na cyber napade koji ciljaju njihov softver, komunikacijske sustave i senzore. Jedna od glavnih cyber opasnosti kojima su izložena autonomna vozila su zlonamjerni softveri koji, ako umetnuti u sustav vozila mogu manipulirati podacima koji dolaze sa senzora kao što su LiDAR skener, kamere i radar. Mijenjajući očitavanja senzora, napadači mogu prevariti sustav percepcije autonomnih vozila, što može dovesti do netočnih odluka i potencijalno opasnih situacija te može ugroziti sustave kontrole autonomnih vozila, utječući na njegovu sposobnost preciznog upravljanja, ubrzavanja i kočenja (Kim i sur., 2021.). To može dovesti do gubitka kontrole i nezgoda. S obzirom da autonomna vozila moraju komunicirati s drugim vozilima, infrastrukturom i središnjim sustavima radi razmjene informacija i sigurne navigacije, zlonamjerni softver može poremetiti te komunikacijske kanale, uzrokujući komunikacijske kvarove i potencijalnu izolaciju vozila od okoline (Kim i sur., 2021.). Osim toga, putem drugog zlonamjernog sustava moguće je zaključati kritične funkcije vozila i na temelju toga tražiti otkupninu. To bi moglo rezultirati nesrećama i izložiti putnike i druge sudionike u prometu opasnosti. Autonomnim vozilima još je moguće manipulirati putem GPS-a. Takva vrsta manipulacije uključuje emitiranje lažnih GPS signala koji mogu navesti vozila da donesu pogrešne odluke o navigaciji (Kim i sur., 2021.). Takvi lažni GPS signali mogu uzrokovati da navigacijski sustav autonomnog vozila povjeruje da se nalazi na drugoj lokaciji nego što zapravo jest.

Dalje, autonomna vozila igraju ključnu ulogu u prikupljanju i obradi obilja podataka, uključujući informacije o lokaciji, senzorska očitavanja i podatke o putnicima. Međutim, nedostatak odgovarajućih sigurnosnih mjera zaštite podataka može rezultirati ozbiljnim prijetnjama poput povrede osobne privatnosti, krađe identiteta ili neovlaštenog nadzora (Kim i sur., 2021.). S obzirom da se autonomna vozila u svom radu oslanjaju na senzore, kamere, GPS sustave i komunikacijske mreže te time često prikupljaju osjetljive informacije o lokaciji vozila, okolini i putnicima to dovodi u pitanje sigurnost prikupljenih podataka. Očuvanje privatnosti pojedinca i zaštita od krađe podataka izuzetno su važni za zaštitu prava korisnika i

održavanje povjerenja javnosti u tehnologiju autonomnih vozila. U tu svrhu, podaci bi trebali biti bolje anonimizirani i agregirani kad god je to moguće, a proizvođači automobila trebaju transparentno komunicirati svoje načine prikupljanja podataka i dobiti pristanak korisnika za prikupljanje i uporabu njihovih podataka (Kim i sur., 2021.). Također, korisnicima bi trebalo omogućiti kontrolu nad aktivnostima prikupljanja njihovih podataka, s mogućnošću isključivanja određenih opcija, a prikupljeni podatci trebali bi se koristiti isključivo u svrhe koje su nužne za navigaciju, poboljšanje sigurnosti i unapređenje performansi vozila. Kako bi se osiguralo da ne dođe do neovlaštenog pristupa podacima, svi preneseni podaci između autonomnih vozila, infrastrukture i pozadinskih sustava trebaju biti šifrirani (Raiyn, 2018.). Sve ove mjere zajedno čine ključne korake u osiguravanju da autonomna vozila ne samo donose inovaciju u promet, već i da štite privatnost i sigurnost svojih korisnika.

Još jedan od povezanih problema bio bi neovlašten pristup autonomnom vozilu, koji se odnosi na čin stjecanja ulaska ili kontrole nad sustavima, podacima ili funkcijama vozila bez odgovarajućeg ovlaštenja. Ovaj neovlaštenu pristup može predstavljati značajne sigurnosne rizike jer se autonomna vozila za rad oslanjaju na složeni softver, senzore i komunikacijske mreže (Raiyn, 2018.). Daljinski napadači mogu pokušati iskoristiti ranjivosti u softveru vozila ili komunikacijskim protokolima kako bi stekli kontrolu nad njegovim sustavima. To može uključivati preuzimanje kontrole nad funkcijama vožnje ili manipuliranje podacima senzora. Također, postoji i opasnost da napadači promjene podatke koje prenose elementi infrastrukture, poput ograničenja brzine ili uvjeta na cesti, uzrokujući nesigurne uvjete vožnje. Dalje, mogli bi ubaciti lažne podatke u komunikaciju među vozilima (V2V), što može dovesti do donošenja pogrešnih odluka od strane vozila (Kim i sur., 2021.). Neprekidna V2V komunikacija može otkrivati informacije o kretanju i lokaciji vozila, što izaziva zabrinutost za privatnost jer se tu otvara prilika za potencijalnu krađu podataka. Napadači također mogu lažirati identitet legitimnog vozila i dobiti neovlašten pristup osjetljivim podacima. Osim toga, ometanje V2V komunikacijskih signala također je moguće, što može dovesti do ometanja sposobnosti koja omogućuje dijeljenje kritičnih informacija između vozila (Raiyn, 2018.). Naposljetku, napadači mogu lažirati GPS signale i manipulirati senzorskim ulazima, što može dovesti do pogrešnih odluka autonomnog vozila i dezorijentacije sustava za navigaciju i percepciju, a takav splet okolnosti bi na kraju mogao rezultirati i u prometnoj nesreći.

Osim raznih cyber prijetnji, autonomna vozila mogu se suočiti i s potencijalnim fizičkim prijetnjama koje mogu ugroziti njihovu sigurnost i rad te dobrobit putnika i sudionika u

prometu. Te fizičke prijetnje mogu biti u obliku namjernih napada ili nekih neočekivanih prirodnih opasnosti. Autonomna vozila mogu biti mete vandalizma, krađe i blokiranja, što može dovesti do fizičkih oštećenja, nesreća i sigurnosnih opasnosti. Izazovi uključuju i ekstremne vremenske uvjete, prirodne katastrofe, oštećenje cestovne infrastrukture i interakciju s životinjama. Da bi se ove prijetnje ublažile, potrebno je implementirati sustave nadzora i sigurnosne mjere, osigurati redundantne sustave i rezervne mehanizme, te razviti protokole za adekvatan odgovor na neprijateljske interakcije i neočekivane situacije koje uključuju hitne slučajeve kojima bi se morao osigurao nesmetan prolaz (Lenz i sur., 2015.).

Sljedeći sigurnosni aspekti se odnose na utvrđivanje odgovornosti u slučaju cyber napada ili neke druge nesreće, što može biti dosta složeno te se tu pojavljuju razna pravna i etička pitanja o odgovornosti. U slučajevima nesreća u kojima sudjeluju autonomna vozila, pitanje odgovornosti može uključivati proizvođača vozila, programera softvera, vlasnika vozila ili njihovu kombinaciju. Zbog toga razvijanje propisa koji osiguravaju sigurnost i pouzdanost autonomnih vozila uz promicanje inovacija može biti izazovno te mu se mora pridati potrebna pažnja. Vlade moraju pronaći ravnotežu između omogućavanja napretka i osiguravanja javne sigurnosti (Abney, Bekey i Lin, 2017.). Također, industrija osiguranja će se potencijalno morati prilagoditi novim čimbenicima rizika povezanim s autonomnim vozilima, kao što su softverski kvarovi i cyber napadi. Uspostava odgovarajućih polica osiguranja i mehanizama naknade za nezgode uzrokovane autonomnim vozilima pravni je izazov.

Također, vrlo je bitno i međunarodno usklađivanje autonomnih vozila, koje obuhvaća zajednički napor različitih zemalja i regija kako bi se uspostavili dosljedni standardi, propisi i smjernice za razvoj, implementaciju i rad autonomnih vozila. Budući da autonomna vozila mogu prelaziti nacionalne granice, internacionalno usklađivanje je ključno za osiguranje interoperabilnosti, sigurnosti i glatkog prijelaza na ovu tehnologiju na globalnoj razini (Wang i sur., 2020.). Autonomna vozila moraju se pridržavati različitih prometnih pravila, prometnih znakova i propisa prilikom djelovanja u inozemstvu. Usklađivanje pojednostavljuje ovaj proces i smanjuje moguću zabunu, a uspostavljanje međunarodnih standarda za odgovornost i osiguranje u slučaju nesreća koje uključuju autonomna vozila važno je kako bi se osiguralo dosljedno pokriće i mehanizmi kompenzacije (Wang i sur., 2020.). Međutim, međunarodno usklađivanje zahtijeva snažnu suradnju, komunikaciju i dogovor između vlada, međunarodnih organizacija, industrije i stručnjaka iz različitih područja. Iako potpuna harmonizacija može biti teška i potencijalno dugotrajna, zbog kulturnih, pravnih i regulatornih razlika, težnja za

usklađivanjem gdje god je to moguće može osigurati sigurniju, učinkovitiju i globalno povezaniju budućnost za autonomna vozila.

