

Automatsko upravljanje vozilima

Rubeša, Ana Marija

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:833487>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-05**



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

Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

ANA MARIJA RUBEŠA

AUTOMATSKO UPRAVLJANJE VOZILIMA

DIPLOMSKI RAD

Rijeka, 2023.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

**AUTOMATSKO UPRAVLJANJE VOZILIMA
VEHICLE DRIVING AUTOMATION**

DIPLOMSKI RAD

Kolegij: Inteligentni transportni sustavi

Mentor: izv. prof. dr. sc. Jasmin Čelić

Ime i prezime studentice: Ana Marija Rubeša

Studijski program: Tehnologija i organizacija prometa

JMBAG: 0112077199

Rijeka, rujan 2023.

Studentica: Ana Marija Rubeša

Studijski program: Tehnologija i organizacija prometa


JMBAG: 0112077199

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI DIPLOMSKOG RADA

Kojom izjavljujem da sam diplomski rad s naslovom AUTOMATSKO UPRAVLJANJE VOZILIMA izradila samostalno pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Jasmin Ćelić.

U radu sam primijenila metodologiju izrade stručnog rada i koristila literaturu koja je navedena na kraju diplomskog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući navela u diplomskom radu na uobičajen, standardan način citirala sam i povezala s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Studentica:

()

Ana Marija Rubeša

Studentica: Ana Marija Rubeša

Studijski program: Tehnologija i organizacija prometa

JMBAG: 0112077199

**IZJAVA STUDENTA – AUTORA
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG DIPLOMSKOG RADA**

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

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

Studentica – autor

()

Ana Marija Rubeša

SAŽETAK

U današnjem vremenu suočavamo se s vrlo brzim napretkom tehnologije i digitalizacijom gotovo u svim segmentima našeg života. Treba napomenuti da promet ima vrlo važnu ulogu iz razloga što on omogućuje ljudima svakodnevno kretanje. Da bi društvo moglo kvalitetno funkcionirati i napredovati, potrebno je i sam promet podići na jednu višu razinu, a to je između ostalog, uvođenje autonomne tehnologije u području prijevoza. Stoga i ne čudi pojava potražnje za autonomnim vozilima. Činjenica je da danas vozila postaju sve više samostalnija, a njihov je glavni cilj zamijena uloge čovjeka i uvođenje potpune automatizacije vozila. Hoće li se u potpunosti moći ostvariti sve što se zamislilo, vidjet će se u nadolazećim godinama. Upravo će o tome biti govora u ovom diplomskom radu koji će se osvrnuti ne samo na sam pojam automatizacije i autonomna vozila nego i na prednosti te nedostatke istih, koje su moguće prilike i rizici uvođenja ove vrste tehnologije te koja su trenutna dostignuća u automatizaciji vozila.

Ključne riječi: autonomna vozila, učinkovitost autonomnih vozila, umjetna inteligencija, sigurnost u prometu.

SUMMARY

In today's world, we are facing rapid technological advancements and digitalization in almost every aspect of our lives. It is worth noting that transportation plays a crucial role as it enables people to move around on a daily basis. In order for society to function and progress effectively, it is necessary to elevate transportation to a higher level, and that is the introduction of autonomous technology in the field of transportation. Therefore, it is not surprising to see the emergence of demand for autonomous vehicles. The fact is that vehicles are becoming increasingly autonomous, with their main goal being to replace the role of humans and introduce complete vehicle automation. Whether everything envisioned will be fully realized remains to be seen in the coming years. This thesis will focus on precisely that, not only exploring the concept of automation and autonomous vehicles, but also discussing the advantages and disadvantages of these technologies, potential opportunities and risks associated with their implementation, and current achievements in vehicle automation.

Keywords: autonomous vehicles, efficiency, artificial intelligence, traffic safety.

SADRŽAJ

SAŽETAK	i
SUMMARY	i
SADRŽAJ	ii
1. UVOD	1
1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKTI ISTRAŽIVANJA	1
1.2. RADNA HIPOTEZA	1
1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA	1
1.4. ZNANSTVENE METODE	2
1.5. STRUKTURA RADA	2
2. TEORIJSKE ODREDNICE AUTONOMNIH VOZILA	4
2.1. POJAM AUTONOMNIH VOZILA	4
2.2. KLASIFIKACIJA (RAZINE) AUTONOMNIH VOZILA	5
2.3. CILJEVI SUSTAVA AUTONOMNE VOŽNJE U PROMETU	10
3. PRINCIP RADA AUTONOMNIH VOZILA	12
3.1. SENZORI AUTONOMNIH VOZILA	12
3.2. KOMUNIKACIJSKI SUSTAV "VOZILO – VOZILO"	17
3.3. KOMUNIKACIJSKI SUSTAV "VOZILO – INFRASTRUKTURA"	19
3.4. PRIMJENA UMJETNE INELIGENCIJE I NEURONSKIH MREŽA	20
4. SIGURNOSNI ZAHTJEVI U PODRUČJU AUTONOMNE VOŽNJE	25
4.1. KIBERNETIČKA SIGURNOST I ZAŠTITA VOZILA	26
4.2. POVEĆANJE SIGURNOSTI RAZMJERNO RASTU RAZINE AUTONOMNOSTI	29
4.3. ISTRAŽIVANJE SIGURNOSTI I POUZDANOSTI AUTONOMNIH VOZILA	35
5. PREDNOSTI I NEDOSTACI AUTONOMNIH VOZILA	38
5.1. KORISTI AUTONOMNIH VOZILA	38
5.2. TEHNIČKO TEHNOLOŠKI IZAZOVI AUTONOMNE VOŽNJE	41
5.3. ZAHTJEVI POTPUNO AUTONOMNIH VOZILA	45
6. ANALIZA DOSADAŠNJE PRIMJENE AUTONOMNIH VOZILA	50
6.1. SUSTAVI RAZINE 2	51

6.2. SUSTAVI RAZINE 3.....	56
6.3. GOOGLE-OV PROJEKT WAYMO.....	59
6.4. PRIMJENA AUTONOMNIH VOZILA U HRVATSKOJ.....	63
7. UTJECAJ PANDEMIJE COVID-19 NA AUTONOMNU TEHNOLOGIJU	66
8. RAZVOJ I POBOLJŠANJE AUTONOMNIH VOZILA U BUDUĆNOSTI.....	68
8.1. DIZAJN VOZILA BUDUĆNOSTI	69
8.2. UTJECAJ NA LJUDSKU PSIHOLOGIJU I DRUŠTVENE NAVIKE	71
8.3. PRAVNA OGRANIČENJA.....	72
9. ZAKLJUČAK	74
LITERATURA	75
POPIS SLIKA	79

1. UVOD

1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKTI ISTRAŽIVANJA

Pojava autonomnih vozila u cestovnom prometu dovela je do određenih promjena. Stoga se problem istraživanja u ovom diplomskom radu može razložiti na sljedeće: implementaciju autonomnih vozila, potrebne korake koje je potrebno poduzeti prije nego se takva vozila puste u primjenu, koraci koje je potrebno poduzeti u tom kontekstu, tehnologije koje će u cijelosti omogućiti realizaciju ideje o autonomnim vozilima, zakone koji ograničavaju njihovu upotrebu, koje su to sve tehnologije koje se odnose na njih, koji su važni zakoni koji ograničavaju njihovu uporabu te njihovu osnovnu ulogu i utjecaj njihovog razvoja ne samo na promet nego i na društvo u cjelosti. Predmet istraživanja ovog diplomskog rada jesu autonomna vozila te njihova obilježja odnosno karakteristike.

1.2. RADNA HIPOTEZA

Definiranjem problema i predmeta istraživanja u ovom diplomskom radu te detaljnom analizom i proučavanjem autonomnih vozila stvorene su osnovne pretpostavke o tome kako je pojava autonomnih vozila pozitivno utjecala na cjelokupni promet. Hipoteza ovog diplomskog rada je dokazati da će autonomna vozila imati velik utjecaj na našu budućnost te da imaju potencijal promijeniti svijet na bolje.

1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Svrha i ciljevi istraživanja u ovom diplomskom radu jesu upoznati čitatelja s osnovnim karakteristikama te posebnostima autonomnih vozila, njihovom ulogom, utjecajem i značajem u prometu.

U nastavku se postavlja nekoliko pitanja na koja će se, u ovom diplomskom radu, odgovoriti:

1. Koje razine autonomnih vozila postoje?

2. Koje vrste senzora posjeduju autonomna vozila?
3. Koje sve vrste komunikacijskih sustava autonomnih vozila postoje?
4. Koje su prednosti, a koji nedostaci autonomnih vozila?
5. Koje se razine autonomnih vozila danas koriste?
6. Koji je utjecaj pandemija COVID-19 imala na primjenu autonomnih vozila?
7. Koja su pravna ograničenja kod primjene autonomnih vozila?

1.4. ZNANSTVENE METODE

Prilikom pisanja ovog diplomskog rada korištene su sljedeće znanstvene metode: metoda analize i sinteze, metoda indukcije i dedukcije, povijesna metoda, metoda klasifikacije te metoda deskripcije.

1.5. STRUKTURA RADA

Ovaj diplomski rad se sastoji od devet poglavlja i nekoliko potpoglavlja.

U prvom poglavlju odnosno u UVODU naveden je problem i predmet istraživanja, radna hipoteza, svrha i ciljevi istraživanja, znanstvene metode te struktura rada.

U drugom poglavlju pod naslovom TEORIJSKE ODREDNICE AUTONOMNIH VOZILA definiran je pojam autonomnih vozila, klasifikacija odnosno razine autonomnih vozila i ciljevi sustava autonomne vožnje u prometu.

U trećem poglavlju pod naslovom PRINCIP RADA AUTONOMNIH VOZILA definirani su senzori autonomnih vozila, komunikacijski sustavi "vozilo-vozilo" i "vozilo-infrastruktura" te primjena umjetne inteligencije i neuronskih mreža.

U četvrtom poglavlju pod naslovom SIGURNOSNI ZAHTJEVI U PODRUČJU AUTONOMNE VOŽNJE definirana je kibernetička sigurnost i zaštita vozila, povećanje razine sigurnosti razmjerno rastu razine autonomnosti te istraživanje sigurnosti i pouzdanosti autonomnih vozila.

U petom poglavlju pod naslovom PREDNOSTI I NEDOSTACI AUTONOMNIH VOZILA definirane su koristi i tehničko tehnološki izazovi autonomnih vozila kao i zahtjevi potpuno autonomnih vozila.

U šestom poglavlju pod nazivom ANALIZA DOSADAŠNJE PRIMJENE AUTONOMNIH VOZILA opisani su sustavi druge i treće razine autonomnih vozila, Google-ov Waymo projekt te primjena autonomnih vozila u Hrvatskoj.

U sedmom poglavlju prikazano je kako je pandemija COVID-19 utjecala na autonomnu tehnologiju što je ujedno i naslov ovog poglavlja.

U osmom poglavlju pod nazivom RAZVOJ I POBOLJŠANJE AUTONOMNIH VOZILA U BUDUĆNOSTI definiran je dizajn vozila budućnosti, utjecaj autonomnih vozila na ljudsku psihologiju i društvene navike te pravna ograničenja u području primjene autonomnih vozila.

Zadnje poglavlje pod naslovom ZAKLJUČAK predstavlja osvrt na cjelokupni diplomski rad.

2. TEORIJSKE ODREDNICE AUTONOMNIH VOZILA

Cestovni promet je jedan od najznačajnijih modova transporta koji obuhvaća korištenje motornih vozila i kao takav ima svoje prednosti i nedostatke. Prednosti su u tome što zahtjeva manja kapitalna ulaganja za razliku od drugih oblika transporta i omogućuje "door to door" uslugu. Također, razmijena robe je moguća u teško dostupnim mjestima koja nisu povezana sa zračnim, željezničkim ili morskim transportom. No, uz navedene prednosti ima i svoje nedostatke kao što su veće zagađenje okoliša i ovisnost o vremenskim uvjetima tijekom prijevoza. Kao još jedan nedostatak je činjenica da ovaj tip transporta bilježi najveći broj prometnih nesreća i veći porast broja vozila u odnosu na izgradnju i unapređenje cestovnih prometnica što dovodi do toga da se posljednjih godina radi na sve većem unapređenju i razvoju prometnica i vozila. Razvijaju se inteligentni transportni sustavi te se pojavljuju suvremene tehnologije upravljanja vozilima. One koje će omogućiti korisniku vozila da se bolje upozna sa cestom, ali i da se omogući normalno funkcioniranje prometnog sustava kroz njegovo tehnološko unapređenje.

2.1. POJAM AUTONOMNIH VOZILA

Kada se govori o autonomnim/automatiziranim vozilima misli se na automobile ili teretna vozila kojima nije potreban čovjek za upravljanje vozilom na siguran način. Također, postoji drugi naziv za autonomna vozila, a to je: "automobili bez vozača." Ova vozila imaju sposobnost analizirati okolinu u kojoj se nalaze. Ono što bi moglo utjecati na transformaciju našeg prijevoznog sustava (uključujući gospodarstvo i društvo) je upravo tehnologija autonomnih vozila koja je u današnje vrijeme sve prisutnija.¹

Svrha automatskog upravljanja vozilima je usklađivanje s cestovnom mrežom koja se sve više razvija i unapređuje. Takav sustav obuhvaća sve aspekte cestovnog prometa kao što su praćenje broja vozila, praćenje brzine vozila, upozorenje o stanju na cestama, pomoć na cestama te ostale

¹ Union of Concerned Scientists, *Self-Driving Cars Explained*, 21.02.2018. [Self-Driving Cars 101 | Union of Concerned Scientists \(ucsusa.org\)](https://www.ucsusa.org/self-driving-cars) (14.05.2023.)

bitne čimbenike za lakše i nesmetano upravljanje motornim vozilima te njihovom kretanju na cestovnim prometnicama.

2.2. KLASIFIKACIJA (RAZINE) AUTONOMNIH VOZILA

Istraživači predviđaju da će do 2025. godine na cestama biti otprilike 8 milijuna autonomnih ili poluautonomnih vozila. Prije nego što se uključe u promet, autonomna vozila prvo moraju proći kroz šest razina naprednih tehnologija pomoći vozaču.²

Društvo automobilskih inženjera (SAE) definira šest razina automatizacije vožnje, počevši od razine 0 (potpuno ručno upravljanje) do razine 5 (potpuna autonomija). Ove razine su usvojene od strane američkog Ministarstva prometa.³

RAZINA AUTONOMIJE VOŽNJE						
	SAE RAZINA 0	SAE RAZINA 1	SAE RAZINA 2	SAE RAZINA 3	SAE RAZINA 4	SAE RAZINA 5
Što čovjek u vozačkom sjedalu mora raditi?	Upravlja vozilom iako su uključene funkcije pomoći vozaču - čak i ako vaša stopala nisu na pedalama i ne držite volan			Ne upravlja vozilom kada su uključene automatske funkcije pomoći vozaču - čak i ako sjedite u 'vozačkom sjedalu'		
	Morate stalno nadzirati ove funkcije pomoći; morate upravljati, kočiti ili ubrzavati prema potrebi kako biste održali sigurnost			Kada funkcije zahtijevaju, morate voziti	Ove automatske funkcije ne zahtijevaju da preuzmete volan	
	OVE FUNKCIJE PODRŽAVA VOZAČ			OVO SU AUTOMATSKE FUNKCIJE		
Što rade te funkcije	Ove funkcije su ograničene na pružanje upozorenja i trenutnu pomoć	Ove funkcije omogućuju upravljanje Ili pomažu vozaču da koči/ubrzava	Ove funkcije omogućuju upravljanje I pružaju pomoć vozaču pri kočenju/ubrzavanju	Ove funkcije mogu upravljati vozilom u ograničenim uvjetima i neće raditi ako oni nisu zadovoljeni		Ova funkcija može upravljati vozilom u svim uvjetima
Primjer funkcija	<ul style="list-style-type: none"> • automatska kočnica u slučaju nužde • upozorenje na mrtvi kut • upozorenje na napuštanje vozne trake 	<ul style="list-style-type: none"> • funkcija držanja vozne trake Ili • prilagodljivi tempomat 	<ul style="list-style-type: none"> • funkcija držanja vozne trake I • prilagodljivi tempomat u isto vrijeme 	• vozač u prometnim gužvama	<ul style="list-style-type: none"> • lokalni taxi bez vozača • pedale/volan mogu ili ne moraju biti ugrađeni 	• isto kao razina 4, ali funkcije mogu upravljati svugdje u svim uvjetima

Slika 1. Šest razina automatizacije vozila

Izvor: [Trebaju li nam uopće više vozači? Autonomna vožnja je tema koja dobija sve više na značaju, vozačke dozvole nam možda više neće niti trebati! - tportal](#) (18.05.2023.)

² LiDAR Sensors Key for Transition from Current ADAS Packages to Higher Level Autonomy, 17.04.2018., [ABI Research Forecasts 8 Million Vehicles to Ship with SAE Level 3, 4 and 5 Autonomous Technology in 2025](#) (18.05.2023.)

³ The 6 Levels of Vehicle Autonomy Explained, [The 6 Levels of Vehicle Autonomy Explained | Synopsys Automotive](#) (18.05.2023.)

Razina 0 – "bez automatizacije"

Većina vozila koje danas vidimo na cestama spada pod nultu razinu odnosno ručno upravljanje vozilom. Ne postoji sustav pomoći vozaču kao u ostalim razinama, ovdje vozač potpuno kontrolira odnosno upravlja vozilom. Uloga vozača uključuje: kontroliranje kočenja, ubrzavanja, zaustavljanja, promjene smjera te nadziranje okoline. Vozač mora biti svjestan prometa oko sebe.

Razina 1 – "pomoć pri vožnji"

Ovo je najniža razina automatizacije. Vozilo ima jedan automatizirani sustav za pomoć vozaču, kao što je upravljanje ili ubrzavanje (pametni tempomat). Prilagodljivi pametni tempomat, gdje se vozilo može održavati na sigurnoj udaljenosti iza sljedećeg vozila, kvalificira se kao razina 1 jer vozač prati ostale aspekte vožnje poput upravljanja i kočenja. Također, vozilo može imati mogućnost pružanja pomoći pri parkiranju, ali vozač i dalje ima glavnu odgovornost za sve funkcije vozila.

Ova razina automatizacije vozila danas se vrlo često upotrebljava. Jedna od marki automobila gdje se ova razina koristi u svim njezinim modelima je BMW.

Razina 2 – "djelomično automatizirana vozila"

Ova razina automatizacije vozila ima dva sustava pomoći vozaču. To znači napredne sustave pomoći vozaču ili ADAS (Advanced Driver Assistance Systems). Vozilo može kontrolirati i upravljanje i ubrzavanje/usporenje. Ovdje automatizacija ne doseže samoupravljanje jer se čovjek nalazi na vozačkom sjedalu i može preuzeti kontrolu nad vozilom u bilo kojem trenutku. Također sustavi na ovoj razini pružaju pomoć vozilu da se drži trake u kojoj se nalazi, mogućnost parkiranja preko daljinskog upravljanja.

Tesla Autopilot i Cadillac (General Motors) Super Cruise sustavi se kvalificiraju kao razina 2. Još jedan primjer sustava razine 2 je BMW-ov "Personal CoPilot" koji pruža mogućnost, prije spomenute, usluge parkiranja preko daljinskog upravljanja. To je bio prvi sustav koji je imao mogućnost prolaska vozila kroz uska područja bez vozača.⁴

⁴ Kadić M.: Autonomna vozila, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, 2021., p.6., [magdalena.kadic.zavrzni.rad.pdf](#) (18.05.2023.)

Razina 3 – "uvjetno automatizirana vožnja"

Vozila razine 3 sposobna su detektirati okolinu te samostalno donositi odluke prema dobivenim informacijama iz okoline. Ova razina automatizacije je poznata kao uvjetna vožnja s automatizacijom. Koriste se različite vrste sustava pomoći vozaču te umjetna inteligencija za donošenje odluka koje se zasnivaju na promijenjivim situacijama u vožnji. Vozila imaju mogućnost upravljanja sigurnosno kritičnim funkcijama samo u pojedinim uvjetima. Međutim, zahtjeva se intervencija vozača u slučaju da sustav iz nekog razloga ne može izvršiti zadatak do kraja. Dođe li do kvara sustava vozač mora ostati koncentriran i spreman reagirati u svakom trenutku. Ako kojim slučajem dođe do toga da se upali alarm upozorenja, a vozač ga ignorira, vozilo će se samo zaustaviti. Kod sustava s uvjetnom automatizacijom, vozila mogu voziti samostalno, ali samo u određenim uvjetima, npr. na autocesti.

Primjer za ovu razinu je: Audi "Traffic Jam Pilot". To je sustav koji ima mogućnost postizanja visoke automatizirane vožnje s potpunom kontrolom vožnje u prometu do 60 km/h na autocestama i razdjelnim cestama pritom upravljajući pokretanjem, ubrzavanjem, usporavanjem, kočenjem te upravljanjem unutar trake vozila.⁵

Razina 4 – "visoko automatizirana vožnja"

Bitna razlika između razine 3 i razine 4 automatizacije vozila je to da vozila razine 4 mogu intervenirati u slučaju da nešto pođe po krivu ili ako dođe do nekog iznenadnog kvara sustava u vozilu. Vozila ovog sustava ne zahtijevaju ljudsko upravljanje u većini situacija. Naime, vozač i na ovoj razini ima mogućnost preuzimanja kontrole nad vozilom i njegovim upravljanjem. Ova vozila imaju mogućnost autonomnog načina rada, ali samo u određenim područjima (to su primjerice urbana okruženja gdje je dozvoljena maksimalna brzina vožnje od 30 km/h).

Kao primjer za ovu razinu automatizacije vozila može se uzeti "Waymo LLC" autonomno vozilo.⁶ Vozila tvrtke Waymo već se nekoliko godina upotrebljavaju u Sjedinjenim Američkim Državama. Iako nema potrebe za prisutnošću vozača, vozač je ipak prisutan u slučaju da nešto pođe po zlu.

⁵ Tomorrow autonomous driving, today the Traffic Jam Pilot, 10.01.2019., [Tomorrow autonomous driving, today the Traffic Jam Pilot - MoDo VGI \(volkswagengroup.it\)](#) (18.05.2023.)

⁶ Čičko T.: Analiza razvoja tehnologija i sustava osobnih autonomnih vozila, Sveučilište Sjever, 2022., p.10., [*analiza_razvoja_tehnologija_i_sustava_cicko.pdf](#) (18.05.2023.)



Slika 2. Waymo LLC - autonomno vozilo razine 4

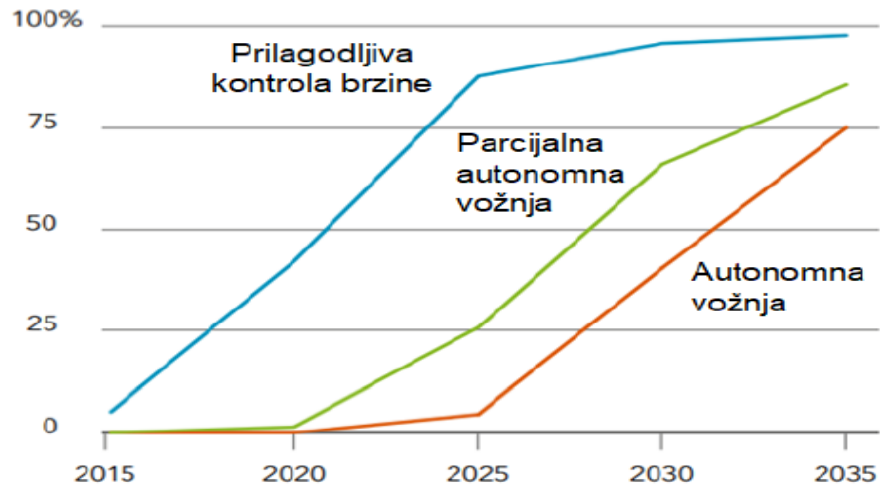
Izvor: [Waymo's Autonomous Taxi Service Tops 100,000 Rides - Bloomberg](#) (18.05.2023.)

Razina 5 – "potpuno automatizirana vožnja"

Na ovoj razini, vozilo ne zahtjeva kontrolu vozača niti u jednoj situaciji. Vozilo je sposobno za vožnju u svim prometnim situacijama. U njemu čak nema ni upravljača ili pedala za kočenje odnosno ubrzavanje/usporavanje. Ova vozila mogu raditi sve što bi mogao i vozač u njemu. Prema navedenom može se reći da vozač zapravo postaje putnik što je vrlo dobro ako se uzmu u obzir i osobe s invaliditetom. Sjedala u prednjem dijelu imaju mogućnost okretanja prema nazad s ciljem da putnici u vozilu mogu lakše komunicirati međusobno. Ova vozila imaju mogućnost izvođenja svih funkcija u bilo kojim okolnostima, na bilo kojoj vrsti ceste odnosno prometnice.

Međutim, trenutno nema dostupnih vozila ove razine autonomnosti na tržištu. Iako postoje istraživanja i testiranja koja se provode u području autonomne tehnologije, još uvijek nema razvijenih vozila koja bi mogla zadovoljiti sve ono što ova razina autonomnosti traži.⁷

⁷ Perman L.: Autonomous vehicles, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, 2020., p.9., [diplomski rad. luka perman.pdf](#) (18.05.2023.)



Slika 3. Prikaz procjene prilagodbe vozila autonomnoj vožnji

Izvor: [Karakteristike automobila budućnosti \(Mikulić\).pdf](#) (18.05.2023.)

Na slici broj 3. prikazan je dijagram procjene prilagodbe količine vozila autonomnoj vožnji u svijetu gledajući prilagodljivu kontrolu brzine, djelomično autonomna vozila te autonomnu vožnju. Kretajući od prilagodljive kontrole brzine, ovdje se podrazumijeva proširenje tempomata (sustav koji ima mogućnost automatskog kontroliranja brzine vozila). Time se uključuje dodatna karakteristika za automatsko prilagođavanje prema ograničenjima brzine na lokalnoj razini te s obzirom na uvjete okruženja.

Što se tiče parcijalne autonomnosti vozila, ona podrazumijeva ograničavanje vozila odnosno ograničavanje njegove sposobnosti za samovožnju i daje mogućnost vozaču da može u pojedinim trenucima upravljati vozilom odnosno preuzeti kontrolu nad njim.

Autonomna vožnja podrazumijeva to da vozilu nije potreban vozač koji bi njime upravljao već se njime može upravljati na daljinu. Jedna stvar koju treba uzeti u obzir je i to da kada se bude pojavio veći broj autonomnih vozila na cestama, oni će biti pomiješani s neautonomnim vozilima. To će biti vrlo veliki izazov i iz tog razloga smatra se da će taj prijelazni dio biti najteži.

2.3. CILJEVI SUSTAVA AUTONOMNE VOŽNJE U PROMETU

Jedan od glavnih ciljeva sustava autonomne vožnje u prometu je, prvenstveno, pružiti sigurnost, učinkovitost i udobnost u vozilu u kojem se putnici nalaze. Također, primjenom autonomnih vozila želi se postići nekoliko bitnih stvari, a to su:

- optimalno korištenje postojeće infrastrukture
- poboljšanje pokretnosti
- smanjenje rizika
- smanjenje vremena putovanja te
- smanjenje potrošnje energije.⁸

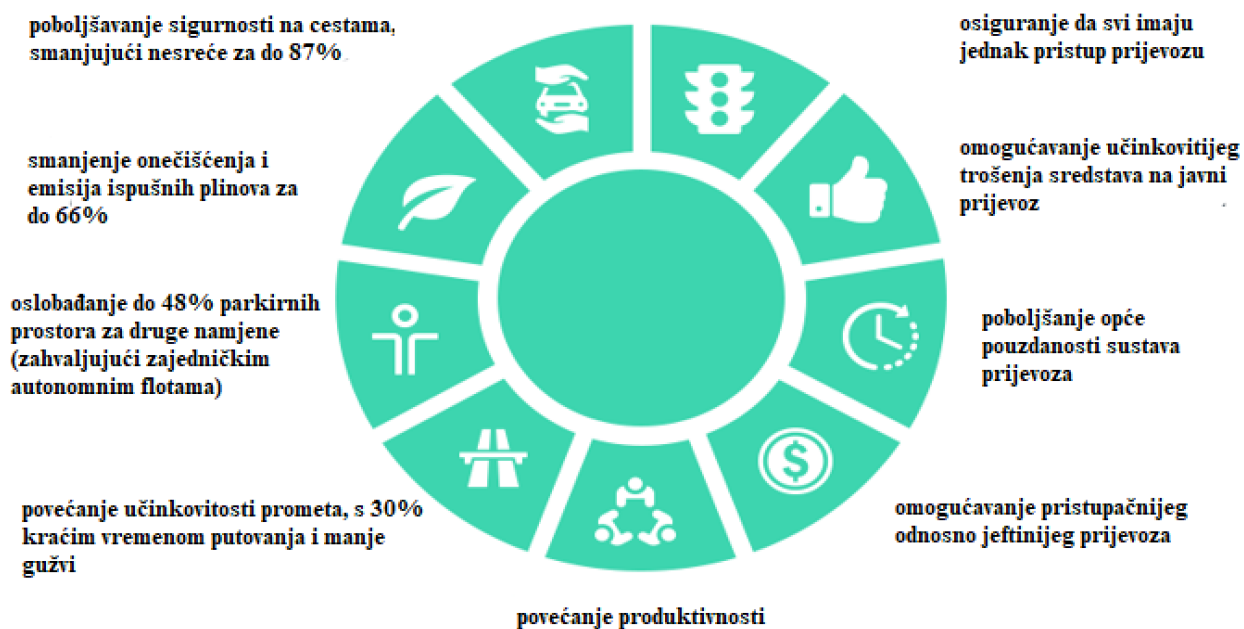
Ključni ciljevi sustava autonomne vožnje jesu:

- **sigurnost** – jedna od vrlo važnih funkcija sustava autonomnih vozila je ta što mogu smanjiti pogreške koje radi vozač i time eliminirati odnosno smanjiti rizik od nastanka prometnih nesreća. Ono što pomaže vozilu da brže i preciznije reagira na određenu prometnu situaciju kako bi se smanjila opasnost od sudara je kombinacija senzora, radara, kamere te umjetne inteligencije.
- **učinkovitost** – u svrhu poboljšanja prometnog protoka i smanjenja gužve, autonomna vozila imaju mogućnost optimiziranja vožnje. Sustavi autonomnih vozila daju mogućnost prilagodbe brzine udaljenosti te načinu vožnje u svrhu smanjenja zastoja te optimizacije potrošnje goriva.
- **pristupačnost** – još jedno vrlo bitno obilježje sustava autonomnih vozila je to što mogu unaprijediti mobilnost. Uz to se omogućuje odgovarajući prijevoz za osobe s određenim ograničenjima u vožnji, kao što su npr.: osobe s invaliditetom, starije osobe ili osobe koje nemaju vozačku dozvolu.
- **ekološka održivost** – što se tiče opremljenosti autonomnih vozila, ona mogu biti opremljena tehnologijama koje služe smanjenju štetnih emisija te povećanju energetske učinkovitosti. Ono što optimizacija vožnje može omogućiti jest smanjenje potrošnje goriva i emisije štetnih plinova.

⁸ Luša J.: Poboljšanje prometnog sustava primjenom autonomnih vozila, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, 2016., p.11., [lusa_jelena_pfri_2016_diplo_sveuc.pdf](#) (18.05.2023.)

- **poboljšana upotreba prostora** – s obzirom da autonomna vozila imaju mogućnost odnosno sposobnost parkiranja na manje parkirane površine za razliku od vozača koji to ne mogu, ona time mogu omogućiti bolju iskorištenost parkiranih površina te smanjenje potrebe za velikim parkirnim površinama.

Svi navedeni ciljevi sustava autonomne vožnje u prometu imaju mogućnost preoblikovati sustav prometa, omogućiti bolje iskustvo vožnje te stvoriti utjecaj na buduću urbanu mobilnost. Proizvođači vozila mogu gledati sustave autonomne vožnje kao proizvod koji ima veliki potencijal te se uz pomoć tih sustava mogu osmišljati nekakva nova rješenja. Zasiurno bi se javne i državne institucije, kao što su poduzeća za javni prijevoz, trebale više usmjeriti prema podizanju razine sigurnosti i ići k tome da se smanji potrošnja energije, optimizira udobnost te da se poveća kontrola prometa.⁹



Slika 4. Koristi primjene autonomnih vozila u prometu

Izvor: [Five Outcomes of the Autonomous Revolution | Intellias Blog](#)

⁹ Ibidem, p.12., (20.05.2023)

3. PRINCIP RADA AUTONOMNIH VOZILA

Kada bi se uspoređivala današnja osobna vozila s vozilima koja su se koristila pred trideset godina, moglo bi se zaključiti da se nije puno toga promijenilo u smislu same konstrukcije vozila. I dalje svako vozilo ima četiri kotača, volan, papučice za gas, kočnice, mjenjač i ostalu odgovarajuću opremu. Ali kroz tih trideset godina pa sve do danas dogodile su se bitne promjene u unutrašnjem sustavu upravljanja vozila. Koliko daleko je suvremena tehnologija otišla može se vidjeti po tome što danas, za upravljanje osobnim vozilom, nije potreban čovjek. Vozilo samo u sebi posjeduje brojna kompleksna računala koja imaju razvijene sustave za upravljanje kod kočenja, ubrzavanja, ali i potpunog automatskog upravljanja vozilom. Kako će izgledati budućnost cestovnog prometa ovisi o porastu primjene automatizacije u vozilima.

U sljedećim poglavljima definirat će se i objasniti princip rada autonomnih vozila te koje su to moderne tehnologije koje se danas koriste u vozilima i koje utječu na daljni razvoj automatizacije u vozilima.

3.1. SENZORI AUTONOMNIH VOZILA

Autonomna vozila upotrebljavaju više vrsta senzora sa svrhom prikupljanja podataka odnosno informacija o okruženju te kako bi se donijele ispravne odluke za vrijeme vožnje odnosno upravljanja vozilom. Da bi se moglo omogućiti dovoljno podataka za autonomnu vožnju, jedinice trebaju biti u stanju detektirati cijelo svoje okruženje. Međutim, to nije moguće kod senzora koji su trenutno dostupni. Iz tog razloga, stvoren je jedan sustav koji kombinira senzore na način da iskorištava jedinstvene mogućnosti jednog sustava, a za rješavanje njegovih nedostataka koriste se drugi.

Ovi senzori pomažu sustavu da prikupi podatke i informacije iz okruženja u realnom vremenu. Prikupljeni podaci upotrebljavaju se za percepciju, planiranje putovanja i rute, kao pomoć pri izračunavanju trenutnog i željenog položaja te za navigaciju.

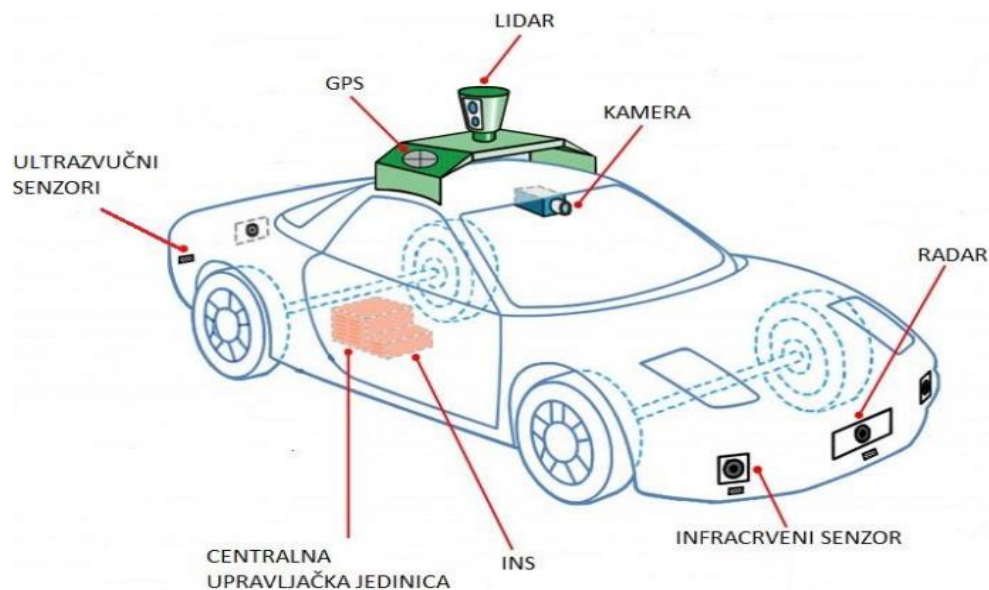
Autonomna vozila posjeduju senzore koji mogu biti:

- ✓ kratkog dometa
- ✓ dugog dometa.¹⁰

Pod senzore kratkog dometa spadaju: - ultrazvučni senzori i infracrveni senzori.

Pod senzore dugog dometa spadaju:

- RADAR
- LIDAR
- računalni vid
- GPS (GNSS).¹¹



Slika 5. Funkcionalne komponente autonomnog vozila

Izvor: [view \(nsk.hr\)](http://view.nsk.hr) (20.05.2023.)

Na slici broj 4. prikazane su funkcionalne komponente odnosno senzorski sustav autonomnih vozila. Sustav uključuje kameru - niz prednjih kamera usmjerenih prema naprijed fokusira se na blizinu i daljinu kako bi detektirao aktivnost vozila, pješake i prometne znakove/signalizaciju. Druga komponenta jesu LIDAR jedinice - stvaraju 360-stupanjsku 3D mapu okoline vozila

¹⁰ Pavlič M.: Autonomna cestovna vozila – Robote, vozi polako, 2021., [Autonomna cestovna vozila - Robote, vozi polako - Transport @ Bug.hr](http://Autonomna%20cestovna%20vozila%20-%20Robote,%20vozi%20polako%20-%20Transport%20@%20Bug.hr) (20.05.2023.)

¹¹ Barać A.: Sigurnost i pouzdanost autonomnih vozila, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2021., p.27., [Sigurnost i pouzdanost autonomnih vozila \(Barać\).pdf](http://Sigurnost%20i%20pouzdanost%20autonomnih%20vozila%20(Barac).pdf) (20.05.2023.)

koristeći laser. Treća komponenta jesu stereo kamere - parovi kamera koji se koriste za snimanje 2D slika i mogu detektirati objekte. Četvrta komponenta je globalni navigacijski satelitski sustav - pruža mogućnost GPS pozicioniranja. Peta komponenta je RADAR – služi za detektiranje prepreka na cesti, računalo - ugrađeno računalstvo i pohrana za obradu podataka u stvarnom vremenu. Šesta odnosno zadnja komponenta jesu dodatne LIDAR jedinice - pomažu u otkrivanju objekata blizu vozila ili u mrtvim kutovima.

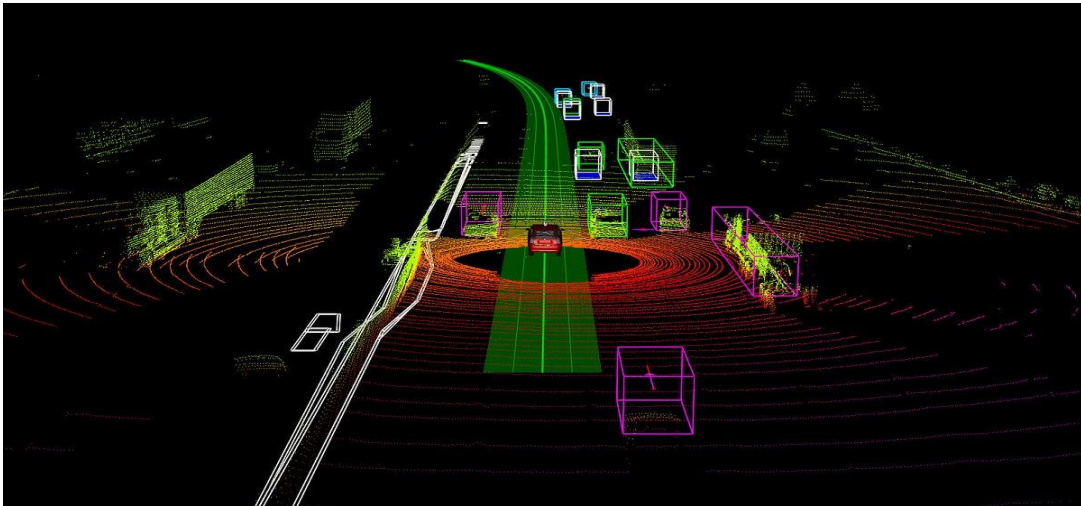
U ovom dijelu je detaljnije objašnjena svrha i zadaća senzora dugog dometa (LIDAR, RADAR, računalni vid i GPS (GNSS)).

RADAR (eng. Radio Detecting and Ranging) je vrsta senzora koji ima sposobnost uočavanja prepreka odnosno nekih opasnih objekata na cesti kojom vozilo prometuje, a koji mogu biti na udaljenosti većoj od 100 metara. On se služi radiovalovima pomoću kojih može otkriti objekte. Ima mogućnost da za svaki objekt koji mu se nalazi na putu, može dati informaciju odnosno podatak na kojoj se udaljenosti nalazi taj objekt, podatak o brzini kojom se kreće te smjeru kretanja. Također, ovaj senzor ima mogućnost otkrivanja metalnih predmeta. Postoje dvije vrste radara, od 77GHz i 24GHz. Radar od 24GHz-a se upotrebljava kod aplikacija za kratki domet, dok se radar od 77GHz-a upotrebljava za otkrivanje na daljinu. Radar sadrži antenski sustav koji ima funkciju odašiljanja radarskog signala. Na radaru se nalaze dva prijemnika čija je zadaća primanje reflektirajućeg radarskog vala tj. energije. Ova tehnologija se primjenjuje u radu prilagodljivog tempomata i automatskog kočenja u nuždi kod automatiziranih vozila. Njezin domet je 100 metara te ima mogućnost odabire brzine svih objekata koje uoči. Međutim, računalo nije toliko razvijeno da može prepoznati o kojoj se vrsti objekta radi (npr, radi li se o pješaku ili biciklistu), ali mora imati sposobnost odrediti kojom brzinom i kojim smjerom se uočeni objekt kreće.¹²

LIDAR (eng. Light Detection and Ranging) je potpuno automatizirani uređaj koji optičko mehaničkim putem prikuplja prostorne podatke. Ono što ovaj sonar koristi jesu impulsni laserski valovi koji služe za mapiranje udaljenosti od okolnih objekata. Prisutan je kod većine autonomnih vozila jer se koristi kao navigacija okruženjima u stvarnom vremenu. Jedna od prednosti koja se ističe kod ovog senzora je ta što može precizno percipirati udaljenost. To mu zapravo omogućuje

¹² Ibidem., p.28., (22.05.2023.)

da dobije informaciju o udaljenosti nekog objekta koja može biti od nekoliko centimetara do 60 metara. Još jedna od bitnih prednosti je ta što postoji određeni broj područja koja ukazuju na potencijal za poboljšanjem. U njih se mogu ubrojiti dvije vrste senzora, a to su: solid-state senzori i četverodimenzionalni LIDAR. Glavno obilježje solid-state senzora je mogućnost smanjenja troškova čak za deset puta te povećanje njegovog dometa do 200 metara. Što se tiče četverodimenzionalnog LIDARA, njegovo glavno obilježje je prepoznavanje brzine i položaja objekta u 3D prostoru. Međutim, govoreći o ovim napretcima kao još jednoj prednosti što se tiče LIDAR senzora, također treba spomenuti i onu lošiju stranu, a to je relativno veliki trošak ovih senzora.



Slika 6. LIDAR-ova detekcija okoline laserskim impulsima

Izvor: [Object detection with LiDAR Point cloud Algorithm | by Junho Koh | Medium](#)

Računalni vid (eng. computer vision) spada pod područje računalne znanosti čija je glavna zadaća računalna analiza te obrada vizualnih informacija. Što se tiče računalnog vida kada se govori o autonomnim vozilima, on služi za percepciju okoline i donošenje odluka. Prevladavanje prepreka u vožnji te osiguravanje zaštite svih putnika u vozilu je vrlo bitno. Iz tog razloga računalni vid ima bitnu ulogu jer se preko njega mogu projektirati i razviti napredna vozila novih generacija koja će imati tu mogućnost. Ta vozila imaju mogućnost prevoženja putnika od polazišne do odredišne točke bez potrebe za ljudskom intervencijom.

Svrha primjene tehnologije računalnog vida kod autonomnih vozila je ta da se postigne maksimalna sigurnost putnika i pješaka u prometu. Najmanja greška ili neki nedostatak prilikom projektiranja odnosno razvoja vozila može dovesti do prometnih nesreća čije posljedice mogu biti opasne po život. Jedna od karakteristika računalnog vida je ta što može omogućiti autonomnim vozilima da snimaju vizualne podatke u realnom vremenu.¹³ Računalnom vidu se omogućuje stvaranje 3D karata na način da se kamere povezuju s vozilima i time omogućuje snimanje snimki uživo. Ono što 3D karte pružaju je pomoć autonomnim vozilima kako bi bolje razumijevali okolinu u smislu boljeg uočavanja prepreka na cesti te donošenje odluka za zamjenske rute s 3D mapama. Još jedna vrlo bitna karakteristika 3D karata je što pomoću njih autonomna vozila imaju mogućnost predvidjeti neku nesreću na cesti te pokrenuti aktivaciju zračnih jastuka za sigurnost odnosno zaštitu putnika.

Prednost tehnologije računalnog vida je zasigurno ta što ima mogućnost prikupljanja velike količine podataka uz pomoć kamera i senzora, a to obuhvaća: informacije o položaju, uvjete u prometu, održavanje prometnica, podaci o gužvi na prometnicama, itd. Svi ovi podaci daju sposobnost autonomnim vozilima da bolje koriste svjesnost o situacijama u prometu te da u skladu s njima donose ispravne odluke i rješenja u što kraćem vremenu.

GPS (GNSS) je kratica za globalni položajni sustav. On se može definirati kao satelitski sustav koji ima mogućnost prenošenja jedinstvenog signala koji dozvoljava GPS uređajima otkriti i izračunati točnu poziciju satelita. Kako bi se izračunao točan položaj korisnika koriste se GPS prijemnici.¹⁴ Nije nepoznata činjenica da se GPS dosta često koristi i u vozilima kao pomoć za dolazak do odredišta. GPS sustavi su različiti, od najjednostavnijih do onih sofisticiranijih sustava.

Što se tiče GPS-a kod autonomnih vozila, ona upotrebljavaju GPS tehnologiju kao jedan od važnih faktora za određivanje pozicije vozila te navigaciju. To znači da ga autonomna vozila upotrebljavaju kako bi dobila svoju trenutnu geografsku lokaciju. S obzirom na taj podatak, vozilo odabire najbolju rutu i navigira prema odredišnom mjestu. Drugi način na koji se GPS koristi kod autonomnih vozila je korekcija i kalibracija senzora. Senzori koji su u vozilu poput kamere, lidara ili radara mogu se kalibrirati putem GPS-a, a isto tako zbog preciznog pozicioniranja koje

¹³ Ibidem., p.33., (22.05.2023.)