Naposljetku, kako bi integracija autonomnih vozila u procese transporta i dostave zapravo bila moguća i izvediva, potrebno je riješiti sve potencijalne sigurnosne izazove i zamke. Postoji dosta sigurnosnih izazova koji bi ovakvom tipu vozila mogli stati na puta, a jedan od važnijih bi zapravo bilo društveno prihvaćanje istih jer ako samo nekolicina od milijuna potencijalnih kupaca prihvati iste, lako je moguće da ovaj koncept zapravo ne bi u potpunosti zaživio. U procesu društvenog prihvaćanja jedni od glavnih čimbenika bit će cijena vozila te javni interes, no ipak u svemu tome najvažnija stavka ipak bi bila sigurnosti vozila, koja sama po sebi ima sposobnost oblikovanja javnog mišljenja te i najmanja zapreka može dovesti do stvaranja loše reputacije.

3.3.2. Zakonske regulative

Kako autonomna vozila sve brže prelaze iz koncepta u stvarnost, vlade i regulatorna tijela diljem svijeta suočavaju se sa složenim zadatkom stvaranja pravnog okvira koji osigurava sigurnu integraciju ovog tipa vozila na prometnice uz rješavanje širokog spektra etičkih, sigurnosnih pitanja i pitanja odgovornosti. U tom kontekstu, razumijevanje zakona i propisa postaje ključno za navigaciju izazova i prilika, ponajviše na području transporta i dostave. S obzirom da su autonomna vozila relativna novost, univerzalni i standardizirani zakoni nisu još uspostavljeni te ih zapravo dosta svjetskih zemalja ni nema.

3.3.2.1. Sjedinjene Američke Države

Opće je poznato da su autonomna vozila najpopularnija u Sjedinjenim Američkim Državama te oni zapravo prednjače u donošenju zakona i regulativa vezanih za autonomna vozila i njihovo korištenje. To dokazuje i činjenica da je još 2011. godine Nevada postala prva savezna država SAD-a koja je donijela zakone koji su omogućili testiranje autonomnih vozila na cestama te je taj potez označio početak stvaranja pravnih okvira i regulativa koji se odnose na uporabu autonomnih vozila. Od tada je još 21 država izdala izvršne naredbe vezane uz uporabu autonomna vozila (NCSL, 2020.). Nakon toga pojavljuju se standardi SAE-e o vrstama autonomnih vozila klasificiranih u šest kategorija ovisno o razini automatizacije, što je dosta doprinijelo standardizaciji i uspostavi zakonodavstva vezanih za autonomna vozila.

Dalje, 2018. godine pojavljuje se Zakon o autonomnim vozilima koji je donio Američki kongres te je isti trebao postaviti okvir za testiranje i komercijalnu uporabu autonomnih vozila na saveznom cestama, no taj zakon nije zaživio (NCSL, 2020.). Godinu dana nakon toga, tadašnji predsjednik Donald Trump potpisuje izvršni nalog o umjetnoj inteligenciji, koji se ujedno odnosio i na autonomna vozila jer umjetna inteligencija je jedna od glavnih sastavnica istih. U nalogu se tražilo ulaganje u istraživanje i razvoj umjetne inteligencije, olakšan pristup resursa povezanih s umjetnom inteligencijom, postavljanje standarda upravljanja umjetnom inteligencijom, poticanje rasta IT sektora te međunarodni angažman i zaštita američke prednosti u razvoju umjetne inteligencije (White House, 2019.).

Nacionalna uprava za sigurnost prometa na cestama (NHTSA), 2020. godine pokrenula je inicijativu AV TEST s državama, lokalnim vlastima i dionicima iz privatnog sektora koji imaju poveznicu s procesima automatizacije vožnje. Cilj inicijative je omogućiti javnosti jednostavan pristup informacijama o testiranjima vozila s automatskim sustavima za vožnju, državnim aktivnostima i zakonodavstvu, lokalnoj uključenosti u automatizaciju na cestama te podacima od tvrtki koje razvijaju i testiraju automatske sustave za vožnju (NHTSA, b. d.). Ovime se povećava svijest javnosti o testiranju autonomnih vozila na cesti, sigurnosnim mjerama i načelima koja usmjeravaju ova ispitivanja. Inicijativa AV TEST, koju je NHTSA predstavila, služi kao još jedan način suradnje s vladinim i privatnim partnerima kako bi se olakšao siguran razvoj, testiranje i integracija ovih tehnologija.

Godinu dana poslije NHTSA je izdala opću naredbu koja obvezuje identificirane proizvođače i operatere da prijave prometne nesreće u kojima su uključena vozila opremljena automatiziranim sustavima za vožnju ili naprednim sustavima pomoći vozaču razine 2 prema SAE standardima (NHTSA, b. d.). Ova naredba omogućuje NHTSA-i da brzo i transparentno dobije informacije o stvarnim nesrećama povezanim s vozilima razine 2 automatizacije. Prikupljeni podaci omogućuju NHTSA-i da istraži i rješava sigurnosne probleme vezane uz tehnologije automatizirane vožnje razine 2 putem daljnjih ispitivanja i akcija. Ako se utvrdi sigurnosni nedostatak, poduzet će se potrebne mjere kako bi se osiguralo da se nesigurna vozila povuku s javnih cesta ili poprave, ovisno o situaciji (NHTSA, b. d.). Također, treba napomenuti da trenutno na tržištu nema potpuno automatiziranog vozila za prodaju te svako vozilo koje se trenutno prodaje u SAD-u zahtijeva punu pozornost vozača u svakom trenutku za siguran rad, iako sve veći broj vozila sada nudi neke automatizirane značajke dizajnirane za pomoć vozaču u određenim uvjetima, ta vozila nisu u potpunosti automatizirana. Trenutačno, savezne države

dopuštaju autonomnu vožnju ograničenom broju autonomnih vozila u svrhu provođenje testiranja, istraživanja i pilot programa na javnim ulicama. Ova testiranja se trenutno provode na ograničenim i određenim lokacijama te pod posebnim uvjetima (NHTSA, b. d.). Također, Kalifornija je jedna od vodećih saveznih država u razvoju tehnologije autonomnih vozila te je nedavno usvojila nova pravila koja omogućuju komercijalnu uporabu autonomnih vozila bez vozača, ponajviše u obliku robo taksija (Richter, 2023.).

3.3.2.2. *Europska unija*

Europska unija također prati razvoj autonomnih vozila i donosi zakone i regulative kako bi regulirala njihovo korištenje na svojim cestama. Slično kao i u SAD-u, autonomna vozila na ceste članica EU dolaze ovisno o željama i infrastrukturnim mogućnostima članica. Prema tome, 2014. godine EU započinje razmatranje pitanja vezanih za autonomna vozila te okuplja radne skupine kako bi istražile sigurnosne i pravne aspekte vezane uz ovakav tip tehnologije. Četiri godine kasnije, odnosno 2018. godine, Europska komisija predstavlja revidiranu Uredbu o općoj sigurnosti (Europska komisija, 2018.). Ovaj nacrt zakona usmjeren je na osiguranje sigurnosti korisnika cesta i prometnog sustava te promicanje inovacija u automobilske industriji, no također uključuje i neke odredbe o autonomnim vozilima. Iste godine izdaje se i dokument pod nazivom „Na putu prema automatiziranoj mobilnosti: strategija EU-a za mobilnost budućnosti“. U tom dokumentu se iznose informacije o novim prilikama vezanim za autonomna vozila u Europi, vizija EU o povezanoj i automatiziranoj mobilnosti, o tadašnjem stanju po pitanju autonomnih vozila, o jačanju EU-a u području tehnologija i infrastrukture za automatiziranu mobilnost, o predviđanju učinaka automatizirane mobilnosti na društvo i gospodarstvo te o osiguravanju unutarnjeg tržišta za sigurno uvođenje automatizirane mobilnosti (Europska komisija, 2018.). Godinu dana kasnije, Europski parlament donosi „Rezolucija o autonomnoj vožnji u europskom prometu“. Ova rezolucija ističe potencijal autonomnih vozila za transformaciju europskog prometa, ali istodobno naglašava potrebu za odgovarajućim mjerama sigurnosti, regulacijom i obukom kako bi se osiguralo njihovo sigurno i učinkovito uvođenje na ceste Europske unije (Europski parlament, 2019.).

2020. godine EU usvaja regulativu o CE oznaci za autonomna vozila. CE oznaka je znak koji se stavlja na proizvode kako bi se označilo da su usklađeni s europskim regulativama i standardima. Ova regulativa utvrđuje sigurnosne zahtjeve i standarde koje autonomna vozila moraju zadovoljiti kako bi se stekla potrebna oznaka za komercijalnu uporabu. Trenutno je na snazi nova „Uredba o općoj sigurnosti vozila“, koja je na snagu stupila 2022. godine. Ovom

uredbom uvodi se niz obaveznih naprednih sustava za pomoć vozaču s ciljem poboljšanja sigurnosti na cestama te se postavlja zakonodavni okvir za odobravanje automatiziranih i potpuno autonomnih vozila u Europskoj uniji. Ove nove sigurnosne mjere imaju za cilj bolje zaštititi putnike, pješake i bicikliste diljem EU (Europska komisija, 2022.). U ovom dokumentu također se navode nove mjere kojima će se uvesti napredne sigurnosne značajke za pomoć vozaču, a one uključuju značajke za:

- sva cestovna vozila (automobile, kombije, kamione i autobuse) u obliku inteligentnih sustava za kontrolu brzine, sustava za detekciju vožnje unatrag s kamerom ili senzorima, upozorenja na vozačevu nepažnju, uređaja za snimanje podataka i hitnog kočionog signala.
- automobile i kombije koji mogu dobiti dodatne značajke poput sustava za zadržavanje u prometnom traku i automatskog kočenja.
- autobuse i kamione u obliku tehnologija za bolje prepoznavanje potencijalnih mrtvih kutova, upozorenja za izbjegavanje sudara s pješacima ili biciklistima te sustava za nadzor tlaka u gumama (Europska komisija, 2022.).