¹⁴ What is GPS?, Garmin, [What is GPS? | Garmin](#), (23.05.2023.)

omogućuje GPS, može se uskladiti i poboljšati točnost ostalih senzora u vozilu. Također, napredni GPS uređaji imaju mogućnost pružanja 3D karata ulica koje imaju visoku razlučivost.¹⁵ Jedna od karakteristika GPS-a je i mogućnost otkrivanja i praćenja vozila u realnom vremenu. Time nadzorni centar ili operateri dobivaju mogućnost praćenja i upravljanja vozilima na daljinu, ali i davanje podrške ili intervencije u slučaju potrebe.

Može se reći da je GPS tek jedan mali dio onoga što obuhvaća autonomna vozila.

3.2. KOMUNIKACIJSKI SUSTAV "VOZILO – VOZILO"

Sa svrhom postizanja punog potencijala, autonomna vozila moraju biti kooperativna što znači da se mora odvijati komunikacija između vozila i infrastrukture (V2I – Vehicle to Infrastructure) i komunikacija između vozila i vozila (V2V – Vehicle to Vehicle). Ono što omogućuje komunikaciju između vozila i njegovog okruženja je komunikacija V2X (Vehicle to Everything) koja autonomnom vozilu može dati i potrebne informacije.¹⁶

Komunikacija između vozila međusobno (V2V) je komunikacija u kojoj vozila imaju mogućnost međusobnog razmjenjivanja podataka odnosno informacija. To se radi u svrhu povećanja sigurnosti, koordinacije te učinkovitosti u prometu. Kako bi jedno vozilo prenijelo podatke drugom vozilu koje se nalazi u blizini, ono upotrebljava bežičnu tehnologiju za prijenos informacija. V2V komunikacija se još može definirati kao automobilska tehnologija koja daje mogućnost vozilima da komuniciraju.

Kao bitni elementi ove vrste komunikacije u autonomnim vozilima, mogu se izdvojiti:¹⁷

- Sigurnosne obavijesti – ono što vozila međusobno razmjenjuju jesu podaci odnosno informacije o lokaciji, brzini, smjeru kretanja i ostalim potrebnim podacima za stvaranje svijesti o okruženju u kojem se vozilo nalazi. Ove su informacije potrebne

¹⁵ Slunjski S.: Vozila bez vozača kao bitan faktor u gradskoj logistici, Sveučilište Sjever, 2019., p.17., [vozila bez vozaca kao bitan faktor u gradskoj logistici slunjski.pdf](#), (01.06.2023.)

¹⁶Kadić M.: Autonomna vozila, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, 2021., p.8., [Autonomna vozila \(Kadić\).pdf](#) (01.06.2023.)

¹⁷ Chat GTP, OpenAI, [Komunikacijski sustav V2V. \(openai.com\)](#) (01.06.2023.)

kako bi se moglo upozoriti vozilo na mogući sudar ili da bi se smanjila mogućnost od sudara te kako bi se optimizirala sigurnost u prometu.

- Planiranje rute na kooperativan način – među ostalim informacijama koje vozila međusobno dijele jesu i informacije o zastojsima odnosno gužvama na cestama i nekakvim preprekama. Uključuje sve informacije koje su vezane za prometnu situaciju na cesti, a koja može utjecati na planiranu rutu. Autonomna vozila, prema ovim informacijama, skupa koordiniraju i biraju optimalne rute u svrhu izbjegavanja gužvi i kako bi se poboljšala učinkovitost prometa.
- Upozorenja o hitnim slučajevima – V2V komunikacijom mogu se vrlo brzo dijeliti hitne obavijesti između vozila. Npr: vozilo koje je pristiglo na mjesto nesreće može automatski upozoriti ostala vozila koja se nalaze u njegovoj blizini kako bi se spriječila potencijalna opasnost od novog sudara ili kako bi se ta vozila mogla prilagoditi toj situaciji.
- Prenošenje informacija o cestovnoj infrastrukturi: uloga V2V komunikacije je i ta da djeluje kao most između vozila i infrastrukture. To znači da kroz izravnu komunikaciju s infrastrukturom, kao što su pametni semafori i cestovni senzori, vozila dobivaju informacije o signalima i znakovima u prometu, semaforima, radovima na cesti te ostale važne informacije.
- Konvoji autonomnih vozila – V2V komunikacijom autonomna vozila se mogu organizirati u konvoje i tako dovesti do uštede goriva, smanjenja zagušenja i gužvi na cestama te do boljeg iskorištenja prometnih kapaciteta. Vozila koja su u konvoju imaju mogućnost sinkroniziranja brzine, udaljenosti te smjera kretanja preko V2V komunikacije.

Ova komunikacija je od vrlo bitnog značaja kako bi se unaprijedila povezana i inteligentna prometna infrastruktura. Jedna stvar koja se mora uzeti u obzir kod ove tehnologije je ta da ne može samo jedno vozilo imati sposobnost primanja i slanja signala već oba vozila moraju biti opremljeno za to. U suprotnom, V2V komunikacija neće moći doći do svojeg potpunog potencijala, a da bi to ostvarila mora postati sveprisutna.



Slika 7. Prikaz V2V sigurnosne tehnologije

Izvor: [V2V Safety Technology Now Standard on Cadillac CTS Sedans \(gm.ca\)](https://www.gm.com/press/2017/07/20170720-cadillac-cts-v2v-safety-technology)

3.3. KOMUNIKACIJSKI SUSTAV "VOZILO – INFRASTRUKTURA"

Komunikacija između vozila i infrastrukture (V2I) kod autonomnih vozila može se definirati kao komunikacija između vozila i objekata koji se nalaze na cesti. To mogu biti: pametni semafori, prometni znakovi, cestovni senzori te centralni prometni sustavi.

- Primjeri ove komunikacije jesu:
- upozorenje o radovima na cesti
 - upozorenje o opasnosti ili nesrećama na cesti
 - upozorenje o fazi semafora.¹⁸

Upozorenje o radovima na cesti podrazumijeva obavještanje odnosno pružanje informacija vozilima o radovima na cestama. To se radi sa svrhom kako bi vozila koja su primila tu informaciju mogla na vrijeme pripremiti za nove uvjete u prometu ili reagirati na način da odaberu neku drugu rutu kojom će nastaviti putovanje. Upozorenje o opasnosti ili nesrećama na cesti podrazumijeva obavještanje odnosno pružanje informacija vozilima o nekakvim preprekama na cesti, kao što su: rupe, krhotine, životinje, ekstremni vremenski uvjeti (nevrijeme, led na cesti), neravan teren...

¹⁸ Pavlović B.: Prilagodba infrastrukture cestovnog prometa autonomnoj vožnji, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2022., p.42., [Prilagodba infrastrukture cestovnog prometa autonomnoj vožnji \(Pavlović\).pdf](#) (01.06.2023.)

Upozorenje o fazi semafora podrazumijeva obavještanje odnosno pružanje informacija vozilima o fazi odnosno statusu u kojem se nalaze semafori (crveno, žuto ili zeleno svjetlo) na svim prometnim trakama. To je vrlo korisno iz razloga što, s obzirom na fazu u kojoj se semafor nalazi, vozila mogu prilagoditi svoju brzinu. Mogu ubrzati ili usporiti što onda rezultira povećavanjem sigurnosti i efikasnosti vožnje kao što je bolja protočnosti prometa i sprečavanje stvaranja nepotrebnih gužvi. Vozilo također može dobiti informaciju koliko je preostalo vrijeme trenutne faze semafora.

Još jedna mogućnost koju ova komunikacija pruža je i poboljšanje navigacije. To znači davanje detaljnijih informacija vozilima o cestovnoj mreži odnosno o prometnim ograničenjima, u slučaju da su postavljene neke privremene prepreke i o smjerovima ili promjenama u prometnom režimu. Kada vozilo ima dostupne sve potonje informacije onda može odabrati optimalnu rutu kojom želi nastaviti svoje putovanje i tako izbjeći prepreke koje se nalaze na cesti. Ova komunikacija je od vrlo bitnog značaja kako bi se unaprijedila inteligentna prometna infrastruktura, a samim time da se autonomnim vozilima omogući da donose odluke u skladu sa svojom informiranošću.

3.4. PRIMJENA UMJETNE INELIGENCIJE I NEURONSKIH MREŽA

Razlikuje se nekoliko vrsta sustava autonomnih vozila kojima je svrha da osiguraju točnu autonomnu navigaciju. Autonomna navigacija se može podijeliti na četiri dijela, a to su: percepcija, lokalizacija i mapiranje, planiranje rute i kotrola.¹⁹

Kada se govori o percepciji misli se na to da je vozilo svjesno o svojem okruženju i potencijalnim preprekama na njegovom putu. Ta se percepcija može postići sa različitim sensorima koji prikupljaju podatke o okolini. Umjetna inteligencija se upotrebljava za obrađivanje tih podataka i prepoznavanje drugih objekata (vozila, pješaci, biciklisti, prometni signali i znakovi). Također, umjetna inteligencija upotrebljava podatke iz senzora za donošenje odluka o tome kako vozilo treba reagirati na različite situacije na cesti. Pri tome se misli na promijenu trake,

¹⁹ Ojvan L.: Primjena AI u autonomnim vozilima, Sveučilište u Zagrebu, Ekonomski fakultet, 2022., p.23., [Primjena AI u autonomnim vozilima \(Ojvan\).pdf](#) (01.06.2023.)

skretanja, kočenja, ubrzavanja te izbjegavanja prepreka. Što se tiče lokalizacije i mapiranja, njihova je glavna zadaća da omoguće uspješno pozicioniranje vozila prema svjetskim koordinatama. Za to trebaju uzeti u obzir okruženje vozila, izrađivanje karte i praćenje lokacije vozila. Autonomna vozila upotrebljavaju digitalne karte za bolje razumijevanje svoje pozicije na cesti. Umjetna inteligencija se koristi za usklađivanje stvarne pozicije vozila s kartom te za pravilno planiranje rute. Rješenja percepcije, lokalizacije i mapiranja upotrebljavaju se kod planiranja puta u svrhu predlaganja optimalne rute kojom bi vozilo moglo doći do svojeg odredišta. Nakon što je ruta odabrana, zadaća kontrole je ta da pošalje potrebne vrijednosti kao što su ubrzavanje, okretni element i kut upravljanja u svrhu uspješnog prelaženja željene rute vozila. Umjetna inteligencija se također koristi za simulacije vožnji u virtualnom okruženju. Ovo omogućuje testiranje autonomnih algoritama u različitim scenarijima bez stvarne opasnosti.

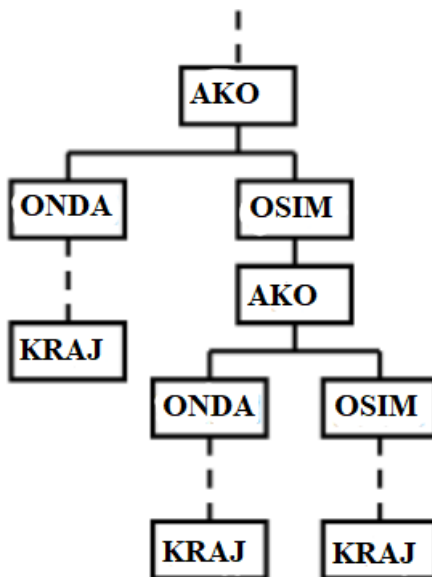
Ono što zapravo dozvoljava autonomnim vozilima kvalitetu u planiranju te visoku pouzdanost u vožnji je odlična percepcija okruženja autonomnih vozila. Ona se detektira uz pomoć raznih senzora koji također iz te percepcije prikupljaju podatke uz pomoć sofisticiranih algoritama umjetne inteligencije.²⁰ Jedna od bitnih karakteristika autonomnih vozila zbog koje se i pojavila ideja njihovog razvoja je ta što se autonomna vozila ne mogu "umoriti". Algoritmi planiranja autonomnih vozila napravljeni su na način da imaju mogućnost odabira optimalnog ponašanja u prometu te brzog i besprijekornog izvršavanja radnih zadataka. Njihovo vrijeme reagiranja u svakoj situaciji ostaje isto, ne mijenja se, a isto tako nema pogrešaka kod izvršavanja naredbi, kao što je to slučaj kod vozača. Činjenica je da ljudske kognitivne sposobnosti u nekim situacijama imaju veću prednost za razliku od sposobnosti koje imaju autonomna vozila. Ljudi imaju mogućnost preciznijeg tumačenja i razumijevanja informacija koje se dobivaju vizualnim putem. Međutim, nije rijetkost da su ljudski vid i percepcija ograničeni u nekim slučajevima, kao što su: loše vremenske prilike, umor, neurološki problemi, utjecaj alkohola ili droge, itd.

Za donošenje brze i ispravne odluke, autonomna vozila upotrebljavaju različite metode i algoritme kao što su: umjetna inteligencija, metoda zaključivanja te neuronske mreže.

²⁰ Barać A.: Sigurnost i pouzdanost autonomnih vozila, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2021., p.41., [Sigurnost i pouzdanost autonomnih vozila \(Barać\).pdf](#) (01.06.2023.)

Osnovna metoda zaključivanja naziva se AKO-ONDA (eng. IF-THEN). Ova metoda se temelji na skupu pravila gdje je uvjet (AKO), a akcija (ONDA) koja se treba pokrenuti s obzirom na taj uvjet. Način na koji ova metoda funkcionira je sljedeći: ako se vozilo približava pješačkom prijelazu, a na pješačkom prijelazu se nalazi pješak, vozilo prima signale i automatski se zaustavlja ispred pješačkog prijelaza. Ova metoda se može koristiti i za uočavanje prepreka na cesti, prometnih znakova, signala itd. Na temelju onoga što se uoči odnosno na temelju ovih uvjeta, autonomno vozilo poduzima akcije. One će se provesti uzimajući u obzir sigurnost onih koji se nalaze u vozilu te ostalih sudionika u prometu. Ovo je vrlo jednostavan primjer kako ta metoda funkcionira, međutim u stvarnosti je to drugačije i složenije jer su uključeni brojni parametri kao i veliki broj naredbi, a sve je to potrebno da bi se mogla donijeti takva odluka.²¹

Uz ovu metodu zaključivanja postoji mogućnost ubacivanja još jednog uvjeta, a to bi bio uvjet OSIM AKO. To je jedan viši stupanj, ali nije kompliciran. Na primjer: ako se vozilo približava pješačkom prijelazu, a na pješačkom prijelazu se nalazi pješak, vozilo prima signale i automatski se zaustavlja ispred pješačkog prijelaza, osim ako je pješak na drugom kraju pješačkog prijelaza.

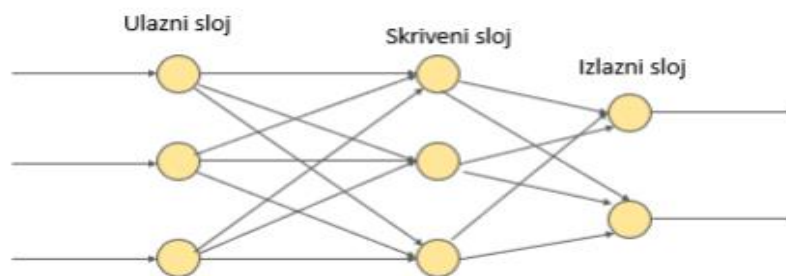


Slika 8. Metoda zaključivanja AKO-ONDA + uvjet OSIM AKO

Izvor: [Conditional \(computer programming\) - Wikipedia](#)

²¹ Ibidem, p.41., (02.06.2023.)

Što se tiče umjetnih neuronskih mreža, to su mreže procesnih elemenata koji su međusobno povezani. Neuronske mreže imaju mogućnost obavljanja nekoliko radnih zadataka istovremeno. Mogu se baviti obrađivanjem podataka, mogu samostalno učiti, mogu učiti na temelju iskustva, mogu raspoznavati što je bitno, a što nebitno, prepoznati uzorke itd. Neuronske mreže su ključne za proces učenja autonomnih vozila. Vozila mogu prikupiti velike količine podataka iz stvarnih vožnji te ih upotrebljavati za treniranje neuronskih mreža koje prepoznaju obrasce u ponašanju drugih sudionika u prometu i situacijama na cesti. Zanimljiva je činjenica da se ove neuronske mreže zapravo ponašaju kao biološki neuron i struktura njihovog sustava, koji obrađuje podatke, je vrlo slična strukturi mozga. Sastoje se od jednostavnih procesnih elemenata (umjetnih neurona) koji su vrlo povezani.



Slika 9. Arhitektura neuronskih mreža

Izvor: [view \(unipu.hr\)](http://view.unipu.hr) (02.06.2023.)

Na slici iznad je prikazana arhitektura neuronskih mreža koja se tipično sastoji od ulaznog sloja izvora neurona, zatim jednog skrivenog sloja računalnih neurona te izlaznog sloja istih. Smjer za prenošenje ulaznih signala je prema naprijed na “sloj po sloj” osnovi.²² Ulazni sloj neuronske mreže, ili se još može nazvati i diobeni sloj, daje podatke neuronskoj mreži koje je prikupio iz okoline. Skriveni sloj neurona je zapravo unutarnji sloj koji nema povezanosti s okolinom, ali ima zadaću obrađivanja ulaznih signala. Izlazni sloj neurona ima zadaću da preda rezultate neuronskih mreža, koji su obrađeni, okolini.

Što se tiče primjene neuronskih mreža kod autonomnih vozila, one omogućuju obrađivanje senzorskih podataka, donošenje odluka te izvršavanje zadataka vožnje. Neuronske mreže također

²² Paris S.: Umjetne neuronske mreže, Sveučilište u Rijeci, Filozofski fakultet u Rijeci, 2017., p.10, [view \(uniri.hr\)](http://view.uniri.hr) (02.06.2023.)

se primjenjuju u percepciji vožnje što znači da imaju mogućnost prepoznati i klasificirati objekte koji se nalaze u okolini. Na primjer, konvolucijske neuronske mreže se mogu definirati kao nekakva nadogradnja nad običnim višeslojnim mrežama. One imaju mogućnost obrađivanja vizualnih podataka putem kamera na vozilu u svrhu prepoznavanja pješaka, drugih vozila na cesti, prometnih signala i znakova, te ostalih prometnih objekata. Neuronske mreže imaju mogućnost detektirati bilo kakve prepreke koje se nalaze na cesti i uz to mogu prepoznati karakteristike tih prepreka. Ova mogućnost uvelike pomaže autonomnim vozilima da na vrijeme reagiraju i na taj način izbjegnu mogući sudar ili neku drugu opasnost na cesti. Zanimljiva je i sljedeća mogućnost neuronskih mreža, a to je da predviđaju kretanje ostalih sudionika u prometu, bilo to vozila, pješaka, biciklista... Neuronske mreže, nakon što su prethodno prikupile podatke i uzorke ponašanja, na temelju toga procjenjuju vjerojatne putanje određenih objekata (vozila, pješaka, biciklista...) te s obzirom na te putanje prilagođavaju svoje ponašanje kako bi vožnja bila sigurna. Govoreći o dubokim neuronskim mrežama, one služe za izvršavanje jednog malo složenijeg zadatka. Taj zadatak je upravljanje vozilom na način da te mreže prikupljaju i analiziraju informacije odnosno podatke o prometu, cesti i okruženju. To se radi u svrhu generiranja optimalne upravljačke naredbe kako bi se održala sigurna brzina vozila, promijenio prometni trak ili obavio manevar. Još jedna vrlo bitna karakteristika neuronskih mreža je ta što daje mogućnost autonomnim vozilima da neprestano uče na temelju svojeg iskustva vožnje. Tim postupkom učenja, autonomnim vozilima se nudi poboljšanje u nekim područjima kao što su vozačke sposobnosti i prilagođavanje različitim uvjetima na cesti. Također, ovim učenjem uvelike se doprinosi tome da autonomna vozila postanu još autonomnija. Autonomna vozila mogu koristiti koncepte poput generativnih suparničkih mreža (GAN) kako bi samostalno generirala situacije koje su rijetke ili teško predvidive. To pomaže poboljšati sposobnost vozila da reagira na nepredviđene situacije. Vozila se mogu ažurirati novim podacima i algoritmima kako bi se poboljšala njihova sposobnost vožnje tijekom vremena.

Navedene sposobnosti neuronskih mreža samo su jedne od mnogih drugih sposobnosti koje se koriste kod autonomnih vozila. Vrlo je bitno da se potiče razvoj odnosno poboljšanje u području umjetne inteligencije. Napretkom umjetne inteligencije i napretkom u području dubokog učenja se potiče daljni razvoj svih navedenih tehnologija i omogućuje se poboljšanje odnosno unapređenje autonomnosti vozila.

4. SIGURNOSNI ZAHTJEVI U PODRUČJU AUTONOMNE VOŽNJE

U današnje vrijeme svjedočimo vrlo brzom napretku prometnog sustava te sve većem broju automobila na cestama, što zapravo rezultira problemom u smislu provođenja sigurnosti u prometu. Način na koji se ogledava sigurnost u prometu jesu statistički podaci. Ti podaci daju informacije o stanju na cestama, uviđaju greške u prometu i onda s obzirom na te informacije dobivaju podatke koji su korisni. Uz njihovu pomoć prometni inženjeri imaju mogućnost procijeniti kakvo je stanje nekog dijela ceste gdje prometne nesreće nažalost nisu rijetka pojava. Također uz njihovu pomoć mogu pronaći rješenje za smanjenje prometnih nesreća na cestama odnosno poboljšati stanje nekog dijela prometnice.

Kada se radi evaluacija nezgoda u prometu, tri bitna elementa koja se uzimaju u obzir, što se tiče sigurnosti prometa na cestama, jesu: čovjek, prijevozno sredstvo i cesta.²³



Slika 10. Prikaz međuodnosa tri bitna elementa sigurnosti prometa

Izvor: [Utjecaj autonomnih vozila na sigurnost cestovnog prometa \(Gamilec\).pdf](#) (07.06.2023.)

U evaluaciji sigurnosti prometa određenog područja, pristup mora biti strateški. Zatim, u okviru strateškog pristupa može se procijeniti svaki potencijalni faktor. Osnove tog faktora jesu prometni dokumenti, dolaženje na lice mjesta te davanje prijedloga novih rješenja sa svrhom reduciranja broja prometnih nesreća na vrlo riskantnim područjima. Velika brzina i redovito korištenje prijevoznih sredstava jesu jedan od razloga zašto se događaju prometne nesreće i ostali problemi koji direktno utječu na sigurnost svih putnika u prometu.

²³ Gamilec T.: Utjecaj autonomnih vozila na sigurnost cestovnog prometa, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2022., p.23., [Utjecaj autonomnih vozila na sigurnost cestovnog prometa \(Gamilec\).pdf](#) (07.06.2023.)

4.1. KIBERNETIČKA SIGURNOST I ZAŠTITA VOZILA

Za razvoj i primjenu autonomne tehnologije u vozilima, kibernetička sigurnost i zaštita vozila vrlo su bitni faktori. Za svoje funkcioniranje autonomna vozila koriste računalne sustave koji su većinom složeni, razne senzore koji su prethodno spomenuti i umjetnu inteligenciju. Stoga treba voditi računa o tome da se osigura zaštita autonomnih vozila od potencijalnih hakerskih napada pristupa koji nisu ovlašteni.

Kada se govori o povezanosti autonomnih vozila misli se na napredne sustave pomoći, autonomnu vožnju (djelomičnu), povezana vozila s povezanim uslugama. Može se reći da se, u današnje vrijeme, digitalizacija primjenjuje u skoro svim područjima automobilske industrije i činjenica je da ona sve brže i brže napreduje što je vrlo pozitivna stvar. Međutim treba uzeti u obzir i činjenicu da se zbog te povezanosti pojavljuje odnosno stvara sve veći broj kodova, a postoje načini na koji ti kodovi mogu biti ugroženi. Zanimljiva je činjenica da zapravo moderna vozila posjeduju do 150 elektroničkih kontrolnih jedinica i oko 100 milijuna linija koda, a predviđa se da će se taj broj biti za tri puta veći do 2030. godine.²⁴ Da bi se bolje razumjelo koja je količina softvera koja se nalazi u današnjim vozilima, možemo ih usporediti s borbenim avionima gdje je njihova količina softvera čak četiri puta manja od količine softvera u autonomnim vozilima. Sustavi umjetne inteligencije u autonomnim vozilima konstantno rade na tome da vozilo bude sposobno prepoznati prometne znakove i signale na cestama, detektirati i procijeniti brzinu drugih vozila te unaprijed isplanirati rutu putovanja. Ponekad, nenamjerno, može doći i do kvara na nekom od tih sustava. Međutim, skoro pa veću opasnost od kvara nekog od sustava na vozilu, predstavljaju kibernetički napadi. Oni ciljano mogu ometati određene sustave umjetne inteligencije vozila i time narušiti sigurnost kritičnih funkcija.

Neki od primjera napada odnosno ometanja rada ovih sustava jesu: stavljanje određene boje na cestu te ubacivanje lažnih poruka s ciljem da se poremeti navigacija vozila. Zatim to može biti lijepljenje naljepnica na prometnim znakovima ili signalima kako bi se onemogućilo vozilo da uz pomoć svojih sustava prepozna o kojem se prometnom znaku ili signalu radi.²⁵

²⁴ Schmenke H.: Automobilska kibernetička sigurnost: Novi obvezni propisi, 2022., [Kibernetička sigurnost u automobilskoj industriji – Izazov za proizvođače izvorne opreme | DQS \(dqsglobal.com\)](#) (07.06.2023.)

²⁵ Cybersecurity Challenges in the Uptake of Artificial Intelligence in Autonomous Driving, 2021., [Cybersecurity Challenges in the Uptake of Artificial Intelligence in Autonomous Driving — ENISA \(europa.eu\)](#), (07.06.2023.)

2015. godine napravljen je jedan eksperiment kojeg su provela dva američka IT stručnjaka na način da su demonstrirali kakav može biti utjecaj hakiranja. Taj su eksperiment proveli na vozilu Jeep Cherokee. Napali su sustav pod nazivom Uconnect u kojem se kombinira veliki broj elektroničkih funkcija vozila. Djeluje i kao sučelje za mobilne uređaje i ima mogućnost otvaranja WLAN hotspota na zahtjev odnosno posjeduje IP adresu. Za ovaj eksperiment pozvali su jednog novinara i sa ciljem da bi pokazali svoje znanje i vještine, preuzeli su potpuno kontrolu nad vozilom kojim je upravljao spomenuti novinar, koji je potpuno izgubio kontrolu nad vozilom. Prva stvar koju su ova dva IT stručnjaka napravila je ta da su uspjeli na čak 1000 kilometara udaljenosti uključiti klimu i radio u vozilu uz pomoć prijenosnog računala. Druga stvar koju su napravila je ta da su uključili brisače vjetrobranskog stakla te ugasili motor i to posred međudržavne autoceste. Ovim "napadom" dokazali su koliko je zapravo informatička infrastruktura vozila slaba odnosno ranjiva i nedovoljno zaštićena. Međutim, odlučili su ići i jedan korak više. Ponovno su upalili vozilo i smjestili ga na prazno parkiralište gdje su demonstrirali da čak mogu imati potpunu kontrolu nad kočenjem odnosno kočnicama. Ovaj eksperiment je imao vrlo negativne posljedice jer se nakon njega moralo povući 1,4 milijuna vozila, a još uz to i podmiriti kaznu od 105 milijuna dolara.

Mora se uzeti u obzir činjenica da je autonomnost vozila još vrlo svježa pojava i iz tog razloga aspekti sigurnosti nisu zadovoljeni u potrebnoj količini. Rađene su razne studije koje su provodile analizu potencijalnih prijetnji kibernetičke sigurnosti na autonomnim vozilima jer je najveća kontrola nad kretanjem vozila od strane računala. Također, bitno je spomenuti da je kod autonomnih vozila veća opasnost od hakiranja odnosno napada nego što je to kod konvencionalnih vozila. Vozači autonomnih vozila imaju manje kontrole nad vozilom u slučaju napada. Ako ne postoji dovoljna razina sigurnosti kod autonomnih vozila, prethodno spomenuti komunikacijski kanali V2V i V2I mogu biti hakirani što može imati negativne posljedice kao što su prometne nesreće. Još jedna od prijetnji koju je potrebno spomenuti je upravljanje sensorima. Sustav vozila se može dezorijentirati korištenjem jačih svjetla koja mogu zaslijepiti kamere i ultrazvučnih ili radarskih smetnji kako bi se zaslijepila vozila da ne mogu prepoznati ulazne prepreke. Međutim,

postoje sustavi koji mogu detektirati takvu vrstu kvarova, ali za to je potrebno da se ažuriraju softveri te da se promjene postojeće standardizirane sigurnosne arhitekture.²⁶

Neke od vlada su donijele smjernice koje nisu obavezne, a odnose se na najbolju praksu za kibernetičku sigurnost. Vlade SAD-a, Kine, EU i Singapore-a predstavile su nove zakone kako bi se riješili mogući rizici kibernetičke sigurnosti.

Postoji nekoliko bitnih segmenata ili može se reći sigurnosnih mjera koje bi se mogle poduzeti kod kibernetičke sigurnosti i zaštite vozila, a to su:²⁷

- sigurnost komunikacijskih sustava – kako bi razmijenila podatke s ostalim vozilima, infrastrukturom te vanjskim sustavima, autonomna vozila nerijetko upotrebljavaju bežične komunikacijske tehnologije. Iz tog razloga je bitno da se osigura autentičnost i povjerljivost ovih komunikacija sa svrhom da se zaštite od neželjenih pristupa odnosno onih koji nisu ovlašteni. Također, da bi se zaštitile od mogućih prijevara ili upravljanja podacima.
- sigurnost senzora i percepcije – kao što je ranije spomenuto, jedan od primjera hakiranja autonomnih vozila je i upravljanje sensorima kako bi se dezorijentirao sustav vozila. Zato je potrebno ugraditi mehanizme koji će zaštititi senzore od napada bilo koje vrste, radilo se o fizičkom ili kibernetičkom napadu te da percepcija vozila ostane točna i pouzdana.
- sigurnost upravljačkih sustava – za mogućnost upravljanja vozilom i donošenja odluka o vožnji koriste se složeni upravljački sustavi autonomnih vozila kojima također treba zaštita da ne bi došlo do kibernetičkih napada. Time bi se postigla jedna bitna stvar, a to je da bi vozilo moglo detektirati radi li se o lažnim naredbama. Kada bi prepoznalo neku lažnu naredbu, ne bi reagiralo. Ovime bi se uvelike poboljšala sigurnost putnika koji se nalaze u vozilu, ali i ostalih sudionika u prometu.
- sigurnost softvera i nadogradnje – kada dođe do nekih propusta u području sigurnosti, da bi se ti propusti ispravili odnosno popravili, softveri u autonomnim vozilima morali bi se češće ažurirati. Da bi se postigla dobra i kvalitetna programska podrška, ono što

²⁶ Watanabe N., Ryugen H.: Cheaper lidar sensors brighten the future of autonomous cars, 2021., [Cheaper lidar sensors brighten the future of autonomous cars - Nikkei Asia](#) (07.06.2023.)

²⁷ Chat GTP, OpenAI [kibernetička sigurnost i zaštita vozila \(openai.com\)](#), (07.06.2023.)

je bitno je to da se primjenjuju sigurnosne provjere kako bi se na vrijeme mogli detektirati mogući problemi odnosno propusti te održati sigurni lanci opskrbe softverom.

- praćenje i otkrivanje napada – kada se implementiraju sustavi koji mogu pratiti i otkrivati odnosno detektirati kibernetičke napade, oni daju autonomnim vozilima mogućnost da otkriju strane aktivnosti ili neke defekte. Na temelju njih se onda može zaključiti da je došlo do napada i na vrijeme reagirati na taj napad. Time bi se spriječile negativne posljedice koje mogu biti opasne ne samo za putnike u vozilu već i za sve ostale sudionike u prometu. Ovime se minimizira rizik i zaštićuju se autonomna vozila.

Kako bi se kibernetička sigurnost i zaštita vozila poboljšala, mora biti uključen veliki broj inženjera, stručnjaka za područje kibernetičke sigurnosti te regulatornih tijela. Već su se u nekim zemljama otvorili novi odjeli čija je glavna zadaća istražiti sigurnost elektroničkih sustava koji procjenjuju i prate moguće kibernetičke slabosti. Svim ovim promjenama želi se postići jedna stvar, a to je da se postigne veća svijest o potencijalnim rizicima koji se mogu pojaviti u području kibernetičke sigurnosti. Neprestana istraživanja, inovacije, uvođenja nekih novih rješenja te međusobna suradnja softverskih firmi najbitniji su faktori kojima se može osigurati veća sigurnost, pouzdanost te povjerljivost kod autonomnih vozila.

4.2. POVEĆANJE SIGURNOSTI RAZMJERNO RASTU RAZINE AUTONOMNOSTI

Povećanje sigurnosti razmjerno rastu razine autonomije je jedan od ključnih elemenata za razvoj autonomnih vozila. Vozila se kreću od niže do najviše razine autonomnosti i s obzirom na to kretanje, postepeno se primjenjuju napredne tehnologije i sigurnosni sustavi. Da bi se sustav vožnje odnosno tehnologija autonomne vožnje unaprijedila, ali van okvira automatizirane (pomoćne) vožnje, zahtjeva posjedovanje pouzdane percepcije smetnji koje ju okružuju od 360 stupnjeva. Mogućnost da se detektiraju određeni predmeti ili objekti koji se nalaze u vozilu ili u okruženju te mogućnost reagiranja na te predmete ili objekte, uvelike omogućava sigurniju i udobniju vožnju.

S obzirom da je vožnja kod automatiziranih vozila opreznija, pretpostavlja se da će usluge servisa za autonomna vozila biti manje potrebne nego što je to slučaj kod konvencionalnih vozila. No, to ne znači da neće postojati troškovi za servisiranje autonomnih vozila, oni će svakako biti prisutni jer senzori koji se ugrađuju u autonomna vozila trebaju redovito servisiranje. U prošlosti su rađena istraživanja kojima da se došlo do zaključka da bi sigurnost vožnje kod autonomnih vozila trebala utjecati na smanjenje stope osiguranja za 50%. Ipak, može se reći da je ovo istraživanje već pomalo konzervativno iz razloga što je postojeći Tesla Autopilot već utjecao na reduciranje stope prometnih nesreća za 40%.²⁸

S obzirom da se ide k tome da autonomna vozila sve više budu povezana međusobno, ali i sa svojom okolinom, hakerima je olakšan pristup odnosno upad u sustave i njihovo remećenje. Autonomna vozila se također detaljnije povezuju s prometnom infrastrukturom te računalnim oblakom. Kako bude rasla automatizacija vozila, to će rezultirati povećanjem prethodno spomenutog komunikacijskog sustava V2X (Vehicle to Everything) koji omogućuje komunikaciju između vozila i njegovog okruženja. Autonomna vozila će imati češću interakciju s prometnim znakovima i signalima, mobilnim uređajima te područjima za usluge punjenja. A nažalost, baš ovim dijelovima infrastrukture fali bolja osiguranost. Kako bi se spriječio potencijalni kibernetički napad na vozilo, od izrazite je važnosti da ga se sačuva, primjerice postavljanjem vatrozida.

SEA level automatizacije	(0) Bez automatizacije	(1) Vozačko sudjelovanje	(2) Djelomična autonomnost	(3) Uvjetna autonomnost	(4) Visoka autonomnost	(5) Potpuna autonomnost
Istraživačka pitanja:						
Sklonost kvaru kibernetičke sigurnosti radi ljudskih osobina	Mala	Mala	Srednja	Visoka	Visoka	Srednja
Način povećanja karakteristika kibernetičke sigurnosti	Mala	Mala	Mala	Visoka	Visoka	Visoka
Oslanjanje na mogućnosti AV	Mala	Srednja	Srednja	Visoka	Visoka	Visoka
Edukacija neupućenih osoba	Srednja	Srednja	Srednja	Srednja	Srednja	Srednja
Prihvatljivost istovremenih radnji	Mala	Srednja	Srednja	Visoka	Visoka	Mala
Smanjenje obrambenih mogućnosti kibernetičke sigurnosti	Mala	Mala	Srednja	Visoka	Visoka	Visoka
Postupanje tijekom kibernetičkih napada	Mala	Mala	Visoka	Visoka	Visoka	Visoka
Zahitjevi u proizvodnji AV	Mala	Mala	Mala	Visoka	Visoka	Visoka
Mogućnost kibernetičkih napada na AV	Mala	Mala	Srednja	Visoka	Visoka	Visoka

Slika 11. Prikaz ljudskog faktora u kibernetičkoj sigurnosti po razinama autonomije vozila

Izvor: [Frontiers | Human Factors in the Cybersecurity of Autonomous Vehicles: Trends in Current Research \(frontiersin.org\)](#) (07.06.2023.)

²⁸ Bosch P. M., Becker F., Becker H., Axhausen K. W.: Cost-benefit analysis of autonomous mobility services, 2018., p.79., [Cost-based analysis of autonomous mobility services \(sciencedirectassets.com\)](#) (07.06.2023.)

U tablici iznad napravljen je prikaz prema različitim istraživačkim pitanjima (njih devet) koja su vezana za ljudski faktor u kibernetičkoj sigurnosti po razinama autonomije vozila, kojih ima šest što je rečeno i objašnjeno u jednom od prethodnih poglavlja. Kao što se može primjetiti, ova istraživačka pitanja nemaju istu važnost za svaku razinu autonomnosti vozila, već je jedno pitanje više ili manje bitno za neku razinu autonomnosti vozila.

Kada se vrše istraživanja u proučavanju ponašanja ljudi, a koja su vezana za autonomna vozila, potrebno je izvršiti i druga istraživanja da bi se vidjelo kakva su iskustva kod vožnje autonomnih vozila kod prosječnih ljudi. Jedna negativna činjenica je ta što je ovo teško ostvarivo odnosno ne mogu se naći osobe koje bi pristale na ta istraživanja prvenstveno iz razloga što rasprostranjenost autonomnih vozila još nije ostvarena. Da bi se provela bolja i preciznija istraživanja na području kibernetičke sigurnosti autonomnih vozila, trebat će proći određeno vrijeme kada se i autonomna vozila budu više primjenjivala jer danas to još i nije toliko uzelo maha.²⁹

Kod nulte razine automatizacije vozila ne postoji sustav pomoći vozaču kao u ostalim razinama. Ovdje vozač potpuno kontrolira odnosno upravlja vozilom i sva je odgovornost na njemu. Još uvijek u današnje vrijeme veći dio vozila jesu nulte razine. Svakom vozilu bitno je da je to vozilo sigurno, spremno za vožnju odnosno kretanje cestom te da je omogućena udobnost vozača i putnika tijekom prijevoza. Trenutno se na nultoj razini primjenjuju ESC (elektronički sustav koji nadzire stabilnost vozila) i ABS (sustav za sprečavanje blokiranja kotača) sustavi, a sve sa svrhom da se omogući što veća ispravnost vozila. S obzirom da je vozač jedini koji odlučuje, on mora na sebe preuzeti odgovornost za cjelokupnu vožnju i za sve ono što se dogodi u prometu ako je prouzrokovano njegovom krivicom. Da bi se izbjegli ili barem minimalizirali problemi koje vozači mogu prouzrokovati u prometu, od iznimne je važnosti dobro poznavanje prometnih znakova i signala na cestama te brzo i ispravno reagiranje na prepreke u prometu kako bi se omogućila što veća sigurnost svih sudionika u prometu.

Prva razina automatizacije vozila je nešto drugačije od nulte jer ipak postoje određene tehnologije koje služe kao podrška vozaču dok upravlja vozilom na cesti, a jedna od takvih tehnologija je adaptivna kontrola brzine (ACC). Ova tehnologija pomaže u smislu da omogućuje

²⁹ Linkov V., Zámečník P., Havlíčková D., Pai C. W.: Human Factors in the Cybersecurity of Autonomous Vehicles: Trends in Current Research, 2019., [Frontiers | Human Factors in the Cybersecurity of Autonomous Vehicles: Trends in Current Research \(frontiersin.org\)](https://www.frontiersin.org/journal/articles/10.3389/fpsyg.2019.01611) (07.06.2023.)

vozilu da ima dovoljan razmak od vozila ispred sebe. Međutim, to ne lišava vozača od odgovornosti da i dalje upravlja vozilom i bude svjestan onoga što ga okružuje. Usporedbe radi, prva razina automatizacije vozila bolja je i sigurnija od nulte razine. Prva razina automatizacije vozila posjeduje sve što i nulta razina uz neke dodatke, a to su neke tehnologije koje omogućuju donekle sigurniju i udobniju vožnju.

Što se tiče druge razine automatizacije vozila, na ovoj razini vozila su djelomično automatizirana. Postoji 25 jedinstvenih tehnologija koje imaju svrhu poboljšavanja udobnosti, sigurnosti i učinkovitosti vožnje. Zadaće ovih tehnologija jesu potpora odnosno pomoć vozaču. Ovdje se misli na održavanje vozila na istom prometnom traku, zatim pomoć kod upravljanja vozilom, za usporavanje i ubrzavanje, za održavanje sigurnosnog razmaka od vozila koje se nalazi ispred, za pomaganje u slučaju gužve na cesti te za pomoć kod detektiranja semafora. Međutim, bez obzira na to koje sve mogućnosti ove tehnologije mogu pružiti, vozač i dalje ima mogućnost preuzimanja kontrole nad vozilom. Zapravo je vozač taj koji u većem dijelu ima kontrolu nad vozilom i ima određeni stupanj odgovornosti za vožnju. Tesla autopilot bio bi najbolji primjer ove razine automatizacije vozila. Već na ovoj razini postoji opasnost od kibernetičkih napada odnosno hakera iz razloga što se vozila ove razine spajaju na internet i računalni oblak.

U trećoj razini automatizacije vozila pojavljuju se sustavi koji imaju razvijenu svjesnost o okruženju kao što su prometnice, objekti te ostala vozila u prometu na cesti. Vozilo ima sposobnost preuzimanja kontrole te pretjecanja ili zaobilaženja ako su neka vozila sporija. Sada postoji obrnuta situacija na ovoj razini automatizacije vozila, u većem dijelu kontrolu nad vozilom ima samo vozilo, a vozač može po potrebi preuzeti kontrolu. Također, ovo je razina gdje kibernetički napadi postaju učestaliji. Zbog toga se javlja potreba za uvođenjem i ugrađivanjem već spomenutih sustava kako bi se vozila u najvećoj mogućoj mjeri zaštitila od ovih ili sličnih napada. Na ovoj razini je poboljšana još jedan segment, a to je udobnost vožnje. Čim nema potrebe da vozač mora upravljati vozilom i ima manju odgovornost za ono što vozilo radi, tada je i vožnja opuštenija.

Na četvrtoj razini automatizacije vozila može se reći da je ugrađena puno veća razina autonomnosti. Udobnost na ovoj razini je puno veća jer zbog toga što vozilo sve upravlja i kontrolira, vozač se može bez straha posvetiti nekih drugim stvarima poput obavljanja razgovora, pisanja poruka, čitanje knjige itd. U vozilima četvrte razine automatizacije postoje aplikacije koje služe kao pomoć vozilu, ali i vozaču u smislu stvaranja, spremanja i konzumiranja sadržaja na

temelju svega onoga što se pohranilo u sustavu od prethodnih vožnji. To znači da vozilo pamti i prijašnja iskustva odnosno prijašnje vožnje, ako su postojale neke gužve u prometu, rute koje su se odabirale i načini na koje se vozilo parkiralo. Sve navedeno predstavlja veliku prednost za daljnje usavršavanje automatiziranih vozila, ali i za olakšavanje vožnje. Međutim, ova razina je još manje lišena kibernetičkih odnosno hakerskih napada. Bitno je napomenuti, što je razina automatizacije vozila veća, to je i veća opasnost od takvih napada jer je gotovo cijelo vozilo "kompjuterizirano". Također, s obzirom da se ne zna kada se može dogoditi da otkáže jedan od sustava ili ako vozač želi jednim dijelom preuzeti kontrolu, bitno je da se u vozilu nalazi upravljač i pričuvne kontrole koje mogu spriječiti neželjene posljedice. Sigurnost je na ovoj razini automatizacije vozila uvelike povećana jer vozilo ima sposobnost prilagođavanja brzine s obzirom na ono što ga okružuje. Primjerice, ako vozilo prolazi naseljenim područjem automatski smanjuje svoju brzinu te također ima mogućnost predviđanja nekih scenarija u prometu.

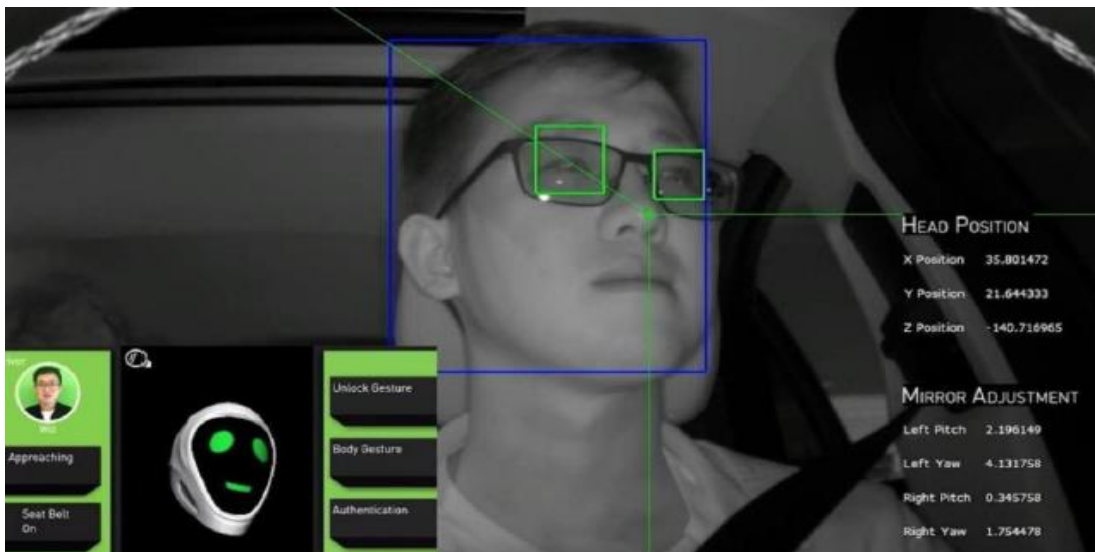
Čak i uz ovakve napredne tehnologije, vozač se ne smije potpuno opustiti jer uvijek postoji mjesta za to da se dogodi neka greška ili da jedan od sustava otkáže. Razlog tome je što umjetna inteligencija koja se primjenjuje u autonomnim vozilima još nije došla do te razine da ne postoji mogućnost nastanka greške. Bitno je da vozači koji se nalaze u ovakvim vozilima prvo imaju povjerenje u ove sustave. Što se tiče tradicionalnih sustava nadzora vozača, njima je teže raspoznati određene znakove kao što su kognitivno stanje ili ponašanje vozača čime se zapravo pokazuje njegova želja da preuzme upravljanje nad vozilom.