Europska unija će svakako razvojem novih tehnologija nastaviti i uvoditi nove zakone i regulative vezane uz autonomna vozila, kako bi se osigurala njihova sigurna integracija u europski prometni sustav i kako bi što više članica prihvatilo taj koncept i uvelo određene regulacije i zakone koji bi omogućili bržu implementaciju autonomnih vozila u svoj prometni sustav.

3.4. Utjecaj korištenja autonomnih vozila na okoliš

Integracija autonomnih vozila u prometne sustave izazvala je i uzbuđenje i zabrinutost jer njihov potencijalni utjecaj na različite aspekte društva postaje sve očitiji. Jedan od ključnih aspekata koji privlači pozornost jest okoliš, gdje utjecaj autonomnih vozila može biti vrlo značajan. Utjecaj autonomnih vozila na okoliš višestruk je te ovisno o raznim faktorima može biti pozitivan i negativan.

3.4.1. Pozitivni učinci

Prvi u nizu pozitivnih učinaka autonomnih vozila na okoliš bio bi potencijalno poboljšanje učinkovitosti goriva i smanjenje emisije stakleničkih plinova. Autonomna vozila koriste napredne senzore i algoritme za obradu podataka u stvarnom vremenu, što im omogućuje

vožnju koja optimizira učinkovitost goriva (Guensler i sur., 2017.). Ovo uključuje optimizaciju ubrzanja i usporavanja, smanjujući gubitak energije zbog naglih promjena brzine. Taj ugladeniji stil vožnje ne samo da smanjuje potrošnju goriva, nego i produljuje vijek trajanja vozila (Guensler i sur., 2017.). Osim toga, autonomni sustavi održavaju konstantnu brzinu predviđanjem prometnih obrazaca i planiranjem ruta kojima će voziti, čime se smanjuje potreba za čestim ubrzanjem i kočenjem, rezultirajući značajnim uštedama goriva. Autonomna vozila također komuniciraju međusobno kako bi formirala međusobne veze u vožnji te time minimizirali otpor zraka i poboljšali aerodinamiku, što dodatno doprinosi povećanju učinkovitosti goriva. Povezana autonomna vozila također komuniciraju s prometnim signalima kako bi smanjili nepotrebno ubrzanje i usporavanje na raskrižjima (Conlon i Lin, 2019.). Koristeći informacije o trenutnom stanju u prometu, autonomna vozila odabiru najučinkovitije rute i prilagođavaju ih prometnim uvjetima, izbjegavajući gužve i smanjujući vrijeme putovanja i potrošnju goriva (Guensler i sur., 2017.).

Dalje, razvoj autonomnih vozila usmjeren je prema električnim vozilima, od kojih neka nude nultu emisiju ispušnih plinova i veću energetska učinkovitost u usporedbi s vozilima koja imaju motor s unutarnjim izgaranjem (Conlon i Lin, 2019.). Električna autonomna vozila značajno smanjuju izravne emisije onečišćujućih tvari, uključujući dušikove okside (NO_x) i ugljikov dioksid (CO_2) (Conlon i Lin, 2019.). Također, to sve potencijalno pridonosi i drugim benefitima kao što su integracija obnovljivih izvora energije u sva autonomna vozila, što će dovesti i do bolje kvalitete zraka i općeg zdravstvenog stanja stanovništva jer autonomna vozila koja se pokreću električnom energijom iz obnovljivih izvora emitiraju znatno manje štetnih ispušnih i stakleničkih plinova u usporedbi s konvencionalnim vozilima s motorom s unutarnjim izgaranjem (Igliński i Babiak, 2017.). Da bi se otvorila obećavajuća perspektiva korištenja obnovljivih izvora energije, potrebno je integrirati solarne panele u dizajn autonomna vozila. Vozila opremljena solarnim pločama imaju sposobnost generiranja električne energije iz sunčeve svjetlosti, što omogućuje djelomično ili čak potpuno napajanje vozila bez ovisnosti o električnoj mreži (Igliński i Babiak, 2017.). Također, korištenje solarnih panela pruža mogućnost produljenja dometa vožnje i smanjenja potrebe za čestim punjenjem te istovremeno povećava energetska učinkovitost vozila.

Nadalje, autonomna vozila imaju potencijal pozitivno utjecati na okoliš putem produktivnijeg urbano planiranja. Uvođenje ovih vozila može rezultirati smanjenjem potrebe za parkiralištima, što oslobađa vrijedno urbano zemljište za druge namjene, kao što su zelene površine, stambeni

kompleksi i komercijalni prostori (Nunno, 2021.). Također, dijeljenje autonomnih vozila može smanjiti gužve u gradovima i potrebu za velikim parkiralištima, potičući razvoj javnog prijevoza. Pored toga, autonomna vozila također mogu utjecati na urbanistički dizajn i transformirati raspored javnih prostora, stvarajući bolje urbano okruženje prilagođenije pješacima (Nunno, 2021.).

Svakako, potencijal autonomnih vozila u svrsi očuvanja okoliša je velik, pogotovo kada je u pitanju povećanje učinkovitosti goriva i smanjenje emisija stakleničkih plinova, gdje nudi revolucionaran put prema održivijem modelu transporta. Prakticiranjem optimiziranog ponašanja u vožnji, kooperativnih strategija vožnje, optimizacije ruta te naposljetku prijelazom na potpuni električni pogon potpomognut obnovljivim izvorima energije, autonomna vozila otvaraju put prema zelenijoj i čistijoj budućnosti.

3.4.2. Negativni učinci

Unatoč pozitivnim utjecajima autonomnih vozila na okoliš, važno je uzeti u obzir i negativne aspekte koji ne smiju biti zanemareni. Kako se upotreba autonomnih vozila povećava, tako raste i potrošnja energije koju ta vozila zahtijevaju tijekom proizvodnje, vožnje i održavanja. Napredna elektronička oprema, uključujući senzore, računalne sustave i komunikacijsku opremu, može povećati ukupnu potrošnju energije (Nunno, 2021.). S obzirom na globalnu ovisnost o fosilnim gorivima za proizvodnju električne energije, ovakvo povećanje potrošnje može rezultirati višim emisijama stakleničkih plinova. U nekim slučajevima, uzimajući u obzir i druge faktore, autonomna vozila koja koriste konvencionalne izvore energije mogu pridonijeti većem onečišćenju okoliša u usporedbi s vozilima koja koriste unutarnje izgaranje (Nunno, 2021.). Stoga je od ključne važnosti da se autonomna vozila usmjere na korištenje obnovljivih izvora energije kako bi se smanjio njihov ekološki otisak.

Još jedan značajan čimbenik koji doprinosi povećanoj potrošnji energije kod autonomnih vozila jest činjenica da će ljudi vjerojatno češće putovati na kraće i duže udaljenosti kada koriste ova vozila. Istraživanje provedeno u Kaliforniji 2019. godine, koje je obuhvatilo 940 vlasnika djelomično automatiziranih vozila, otkrilo je da je oko 35% ispitanika putovalo na veće udaljenosti isključivo zbog praktičnosti upravljanja djelomično automatiziranim vozilima (Hardman, Chakraborty i Kohn, 2021.). Ovaj trend nije poželjan jer može dovesti do dodatnih opterećenja na prometnicama i veće potrošnje goriva, što u konačnici može rezultirati povećanim prometnim zagušenjima i onečišćenjima. Stoga je nužno razmotriti strategije za

ograničavanje ovog ponašanja kako bi se očuvala energetska učinkovitost i smanjili negativni utjecaji na okoliš.

Sljedeća u nizu zabrinutosti je povećana potrošnja baterija, a intenzivna upotreba autonomnih vozila može rezultirati povećanom potražnjom za baterijama. Električna autonomna vozila koriste baterije za napajanje svojih elektromotora i sustava, a rastuća potražnja za ovim vozilima može rezultirati povećanom potrošnjom resursa, uključujući rijetke metale kao što su litij i kobalt (Wifvat, 2019.). Osim toga, recikliranje ovih baterija može predstavljati izazov. Također, proizvodnja autonomnih vozila zahtijeva raznolike materijale, uključujući čelik, aluminij, plastiku i elektroničke komponente. S porastom proizvodnje ovih vozila dolazi i do veće potrošnje tih materijala, što može rezultirati intenzivnijim iskorištavanjem resursa i povećanom ekološkom stopom proizvodnje. Nadalje, treba uzeti u obzir i elektronički otpad koji proizlazi iz autonomnih vozila. Složeni senzori, računalni sustavi i komunikacijska oprema u ovim vozilima mogu generirati značajne količine elektroničkog otpada kada vozila završe svoj vijek trajanja (Wifvat, 2019.). Pravilno upravljanje ovim otpadom ključno je kako bi se spriječilo onečišćenje i adekvatno reciklirale elektroničke komponente. Sve ove ekološke izazove treba pažljivo razmotriti kako bi se maksimizirale prednosti autonomnih vozila uz istodobno smanjenje njihovih negativnih utjecaja na okoliš.

4. DRUŠTVENI ASPEKTI ODRŽIVOG PRIJEVOZA

Održivi prijevoz nije samo pitanje brige za okoliš, već se proteže daleko dalje od toga, dotičući različite društvene aspekte koji imaju dubok utjecaj na različite zajednice i svakodnevni život. Također, proučavanjem različitih društvenih dimenzija stječemo sveobuhvatno razumijevanje zašto je održivi prijevoz bitan za stvaranje bolje budućnosti za sve.

4.1. Utjecaj novih tehnologija na zapošljavanje i radna mjesta

4.1.1. Utjecaj dronova

Dronovi su postali ključni za automatizaciju različitih poslova, od snimanja zemljišta do dostave medicinskih potrepština. S razvojem tehnologije i njenom sve većom dostupnošću, raste i potencijalna primjena dronova. Od poljoprivrede do logistike, dronovi se pokazuju kao snažan alat za poboljšanje učinkovitosti i smanjenje troškova. Automatizacija poslova putem bespilotne tehnologije također ima značajan utjecaj na zapošljavanje. Iako će neki poslovi biti automatizirani, stvaraju se i nove poslovne prilike za radnike. Tvrtke sve više traže kvalificirane operatere bespilotnih letjelica za upravljanje dronovima te tehničare za održavanje i popravak istih (Frąckiewicz, 2023.). Dronovi omogućuju brže i preciznije prikupljanje podataka, potičući inovacije u različitim industrijama te tako pozitivno utječu na gospodarski rast i razvoj. Potencijal za gospodarski rast putem tehnologije bespilotnih letjelica je ogroman i tek se počinje ostvarivati te će napretkom tehnologije i njenom sve većom dostupnošću tek dolaziti do daljnjeg rasta i razvoja istog.

Također, dronovi su danas sveprisutni i u logistici, gdje omogućuju brz i ekonomičan prijevoz robe te pružaju alternativu tradicionalnim načinima distribucije. Sposobni su i za obavljanje drugih ključnih zadataka u opskrbnom lancu, uključujući upravljanje zalihama, praćenje narudžbi i poboljšanje korisničke podrške (Gutelius i Theodore, 2019.). Dronovi također igraju važnu ulogu u prikupljanju podataka, omogućujući praćenje stanja paketa tijekom prijevoza, što pomaže u smanjenju gubitaka i povećanju učinkovitosti. Unatoč prednostima bespilotnih letjelica u upravljanju opskrbnim lancem, postoji zabrinutost u vezi s njihovim potencijalnim utjecajem na radna mjesta. Primjena dronova u opskrbnom lancu može dovesti do smanjenja potrebe za radnom snagom u tradicionalnom sektoru distribucije i logistike (Gutelius i Theodore, 2019.). Važno je napomenuti da uporaba dronova nužno ne zamjenjuje ljudske radnike, već stvara nova radna mjesta koja zahtijevaju specijalizirane vještine u području programiranja i održavanja. Općenito, primjena bespilotnih letjelica u opskrbnom lancu donosi

brojne prednosti, uključujući bržu dostavu, smanjenje troškova i poboljšanu uslugu korisnicima (Gutelius i Theodore, 2019.).

Naposljetku, jasno je da utjecaj dronova na zapošljavanje i radna mjesta ovisi o različitim čimbenicima, uključujući industriju, regulatorno okruženje i tehnološki napredak. Primjena bespilotnih letjelica svakako ima potencijal ukidanja, ali i stvaranja novih radnih mjesta. Da bi se maksimalno iskoristile prednosti bespilotnih letjelica i minimizirali potencijalni negativni učinci, ključno je temeljito razmotriti njihovu upotrebu i moguće regulacije. Na taj način se može osigurati sigurna i odgovorna uporaba dronova te iskoristiti njihov puni potencijal u svrhu stvaranja novih radnih prilika.

4.1.2. Utjecaj autonomnih vozila

U jeku uvođenja autonomnih vozila u razne sfere života, logično je očekivanje da će transportna industrija prva iskusiti posljedice, koje bi lako mogle rezultirati u uništenju vozačke profesije te potencijalno stvoriti teške komplikacije i probleme povezane sa zapošljavanjem. Pojavom autonomnih vozila, očekuje se značajan utjecaj na zapošljavanje i potrebne vještine radnika. Postoji jasna neusklađenost između trenutnih vještina zaposlenika i onih koje će biti potrebne u eri definiranoj umjetnom inteligencijom (Snyder, 2016). Kako bi se adekvatno pripremili za ovu promjenu, istraživanja koja istražuju nove skupove vještina postaju od ključne važnosti kako bi društva, industrije i vlasti mogli prilagoditi svoje potrebe za zapošljavanjem (Snyder, 2016). Rasprave o utjecaju autonomnih vozila na zapošljavanje su sveprisutne. Autonomna vozila će omogućiti korisnicima vozila da se oslobode dužnosti vožnje i otvoriti nove načine života u urbanim sredinama. S obzirom na težnju poduzeća za povećanjem učinkovitosti prijevoza, sektor komercijalnih vozila, uključujući taksije, usluge prijevoza i kamionski prijevoz, vjerojatno će među prvima usvojiti tehnologiju samoupravljanja (Nikitas , Vitel. i Cotet ,2021.). Ovo bi moglo rezultirati pozitivnim ekonomskim učincima jer će komercijalne prijevoznike tvrtke moći prevoziti više ljudi i robe uz niže troškove.

Međutim, profesije koje ovise o vozačima, kao što su vozači autobusa, taksisti i vozači kamiona, vjerojatno će se suočiti s posljedicama automatizacije u zapošljavanju (Nikitas , Vitel i Cotet ,2021.). Primjerice, vozači autobusa čine značajan dio troškova u tom sektoru, pa bi se ti troškovi mogli smanjiti, a usluga poboljšati uvođenjem automatiziranih autobusa (Currie, 2018.). U cjelini, dolazak autonomnih vozila izaziva značajne promjene u zapošljavanju i

zahtijeva odgovarajuće planiranje kako bi se osigurao glatki prelazak i minimalizirali negativni učinci na radnu snagu (Nikitas , Vitel i Cotet, 2021.).

Distopijska prognoza nakon uspostave autonomnih vozila kao norme uključuje masovne gubitke radnih mjesta i poremećaje u različitim industrijama, uključujući proizvodnju vozila, iznajmljivanje, financije, maloprodaju, benzinske postaje i prateće cestovne industrije (Litman, 2023.). Očekuje se da će smanjenje vozila za vlasništvo rezultirati nižim cijenama prijevoza, dok bi autonomna vozila mogla smanjiti troškove osiguranja, popravaka i održavanja vozila te usluge cestovne prometne policije, inspekcije parkiranja, pružatelja pravnih usluga i hitnih medicinskih službi (Nikitas , Vitel i Cotet, 2021.). Iako bi ova vozila dugoročno mogla smanjiti potrebu za izgradnjom prometne infrastrukture, prelazak na uporabu autonomnih vozila zahtijeva ulaganja u pametniju i kvalitetniju cestovnu infrastrukturu, što bi u prvim fazama zapravo moglo otvoriti milijune radnih mjesta za izgradnju takvih sustava.

Također, razvoj autonomnih vozila i sveprisutna primjena robotskih tehnologija mogli bi znatno utjecati na svjetske profesije. Najviše su ugrožena zanimanja koja ovise o vozačima, kao što su vozači autobusa, taksisti i vozači kamiona (Nikitas, Vitel i Cotet , 2021.). Ova zanimanja obično nude plaće iznad minimalne razine dohotka i često ne zahtijevaju visoko obrazovanje (Snyder, 2016). Najveći izazov u budućnosti zapravo leži u stvaranju novih mogućnosti za karijeru i prekvalifikaciju radne snage kako bi se odgovorilo na promjene u zapošljavanju (Grunwald, 2016). Vodeće korporacije poput Google-a, Facebook-a, Nvidia-e i BMW-a već prepoznaju potrebu za novim vještinama u područjima kao što su umjetna inteligencija, strojno učenje, robotika autonomnih vozila i podatkovna znanost (Nikitas, Vitel i Cotet, 2021.). Te tvrtke ulažu u obuku i razvoj radne snage, kako bi se pripremile za budućnost. Međutim, važno je napomenuti da je prekvalifikacija cijele radne snage za poslove vezane uz autonomna vozila izazovna i možda nepraktična, no s obzirom na ove promjene, postaje jasno da tvrtke koje provode inovacije trebaju preuzeti odgovornost za stvaranje novih mogućnosti karijera i podržati prekvalifikaciju radnika, koji su pogođeni automatizacijom ili omogućiti razvoj karijere na drugim područjima (Nikitas, Vitel i Cotet , 2021.). Naposljetku, dolazak autonomnih vozila donosi promjene u svjetskom zapošljavanju i zahtijeva pažljivo planiranje kako bi se omogućio glatki prijelaz i minimizirali negativni učinci na radnu snagu (Ransbotham, 2017).

4.2. Utjecaj implementacije autonomnih vozila na vozače i ostale sudionike u prometu

Uvođenje autonomnih vozila u svakodnevicu predstavlja revolucionaran korak u razvoju cestovnog prometa i prometne industrije općenito. Ova inovativna tehnologija obećava da će promijeniti način na koji se vozimo, putujemo i doživljavamo prometnu interakciju. I dok se svijet priprema za potencijalnu revoluciju u mobilnosti koju donose autonomna vozila, postavlja se niz pitanja i izazova, posebno u vezi s utjecajem na vozače i druge sudionike u prometu.