Percepcija koju ima vozač od izrazite je važnosti, to je bitan element jer autonomno vozilo onda dobiva mogućnost da vozač bude pažljiv, primjećuje i gleda u ono što ga okružuje. Ovim načinom sustav umjetne inteligencije ima sposobnost provesti operacije kokpita koje imaju veću inteligenciju i intuitivnost.³⁰

Ono što sustav može primijetiti jesu usredotočenost, kretanje, osjećaji, ponašanje, držanje, način govora, gestikulaciju te raspoloženje vozača. Sve navedeno percipira s različitim

³⁰ Gamilec T.: Utjecaj autonomnih vozila na sigurnost cestovnog prometa, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2022., p.35., [Utjecaj autonomnih vozila na sigurnost cestovnog prometa \(Gamilec\).pdf](#) (15.06.2023.)

varijacijama otkrivanja. Izrazi na licu jesu jedna vrsta složenih signala koje je dosta teško raspoznati jer čak i najmanji pokret lica ili jedna bora imaju različite načine tumačenja.



Slika 12. Prikaz detekcije lica vozača

Izvor: [DRIVE Video Series | Experience the Latest AV Innovations | NVIDIA](#) (15.06.2023.)

Slika broj 11. prikazuje sustav duboke neuronske mreže (DNN). On ima funkciju da prati gdje vozač gleda i detektira vektor očiju vozača koji onda prenosi na cestu u svrhu otkrivanja može li vidjeti ako se nalaze neke prepreke na cesti. Uz to, ovaj sustav ima sposobnost da uoči kada je vozač umoran odnosno pospan, kada su mu oči otvorene, a kada zatvorene, a sve sa svrhom kako bi utvrdio stupanj iscrpljenosti vozača. Također sustav ima mogućnost praćenja svih aktivnosti vozača, od gledanja u telefon i pisanja poruka do toga je li svjestan svojega okruženja odnosno prati li događanja na cesti te sjedi li ispravno na svojem sjedalu. O tome ovisi koliko dobro može vidjeti ono što ga okružuje. Ovaj sustav se najbolje primjenjuje u trećoj ili četvrtoj razini automatizacije vozila i uvelika utječe na poboljšanje sigurnosti tijekom vožnje.

U zadnjoj, petoj razini automatizacije vozila pojavljuju se potpuno autonomna vozila gdje uopće nije potrebna ljudska interakcija. Vozilo ima mogućnost upravljanja svim funkcijama i izvršava sve zadaće koje su potrebne za obavljanje sigurne i pouzdane vožnje. Ovdje se vozač pojavljuje samo u ulozi suvozača jer ne postoje čak ni pričuvne ručne kontrole.

Kada se bude uvela završna verzija potpuno automatiziranog vozila, sigurnost i pouzdanost će biti jedni od glavnih koristi koja će rezultirati uvođenjem ovakvih vozila. Tek za ovu razinu automatizacije vozila moći će se reći da neće biti mjesta za greške čovjeka, ali trebat će se uzeti u obzir činjenica da će ova vozila biti prva na meti kibernetičkih odnosno hakerskih napada. Iz tog razloga će se morati stvoriti dodatni jači sustavi koji će ova vozila potpuno zaštititi.

4.3. ISTRAŽIVANJE SIGURNOSTI I POUZDANOSTI AUTONOMNIH VOZILA

Istraživanje sigurnosti i pouzdanosti autonomnih vozila još je jedan bitan element za razvoj autonomnih vozila. Činjenica je da se autonomna vozila danas razvijaju velikom brzinom te je njihova uloga u prometu sve veća. Iz tog razloga je bitno da se naprave istraživanja koja će obuhvaćati sve elemente autonomije vozila, a među njima sigurnost i pouzdanost. To je bitno kako bi se na vrijeme mogli detektirati bilo kakvi rizici, poteškoće ili greške u sustavima autonomnih vozila, ali i kako bi se dovelo do poboljšanja sigurnosnih mjera ovih vozila i njihove pouzdanosti. Istraživanje sigurnosti i pouzdanosti vozila ima ključnu ulogu u razvoju tehnologija koje smanjuju broj nesreća i ozljeda na cestama te pridonose općoj sigurnosti prometa. Ovo istraživanje obuhvaća različite aspekte, uključujući tehničke inovacije, testiranje, analizu podataka i razvoj standarda sigurnosti.

Tehničke inovacije spadaju u jedno od ključnih područja istraživanja. Proizvođači vozila i tehnološke kompanije stalno rade na razvoju novih tehnologija koje poboljšavaju sigurnost vozila. Ovo uključuje sustave poput automatskog kočenja, adaptivnog tempomata, detekcije mrtvog kuta, sustava za zadržavanje vozila u traku i druge napredne tehnologije. Također, vozila se moraju podvrgavati rigoroznim testovima kako bi se ocijenila njihova sigurnost u različitim situacijama. Ovi testovi uključuju frontalne, bočne i stražnje sudare kao i testiranja otpornosti vozila na prevrtanje. Organizacije poput Nacionalne uprave za sigurnost prometa na cestama (NHTSA) i Europske agencije za sigurnost cestovnog prometa (Euro NCAP) provode takve testove.

Sakupljanje podataka o nesrećama i incidentima pomaže istraživačima u identificiranju čestih uzroka nesreća i potencijalnih rizika. Ovi podaci pomažu u razvoju boljih sigurnosnih standarda i tehnologija. Vlasti i organizacije postavljaju standarde i smjernice za sigurnost vozila. Ovi

standardi utječu na dizajn, izradu i testiranje vozila kako bi se osigurala usklađenost s minimalnim sigurnosnim zahtjevima. S razvojem autonomnih vozila, istraživanje se proširuje na sigurnost i pouzdanost samovozećih vozila. Ova vozila moraju biti sposobna donositi sigurne odluke u stvarnom vremenu i reagirati na nepredviđene situacije.

Kada se govori o komercijalnom korištenju autonomnih vozila, mora se imati na umu da ona ne mogu ući u upotrebu ako nisu ispunjeni sigurnosni zahtjevi autonomnih vozila. Trenutno se koriste ISO standardi za komercijalna vozila u kojima je obuhvaćeno i pitanje sigurnosti, međutim za autonomna vozila ovi standardi još nisu objavljeni. Činjenica je da su do sada bile rijetke nesreće u kojima su sudjelovala autonomna vozila. Čak je autonomno vozilo od kompanije Google napravilo više od milijun kilometara bez greške odnosno bez ijedne prometne nesreće, ali to nije dovoljan razlog da se zanemari segment sigurnosti. I dalje se mora težiti k tome da se sigurnost ovih vozila poboljša.

Provedena su neka istraživanja kojima se htjelo otkriti kada bi se sa 95% sigurnošću moglo reći da autonomna vozila imaju veću sigurnost od komercijalnih vozila odnosno onih vozila nad kojima čovjek ima kontrolu i upravlja njima. Rezultati tih istraživanja pokazali su da kada bi autonomno vozilo prešlo čak 17 milijardi kilometara, tek onda bi se sa 95% sigurnošću moglo reći da su sigurnija od komercijalnih vozila.

Postoji jedan problem što se tiče softvera. Naime, softveri se u autonomnim vozilima nadograđuju, a kada bi se jedna linija koda zamjenila postojala bi opasnost da se naruši softver odnosno da dođe do neželjenih problema. Što bi rezultiralo time da poslije svake nadogradnje softvera, svi oni podaci koji su prikupljeni o pouzdanosti posljednje verzije više ne važe kod sljedeće verzije softvera. Neki autori su mišljenja da bi svako autonomno vozilo trebalo "ići u autoškolu" odnosno polagati vozački ispit, baš kao i ljudi te bi time posjedovali posebnu vozačku dozvolu.³¹

Dostupnost izvornom kodu softvera kod autonomnih vozila nije moguća. Mora se uzeti u obzir i to da niti jedno autonomno vozilo bez njega ne može funkcionirati kako treba. Na temelju ovog softvera vozilo ima mogućnost odlučivanja u prometu. Iz tog razloga se mora postaviti pitanje treba li se osnovati neka nezavisna organizacija čija bi glavna zadaća bila procijeniti učinkovitost

³¹ Mikulić D., Rauker J., Šaban A., Katana B.: Karakteristike automobila budućnosti u kontekstu razvoja sigurnosti prometa, Veleučilište Velika Gorica, 2020., p.11., [Karakteristike automobila budućnosti \(Mikulić\).pdf](#) (15.06.2023.)

ovog softvera. Međutim, treba uzeti u obzir da su softveri kod autonomnih vozila vrlo složeni i ima li uopće smisla da se osnivaju takve organizacije ako neće moći zadovoljiti ono za što su osnovane. Druga opcija je da postoji samo jedno nadzorno tijelo, a to bi onda bio onaj koji je proizveo softver. Zadnja opcija, najbolja po mišljenima zakonodovaca je da se vrši procjena ukupnog učinka vozila odnosno da se procjenjuje kako se vozilo ponaša u stvarnom vremenu i onda da se na temelju te procjene ocjeni sigurnost kompletnog sustava autonomnih vozila.³²

Sljedeća stvar koju treba uzeti u obzir je i ugrađena oprema. Kada se govori o laserskim i ultrazvučnim sensorima, treba istaknuti njihovu bitnu razliku. Razlika je u tome da su laserski senzori odlični za sve vremenske uvjete, dok ultrazvučni senzori imaju poteškoća pri radu u lošim vremenskim uvjetima, npr. ako je nevjerojatno ili pada kiša. Međutim, cijena laserskih senzora je puno viša i iz tog razloga se veliki dio proizvođača odlučuje za nabavu opreme koja je jeftinija.

Definitivno se mora postaviti pitanje vezano za način na koji bi vozilo reagiralo kada bi bili takvi vremenski uvjeti u kojima se ne bi mogla postići sigurna vožnja. Postavljaju se pitanja što bi u tom slučaju vozilo trebalo učiniti. Je li rješenje da se u tom trenutku upozori vozača i da vozilo prepusti sve komande njemu odnosno da on njime počne upravljati? Ili bi prije davanja kontrole nad vozilom, vozaču, trebalo zaustaviti vozilo pa mu onda prepustiti vozilo na upravljanje? Također treba postaviti pitanje može li osoba koja nikada nije vozila ili nema vozačku dozvolu uopće ući u takvo vozilo i njime upravljati? Ovo je primjer malog dijela pitanja koja se trebaju uzeti u obzir odnosno dati odgovor na njih prije nego što se krene u sve veću upotrebu autonomnih vozila.

Još jedan aspekt sigurnosti i pouzdanosti autonomnih vozila je rad softvera. Postavlja se pitanje mogu li vozila koja imaju staru verziju softvera uopće izaći na cestu i prometovati ili se treba ugraditi zadnja verzija softvera? Na koji način bi se mogao riješiti problem kibernetičkih tj. hakerskih napada te spriječiti da se ova vozila upotrebljavaju u svrhu terorističkih napada? Sve su to pitanja koja zahtjevaju odgovore, a morat će se na njih odgovoriti u skorije vrijeme.

³² Holstein T., Dodig Crnkovic G., Pelliccione P.: Ethical and Social Aspects of Self-Driving Cars, 2018., p.5., [Ethical and Social Aspects of Self-Driving Cars.pdf](#) (15.06.2023.)

5. PREDNOSTI I NEDOSTACI AUTONOMNIH VOZILA

Kao i svako obično vozilo kojim upravlja čovjek tako i autonomna vozila imaju svoje prednosti i nedostatke. U ovom poglavlju su navedene prednosti i nedostaci istih te je objašnjeno koji su to tehničko tehnološki izazovi koji se pojavljuju kod autonomne vožnje i koji su to zahtjevi potpuno autonomnih vozila.

5.1. KORISTI AUTONOMNIH VOZILA

Odmah na početku može se reći da postoji veliki broj koristi autonomnih vozila. Ona imaju i veći broj prednosti u odnosu na obična vozila kojima upravlja čovjek iz razloga što se stres vozača minimizira. Vozač se ne mora brinuti odnosno biti fokusiran na nekoliko stvari istovremeno, već se može opustiti i posvetiti se nekim drugim stvarima kao što je obavljanje razgovora, razmijenjivanje poruka ili nekih drugih aktivnosti. Što se tiče produktivnosti, ona je također poboljšana. Još jedan segment koji je pobošljan korištenjem autonomnih vozila je mobilnost. Ako je mobilnost manje ovisna o ostalim čimbenicima u prometu, može uvelike minimizirati opterećenja vozača te čak subvencije za tranzit postaju nepotrebne. Troškovi za usluge taksija te javnog prijevoznog sredstva dovode se na minimum.

Što se tiče sigurnosnog aspekta, može se reći da bi autonomna vozila u neko skorije vrijeme mogla uvelike utjecati na smanjenje broja prometnih nesreća na cestama, ali i minimizirati broj ljudskih žrtava što je jedna od posljedica takvih nesreća. Uzrok gužvi na cestama odnosno zaustavljanja prometa jesu vozači. Ponekad razlogom zaustavljanja prometa i stvaranja gužvi na cestama mogu biti neke barijere odnosno prepreke. Ako njih nema i dalje može doći do zaustavljanja prometa iz razloga što vozači na cesti obavljaju aktivnosti u koje spadaju npr. promjena traka na cesti, uključivanje ili isključivanje s prometnica. Veliki problem u prometu jesu i gužve koje su prisutne većinom u urbanim sredinama. Taj bi se problem uvelike mogao riješiti, pa čak i eliminirati kada bi se autonomna vozila počela više koristiti. Jedna od zadaća tih vozila je

i omogućavanje bolje protočnosti na cestama odnosno rad na tome da se smanje gužve i zastoji na cestama.³³

Kod autonomnih vozila, ispuštanje emisija štetnih plinova može se kontrolirati iz razloga što je upravljanje vozilom prepušteno softveru i onda on može programirati vozilo na način da emisije štetnih plinova budu minimalne. Za sve aktivnosti odnosno svaki pokret vozila, kao što je pokretanje, smanjenje brzine te povećanje brzine, postoji točan izračun. Da vozač upravlja vozilom i obavlja sve te aktivnosti, izvedenost ne bi bila efikasna. Međutim, s obzirom da se koriste softveri onda je situacija potpuno drugačija. Kada bi se utvrdilo, kroz neko vrijeme, da se smanjuje broj prometnih nesreća na cestama, automobilima i kamionima bi se mogla spustiti težina. Time bi se također utjecalo na minimiziranje potrošnje goriva.

Također, autonomna vozila bi mogla imati veliku ulogu u rješavanju problema javnog gradskog prijevoza. S obzirom da u nekim gradovima postoje ti problemi, poput kašnjenja autobusa, linija koje nisu redovite te loša povezanost s gradskom i prigradskom mrežom, autonomna vozila bi mogla biti ta koja će nadopuniti taj infrastrukturni nedostatak. Time bi uvelike pomogla u uklanjanju odnosno eliminiranju toga problema. Jedna od vrlo bitnih prednosti je i ta što bi se, uvođenjem autonomnih vozila, uvelike pomoglo onom dijelu stanovništva koji je manje pokretan ili potpuno nepokretno (starije osobe, invalidi). Njima bi autonomna vozila bila od velike koristi jer ne bi uopće trebali upravljati vozilom, bili bi samo u ulozi suvozača. Također ovdje ne bi bio zanemaren ni ostatak stanovništva, svi bi dobili priliku pristupa prometu bez obzira na dob i razinu pokretnosti.

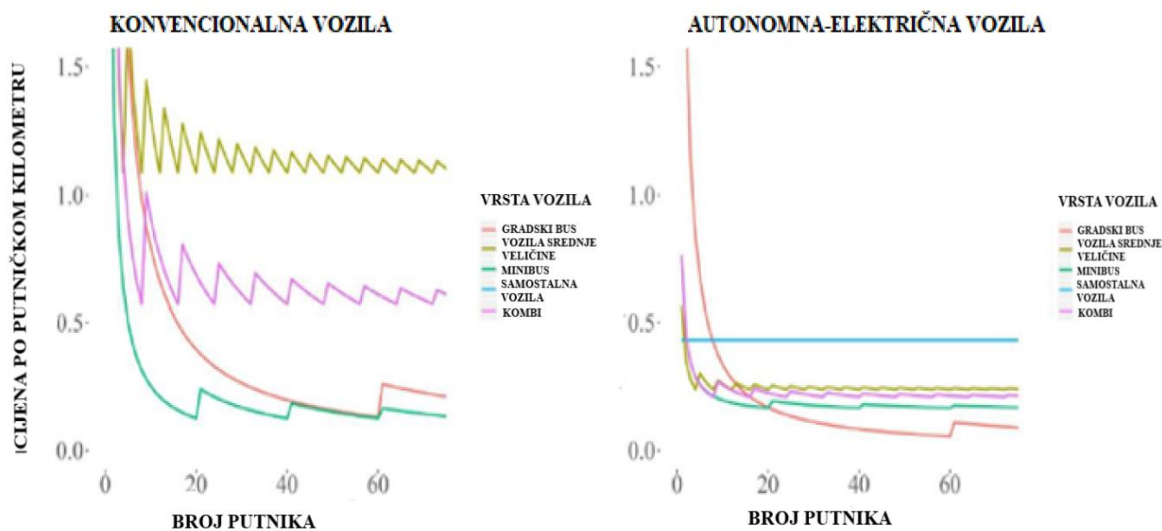
Korištenjem autonomnih vozila dolazi i do smanjenja vremena putovanja koja su produžena za vrijeme vršnog sata zbog prevelikih opterećenja na cestama. Autonomna vozila također mogu riješiti jedan od problema koji i nije tako rijedak. Često puta kada se dođe s vozilom do određnog mjesta, ne može se naći parkirno mjesto i onda dolazi do stvaranja dodatnih troškova i do gubitka vremena kako bi se pronašlo slobodno parkirno mjesto. Autonomna vozila bi mogla, kada iskrcaju putnike na određnom mjestu, sama potražiti parkirno mjesto u blizini ili ako to nije moguće, na nekom daljem mjestu te se kasnije vratiti na određno mjesto. Time bi se uvelike uštedjelo na

³³ Vrbos G.: Pametna i autonomna vozila, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, 2021., p.22., [Pametna i autonomna vozila \(Vrbos\).pdf](#) (20.06.2023.)

vremenu, eliminirali mogući troškovi te smanjila napetost i briga vozača da se nađe parkirno mjesto.

Studija koja je provedena u Sveučilištu u Kaliforniji (SAD), pokazala je da bi emisije stakleničkih plinova mogle porasti za 50% do 2050. godine pod uvjetom da vozila budu samo autonomna, bez da su elektrificirana i u masovnoj upotrebi. Međutim ako bi vozila bila autonomna te elektrificirana i u masovnoj upotrebi, onda bi se emisije stakleničkih plinova mogle sniziti za velikih 80% isto do 2050. godine.³⁴

S obzirom da autonomna vozila karakterizira pažljivija vožnja, obični dijelovi vozila se sporije troše nego kod vozila kojima upravlja vozač. Iz tog razloga se smanjuje potreba za učestalim uslugama servisiranja tih dijelova vozila što je još jedna prednost autonomnih vozila. Iako će potreba za servisiranjem tih dijelova biti manja, sve one ostale dodatne dijelove kao što su senzori trebat će redovito održavati pa se zapravo troškovi za te usluge neće previše mijenjati. Prema neki istraživanjima koja su rađena ranije predviđalo se da će se sigurnom vožnjom sniziti stope osiguranja za 50%, a sada se ova pretpostavka smatra zaostalom. Razlog tomu je što je postojeći Tesla Autopilot već utjecao na reduciranje stope prometnih nesreća za 40%.



Slika 13. Prikaz cijena prema putničkom kilometru u odnosu na količinu putnika

Izvor: [ab1225.pdf \(ethz.ch\)](#) (20.06.2023.)

³⁴ Leslie J.: Will Self-Driving Cars Usher in a Transportation Utopia or Dystopia?, 2018., [Will Self-Driving Cars Usher in a Transportation Utopia or Dystopia? - Yale E360](#) (20.06.2023.)

Slika broj 12. prikazuje usporedbu klasičnog odnosno tradicionalnog načina prijevoza prema broju putnika i automatiziranog/električnog načina prijevoza prema broju putnika. Iz ove slike može se odmah primjetiti da se cijene za sve oblike rada uvelike smanjuju gledajući dio za automatiziran/električan oblik prijevoza. Dijeljenjem vozila srednjih veličina ostvaruju se najvažniji dobitci, a njihova cijena po putničkom kilometru snizuje se ubrzanim tempom za 78%. Također bitno je uočiti da nema neke velike razlike u cijeni između vozila srednjih veličina i autonomnih električnih kombija i minibusova ako se rade s punim opterećenjem. Prema dostupnim podacima, način rada koji se smatra najjeftinijim za autonomna vozila je kod relacija ishodišno mjesto-odredišno mjesto gdje je prisutna niska potražnja. Ako je prisutna prosječna zauzetost od dviju osoba za ovu relaciju, onda bi učinkovitost bila veća kod srednjih automobila.

5.2. TEHNIČKO TEHNOLOŠKI IZAZOVI AUTONOMNE VOŽNJE

Do danas je objavljeno mnogo istraživanja na temu autonomnih vozila. Međutim, većina ljudi još uvijek ne razumije što označava pojam autonomne tehnologije i sam pojam autonomnosti vozila u smislu što sve obuhvaća tehnologija autonomnosti vozila.

Već su bila rađena neka istraživanja i ispitivanja odnosno provodile su se ankete u svrhu dobivanja informacija o tome koliko su ljudi upoznati s autonomnom tehnologijom. Prilikom tog ispitivanja, moglo se primjetiti da je većina ispitanika skeptična po pitanju koliko su autonomna vozila sigurna i pouzdana. Većinu njih je zabrinjavalo to što ako se dogodi neka situacija poput kvara odnosno greške nekog od sustava ili opreme vozila. Najviše su ih brinula potpuno automatizirana vozila i sva ona vozila koja ne bi imala vozača poput autobusa, tramvaja, taksija, itd. Razlog zabrinutosti je opravdan zato što je teško dati svo svoje povjerenje nekom "robotu" odnosno kompjuteriziranom vozilu pogotovo kada se govori o vozilima gdje uvijek postoji mogućnost da se pojavi neka potencijalna opasnost u prometu. Također, veći broj ispitanika je rekao da nikada ne bi imali u posjedu potpuno autonomno vozilo. Kao razlog naveli su to što bi onda postojala veća opasnost od kibernetičkih odnosno hakerskih napada i jer je sigurnost i pouzdanost takvih vozila još uvijek upitna.

Neke od mana odnosno nedostataka autonomnih vozila za razliku od klasičnih vozila jesu:³⁵

- veći troškovi vozila
- potreba za dodatnom opremom vozila, uslugama i naknadama
- prisutnost rizika za one koji koriste autonomna vozila
- opasnost od kibernetičkih odnosno hakerskih napada
- donekle smanjenje sigurnosti i privatnosti (lokacija se prati i dijele se podaci)
- ukupno putovanje vozilom je povećano (optrećenost prometnica većom količinom vozila)
- infrastrukturni troškovi se dižu i zahtjevanje viših standarda prometnica
- manji broj radnih mjesta, povećanje nezaposlenosti, davanje otkaza.