U prometu, osim vozača u vozilima sudjeluju i drugi sudionici, koji su dosta ranjiviji. To obuhvaća pješake i druge ranjive sudionike prometa, koji predstavljaju najugroženije sudionike u prometu, izložene riziku od ozljeda, invaliditeta i smrtnih ishoda prilikom sudara na cesti. Ostali iz skupine ranjivih sudionika u prometu su biciklisti, motociklisti i korisnici eklektičnih romobila. Ono što ih čini tako ranjivima je zapravo nedostatak fizičkih zaštitnih sredstava koja bi ublažila posljedice sudara. Međutim, nedostatak politika usmjerenih na zaštitu njihove sigurnosti također igra ulogu u ovim rizicima (Martínez-Buelvas i sur., 2022.). Ranjivost koju pješaci i drugi sudionici te skupine doživljavaju na cestama odražava nejednakosti u prometnom sustavu. Ove nejednakosti rezultiraju nerazmjerno većim šansama da određeni sudionici u prometu pretrpe ozljede u situacijama koje ugrožavaju sigurnost, u usporedbi s drugima. Pored toga, nejednakosti predstavljaju i znatnu prepreku promoviranju održive mobilnosti i mogu negativno utjecati na održivost prometnog sustava.

Već je poznato da su prometne nesreće u kojima sudjeluju tradicionalna vozila jedan od najvećih uzroka smrtnosti u svijetu, no zabrinjavajući su nedavni podatci o prometnim nesrećama, koji ukazuju da sudari koji uključuju najranjivije skupine i vozila s autonomnim sustavima mogu rezultirati teškim ozljedama, jer ti sustavi imaju ograničenja u prepoznavanju sudionika iz najranjivijih skupina (Wang i Li, 2019). Međutim, to je zapravo vrlo zabrinjavajuće jer proizvođači takvih vozila tvrde da tehnologija u autonomnim vozilima koristi raznolike tehnike za prepoznavanje i identifikaciju ljudi i objekata, mjerenje njihove brzine, prepoznavanje njihovih namjera te donošenje trenutnih odluka na temelju tih svojih procjena (Martínez-Buelvas i sur., 2022.). Također, postoji čak i pretpostavka da proizvođači autonomnih vozila nisu adekvatno razvili sustave zaštite pješaka jer su previše usmjereni na tehničke aspekte autonomnih vozila (Milakis i Muller, 2021).

Nadalje, masovna implementacija autonomnih vozila može rezultirati povećanim prometom, što bi moglo dodatno smanjiti dostupan prostor na cestama za pješake i bicikliste. Pored toga, prethodna iskustva s automatiziranim vozilima su već rezultirala incidentima u kojima je sudjelovala najranjivija skupina. Na primjer, Google je izvijestio o 13 ručnih isključenja autonomnih sustava koji bi nedvojbeno rezultirali sudarima u simulacijama koje su proveli te je bilo i 56 kritičnih situacija gdje su autonomna vozila pogrešno interpretirala semafore, nisu poštovala prednosti prolaza za pješake i bicikliste te su općenito kršila prometna pravila (Dixit i sur., 2016). Kao jedno od rješenja za situaciju s autonomnim vozilima i ranjivom skupinom predlaže se opremanje biciklista i pješaka odašiljačima koje bi autonomna vozila mogla prepoznati putem svojih senzora (Reid, 2021). Međutim, postoji zabrinutost da bi nošenje ovih odašiljača moglo biti opterećujuće za najranjiviju skupinu, posebno s obzirom na njihov veći rizik te činjenicu da bi se autonomna vozila trebala prilagoditi njima, a nikako obrnuto.

Osim toga, postoji zabrinutost da implementacija autonomnih vozila može još dodatno produbiti postojeće nejednakosti u prometnom sustavu. Štoviše, bez značajnih poboljšanja u dizajnu autonomnih vozila i unaprjeđenju njihovih senzora, već ranjive skupine postaju još ranjivije (Martínez-Buelvas i sur., 2022.). No, s pravilnim pristupom i angažmanom ključnih dionika u prometnom sustavu, uključujući proizvođače automobila, zakonodavne vlasti i osiguravajuća društva, mogla bi se stvoriti sigurnija okolina i smanjiti ranjivost ovih skupina.

Također, još jedna bitna stavka je kako će autonomna vozila utjecati na tradicionalna vozila u prometu. Iako su autonomna vozila, ako napravljena sukladno svim standardima, potencijalno sigurnija od tradicionalnih i ona mogu raditi pogreške. Pa se tako očekuje da će interakcija između autonomnih i tradicionalnih vozila vrlo vjerojatno predstavljati kritičan problem. Nadalje, odnos između ljudskih vozača i autonomnih vozila može izazvati promjene u ponašanju vozača, što može rezultirati povećanim brojem sudara ili promjenom prirode očekivanih sudara (Paliotto i sur., 2022.). Uz to, spajanje ovih dvaju tipova vozila u urbanoj prometnoj sredini može naići na izazove, budući da autonomna vozila ne mogu komunicirati s tradicionalnim vozilima na isti način kao s drugim autonomnim vozilima. Iako su reakcije autonomnih vozila brže od ljudskih vozača, ona ne mogu reagirati na isti način kao ljudi, posebno u situacijama koje zahtijevaju brze manevre kako bi se izbjegao potencijalni sudar. (Paliotto i sur., 2022.).

Naposljetku, uvođenje autonomnih vozila može potencijalno dovesti do novih oblika nejednakosti u društvu i prometnom sustavu, osobito zbog ograničenog pristupa tim vozilima, često zbog visoke cijene (Paliotto i sur., 2022.). Zbog toga je od velikog značaja da državne vlasti, proizvođači automobila i ostalih relevantnih dionici osiguraju da implementacija autonomnih vozila bude temeljena na principima sigurnosti i pravednosti, uzimajući u obzir potrebe ranjivih sudionika u prometu koji dijele ceste s takvim vozilima.

4.3. Prednosti i nedostaci povezani s prihvaćanjem održivih transportnih rješenja

Ključni izazov za usvajanje autonomnih vozila i ostvarivanje njihovih prednosti je kako javnost i eventualni korisnici, percipiraju i prihvaćaju tehnologiju (Othman, 2021.). To u suštini implicira da autonomna vozila neće samo trebati prevladati tehnološke i dizajnerske izazove, već prevladati i društvene prepreke, kako bi ostvarili uspješnu implementaciju. Iako prosječan vozač može shvatiti osnovne prednosti autonomnih automobila, koje objedinjuju povećanu učinkovitost goriva i sigurnost, zajedno sa smanjenjem prometa, to možda neće biti dovoljno da upravljanje vozilom prepusti samo automobilu (Othman, 2021.). Društvena tjeskoba oko automatizacije pridonosi skepticizmu prema automatiziranim vozilima (Li i sur., 2023.). Ljudi su zabrinuti da će, na primjer korištenje bespilotnih letjelica u velikoj mjeri dovesti do nestanka tradicionalne maloprodaje, što će na kraju dovesti do gubitka poslova, povećanja razine stresa, smanjenja društvenih interakcija i stvaranja elitnog režima mobilnosti (Li i sur., 2023.).

Najvećim izazovima implementacije bespilotnih letjelica smatraju moguća kršenja privatnosti, sigurnost i etička pitanja (Li i sur., 2023.). Dronovi su izloženi raznim sigurnosnim napadima dok komuniciraju sa zemaljskim objektima preko otvorenih kanala, a oni korišteni za dostavu podložni su kršenju privatnosti jer imaju informacije o potrošačima i opremljeni su kamerama (Li i sur., 2023.). Dronovi bi također mogli biti hakirani i zbog krađe osobnih podataka te prevare. Štoviše, postoji potencijalna prijetnja da se dronovi pretvore u oružje za terorizam ili krijumčarenje. Teroristi bi ih lako mogli koristiti u svrhu organiziranja zločina ciljajući svoje žrtve bespilotnim letjelicama, putem kamere na dronu koja im omogućuju praćenje situacije uživo i planiranje svog sljedećeg poteza (Li i sur., 2023.).

Prema studiji provedenoj u Poljskoj, 43% stanovništva bilo je skeptično u vezi s uvođenjem bespilotnih letjelica, što implicira postojanje društvenih prepreka za usvajanje usluga dostave paketa bespilotnim letjelicama (Li i sur., 2023.). Drugo istraživanje provedeno u urbanim područjima Australije pokazalo je da ljudi i dalje preferiraju tradicionalne poštanske usluge u

odnosu na dostavu dronom, iako nedavni napredak e-trgovine i tehnologije donosi razne pogodnosti, kao što su na primjer brža dostava tog istog paketa (Li i sur., 2023.).

Jedan upitnik iz 2022. godine istraživao je potporu/protivljenje za sljedeće vrste/scenarije uporabe bespilotnih letjelica: policijska uporaba koja uključuje nadzor, odgovor u hitnim slučajevima kao što je potraga i spašavanje, upravljanje infrastrukturom kao što je inspekcija zgrada ili mostova, upotreba u maloprodaji kao za dostavu paketa i provjeru zaliha, profesionalno fotografiranje, snimanje i novinarstvo te upotreba u slobodno vrijeme za letenje dronovima za zabavu, snimanje fotografija i videozapisa (Smith i sur., 2022.). Scenariji u kojima su dronovi korišteni od strane policije, hitnih službi i u korist infrastrukture dobili su najviše podrške i bili su puno manje kontroverzni od maloprodaje, profesionalne fotografije i korištenja u slobodno vrijeme (Smith i sur., 2022.). Ispitanici koji su izjavili da su upoznati s radom bespilotnih letjelica i oni koji su koristili bespilotne letjelice, u većem postotku su podržali raznovrsnije upotrebe bespilotnih letjelica, dok su oni koji su izjavili da imaju manje znanja vjerojatnije odabrali da 'niti podržavaju, niti se protive' ili 'ne znaju', to jest da se osjećaju manje kompatibilnima dati svoje mišljenje (Smith i sur., 2022.). Intelova studija provedena 2017. godine na kampusu u Arizoni također sugerira da veći stupanja poznavanja autonomnih vozila stvara veće povjerenje u njih (Hutson, 2017.). Istraživači su regrutirali raznoliku grupu od 10 volontera i ponudili im 5-minutnu vožnju u autonomnom vozilu na zatvorenoj stazi. Većina dobrovoljaca je unaprijed bila malo zabrinuta, no svi su nakon vožnje iskazali pozitivne stavove o cjelokupnom iskustvu i autonomnim vozilima općenito (Hutson, 2017.).

Upravo sigurnost će biti jedan od ključnih čimbenika koji utječu na stavove javnosti o automatiziranim vozilima. Automatizirana vozila trebala bi biti sigurnija od vozila kojima upravljaju ljudi zbog uklanjanja ljudskih pogrešaka. Sigurnija vožnja trenutno je jedna od glavnih pokretačkih snaga za njihov razvoj te bi zapravo i bila preduvjet za implementaciju automatiziranih vozila na javne ceste u budućnosti (Piao i sur., 2016.). Podaci iz ankete provedene 2016. godine podržavaju percepciju sigurnosti vezane uz autonomna vozila. Prema rezultatima istraživanja, većina ispitanika koji su vjerovali da su autonomna vozila sigurnija od vozila kojima upravljaju ljudi, izrazila je otvorenost za njihovo korištenje. To je bilo vidljivo u visokim postocima podrške za autonomne autobuse (80%) i automobile (89%). S druge strane, među ispitanicima koji su smatrali da su autonomna vozila manje sigurna, većina njih nije bila spremna razmotriti njihovo korištenje. Konkretno, 57% ispitanika nije bilo voljno koristiti autonomne autobuse, dok je 65% odbacilo ideju o korištenju autonomnih automobila. Ovi

podaci ukazuju na važnost percepcije sigurnosti u prihvaćanju autonomnih vozila i sugeriraju da će percepcija sigurnosti biti ključna u oblikovanju stavova i odluka potrošača u vezi s ovim tehnologijama (Piao i sur., 2016).

Još jedna stavka koja utječe na stav prema autonomnim vozilima, njihova je inkluzivnost i prilagodljivost potrebama onih s nižom mobilnosti i smanjenih komunikacijskih sposobnosti, a to treba uzeti u obzir kada operateri javnog prijevoza nabavljaju autonomna vozila (Miller i sur. 2022.). Na primjer, na temelju povratnih informacija od svojih korisnika, May Mobility razvio je verziju svog autonomnog shuttle vozila pristupačnu invalidskim kolicima, koja ima dužu rampu za lakši ulazak i izlazak iz vozila (Miller i sur., 2022.).

Kako bi olakšali njihovu implementaciju u društvo, potrebno je podići svijest i educirati široke mase o autonomnim vozilima te istaknuti napredne tehnologije koje se koriste u njihovom dizajnu kako bi se smanjila zabrinutost u pogledu sigurnosnih rizika (Li i sur., 2023.). Izazovi privatnosti i sigurnosti mogu se riješiti uspostavljanjem strogih mjera cyber sigurnosti za zaštitu autonomnih vozila od hakiranja i cyber napada te rigoroznim testiranjima i standardizacijom protokola sigurnosti (Li i sur., 2023.). Tranzicija u društvo potpuno autonomnih vozila proces je koji će potrajati te je prijeko potreban plan postupne integracije, koja bi omogućila prilagodbu ljudi i infrastrukture (Li i sur., 2023.). Osim toga, uspostava mehanizama za prikupljanje povratnih informacija od korisnika, dionika i javnosti te osiguranje dostupnosti i korisnosti tehnologije autonomnih vozila u svim segmentima društva ključna je za njeno kontinuirano poboljšanje i konačnu integraciju (Li i sur., 2023.). Kako se tehnologija nastavlja razvijati, stalni naponi za rješavanje problema i promicanje odgovorne upotrebe autonomnih vozila imat će ključnu ulogu u oblikovanju njihova prihvaćanja u društvu (Smith i sur., 2022.).

5. ZAKLJUČAK

Istraživanje uloge dronova i autonomnih vozila u uspostavi održivog prijevoza donijelo je niz ključnih zaključaka o ovim novim tehnologijama, koje imaju moć uveliko transformirati prometni sustav kakav danas poznajemo. Kroz razne metode istraživanja obuhvaćene su tehničke, pravne i regulatorne, ekološke te socio-ekonomske dimenzije ovih tehnologija koje imaju potencijal još više oblikovati već postojeći održivi prijevoz.

Evidentno je da dronovi i autonomna vozila imaju značajan potencijal revolucionirati prometni sustav i doprinijeti održivijem prijevozu. Njihova potencijalna sposobnost smanjenja emisija stakleničkih plinova i poboljšanja kvalitete zraka predstavlja važan korak prema održivijoj budućnosti. Također, tehnološki napredak u području autonomnih vozila otvara vrata novim rješenjima mobilnosti, posebno za osobe s posebnim potrebama i starije stanovništvo.

Osim toga, u daljnjem razvoju ovih tehnologija, ključno je naglasiti važnost temeljite analize i dosljedne implementacije regulatornih okvira. Ovaj aspekt je od velikog značaja kako bismo maksimalno iskoristili potencijal dronova i autonomnih vozila u postizanju održivijeg prijevoza. Da bi se to ostvarilo, zakonodavne vlasti i industrija moraju blisko surađivati kako bi osigurali siguran, učinkovit i pravedan prijelaz. Ovo uključuje jasno definiranje smjernica za korištenje ovih tehnologija i promicanje njihove ekološke održivosti.

Uz to, istraživanje socio-ekonomskih aspekata jasno ističe potrebu za razumijevanjem utjecaja uvođenja ovih tehnologija na radna mjesta, tržište rada i razne ekonomske aspekte. Pretpostavlja se da će uvođenje ovih novih tehnologija u svakodnevicu dovesti do iskorjenjivanja nekih zanimanja, no očekuje se da će se s time također otvoriti i neke nove mogućnosti zaposlenja u prometnom sektoru. Međutim, s tim će doći i do promjena u zahtjevima za kvalifikaciju radne snage, što će zahtijevati prilagodbe i obuku iste, kako bi bili u mogućnosti s lakoćom obavljati posao na svojoj novoj poziciji. Još jedna od ključnih prepreka na putu prema uspostavi održivog prijevoza sigurno će biti stavovi javnosti prema autonomnim vozilima i dronovima, ali ovaj izazov može biti lako prevladan ako se ove tehnologije temeljito testiraju i dokažu svoju vjerodostojnost putem praktične primjene.

Naposljetku, važno je istaknuti da uvođenje dronova i autonomnih vozila svakako donosi i prednosti i nedostatke. Međutim, da bi se ti nedostaci minimizirali ili u potpunosti otklonili, sada i u buduću, ključno je nastaviti s istraživanjima ovih tehnologija i njihovim razvojem, kako

bi se s time ujedno i maksimizirao njihov potencijal, te osigurala važna uloga u uspostavi održivijeg prijevoza.

LITERATURA

- 1) Abney, K., Bekey, A., Lin, P.(2017.). *The Ethics of Autonomous Cars*. Cambridge: MIT Press.
- 2) Baker, J. S., Snyder, J. F. (2019.). Drone Delivery Solutions to Mitigate Excess Greenhouse Gas Emissions in Urban Transportation Systems: A Case Study of Tokyo. *Environmental Science & Technology*, 3, 18-22.
- 3) Barmponakis, E. N., Vlahogianni E. I., Golias, J. C. (2016). Unmanned aerial aircraft systems for transportation engineering: Current practice and future challenges. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 5(3), 111-122.
- 4) Belobaba, M., Odoni, S., Barnhart, A. (2013.). *Global economic impact of civil unmanned aircraft systems (UAS)*. Cambridge: MIT Press.
- 5) Benarbia, T., Kyamakya, K. (2021). A Literature Review of Drone-Based Package Delivery Logistics Systems and Their Implementation Feasibility. *Sustainability*, 14(1), 360.
- 6) Blom, J. D. (2010.). *Unmanned Aerial Systems: A Historical Perspective*. Fort Leavenworth: Combat Studies Institute Press.
- 7) Bogue, R. (2017.). What are the prospects for robots in the construction industry?. Preuzeto 31.08.2023. s <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IR-11-2017-0194/full/html>
- 8) Brown, P. (2023.). Drone delivery vendor receives FAA's Part 135 certification. Preuzeto 15. 08. 2023. s <https://electronics360.globalspec.com/article/19261/drone-delivery-vendor-receives-faa-s-part-135-certification>
- 9) CCAA (b. d.). Želim letjeti dronom - što moram napraviti?. Preuzeto 27. 08. 2023. s <https://www.ccaa.hr/zelim-letjeti-dronom-sto-moram-napraviti-35513>
- 10) Chiabaut, N., Salani, M. i Bierlaire, M. (2019). Integration of renewable energy sources in logistics: application to drones for delivery. *Transportation and the Environment*, 68, 146-155.
- 11) Choi C. (2022.). Aurora and FedEx Expand Autonomous Trucking Partnership in Texas. Preuzeto 30.08. 2023. s <https://insideautonomousvehicles.com/aurora-and-fedex-expand-autonomous-trucking-partnership-in-texas/>
- 12) Coleman, A. (2023.). Matternet's Vision For Drones To Become A Mainstream Delivery Channel. Preuzeto 25.08.2023. s