Jedan od nedostataka je i taj što u slučaju nepovoljnih vremenskih uvjeta, autonomna vozila ne mogu stopostotno funkcionirati. Na primjer ako se na cesti nalazi snijeg, ako smrzava, pljušti ili je magla onda su prometne trake neprimjetne odnosno vozilo ih ne može detektirati. Autonomna vozila se u ovakvim uvjetima teško mogu orijentirati.

Da bi se poradilo na tome da autonomna vozila budu više društveno prihvaćena, mora se odgovoriti na neka od pitanja. Glavno pitanje koje se neprestano postavlja odnosno koje većinu ljudi zanima, je na koga se stavlja odgovornost u slučaju prometne nesreće u kojem je sudjelovalo autonomno vozilo. Kao prvo, treba utvrditi je li autonomno vozilo bilo u ODD (status autonomne vožnje) radu ili nije. Ako je vozilo u ODD radu, onda ono spada pod četvrtu razinu autonomnosti vozila. Taj sustav ima zadaću za izvršavanje zadataka vožnje. U onom trenutku kada se autonomno vozilo prebaci iz ODD rada u običan, tada vozač preuzima kontrolu nad vozilom. Nakon što se prebaci, vozilo se spušta na drugu ili nižu razinu autonomnosti. Ako se u tome trenutku dogodi neka prometna nesreća, odgovornost kompletno pada na onoga tko upravlja vozilom odnosno na vozača.

Što se tiče odgovornosti za ovakve situacije ako se radi o vozilu treće razine autonomnosti, dok se vozilo ne prebaci iz autonomnog sustava na onaj klasičan gdje vozač upravlja vozilom, vozač ne snosi odgovornost za ono što se dogodi jer je on samo suvozač. U tom slučaju svim

³⁵ Barać A.: Sigurnost i pouzdanost autonomnih vozila, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2021., p.61., [Sigurnost i pouzdanost autonomnih vozila \(Barać\).pdf](#) (25.06.2023.)

komandama upravlja vozilo. Status putnika mijenja se u slučaju preuzimanja kontrole nad vozilom. Za revidirani zakon putnik koji se nalazi u automatiziranom vozilu je uvijek vozač. Razlog zbog kojeg je to tako, pretpostavlja se, je taj što onaj policajac koji dođe na lice mjesta gdje se dogodila nesreća, teže može uvrđiti tko je kriv, za razliku od toga kada se prometna nesreća dogodi između dva konvencionalna vozila. Zbog toga što se ne može znati u tom trenutku tko je bio "glavni" odnosno tko je imao kontrolu nad vozilom, usporuje se i oduzima vrijeme. Revidirani zakon o prometu bit će prisutan do onog trenutka kada četvrta razina automatizacije vozila bude postigla primjenu koja će biti ovisna o OOD konceptu. Iz tog razloga ova je revizija privremena mjera za potrebe brzog rješavanja primjenjivih pitanja.³⁶

Na primjer, možemo zamisliti situaciju da se vozilo četvrte razine autonomnosti kreće cestom, u njemu se nalazi jedan putnik odnosno vozač. Na semaforiziranom pješačkom prijelazu prema kojem se vozilo približava, nalaze se četiri osobe. Te osobe, bez obzira što semafor daje crveni signal odnosno nije dozvoljen prijelaz pješaka, odlučuju preći preko pješakog prijelaza. Vozilo četvrte razine koje se približava tom pješačkom prijelazu, može uočiti odnosno detektirati ljude koji prelaze. Da bi izbjeglo prometnu nesreću, ono skreće ulijevo prema pločniku. Tim postupkom autonomno vozilo je izbjeglo sudar sa četiri pješaka, ali je skrećući prema pločniku udarilo u jednog čovjeka koji se našao na tom mjestu i taj udarac je rezultirao njegovom smrću. Moglo bi se reći da je jedan život trebao biti žrtvovan u svrhu da se sačuvaju druga četiri života. Gledajući stranu zakona, ovo bi se smatralo nezakonitom radnjom odnosno ubojstvom. Da je vozač upravljao vozilo također bi se na to gledao kao ubojstvo. Međutim, da vozilo nije skrenulo, možda bi sva četiri pješaka bila mrtva, tako da je ovo ipak manje bolniji ishod. Što se tiče aktualnog utilitarizma i njegove perspektive, način ponašanja vozila četvrte razine autonomnosti ne smatra se kazneno nezakonitim.

Kriminalno odgovorna osoba kod autonomnih vozila razine četiri smatra se umjetna inteligencija (AI). Ona vrši kontrolu nad autonomnim vozilom tako da bi se u pravilu odgovornost u svrhu obrane u nuždi mogla prebaciti na umjetnu inteligenciju. Ali i ta mogućnost, da se primjeni kazneni zakon na umjetnu inteligenciju, opet je jedno od pitanja za koje bi se moglo dalje raspravljati.

³⁶ Imai T.: Legal regulation of autonomous driving technology: Current conditions and issues in Japan, Hasei University, Tokyo, Japan, 2019., p.266., [Legal regulation of autonomous driving technology .pdf](#) (25.06.2023.)

Kada bi se donijela odluka da sustavi umjetne inteligencije ili fizičke/pravne osobe koje sudjeluju u njihovom kreiranju, budu van kaznenog zakona, tada ne bi bilo tolike brige za korištenje sustava autonomne vožnje uz umjetnu inteligenciju na cestama. To bi išlo u korist najviše dobavljačima, međutim, to bio onda značilo da nakon što se dogodi prometna nesreća nema onoga tko će odgovarati za posljedice. To nikako ne ide u korist žrtvama i obitelji tih žrtava, oni to ne bi mogli prihvatiti. Može se reći da je ovo vrlo škakljiva tema i treba biti pametan kako bi se došlo do najboljeg rješenja za obje strane odnosno pronaći način kako doći do društvenog prihvaćanja autonomnih vozila.

Još neki od tehničko tehnoloških izazova koji se javljaju kod upotrebe autonomnih vozila jesu:

- senzorika i percepcija – kao što je ranije spomenuto kako bi sustav autonomnih vozila bio učinkovit, mora biti opremljen raznim sensorima kao što su kamere, lidar, radar, itd. Ono što se javlja kao izazov u ovom području je to da postoji potreba za kreiranjem senzora. Oni imaju sposobnost preciznog otkrivanja odnosno detektiranja i tumačenja okruženja vozila pri različitim uvjetima uz razvijanje sofisticiranih algoritama kako bi se mogli obraditi senzorski podaci.
- umjetna inteligencija i strojno učenje – umjetna inteligencija posjeduje vlastite algoritme koji su uz strojno učenje jedni od bitnih faktora u autonomnoj vožnji. Ono što se javlja kao izazov u ovom području je to da postoji potreba za razvitkom sofisticiranih algoritama. Oni imaju sposobnost identificiranja objekata, interpretiranja situacija u prometu te donošenja brzih i točnih odluka s obzirom na podatke koji su se prikupili.
- integracija hardvera i softvera – različite hardverske komponente, senzori, aktuatori te softverski sustavi koji su prisutni u autonomnoj vožnji imaju potrebu za složenom integracijom. Ono što se javlja kao izazov u ovom području je to da se javlja potreba za stvaranjem usklađenosti i kompatibilnosti između dijelova sustava. Oni su različiti sa svrhom ostvarivanja najbolje funkcionalnosti i pouzdanosti.
- sigurnost i kibernetička zaštita – kao što je već prije spomenuto, mnoga autonomna vozila podlažu kibernetičkim odnosno hakerskim napadima. Ono što se javlja kao izazov u ovom području je to da treba stvoriti protokole koji će pružiti maksimalnu sigurnost autonomnim vozilima. Sljedeći izazov je potreba za ostvarenjem enkripcije podataka i zaštitnih

mehanizma, a sve u svrhu osiguranja integriteta, pouzdanosti i sigurnosti sustava autonomnih vozila.

- prilagođavanje zakonodavstva i regulativa – prilagođavanje zakonodavstva i regulativa je potrebno zbog uvođenja autonomne vožnje, da se definiraju sigurnosni standardi i odgovornost te kako bi se odobrila upotreba autonomnih vozila na javnim cestama. Još jedan izazov je kako postići usklađenje postojećih propisa s novim tehnološkim razvitkom te stvaranje pravne sigurnosti i odgovornosti ako dođe do neke prometne nesreće.
- prihvatanje i dobivanje povjerenja od korisnika – pojavljuje se činjenica da treba raditi na tome da ljudi počnu prihvaćati autonomnu vožnju, a ne da budu skeptični po tom pitanju. Kako bi se to postiglo, najprije sami tvorcii autonomnih vozila i svih onih koji sudjeluju u kreiranju sustava umjetne inteligencije, trebaju dati odgovore na neke od bitnih pitanja. Ona se tiču ne samo načina funkcioniranja autonomnih vozila nego i onoga najvažnijeg, a to su pitanja sigurnosti i pouzdanost. Kada ljudi dobiju odgovore na ta pitanja i širu sliku onoga što podrazumijevaju autonomna vozila, veća je vjerojatnost da će se tada opustiti, prihvatiti i moći dati svoje povjerenje takvom načinu prijevoza.

5.3. ZAHTJEVI POTPUNO AUTONOMNIH VOZILA

Potpuno autonomna vozila spadaju u najvišu razinu autonomnosti vozila. Na ovoj razini, vozilo ne zahtjeva kontrolu vozača niti u jednoj situaciji. Vozilo je sposobno za vožnju u svim prometnim situacijama. U njemu nema čak ni upravljača ili pedala za kočenje odnosno ubrzavanje/usporavanje. Ova vozila mogu raditi sve što bi mogao i vozač u njima. Vozilo je ono koje izvršava sve vozačke zadatke i upravlja sobom bez da mu treba pomoć čovjeka. Prema navedenom može se reći da vozač zapravo postaje putnik što je vrlo dobro ako se uzmu u obzir i osobe s invaliditetom. Sjedala u prednjem dijelu imaju mogućnost okretanja prema nazad s ciljem da putnici u vozilu mogu lakše komunicirati međusobno. Ova vozila imaju mogućnost izvođenja svih funkcija u bilo kojim okolnostima, na bilo kojoj vrsti ceste odnosno prometnice.

Tehnički zahtjevi su jedni od ključnih aspekata u vezi sa zahtjevima za potpuno autonomna vozila. Vozila moraju biti opremljena naprednim senzorima za detekciju okoline i prepoznavanje objekata. Sustavi za obradu podataka i umjetnu inteligenciju su nužni kako bi vozilo moglo

interpretirati okolinu i donositi odluke u stvarnom vremenu. Vozila moraju biti izrazito pouzdana, minimizirajući mogućnost tehničkih kvarova i grešaka u donošenju odluka.

Mnoge države i regije razvijaju zakonodavstvo i propise vezane uz autonomnih vozila. Ovi zahtjevi obuhvaćaju dopuštenje testiranja i upotrebe takvih vozila na cestama, osiguranje odgovornosti u slučaju nesreća te usklađenost s postojećim prometnim pravilima.

Autonomna vozila mogu imati koristi od komunikacije s prometnom infrastrukturom poput pametnih semafora i cestovnih znakova. Stoga se zahtijeva razvoj takve infrastrukture kako bi se omogućila bolja interakcija između vozila i ceste. Autonomna vozila generiraju velike količine podataka o vožnji i okolini. Obrada ovih podataka zahtijeva razvoj takve infrastrukture kako bi se omogućila bolja interakcija između vozila i ceste. Osposobljavanje i testiranje autonomnih vozila vrlo je bitno. Vozila moraju biti podvrgnuta različitim scenarijima vožnje u kontroliranim uvjetima kako bi se provjerila njihova sposobnost reagiranja na različite situacije. Tehnologija autonomnih vozila brzo napreduje te iz tog razloga vozila trebaju biti sposobna primiti ažuriranja softvera kako bi se osigurala najnovija funkcionalnost i ispravke sigurnosnih problema.

Sektor autonomne vožnje stalno poprima nove oblike. Može se primjetiti da Tesla, kao jedna od vodećih tvrtki koja proizvodi autonomna i električna vozila, ima sve naprednije tehnologije u vožnji. Elon Musk kao izvršni direktor tvrtke Tesla rekao je da će upravo uz pomoć ovih naprednih tehnologija u skorije vrijeme moći upravljati flotom robotaxija i time dobiti opravdanje procjene za njegovu tvrtku. S druge strane nalaze se tvrtke kao što su Waymo, Didi te AutoX koji već vodi upravljanje flote za autonomna vozila visoke razine autonomnosti u pojedinim gradovima SAD-a, Kine i Rusije. Tradicionalna tvrtka Volvo također je iskazala želju za upravljanjem voznim parkom autonomnih vozila visoke razine autonomnosti ili da se bavi isporučivanjem autonomnih vozila drugim konkurentima.³⁷

S druge strane, tvrtka kao što je GM želi napraviti prodaju autonomnih vozila javnosti izravnim putem do 2030. godine. Međutim, zanemarena je činjenica da su neiskorištena vozila, koja su u upotrebi od strane njihovih vlasnika, a to je cca 3% vremena, ostali dio vremena, odnosno 97% vremena smještena u garažama ili na ulicama. Ako se ljudi budu u skorije vrijeme odlučili na

³⁷ Volvo Cars teams up with world's leading mobility technology platform DiDi for self-driving test fleet, 2021., [Volvo Cars teams up with world's leading mobility technology platform DiDi for self-driving test fleet - Volvo Cars Global Media Newsroom](#), (25.06.2023.)

kupnju autonomnih vozila, troškovi senzora i njihove tehnologije morat će se smanjivati. Zanimljiva je činjenica da su LIDAR senzori imali dosta strmo smanjenje cijene i veličine u usporedbi sa 2015. godinom, kada je njihova cijena bila oko 75.000 američkih dolara.

Tvrtka koja smatra da bi vlasništvo nad vozilom i dalje trebao imati vozač je Volkswagen. Postoji jedan problem koji se zapravo uopće toliko ne tiče činjenice koliko je tehnologija autonomnih vozila danas dostupna, niti koliki su troškovi koji idu uz vozila ili poslovni model, već je problem u urbanom dizajnu. Na primjer, kada bi se u Hrvatskoj tradicionalna odnosno konvencionalna vozila zamijenila za autonomna vozila, ne bi se ništa previše postiglo gledajući s aspekta smanjenja gužve na cestama. Vrlo vjerojatno bi se time stvorili neki nedostaci i novi izazovi.

Kako bi se postigla potpuna autonomna vožnja, moraju biti zadovoljeni sljedeći zahtjevi:

- napredni senzori - vozila koja su potpuno autonomna moraju imati senzore koji su visoko sofisticirani kao što su kamere, lidar, radar... Ovim sensorima se treba omogućiti točno odnosno precizno detektiranje objekata i predmeta, pješaka, vozila, ostalih sudionika u prometu te ispravno tumačenje prometnih znakova i signala.
- sustav softvera – vozila koja su potpuno autonomna zahtjevaju napredan sustav softvera koji služi za obrađivanje i interpretiranje podataka koje dostavljaju senzori. Ovi sustavi softvera služe i za donošenje brzih i točnih odluka. Trebaju imati sposobnost prepoznavanja prometnih znakova, reguliranja brzina, praćenja uvjeta u prometu te izbjegavanje barijera odnosno prepreka.
- komunikacija – vozila koja su potpuno autonomna moraju imati sposobnost razmjenjivanja informacija sa svojom okolinom. Ta okolina jesu: druga vozila, infrastruktura, ruta koje se planiraju te razmjenjivanje informacija u koordinaciji s ostalim vozilima na cesti. Svrha toga je povećanje sigurnosti i učinkovitosti potpuno autonomne vožnje.
- redundantni sustavi – vozila koja su potpuno autonomna moraju posjedovati redundantne sustave iz razloga što se pomoću njih može osigurati veća razina sigurnosti. To bi značilo da se od onih bitnih elementa poput senzora, softvera i aktuatora, moraju napraviti kopije odnosno duplikati u svrhu postojanja nekakve rezervne opcije ako dođe do nekog kvara ili greške u jednom od sustava.

- zakonodavni okvir – zakonodavni okvir ima bitnu ulogu u stvaranju vozila koja su potpuno autonomna. To je iz razloga što se od njega traži da se prilagodi u smislu da odredi standarde sigurnosti, pravila te odgovornost kod vožnje autonomnih vozila.

Slika 14. Prikaz pitanja i problema za autonomno planiranje vozila

Problem	Potrebna analiza	Potrebna pravila	Vrijeme
Pouzdanost i sigurnost	Procjenjivanje pouzdanosti i sigurnosti. Uspostavljanje regulatornog okvira	Određivanje zahtjeva performansi, ispitivanja i podataka za rad autonomnih vozila na javnim cestama	2020. - 2030.
Sveukupni utjecaji putovanja	Istraživanje promjene putovanja, vjerojatne koristi i troškova	Upravljanje transportom radi smanjenja zagušenja, nesreća i emisija	2020. - 2040.
Utjecaji lokalnih prometnih vozila	Istraživanje promjene u prometu motornih vozila i njihovih utjecaja	Cijene za zakrčenje, ograničenja vozila, prioritet HOV-a i pravila koja favoriziraju zajedničke vožnje	2020. - 2040.
Sigurnost	Istraživanje novih rizika, utjecaj sudara, osobito na druge sudionike u prometu	Reguliranje autonomnih vozila kako bi se osigurala sigurnost za sve sudionike u prometu, održavanje i upravljanje cestama radi sigurnosti	2020. - 2060.
Mobilnost za nevozače	Dostupnost autonomnih vozila za nevozače	Politike koje osiguravaju da autonomna vozila služe osobama s invaliditetom i niskim primanjima	2020. - 2030.
Utjecaji na dijeljenje vozila	Kvaliteta zajedničkih autonomnih vozila i vožnji	Reguliranje i poticanje zajedničkog autonomnog vozila i vožnje	2030. - 2040.
Utjecaji energije i emisije	Vrsta goriva i potrošnja autonomnih vozila, utjecaji na ukupno putovanje vozilom	Poticanje učinkovitih i električnih autonomnih vozila, Smanjivanje ukupnog putovanja vozila	2030. - 2060.

Parkiranje i utovar putnika	Utjecaji na vlasništvo i korištenje vozila, potrebe parkiranja i utovara	Smanjivanje zahtjeva za parkiranje i učinkovito upravljanje parkirališnim i rubnim prostorom	2040. - 2050.
Projektiranje kolnika	Utjecaji na prometnicu i potrebe projektiranja	Mijenjanje dizajna kolnika i stvaranje traka za autonomna vozila, Te određivanje njihove cijene	2050. - 2070.
Plan mješovitog prometa	Stupanj sukoba između autonomnih vozila i drugih sudionika u prometu	Razviti politike i projekte objekata kako bi se sukobi i rizici sveli na minimum	2040. - 2060.
Mandati autonomnih vozila	Potencijalne prednosti ovlaštenja autonomnih vozila	Ako su koristi vrlo velike, zahtijeva se da sva vozila budu autonomna i da se ograničava vožnja ljudi	2060. - 2080.

Izvor: [Sigurnost i pouzdanost autonomnih vozila \(Barać\).pdf](#)

Na slici broj 13. prikazana je tablica u kojoj se nalaze određena pitanja i problemi koji se odnose na autonomna vozila i njihovu infrastrukturu. Ova pitanja su vezana i za budućnost autonomnih vozila s ciljem postizanja učinkovitog i ispravnog planiranja autonomnih vozila. Problemi se odnose na pouzdanost i sigurnost, pitanja regulative i zakona, itd.

Pretpostavlja se da bi autonomna vozila do 2050. godine trebala zadovoljiti sljedeće:³⁸

- smanjenje gužvi na cestama (za 30% manje vozila na cestama)
- smanjenje troškova transporta za 40% (misli se na vozila, gorivo i infrastrukturu)
- omogućiti bolju prohodnost te mogućnost življenja
- oslobađanje parkirališnih mjesta u neke druge svrhe (škole, parkovi...)
- smanjenje emisija CO₂ u gradovima za 80% diljem svijeta.

Jedan od problema bit će masovno primjenjivanje odnosno prijelaz s konvencionalnih vozila na autonomna te kako stvoriti infrastrukturu koja će biti pogodna za autonomna vozila. Sve u svemu, zahtjevi za potpuno autonomna vozila su sveobuhvatni i zahtijevaju suradnju između tehnoloških tvrtki, regulaturnih tijela, stručnjaka za sigurnost i javnosti kako bi se osigurala sigurna i učinkovita integracija ovih vozila u prometni sustav.

³⁸ Barać A.: Sigurnost i pouzdanost autonomnih vozila, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2021., p.65., [Sigurnost i pouzdanost autonomnih vozila \(Barać\).pdf](#) (25.06.2023.)

6. ANALIZA DOSADAŠNJE PRIMJENE AUTONOMNIH VOZILA

Do sada se se već mnogo različitih automobilskih tvrtki počelo zanimati za razvoj autonomnih vozila. Kada bi napravili kratki pregled povijesti autonomnih vozila, vratili bi se čak 84 godine unazad odnosno u 1939. godinu, kada je autonomno vozilo bilo izloženo na sajmu General Motors-a. To vozilo je na sebi imalo jedan električan krug koji je tim vozilom upravljao.

Dosta kasnije, oko 1980. godine, pojavilo se vozilo kojim je upravljao radar, laser i umjetan vid, a njega je napravila DARPA (eng. Defense Advanced Research Projects Agency). Te godine je napravljeno autonomno vozilo koje je bilo kontrolirano računalnim vidom, od strane Mercedes Benz-a. Kasnije, točnije 1995. godine usavršen je jedno od vozila iste tvrtke kojim su upravljali računalni vid i računalo.

2014. godine je bilo predstavljeno jedno bespilotno vozilo koji se zvao autonomni RS7 koji je bio lansiran od strane tvrtke Audi. Godinu poslije odnosno 2015. godine, predstavljeno je samovozeće vozilo pod nazivom Audi SQ5. Ono je bilo kontrolirano od strane sustava autnomne vožnje. 2015. godine objavljeno je 25 autonomnih vozila kojima je upravljao navigacijski softver i koje je lansirala tvrtka Google.³⁹

Vodeća tvrtka za razvoj autonomnih automobila do danas je tvrtka Tesla. Najnoviji autonomni sustav koji je do sada razvijen je FSD (Full Self-Driving) od strane tvrtke Tesla.⁴⁰ To je potpuno autonomni sustav koji ima mogućnost visoke autonomne vožnje najviše za urbana područja. FSD može funkcionirati na svakoj cesti u bilo kojim uvjetima, noć i dan. Njemu uopće nije potreban vozač da bi izvršio radne zadatke. Međutim, ni u ovom vozilu se vozač ne smije potpuno opustiti. Kao što i sustav autopilota traži od vozača da ima nadzor nad onim što se događa tako i FSD sustav traži od vozača da je svjestan svojeg okruženja i da može u bilo kojem trenutku biti spreman preuzeti ulogu upravljanja vozilom. Vozilo će upozoriti vozača ako se pojavi neka opasna situacija i time će kontrola nad vozilom pripasti vozaču.

³⁹ Autonomni automobili: što je to?, razine, vožnja i još mnogo toga, [Autonomni automobil: što je to?, razine, vožnja i više – Sljedbenici ▷ → \(seguidores.online\)](#) (28.06.2023.)

⁴⁰ Reynolds R.: Tesla Autopilot vs. Full Self-Driving (FSD): What Are The Differences?, 2023., [Tesla Autopilot vs. Full Self-Driving \(FSD\): What Are The Differences? - History-Computer](#) (28.06.2023.)

6.1. SUSTAVI RAZINE 2

Neki od primjera modela vozila koja su autonomna na sljedećim razinama jesu:⁴¹

- Volkswagen Polo (razina 1)
- Nissan Qashqai s ProPilotom (razina 2)
- Tesla Model S (razina 3)
- Googleov prototip samovozećeg automobila (razina 4).

Vozila koja su danas na cestima mogu se većinom smatrati kao vozila druge razine autonomnosti vozila odnosno imaju sustave koji odgovaraju toj razini. Kao što je prethodno spomenuto Tesla se smatra kao najbolji proizvođač autonomnih vozila. Neki od njihovih napoznatijih modela: Model S, Model X, Model Y, Model 3 te Cadillac CT6 tvrtke General Motors prikazani su ispod teksta.



Slika 15. Teslin model S

Izvor: [Model S | Tesla Hrvatska](#) (28.06.2023.)

⁴¹ Čičko T.: Analiza razvoja tehnologija i sustava osobnih autonomnih vozila, Sveučilište sjever, 2022., p.25., [Analiza razvoja tehnologija i sustava osobnih autonomnih vozila \(Čičko\).pdf](#) (28.06.2023.)



Slika 16. Teslin model X

Izvor: [Model X | Tesla Hrvatska](#) (28.06.2023.)



Slika 17. Teslin model Y

Izvor: [Model Y | Tesla Hrvatska](#) (28.06.2023.)



Slika 18. Teslin model 3

Izvor: [Model 3 | Tesla Hrvatska](#) (28.06.2023.)

Teslina nova autonomna vozila koja imaju standardnu opremu dolaze s naprednim hardverom koji i imaju mogućnost primjene autopilota. Za budućnost se planira uvođenje softverskih ažuriranja koja će dati mogućnost da autonomna vozila budu potpuno samostalna. Ta su softverska ažuriranja napravljena na način da kako vrijeme ide, njihove funkcionalnosti budu sve bolje. Svrha postojanja naprednih značajki sigurnosti i jednostavnosti korištenja autopilota je ta da olakšaju vozilima u onim dijelovima koja su najzahtjevnija. Koristi autopilota jesu to što se stvaraju nove karakteristike i pospješuju trenutne funkcije, a sve u svrhu poboljšanja Teslinih autonomnih vozila sa sigurnosnog aspekta. Sadašnje karakteristike autopilota moraju imati vozača koji će aktivno nadzirati ono što se događa za vrijeme vožnje.⁴²

Uloga autopilota kao sustava koji je napredan je pomoći vozaču u smislu povećanja sigurnosti učinkovitosti za upravljačem. Sva nova vozila koja izlaze na tržište od strane tvrtke Tesla imaju autopilot. Za tu tvrtku, ovaj autopilot je vrlo koristan iz razloga što posjeduje funkcije koje pomažu za povećanje sigurnosti i minimiziranjem napetosti i stresa prilikom vožnje. Oni paketi koji idu

⁴² [Autopilot | Tesla](#), (28.06.2023.)

uz Autopilot jesu: pilot koji je automatski, autopilot koji je poboljšan i sposobnost autonomnog vozila da ima potpunu samostalnost u vožnji.⁴³

Karakteristike i funkcije autopilota jesu sljedeće:

- tempomat - njemu je zadaća da se uskladi s prometom. On prilagođava brzinu vozila s brzinom drugih vozila u prometu na cesti.
- automatsko upravljanje – pomaže vozilu da ostane na svojoj prometnoj traci i upotrebljava tempomat koji se treba prilagoditi prometu.

Autopilot koji je poboljšan obuhvaća navigaciju autopilotom koja uključuje vođenje vozila od ulaska do izlaska vozila s autoceste. Može predložiti promjenu prometnog traka, navigirati međuprostorima te ima opciju automatskog paljenja žmigavaca uz vođenje na pravi izlaz. Druga funkcija koju autopilot obuhvaća je automatska promjena trake. Ova funkcija služi da olakša vozilu prebacivanje iz jedne prometne trake u drugu kada se nalazi na autocesti, naravno uz uvjet da je automatsko upravljanje uključeno. Sljedeća funkcija autopilota je autopark čija je glavna uloga da omogući vozilu da se može parkirati na parkirno mjesto bilo na paralelan ili okomit način. Četvrta funkcija autonomnog vozila je poziv, a to znači da se može instalirati aplikacija na mobitelu pomoću koje se vozilo može premijestiti sa nekog užeg prostora. Peta funkcija autopilota je pametni poziv. To znači da kada se pozove vozilo, ono mora doći na mjesto gdje se nalazi čovjek, a to podrazumijeva i savladavanje prepreke u slučaju da se čovjek nalazi na teško prohodnom ili složenijem mjestu. Šesta funkcija autopilota je kontrola prometnih i stop znakova. Detektira kada se vozilo približava semaforu ili nekom prometnom znaku i automatski zaustavlja vozilo s time da vozač treba biti svjestan svojeg okruženja. Posljednja funkcija autopilota je ona koja će tek doći, a to je autosteer na ulicama gradova.

Sve ove navedene funkcije odnosno značajke autopilota su vrlo korisne jer uvelike olakšavaju vožnju, ali to ne znači da je vozilo potpuno autonomno ako sadrži odnosno posjeduje ove funkcije. Vozač i dalje ima obavezu biti aktivno prisutan i gledati što se događa u prometu na cesti. Koliko će biti dostupna potpuna autonomnost vozila ovisit će o tome koju razinu će dosegnuti pouzdanost vozila koja će trebati biti vrlo visoka za tu razinu autonomije vozila. Zajedno sa razvijanjem i

⁴³ Autopilot and Full Self-Driving Capability, [Autopilot and Full Self-Driving Capability | Tesla Support](#) (28.06.2023.)

uvođenjem novih sposobnosti autopilota, njegovim poboljšanjem te razvojem potpuno autonomne vožnje, razvijat će se i autonomna vozila u smislu neprestanog nadograđivanja bežičnih ažuriranja softvera.



Slika 19. Cadillac CT6 – General Motors

Izvor: [2020 Cadillac CT6 V8 review: Saving the best for last - CNET](#) (28.06.2023.)

Što se tiče General Motors-a, njegov model prikazan na slici 19. sadrži poluautonomnu karakteristiku za vožnju na autocesti koja se naziva Super Cruise. To je "hands-free" tehnologija čija je zadaća pomoći vozaču kod upravljanja vozilom. Međutim, treba naglasiti da ova tehnologija ne može izvršavati sve zadatke. Ona ne obuhvaća sve aspekte u vožnji i ne može raditi apsolutno sve zadatke koje može raditi vozač. Super Cruise tehnologija daje mogućnost vozaču da "odmori ruke" odnosno preuzima kontrolu nad vozilom, ali samo u određenim uvjetima na cesti. Međutim, vozač mora i dalje biti na oprezu i paziti što se zbiva na cesti. Ova tehnologija se upotrebljava samo za ceste koje nisu spojene sa cestama gdje se odvija promet iz suprotnog smjera. Nije dozvoljeno njezino korištenje ako postoje neki složeni ili nesigurni uvjeti vožnje. Ti uvjeti mogu biti: upotreba u mjestima gdje se odvijaju građevinski radovi, ako su oznake prometnih traka slabo vidljive, ako je vidljivost slaba na ulasku u tunel ili uz rub ceste kao i na mjestima gdje se izlazi s autocesta. Također, korištenje nije dozvoljeno ako su vremenski uvjeti loši, npr. ako pada snijeg

ili kiša, pojava magle i leda na cesti. Ova tehnologija može upotrebljavati prepoznavanja GPS-a, kao jedan od pomoći za vozača. Također može upotrebljavati podatke koji su unaprijeđeni pomoću GPS-a. Može koristiti mapu čija je preciznost visoka te mrežu kamera pomoću koje se može održati automatska kontrola za upravljanje vozila na cesti. GPS upotrebljava podatke od karata kojima se određuje pozicija vozila. Kamera koja služi da prepozna prometnu traku ima sposobnost detektiranja označenih traka na cesti u svrhu olakšavanja vozilu za automatsko upravljanje i održavanje istog položaja trake. U ovom sustavu koristi se prilagodljivi tempomat. On je napravljen na način da ima sposobnost identificiranja vozila koja idu istim smjerom na njegovoj putanji te za povećanje brzine vozila ili za njegovo kočenje. Treba se staviti naglasak na tome da ovo nije sustav kojim se može izbjeći neki sudar te također nema mogućnost kočenja ili upravljanja vozilom da bi se izbjegao sudar.⁴⁴

Super Cruise se može aktivirati samo na području SAD-a i Kanade i na dionicama snimljenim od strane LIDAR uređaja i koje se nalaze u sustavu. Već je veliki broj ovih prometnica te se njihov broj neprestano povećava, a s ovakvim pristupom se povećava i sigurnost na njima. Ovim načinom sustav se ne oslanja samo na svoje senzore kako bi otkrio što će se dogoditi kada pređe određeni broj kilometara. Ovo se može primijeniti i tako da vozilo autonomno prilagodi brzinu kojom vozi na cesti u slučaju nailaska na zavoj.

6.2. SUSTAVI RAZINE 3

Sustav treće razina automatizacije vozila podrazumijeva uvjetnu automatizaciju vožnje. Na ovoj razini vozila mogu donekle odlučivati o nekim stvarima, poput toga hoće li preteći neko vozilo koje se sporije kreće ili neće. Da bi se odluke ovakve vrste donijele, mora biti uključena umjetna inteligencija. I na ovoj razini vozač mora pratiti što se događa u njegovoj okolini i mora biti u stanju preuzeti kontrolu nad vozilom kad god to treba. 2019. godine izašlo je prvo autonomno vozilo treće razine autonomnosti od strane tvrtke Audi. Tada je predstavljen model A8. On je sadržavao Traffic Jam Pilot koji je jedna vrsta kombinacije optičkog instrumenta za mjerenje s naprednim sensorima te obradom podataka. Audi nije mogao pusiti ovaj sustav za komercijalno korištenje u Njemačku. Taj sustav nije bio dozvoljen za javne ceste jer je za njega nedostajalo

⁴⁴ [Super Cruise for Select Vehicles | Chevrolet](#), (28.06.2023.)

regulatorno odobrenje i onda se pružila prilika tvrtci Honda da proizvede autonomno vozilo i tako postane prvi proizvođač istih.⁴⁵



Slika 20. Honda Sensing Elite

Izvor: [Watch Honda Sensing Level 3 Autonomous Tech In Flawless Action - Video \(indianautosblog.com\)](#) (28.06.2023.)

Honda Sensing Elite sustav, uz pomoć Traffic Jam Pilot-a, prikazuje kako bi vožnja u budućnosti mogla izgledati. U 3. mjesecu 2021. godine Honda je predstavila tehnologiju autonomne vožnje razine 3 na modelu Legend Hybrid EX dostupnom samo u Japanu. Time su, kao što je rečeno i ranije, postali prvi proizvođač na svijetu koji je predstavio serijski proizvedeno vozilo s autonomnom vožnjom razine 3. Honda Legend Hybrid EX je ograničen na samo 100 jedinica, stoga će mu pristup i opseg biti ograničeni.⁴⁶ Međutim, pruža uvid u to kako bi autonomna tehnologija mogla funkcionirati u budućnosti, istovremeno pokazujući napredak koji se postiže u ovoj industriji. Među nekoliko značajki pomoći pri autonomnoj vožnji, Legend Hybrid EX IMA pruža mogućnost aktivne promjene trake s time da vozač može maknuti ruke s volana kod vozilo izvodi te aktivnosti. Zapravo, funkcija vožnje bez dodira ruku je ključna značajka Sensing Elite sustava. Međutim, dok vozilo prelazi s jedne prometne trake u drugu, od iznimne je važnosti da i

⁴⁵ Choksey J. S., Wardlaw C.: Levels of Autonomous Driving, Explained, 2021., [Levels of Autonomous Driving, Explained \(jdpower.com\)](#) (28.06.2023.)

⁴⁶ Saptarshi: Watch Honda Sensing Level 3 Autonomous Tech In Flawless Action – Video, 2021., [Watch Honda Sensing Level 3 Autonomous Tech In Flawless Action - Video \(indianautosblog.com\)](#), (28.06.2023.)

vozač pogleda mrtvi kut odnosno ono što ga okružuje bez obzira što je vozilo utvrdilo da može sigurno skrenuti.

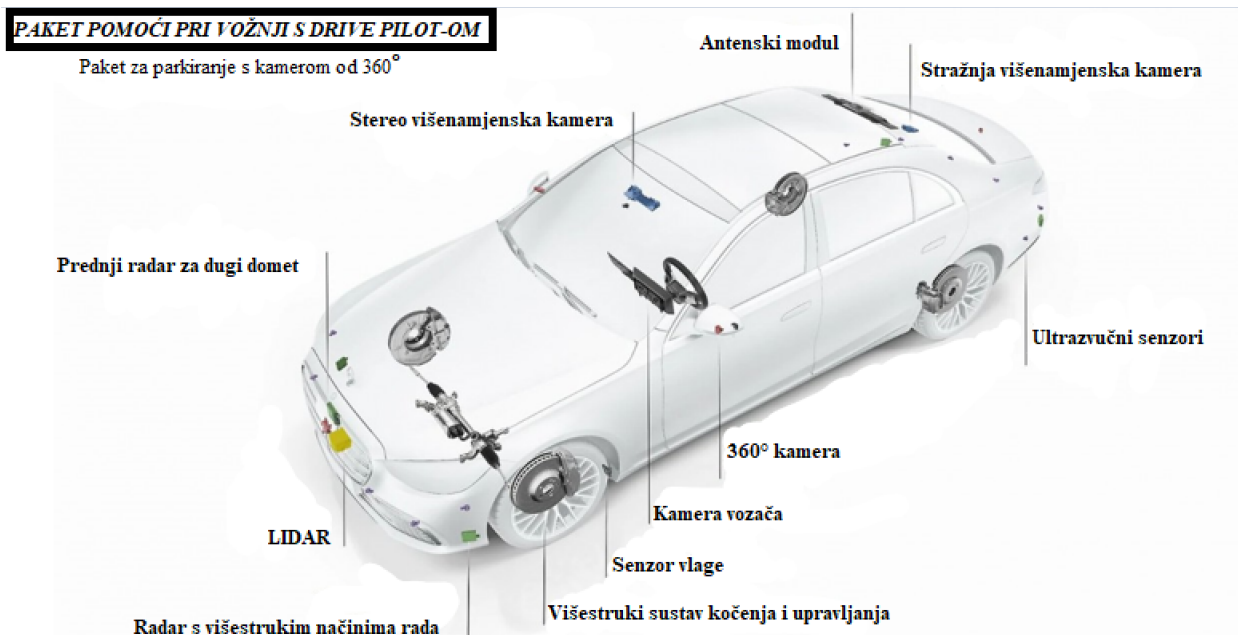
Funkcija Traffic Jam Pilot kod Honda Sensing Elite-a pomaže vozaču na način da vozilo kontrolira kočnice i gas te ima kontrolu nad upravljanjem. Time vozilo može održavati udaljenost, brzinu i položaj prometnog traka. Vozilo sve ove aktivnosti može obavljati bez potrebe za interakcijom vozača. Na vozilima koja imaju Honda Sensing Elite sustav može se unaprijed postaviti brzina i sigurna udaljenost ako voze iza drugog vozila s time da ostaju centrirani u njihovoj prometnoj traci. Ako vozilo primjeti da je ono drugo vozilo ispred njega promijenilo brzinu odnosno počelo usporavati, ono tada obavijesti vozača i sprema se za prijelaz u drugu slobodnu traku. Čak i ako su gužve na cesti odnosno ako se pojave zagušenja, Traffic Jam Pilot ima sposobnost da i u takvim situacijama može bez problema upravljati vozilom bez potrebe da vozač mora stalnu kontrolu nad vozilom. Tesla Autopilot i Super Cruise od Cadillac-a također mogu obavljati neke od ovih zadataka, ali svi ti sustavi zahtijevaju nadzor vozača.⁴⁷

Drive pilot je još jedan pojam koji se pojavljuje u vozilima treće razine autonomnosti. Pomoć pri radu dobiva od radara, lidara, kamera, ultrazvučnih senzora te senzora za vlagu radi bolje orijentacije na cesti. Ovdje je tvrtka Mercedes najjača u smislu zauzimanja za korištenje određenog broja različitih vrsta senzora, dok se Tesla najviše oslanja na kamere kao jednom od funkcija za davanje pomoći vozaču. Kod ovog sustava, vozač ne mora neprestano kontrolirati vožnju niti neprestano nadgledati cestu. Kada vozilo prometuje cestama gdje ovaj sustav najbolje funkcionira i kada se vozi određenom brzinom, nema potrebe za intervencijom vozača.

Postoje dva modela vozila koje je predstavila Tvrtka Mercedes, a to su S-klasa i EQS luksuzna vozila. Na ovim modelima je primjenjen njihov Drive Pilot sustav. Prodajom sustava treće razine autonomnih vozila moglo bi se dogoditi da to postane veliki izazov za Teslin Autopilot druge razine automatizacije vozila odnosno da mu postane konkurencija. Ono što Drive Pilot pruža svojim korisnicima je to da u određenim uvjetima mogu maknuti ruke s volana. U pravilu ne trebaju gledati na cestu do određenog trenutka kada vozilo bude dalo vozaču signal da preuzme kontrolu nad njime. Za sada ovaj sustav se može koristiti samo na određenim cestama u Njemačkoj, a njegova najveća brzina je 60 km/h. Iz toga se može zaključiti da se može koristiti

⁴⁷ Slovic M.: World's First Level 3 Self-Driving Production Car Now Available in Japan, [World's First Level 3 Self-Driving Production Car Now Available in Japan | Electronic Design](#) (28.06.2023.)

samo u uvjetima usporene vožnje, ali pretpostavlja se da će se u budućnosti njegove funkcije poboljšati.⁴⁸



Slika 21. Prikaz paketa pomoći pri vožnji s Drive Pilotom na Mercedes-Benz S klasi

Izvor: [Mercedes-Benz is first to get approval for Level 3 autonomous driving in US - ArenaEV news - shop3307.sosoutremer.org](https://shop3307.sosoutremer.org)

Ranije ove godine, Mercedes je samostalno certificirao Drive Pilot u saveznoj državi Nevada. Potvrdio da ispunjava minimalne zahtjeve za sigurnost te je izjavio da će Drive Pilot biti dostupan u Sjedinjenim Američkim Državama kao opcija za modele Mercedes-Benz S-klase i EQS Sedan za modelnu godinu 2024. Pri čemu bi prvi automobili trebali biti isporučeni kupcima krajem 2023. godine.⁴⁹

6.3. GOOGLE-OV PROJEKT WAYMO

Kada se govori o autnomnom vozilima četvrte razine autonomnosti, najbolji primjer za tu razinu je Google-ov projekt Waymo. On je divizija kompanije Alphabet Inc. (koja je vlasnik

⁴⁸ Ramey J.: Mercedes Launches SAE Level 3 Drive Pilot System, 2022., [Mercedes Launches SAE Level 3 Drive Pilot System \(autoweek.com\)](https://www.autoweek.com), (28.06.2023.)

⁴⁹ Hawkins A. J.: Mercedes-Benz is first to get approval to sell partially autonomous vehicles in California, 2023., [Mercedes-Benz is first to get approval to sell partially autonomous vehicles in California - The Verge](https://www.theverge.com) (28.06.2023.)

Google-a) koja se bavi razvojem tehnologije autonomnih vozila. Waymo je fokusiran na razvoj softverskih i hardverskih komponenti potrebnih za potpuno autonomnu vožnju, bez potrebe za intervencijom vozača. Projekt Waymo je jedan od pionira u industriji autonomnih vozila i bio je razvijen unutar Google-a prije nego što je postao samostalan entitet pod okriljem Alphabet Inc. U početku se Waymo vozilo koristilo samo u Sjedinjenim Američkim Državama. 2009. godine započeo je Google-ov projekt samovozećih vozila. Počeli su sa testiranjem autonomnih vozila s preko deset neprekidnih ruta od 100 milja odnosno 160 kilometara, a za ovo testiranje koristila su se Toyota Prius vozila. Waymo je proveo tisuće testova autonomnih vozila na cestama te je stekao značajno iskustvo u vožnji u različitim uvjetima. Nakon nekoliko mjeseci uspjeli su prijeći više autonomnih kilometara nego ikad prije.

Zatim 2015. godine, dogodila se prva potpuno autonomna vožnja na javnim cestama. Za istraživanje su se koristili Firefly (globalni brend za najam automobila koji nudi izvrsna vozila po povoljnoj cijeni) vozilima. Ta vozila su imala prilagođene senzore, računalne sustave, upravljanje i kočnice, bez upravljača ili papučica. Te godine je bila obavljena prva potpuno samovozeća vožnja na javnim cestama u Austinu, Teksas. Zanimljiva je činjenica da su za ovo testiranje, kao putnika u vozilu, uzeli osobu koja je slijepa.

Sljedeća godina koju treba spomenuti je 2016., kada Waymo postaje neovisna tvrtka za samovozeću tehnologiju. Waymo je osnovan kao samovozeća tehnološka tvrtka unutar Alphabet-a s misijom da omogući sigurno i jednostavno kretanje ljudi i stvari.

2017. godina se smatra početkom Waymo Early Rider programa. Za prvo javno testiranje autonomnog prijevoza, bili su pozvani stanovnici područja Metro Phoenix-a u Arizoni. Njihove povratne informacije bile su ključne u oblikovanju tehnologije, usluge i iskustva korisnika.

2018. godine Waymo One, kao potpuno autonomna komercijalna usluga dijeljenja prijevoza, se pokreće u Metro Phoenix-u. Vozači imaju mogućnost pozivanja autonomnog vozila da ih odvede do određeno mjesta. Pokrenula se prva komercijalna usluga autonomnog prijevoza s Chrysler Pacific Hybrid minivanom – njihovim prvim vozilom izgrađenim na platformi masovne proizvodnje koja je osmišljena i integrirana s Waymo Driverom.

2019. godine potpuno autonomne vožnje postaju sve učestalije unutar Waymo One. Počele su se nuditi potpuno autonomne vožnje odabranim korisnicima Waymo One usluge na području Metro Phoenix-a.

2020. godine Waymo nudi njihovu potpuno autonomnu uslugu Waymo One, namijenjenu samo putnicima u Metro Phoenix-u. Bilo tko u SAD-u može preuzeti aplikaciju Waymo One izravno (dostupnu na Google Playu i App Storeu) i odmah naručiti potpuno autonomnu vožnju unutar njihovog područja usluge.

2021. godine Waymo-ov program istraživanja započinje. Omogućili su odabranim stanovnicima San Francisca korištenje usluge autonomnog naručivanja vožnje za njihove svakodnevne potrebe, pružajući vrijedne povratne informacije koje oblikuju budućnost mobilnosti.

2022. godine Waymo pokreće uslugu samo za putnike u San Franciscu. Početkom te godine počeli su pružati uslugu potpuno autonomnih vožnji - bez ljudi za upravljačem - zaposlenicima i javnosti putem njihove liste čekanja. Također, iste godine Waymo je pružio prvu potpuno autonomnu uslugu prijevoza do aerodroma. Time je postao prvi autonomni servis prijevoza koji nudi plaćene, potpuno autonomne vožnje 24 sata dnevno, 7 dana u tjednu do i od aerodroma nakon što je pokrenuo vožnje na Phoenix Sky Harbor International Airport.