- <https://www.forbes.com/sites/alisoncoleman/2023/07/12/matternets-vision-for-drones-to-become-a-mainstream-delivery-channel/>
- 13) Conlon, J., Lin, J. (2019.). Greenhouse Gas Emission Impact of Autonomous Vehicle Introduction in an Urban Network. *Transportation Research Record*, 2673(5), 142–152.
 - 14) Currie, G. (2018.). Lies, damned lies, AVs, shared mobility, and urban transit futures. *Journal of Public Transportation*, 21(1), 19-30.
 - 15) Daly, D. (b. d.). A Not-So-Short History of Unmanned Aerial Vehicles (UAV). Preuzeto 11. kolovoza 2023. s <https://consortiq.com/uas-resources/short-history-unmanned-aerial-vehicles-uavs>
 - 16) DARPA (b.d.). The Grand Challenge. Preuzeto 28.08.2023. s <https://www.darpa.mil/about-us/timeline/-grand-challenge-for-autonomous-vehicles>
 - 17) Dixit, V. V., Chand, S., Nair, D.J. (2016). Autonomous Vehicles: Disengagements, Accidents and Reaction Times, dostupno na <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168054>
 - 18) DJI (2023.). DJI Records More Than 1,000 People Rescued By Drones Globally. Preuzeto 15.08.2023. s <https://www.dji.com/newsroom/news/dji-records-more-than-1000-people-rescued-by-drones-globally>
 - 19) DJI (b. d.). Revolution of DJI drones. Preuzeto 11. 08. 2023. s <https://drdrone.ca/blogs/drone-news-drone-help-blog/timeline-of-dji-drones>
 - 20) Dulcinea (2023.). On This Day: Austria Drops Balloon Bombs on Venice. Preuzeto 10. 08.2023. s <https://www.findingdulcinea.com/news/on-this-day/July-August-08/On-this-Day-Austria-Rains-Balloon-Bombs-on-Venice>
 - 21) EASA (b. d.). Certified Category - Civil Drones. Preuzeto 26.08.2023. s <https://www.easa.europa.eu/en/domains/civil-drones/drones-regulatory-framework-background/certified-category-civil-drones>
 - 22) EASA (b. d.). Civil drones (unmanned aircraft). Preuzeto 26.08.2023. s <https://www.easa.europa.eu/en/domains/civil-drones>
 - 23) EASA (b. d.). Drones & Vertical Take-Off and Landing – VTOLs. Preuzeto 26.08. 2023. s <https://www.easa.europa.eu/en/light/topics/drones>
 - 24) EASA (b. d.). Specific Category - Civil Drones. Preuzeto 26.08.2023. s <https://www.easa.europa.eu/en/domains/civil-drones-rpas/specific-category-civil-drones>
 - 25) EASA (b. d.). Zračni taksiji kao vrsta gradskog prijevoza. Preuzeto 16. kolovoza 2023. s <https://www.easa.europa.eu/hr/light/topics/air-taxis-urban-transport>

- 26) Europska komisija (2018.). Komunikacija Komisije Europskom parlamentu, Vijeću, Europskom gospodarskom i socijalnom odboru te odboru regija. Preuzeto 02.08.2023. s <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2018:0283:FIN:HR:PDF>
- 27) Europska komisija (2022.). Nova pravila EU-a za veću sigurnost na cestama i uvođenje autonomnih vozila. Preuzeto 02.08.2023. s https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/hr/ip_22_4312
- 28) Europski parlament (2019.). Autonomna vožnja u europskom prometu. Preuzeto 02. 08. 2023. s https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-8-2019-0005_HR.docx
- 29) FAA (b. d.). FAADrone Zone. Preuzeto 25.08.2023. s <https://faadronezone-access.faa.gov/#/>
- 30) Fagnant, D. J., Kockelman, K. (2015.). Preparing the Nation for Autonomous Vehicles: Opportunities, Preparations, and Policy Recommendations. *Transportation Research*, 77, 167-181.
- 31) Fisher, B. S., Schnittger, S. (2012.). Autonomous and Remote Operation Technologies in the Mining Industry. Preuzeto 31. kolovoza 2023. s <https://www.baeconomics.com.au/wp-content/uploads/2010/01/Mining-innovation-5Feb12.pdf>
- 32) Frackiewicz, M. (2023.). The Impact of Drones on Jobs and the Economy: Opportunities and Challenges. Preuzeto 04. 08. 2023. s <https://ts2.space/en/the-impact-of-drones-on-jobs-and-the-economy-opportunities-and-challenges/>
- 33) Frantzman, S. J. (2019.). How Israel Became a Leader in Drone Technology. Preuzeto 11. 08. 2023. s <https://www.meforum.org/58937/how-israel-became-a-leader-in-drone-technology>
- 34) Friedrich, B. (2016.). *The Effect of Autonomous Vehicles on Traffic*. New York: Springer Open.
- 35) Garland, M. (2023.). Alphabet's Wing expects drone network to deliver millions of packages by mid-2024. Preuzeto 16.08.2023. s <https://www.supplychaindive.com/news/alphabet-wing-drone-network-millions-of-deliveries/644679/>
- 36) Ghobadpour, A., Monsalve, G., Cardenas, A., Mousazadeh, H. (2022.). Off-Road Electric Vehicles and Autonomous Robots in Agricultural Sector: Trends, Challenges, and Opportunities. *Vehicles*, 4(3), 843–864.
- 37) Gross, R. J. (2023). Complete Evolution & History of Drones: From 1800s to 2023. Preuzeto 10. kolovoza 2023. s <https://www.propelrc.com/history-of-drones/#>

- 38) Grunwald, A. (2016). *Societal Risk Constellations for Autonomous Driving, Analysis, Historical Context and Assessment*. New York: SpringerOpen
- 39) Guensler, R., Liu, H., Xu, Y., Akanser, A., Kim, D., Hunter, M. P., Rodgers, M. O. (2017). Energy Consumption and Emissions Modeling of Individual Vehicles. *Transportation Research Record*, 2627(1), 93–102.
- 40) Gupta, A., Afrin, T., Scully, E., Yodo, N. (2022.). Advances of UAVs toward Future Transportation: The State-of-the-Art, Challenges, and Opportunities. *Future Transportation*, 1(2), 326-350.
- 41) Gutelius, B., Theodore, N. (2019.). *The Future of Warehouse Work: Technological Change in the U.S. Logistics Industry*. Berkeley: UC Berkeley.
- 42) Hardman, S., Chakraborty, D., Kohn, E. (2021.). *A Quantitative Investigation into the Impact of Partially Automated Vehicles on Vehicle Miles Travelled in California*. Los Angeles: University of California Institute of Transportation Studies.
- 43) He, D., Xi, B., Seshadri, R. (2018). Evaluation of the environmental efficiency of alternatives for package delivery. *Transportation Research Record*, 2672(52), 208-216.
- 44) Hörl, S., Ciari, F., Axhausen, K. W. (2016.). Recent perspectives on the impact of autonomous vehicles. *Arbeitsberichte Verkehrs- und Raumplanung*, 1216, 5-40.
- 45) Hrvatska tehnička enciklopedija (2018.). Bespilotna letjelica. Preuzeto 12.08. 2023. s <https://tehnika.lzmk.hr/bespilotna-letjelica/>
- 46) Hutson, M. (2017.). People don't trust driverless cars. Researchers are trying to change that. Preuzeto 05.09.2023. s <https://www.science.org/content/article/people-don-t-trust-driverless-cars-researchers-are-trying-change>
- 47) Igliński, H., Babiak, M. (2017.). Analysis of the Potential of Autonomous Vehicles in Reducing the Emissions of Greenhouse Gases in Road Transport. *Procedia Engineering*, 192, 353-358.
- 48) Jasim, N. I., Kasim H., Mahmoud, M.A. (2022.). Towards the Development of Smart and Sustainable Transportation System for Foodservice Industry: Modelling Factors Influencing Customer's Intention to Adopt Drone Food Delivery (DFD) Services. *Sustainability*, 14(5), 2852.
- 49) Kim, K., Kim, J. S., Jeong, S., Park, J., Kim, H. K., (2021.). Cybersecurity for autonomous vehicles: Review of attacks and defense. *Computers & Security*, 103, 31-50.
- 50) Lenz, B., Maurer, M., Hedrick, J.K., Gerdes, J.C., Winner, H. (2015.). *Autonomous Driving: Technical, Legal and Social Aspects*. Heidelberg: Springer Berlin.

- 51) Li, X., Tupayachi, J., Sharmin, A., Martinez Ferguson, M. (2023). Drone-Aided Delivery Methods, Challenge, and the Future: A Methodological Review. *Drones*, 7(3), 191.
- 52) Litman, T. (2023.). *Autonomous Vehicle Implementation Predictions*. Victoria: Victoria Transport Policy Institute.
- 53) Mancini, F. (2020.). *A Security Reference Model for Autonomous Vehicles in Military Operations*. Avignon: IEEE.
- 54) Martínez-Buelvas, L., Rakotonirainy, A., Grant-Smith, D., Oviedo-Trespalacios, O. (2022.). A transport justice approach to integrating vulnerable road users with automated vehicles. *Transportation Research*, 113, 52-69.
- 55) Mercat-Bruns, M., Guéguen, H., Pipbern, A. (2019). A historical perspective on autonomous vehicles: Insights from the past while building the future. *Advanced Visual Interfaces*, 111, 1-4.
- 56) Milakis, D., Müller, S. (2021.). The societal dimension of the automated vehicles transition: Towards a research agenda. *Cities*, 113, 214-258.
- 57) Miller, K., Chng, S., Cheah, L. (2022.). Understanding acceptance of shared autonomous vehicles among people with different mobility and communication needs. *Travel Behaviour and Society*, 29, 200-210.
- 58) Mohsan, S. A. H., Zahra, Q. U. A., Khan, M.A., Alsharif, M.H., Elhaty, I.A., Jahid, A. (2022.). Role of Drone Technology Helping in Alleviating the COVID-19 Pandemic. *Micromachines*, 13(10), 1593.
- 59) Narodne novine (2018.). Pravilnik o sustavima bespilotnih zrakoplova. Preuzeto 27. 08. 2023. s https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018_11_104_2040.html
- 60) NCSL (2020.). Autonomous Vehicles; Self-Driving Vehicles Enacted Legislation. Preuzeto 01.09.2023. s <https://www.ncsl.org/transportation/autonomous-vehicles#toggleContent-12031>
- 61) NHTSA (2017.). Automated Driving Systems 2.0: A Vision for Safety. Preuzeto 29.08.2023. s <https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.gov/files/documents/13069a>
- 62) NHTSA (2021.). Automated Vehicles for Safety. Preuzeto 29.08.2023. s <https://www.nhtsa.gov/technology-innovation/automated-vehicles-safety>
- 63) NHTSA (b. d.). Standing General Order on Crash Reporting. Preuzeto 01. 09. 2023. s <https://www.nhtsa.gov/laws-regulations/standing-general-order-crash-reporting>
- 64) NHTSA (b. d.). Test Tracking Tool. Preuzeto 01.09.2023. s <https://www.nhtsa.gov/automated-vehicle-test-tracking-tool>

- 65) Nikitas, A., Vitel, A i Cotet, C. (2021.). Autonomous vehicles and employment: An urban futures revolution or catastrophe?. *Cities*, 114, 1192.
- 66) Nunno, R. (2021.). Autonomous Vehicles: State of the Technology and Potential Role as a Climate Solution. Preuzeto 03.09.2023. s <https://www.eesi.org/papers/view/issue-brief-autonomous-vehicles-state-of-the-technology-and-potential-role-as-a-climate-solution>
- 67) Nvida (2018.). Volkswagen and NVIDIA to Infuse AI into Future Vehicle Lineup. Preuzeto 29. 08. 2023. s <https://nvidianews.nvidia.com/news/volkswagen-and-nvidia-to-infuse-ai-into-future-vehicle-lineup>
- 68) Othman, K. (2021.). Public acceptance and perception of autonomous vehicles: a comprehensive review. *AI and Ethics*, 1, 355-387.
- 69) Paliotto, A., Alessandrini, A., Mazzia, E., Tiberi, P., Tripodi, A. (2022.). Assessing the Impact on Road Safety of Automated Vehicles: An Infrastructure Inspection-Based Approach. *Future Transportation*, 2(2), 522–540.
- 70) Piao, J., McDonald, M., Hounsell, N., Graindorge, M., Graindorge, T., Malhene, N. (2016.). Public Views towards Implementation of Automated Vehicles in Urban Areas. *Transportation Research Procedia*, 14, 2168-2177.
- 71) Radaković, S. (2005.). V-1 – prvi krstareći projektil, Preuzeto 11. 08,2023. s <https://hrvatski-vojniki.hr/v-1-prvi-krstareci-projektil/>
- 72) Raiyn, J. (2018.). Data and cyber security in autonomous vehicle networks. *Transport and Telecommunication*, 19 (4), 325–334.
- 73) Ransbotham, S. (2017.). *Four management lessons from self-driving cars*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.
- 74) Reid, C. (2021.). Biden’s \$1.2 Trillion Infrastructure Bill Hastens Beacons For Bicyclists And Pedestrians Enabling Detection By Connected Cars. Preuzeto 04.09.2023. s <https://www.forbes.com/sites/carltonreid/2021/11/06/bidens-12-trillion-infrastructure-bill-hastens-beacon-wearing-for-bicyclists-and-pedestrians-to-enable-detection-by-connected-cars/?sh=236328385a3d>
- 75) Richter, W. (2023.). Full Commercialization of Robotaxis Arrives in San Francisco. Preuzeto 31. kolovoza 2023. s <https://wolfstreet.com/2023/08/11/full-commercialization-of-robotaxis-has-arrived-in-san-francisco/>
- 76) SAE (2021.). Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles. Preuzeto 30.08. 2023. s https://www.sae.org/standards/content/j3016_202104/

- 77) Shaban, H. (2019.). Elon Musk promised self-driving Teslas in 2019. What happened?. Preuzeto 28. kolovoza 2023. s <https://www.washingtonpost.com/technology/2019/01/08/elon-musk-promised-self-driving-teslas-what-happened/>
- 78) Shakir, U. (2023.). Zipline's new drones release tethered mini-drones for precision package deliveries. Preuzeto 15.08.2023. s <https://www.theverge.com/2023/3/15/23639425/zipline-drone-delivery-autonomous-tether-droid>
- 79) Sharp, T. (2019.). The First Hot-Air Balloon Flight. Preuzeto 10.08.2023. s <https://www.space.com/16595-montgolfiers-first-balloon-flight.html>
- 80) Sheard, R. L. (2019.). *Modeling the Environmental Implications of Electric Drone Delivery: A London Case Study*. London: UCL Energy Institute.
- 81) Skoog, A. I. (2010.). The Alfred Nobel rocket camera. An early aerial photography attempt. *Acta Astronautica*, 66, 624-635.
- 82) Smith, A., Dickinson, J.E., Marsden, G., Cherrett, T., Oakey, A., Grote, M. (2022.). Public acceptance of the use of drones for logistics: The state of play and moving towards more informed debate. *Technology in Society*, 68, 2-9.
- 83) Snyder, R. (2016.). Implications of autonomous vehicles: A planner's perspective. Institute of Transportation Engineers. *ITE Journal*, 101, 192.
- 84) Tarasov, K. (2023.). Amazon's 100 drone deliveries puts Prime Air far behind Alphabet's Wing and Walmart partner Zipline. Preuzeto 18.08.2023. s <https://www.cnbc.com/2023/05/18/amazons-100-drone-deliveries-puts-prime-air-behind-google-and-walmart.html>
- 85) UNICEF (b. d.). How Drones Can Be Used to combat COVID-19. Preuzeto 13.08. 2023. s <https://www.unicef.org/supply/media/5286/file/%20Rapid-guidance-how-can-drones-help-in-COVID-19-response>
- 86) Urmson, C. (2018.). Autonomous driving: a technical perspective. *Intelligent Transportation Systems Magazine*, 10(1), 8-23.
- 87) Wang, J., Zhang L., Huang, Y., Zhao, J. (2020.). Safety of Autonomous Vehicles. *Journal of Advanced Driving*, 202, 1-13.
- 88) Wang, S., Li, Z. (2019.). Exploring the mechanism of crashes with automated vehicles using statistical modeling approaches. *Plos One*, 111, 1-9.
- 89) Waymo (2021.). Our Story. Preuzeto 28. 08. 2023. s <https://www.waymo.com/our-story/>

- 90) White House (2019.). Accelerating America's Leadership in Artificial Intelligence. Preuzeto 01. 09. 2023. s <https://trumpwhitehouse.archives.gov/articles/accelerating-america-leadership-in-artificial-intelligence/>
- 91) Whittle, R. (2018.). Predator started drone revolution, and made military innovation cool. Preuzeto 11.08.2023. s <https://breakingdefense.com/2018/03/predator-started-drone-revolution-and-made-military-innovation-cool/>
- 92) WHO (2022.). Global Status Report on Road Safety - Time for Action. Preuzeto 29. 08.2023. s <https://www.afro.who.int/publications/global-status-report-road-safety-time-action>
- 93) Wienrich, J. (2023.). Clean Transportation with Autonomous Shuttles. Preuzeto 30. 08. 2023. s https://www.zf.com/mobile/en/technologies/autonomous_driving/stories/autonomous_shuttle.html
- 94) Wifvat, V. T. (2019.). *Zero Emission Shared-Use Autonomous Vehicles: A Deployment Construct*. UC Irvine Electronics. Irvine: University of California.
- 95) World Economic Forum (2018). Delivery to the last mile: Shaping the future of mobility. Preuzeto 27.08. 2023. s <https://www.weforum.org/reports/last-mile-delivery-shaping-the-future-of-mobility>

POPIS SLIKA

Slika 1: Prva dokumentirana fotografija iz zraka snimljena	4
Slika 2: Prvi čamac na daljinsko upravljanje	4
Slika 3: Queen Bee	5
Slika 4: Curtiss N2C-2	5
Slika 5: Ryan Firebee	6
Slika 6: Predator	7
Slika 7: Parott AR Dron	8
Slika 8: DJI Phantom.....	8
Slika 9: Wing-ov dostavni dron	11
Slika 10: Trenutni način dostave dronom tvrtke Zipline.....	11

POPIS TABLICA

Tablica 1: Prikaz određivanja potkategorije letjelice prema masi iste	17
Tablica 2: Klasifikacija dronova po kategorijama	20