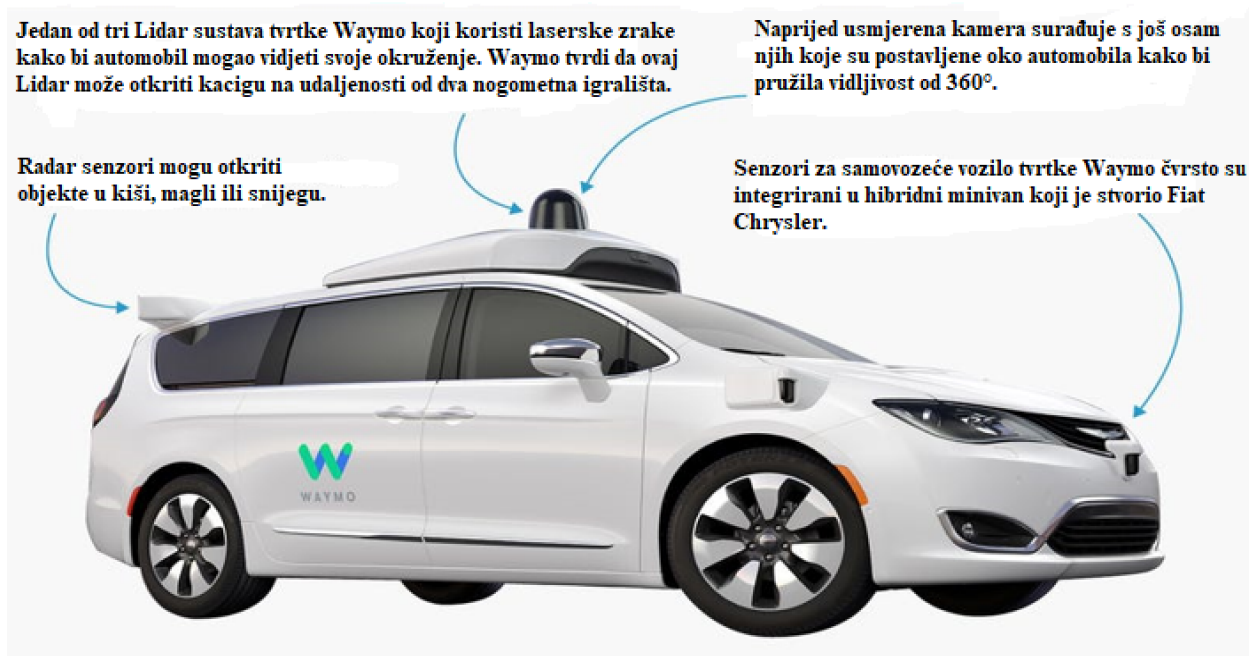
Ove godine odnosno 2023., Waymo pruža prve potpuno autonomne vožnje u svojem sljedećem gradu za prijevoz putnika: Los Angeles-u. Također, još jedna novost je i ta što flota Waymo autonomnih vozila postaje potpuno električna, oprostivši se tako od vozila Chrysler Pacifica Hybrid i odlučivši se za vozilo Jaguar I-PACE za njihovu Waymo One flotu. Waymo One ove godine udvostručuje područje usluge u Metro Phoenix-u, dodajući Scottsdale. U svibnju 2023. godine povezali su njihova područja usluge u centru Phoenix-a i istočnoj dolini u Arizoni te dodali Scottsdale, čime su stvorili najveće potpuno autonomno područje plaćenog prijevoza na svijetu s površinom od 180 četvornih milja.⁵⁰

Održavanje sigurnosti putnika i drugih sudionika u prometu uz pomoć sigurnosnih značajki (Safe Exit) pri izlasku iz vozila još je jedna od bitnih značajki koje Waymo vozila žele postići. Zasiurno je poznata pojava kada neko vozilo stiže na odredište i vozač otvara vrata pa se dogodi sudar s biciklistima kada se vrata vozila otvaraju u pokretnom prometu, poznati kao "dooring".

⁵⁰ [Autonomous Driving Technology - Learn more about us - Waymo](#), (29.06.2023.)

Prema San Francisco Municipal Transportation Agency upravo ova vrsta sudara je drugi najčešći sudar koji rezultira ozljedama ili smrtnim slučajevima. Kako bi se spriječili događaji "dooring", Waymo je implementirao nove i učinkovitije metode koje pomažu obavijestiti putnike kada su drugi sudionici u prometu blizu, koristeći istu senzorsku tehnologiju koju Waymo Driver koristi za autonomne vožnje po cestama.

KAKO RADI AUTONOMNO VOZILO TVRTKE "WAYMO"



Slika 22. Waymo autonomno vozilo

Izvor: [How Does Google's Waymo Self-Driving Car Work: GRAPHIC \(businessinsider.com\)](https://www.businessinsider.com/how-does-waymo-self-driving-car-work-graphic)

(29.06.2023.)

Danas, usluge prijevoza s vozačem mogu podsjetiti putnike koji izlaze iz vozila da budu svjesni biciklista. Budući da Waymo djeluje potpuno autonomno - bez ljudskog vozača - razvili su druge metode kako bi putnicima pružili dodatne upute. Dok je Waymo uvijek podsjećao putnike da "provjere okolinu prije izlaska iz vozila", sada koriste iste ulazne podatke koje Waymo koristi za potpuno autonomne vožnje. Uključuju svoj skup senzora i softversku platformu kako bi putnicima pružili jasna zvučna i vizualna upozorenja koja ih obavještavaju kada se približava

biciklist ili drugi sudionik u prometu dok izlaze iz vozila.⁵¹ Vrlo usko surađuju sa svojim pouzdanim osobama koje pomažu pri testiranju i zaposlenicima koji su putnici kako bi oblikovali i testirali učinkovitost njihovih obavijesti o sigurnom izlasku. Na primjer, njihov tim za korisničko iskustvo proveo je više studija sa svojim osobama. Njihovi zaposlenici kao putnici pomažu pri testiranju kako bi osigurali da implementirane značajke postignu cilj smanjenja mogućnosti sudara pri otvaranju vrata.

Baš kao što je važno da putnici znaju što se događa oko njih, jednako je važno da i drugi sudionici u prometu razumiju što Waymo vozač radi. Prikazivanjem lako razumljive ikonografije na lidaru na vrhu Waymo One vozila, može se bolje komunicirati s drugim sudionicima u prometu da se preuzimaju ili iskrcavaju putnici, ali što je još važnije, signalizira da se vrata mogu otvoriti.

Waymo vozila se prvenstveno koriste u Sjedinjenim Američkim Državama, ali žele proširiti svoje usluge i na druga područja, kao što su neki gradovi u Kanadi i Velikoj Britaniji. Trenutni fokus je na razvijanju i proširenju aktivnosti i usluga u različitim dijelovima svijeta. U skorije vrijeme, vidjet će se hoće li Waymo vozila uspjeti postići ono što su zamislila.

Može se reći da je projekt Waymo postigao značajan napredak u sigurnosti i pouzdanosti autonomnih vozila. Cilj projekta Waymo je omogućiti sigurnu i učinkovitu autonomnu vožnju koja bi mogla promijeniti način na koji se ljudi prevoze i kako prometni sustav funkcionira.

6.4. PRIMJENA AUTONOMNIH VOZILA U HRVATSKOJ

Prije šest godina u Hrvatskoj se po prvi put počeo koristiti Uber kao vozilo za obavljanje usluge prijevoza putnika čime se poboljšala usluga taksi prijevoza. Međutim, kako vrijeme ide polako se razmišlja i o tome da se unaprijede i naša vozila u smislu uvođenja autonomnih vozila na našim prometnicama.

S obzirom da se u SAD-u već koriste autonomna vozila, tako se i Europska Unija želi priključiti korištenju takve vrste vozila. S obzirom da je Hrvatska ušla u Europsku Uniju, možemo

⁵¹ Al-Heeti A.: Waymo's New Feature Scans for Cyclists, Other Cars to Prevent Accidents, 2023., [Waymo's New Feature Scans for Cyclists, Other Cars to Prevent Accidents - CNET](#), (29.06.2023.)

pretpostaviti da će se to ticati i nas. Naime, 2022. godine Europska komisija je došla s prijedlogom zakonodavnog okvira. Taj bi okvir omogućio zemljama članicama EU da mogu svake godine odobriti prodaju do 1500 vozila po modelu koji bi imali ugrađenu naprednu tehnologiju kojom bi vozila samostalno vozila.⁵² Kao što je ranije spomenuto, još ne postoje vozila gdje vozači ne trebaju nadzirati ono što se događa prilikom vožnje odnosno ne smiju se isključiti. Međutim, europski proizvođači imaju za cilj omogućiti tehnološku prednost naspram drugih. Ovaj Zakon bi uključivao 17 odvojenih tehničkih pravila kojima bi se izmijenio način kojim zemlje članice Europske Unije daju dozvole za prodaju vozila. Europska Unija teži k tome da se dopusti prodaja vozila treće razine autonomnosti. Poslije, želja Europske Komisije je da upravo EU postane prva koja bi omogućila zakonsko dopuštanje prodaje vozila četvrte razine autonomije. Vozila te razine imaju sposobnost samostalne vožnje. Ali s obzirom da nema razvoja u području zakonodavstva i infrastrukture i da vozila četvrte razine autonomnosti ove vožnje mogu obavljati samo na ograničenim lokacijama. To se još naziva i “geofencing”.

Mate Rimac, osnivač tvrtke Rimac koja je najveći hrvatski proizvođač električnih sportskih vozila, još je prije govorio kako bi bilo dobro uvesti autonomne taksije na našim cestama. S obzirom da se sada događaju izmjene Zakona za prijevoz u cestovnom prometu gdje bi zakonski bilo moguće uvesti autonomne taksije za svakodnevno korištenje, njegova želja odnosno taj projekt bi se mogao ostvariti. Iz tvrtke Rimac kažu da su spremni za autonomna vozila. Također, najavili su da će osnovati Udrugu za poticanje i reguliranje autonomnih vozila. Osnivanjem ove Udruge želi se dati podrška ostalim tvrtkama odnosno kompanijama, regulatorima, gradovima i svima onima koji imaju želju za sudjelovanje u primjeni i razvoju autonomnih vozila.

Primjena autonomnih vozila u Hrvatskoj, kao i u drugim zemljama, nosi potencijal za transformaciju prometnog sustava i društva u cjelini. Iako Hrvatska još uvijek nije na samom vrhu razvoja autonomne tehnologije, postoje potencijalni scenariji primjene. Hrvatska je popularna turistička destinacija s velikim brojem posjetitelja. Autonomna vozila mogu pružiti udoban i siguran prijevoz turistima od aerodroma do odredišta. Također, u gradovima poput Zagreba i Splita, gdje su prometni zastoji i zagađenje zraka problem, autonomna vozila mogu pridonijeti boljem upravljanju prometom i smanjenju zagađenja kroz bolju koordinaciju vožnje.

⁵² R. I.: Autonomna vozila uskoro i na našim cestama: Europska unija donosi ključni zakon!, 2022., [Autonomna vozila uskoro i na našim cestama: Europska unija donosi ključni zakon! – Revija HAK](#) (29.06.2023.)



Slika 23. Prvo autonomno vozilo marke Renault tvrtke Rimac

Izvor: [Rimac u Zagrebu testira vozila s autonomnom vožnjom \(mnovine.hr\)](#) (29.06.2023.)

Prvo autonomno testno vozilo (slika 22.) koje je pušteno na naše ceste je bilo vozilo tvrtke Rimac. Ovo je vozilo posjedovalo osam kamera čija je svrha bila snimanje vožnje. Sadrži šest radara, dvanaest ultrazvučnih senzora koji mogu prepoznati ako se nalazi neka prepreka na cesti, zatim ima jedinicu za inercijsko mjerenje i GPS koji ima visoku preciznost. Vozilo je kontrolirano od strane Rimac sustava umjetne inteligencije te se primjenjuje u korist prikupljanja informacija i za testiranja algoritama. Ovo vozilo ima mogućnost prikupljanja čak dvanaest terabajta podataka u jednom satu. Kontrola vozila može obavljati izvana i iznutra.

Najnovija vijest je ta da je od strane Glavne Uprave za tržišno natjecanje Europske Komisije (GU Comp/DG Competition), odobrena dodjela bespovratnih sredstava od 179,5 milijuna eura za tvrtku Project 3 Mobility čiji je jedan od osnivača upravo Mate Rimac. Ovim projektom će se raditi na tome da potpuno autonomna električna vozila i robotaksiji zažive.⁵³ Ako se ovaj projekt bude pokazao uspješnim, to će biti velika prekretnica za autoindustriju u Hrvatskoj.

⁵³ Odobrena dodjela 179,5 milijuna eura poticaja za autonomne taksije Mate Rimca, 2023., [autonet • Odobrena dodjela 179,5 milijuna eura poticaja za autonomne taksije Mate Rimca](#), (29.06.2023.)

7. UTJECAJ PANDEMIJE COVID-19 NA AUTONOMNU TEHNOLOGIJU

Zbog ogromnog utjecaja koji je COVID-19 imo na cijeli svijet, autonomna tehnologija sve više dolazi do izražaja uslijed visoke infektivnosti među ljudima. Kina je prva implementirala upotrebu autonomnih "robota" u bolnicama za dostavu hrane zaraženim pacijentima kako bi se smanjila potrebna izloženost. Kako je u jednom periodu rizik od infekcija sve više rastao, sve više ljudi u Kini i diljem svijeta oslanjali su se na autonomne taksije u svojoj svakodnevnoj rutini kako bi smanjili izloženost drugim ljudima. Prema riječima Zhenyua Lija iz Baidu Intelligent Driving Group: "Nakon što smo prošli kroz pandemiju i podržali prvu liniju, shvatili smo da su automatizacija i inteligencija najbolja rješenja za ljude kako bi odgovorili na velike hitne situacije". Baidu, kao jedan od lidera u tehnologiji autonomnih vozila, izbacio je 104 samoupravljujućih automobila u 17 gradova koji su pomagali u obavljanju anti-epidemijskog rada na prvoj liniji, poput dezinfekcije, čišćenja i logistike prijevoza uz podršku partnerskih tvrtki.⁵⁴



Slika 24. Autonomno vozilo za dostavljanje hrane i medicinskih potrepština u Pekingu tijekom pandemije COVID-19.

Izvor: [Autonomous vehicles could be crucial in responding to future pandemics \(therobotreport.com\)](https://therobotreport.com)

⁵⁴ Perman L.: Autonomous vehicles, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, 2020., p.63., [Autonomous vehicles \(Perman\).pdf](#), (01.07.2023.)

Vozila su dostavljala hranu i opskrbu bolnici Beijing Haidian koja je trebala hraniti preko 100 članova osoblja na prvoj liniji koji liječe rastući broj pacijenata. Također, svakodnevno su se koristila samoupravljujuća vozila za dezinfekciju cesta. Ta samoupravljujuća vozila mogla su provesti potpune operacije dezinfekcije koje obuhvaćaju široka područja. Također, patrolirala su ulicama kako bi upozorila ljude na kršenje pravila o blokadi.

Pandemija COVID-19 također je imala i značajan utjecaj na razvoj autonomne tehnologije na način da su se dogodila određena ograničenja i prekidi u proizvodnji. Pandemija je uzrokovala prekide i ograničenja u proizvodnim lancima diljem svijeta. To je moglo utjecati na proizvodnju autonomnih vozila i komponenti potrebnih za njihov rad. Također došlo je do ograničenja testiranja. Mnoge tvrtke su morale suspendirati ili ograničiti testiranje autonomnih vozila zbog ograničenja putovanja i mjera socijalne distance. To je moglo usporiti tempo razvoja i testiranja autonomne tehnologije. Što se tiče povećane potrebe za kontaktom bez kontakta, pandemija je povećala svijest o potrebi za smanjenjem kontakta među ljudima radi sprječavanja širenja bolesti. To bi moglo povećati interes za autonomnu tehnologiju, jer autonomna vozila mogu omogućiti kontakt bez kontakta u prijevozu putnika i dostavi. Došlo je i do povećanja interesa za dostavu hrane i tereta. U vrijeme pandemije, potreba za dostavom hrane i tereta povećala se zbog mjera izolacije i ograničenja putovanja. To bi moglo potaknuti i razvoj autonomne tehnologije za dostavu i logistiku. Gledajući na financijski utjecaj, pandemija je imala negativan financijski utjecaj na mnoge tvrtke, uključujući i one koje se bave autonomnom tehnologijom. Financijski izazovi mogu utjecati na tempo istraživanja, razvoja i implementacije autonomne tehnologije.

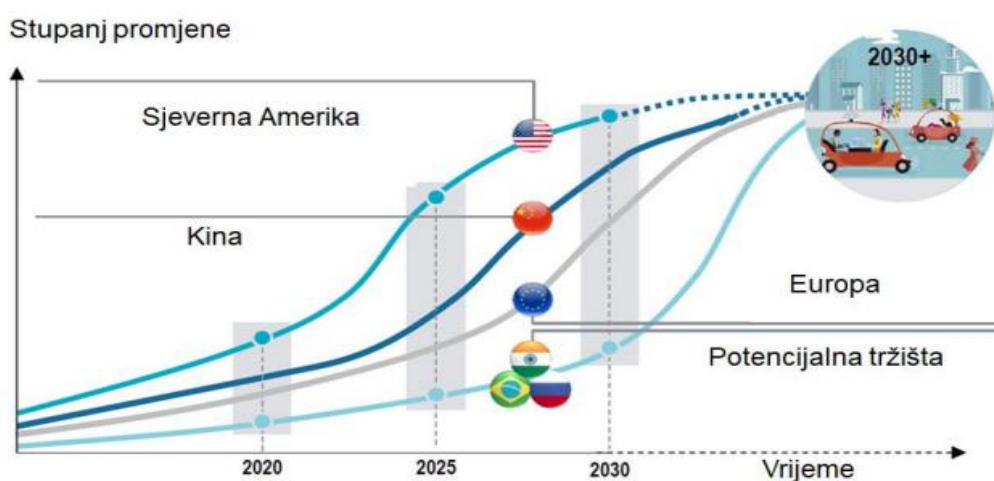
Zbog sve veće opasnosti od ljudskog kontakta u vanjskom svijetu, ljudi su sve više birali autonomna vozila kako bi se prevezli s točke A na točku B i manje su koristili obične taksi usluge. Autonomna tehnologija tu je da nam pomogne izbjeći nepotreban ljudski kontakt i zaštititi naše živote. Važno je napomenuti da je utjecaj pandemije na autonomnu tehnologiju dinamičan i može se mijenjati s vremenom kako se situacija razvija i mjere suzbijanja pandemije evoluiraju. Pandemija je donijela mnoge promjene koje neće nestati. Stručnjaci i mislioci predviđaju da pandemija predstavlja prekretnicu koja će ubrzati digitalnu revoluciju.⁵⁵

⁵⁵ Grosbard E.: Autonomous vehicles could be crucial in responding to future pandemics, 2020., [Autonomous vehicles could be crucial in responding to future pandemics \(thebotreport.com\)](https://www.thebotreport.com), (01.07.2023.)

8. RAZVOJ I POBOLJŠANJE AUTONOMNIH VOZILA U BUDUĆNOSTI

Procjenjuje se da će za nekoliko godina jedno od pet vozila imati neku vrstu bežične mrežne povezanosti. Ta mrežna povezanost nije jednostavna jer će se s povećanjem broja autonomnih vozila na cestama morati prilagoditi i infrastruktura cesta. Potpuno autonomna vozila zahtijevaju procijenjenih 4.000 GB podataka svaki dan za svu ugrađenu tehnologiju. Također, nedavna studija procjenjuje da bi električni tegljač trošio energiju potrebnu za napajanje 4.000 domova kako bi se potpuno ponovno napunio. Kako bi podržala masovni prijenos podataka između vozila i između vozila i cesta, infrastruktura cesta i sama vozila moraju biti opremljeni brzim 5G internetskim brzinama kako bi pratili sve veću potražnju za brzim internetom.

Prema studiji Global automotive supplier study highlights, smatra se da će primjena autonomnih vozila doživjeti najveći rast u Sjevernoj Americi. To se može i pretpostaviti kada se pogleda da Amerika već ima vozila četvrte razine autonomnosti. Poslije Amerike predviđa se porast primjene autonomnih vozila i u Kini te naposljetku u Europi.



Slika 25. Prikaz stope rasta autonomnih vozila u svijetu

Izvor: [Karakteristike automobila budućnosti \(Mikulić\).pdf](#) (01.07.2023.)

Na ovoj slici je prikazan najveći stupanj rasta autonomnih vozila za period od 2025. do 2030. godine. Može se primjetiti da se najveća ekspanzija predviđa za Sjevernu Ameriku. Ovdje će se provoditi stroge regulacije propisa. Što se tiče velikih gradova u Europi, oni su spremni za prihvaćanje autonomnih vozila jer imaju zadovoljavajuće uvjete.

8.1. DIZAJN VOZILA BUDUĆNOSTI

Što se tiče dizajna vozila u budućnosti, kao prvo bitno je napomenuti da bi se netko odlučio za određeno vozilo, treba mu se dopasti i izgled vozila. To se primjenjuje na konvencionalna, ali i na autonomna vozila. Iz toga razloga je bitno da se prilikom izrade autonomnih vozila, jedan dio pažnje usmjeri i prema poboljšanju samog izgleda odnosno dizajna ovih vozila. Ako autonomna vozila budu služila za zajedničku ili individualnu uslugu, njihova će potražnja na tržištu biti veća ako su privlačnog dizajna odnosno izgleda.

Oblik vozila i njegovih dijelova uvelik ovisi o njegovim funkcijama. Mogu postojati tri vrste dizajna autonomnih vozila s obzirom na njihov oblik, a to su sljedeća (Slika 26.):

- Vozila za kratke udaljenosti za prijevoz unutar grada, unutar predgrađa i za posljednji dio puta (short distance vehicles)
- Vozila za srednje do duge udaljenosti za mješovitu upotrebu u predgrađu i gradu (medium-to-long distance vehicles)
- Višenamjenska vozila za osobnu namjenu (multi-purpose vehicles).⁵⁶



Slika 26. Prikaz procjene mogućih dizajna vozila

Izvor: [roland_berger_tab_autonomous_driving.pdf](#) (01.07.2023.)

⁵⁶ Berger R.: Autonomous driving Disruptive innovation that promises to change the automotive industry as we know it — it's time for every player to think:act!, 2014., [roland_berger_tab_autonomous_driving.pdf](#), (01.07.2023.)

Iako su dosadašnje promjene evolucijske, potpuno autonomno vožnja će predstavljati ključnu točku koja će revolucionirati automobilsku industriju. Osobno vlasništvo vozila neće izumrijeti ni u dugoročnom smislu. Međutim, strukture vlasništva vozila i njihovi dizajni bit će drastično promijenjeni. S potpunim autonomnim sposobnostima, vozila će moći doći do putnika, a nakon toga moći će voziti do drugog putnika ili se parkirati samostalno. Očekuje se da će današnje ponude crnih limuzina, taksija, zajedničkih vožnji i najma vozila spojiti u jednu jeftinu ponudu mobilnosti na zahtjev. S niskim troškovima i visokom praktičnošću, mobilnost na zahtjev može postati uspostavljena i široko korištena metoda za osobnu mobilnost u gradovima, predgrađima i za svakodnevne vožnje.

Vozila za kratke udaljenosti vjerojatno bi se koristila kao dio usluge mobilnosti na zahtjev. Pretežito bi se koristila za kratka putovanja unutar gradova, predgrađa ili za prijevoz do/od javnog prijevoza poput najbliže stanice podzemne željeznice. Prosječna udaljenost putovanja uglavnom je manja od 10 do 15 milja odnosno 16 do 24 kilometara. Važne karakteristike ovog vozila jesu: učinkovita potrošnja goriva, niska emisija štetnih plinova, niski troškovi održavanja te pouzdanost. Kapacitet ovog vozila je jedan do dva putnika s ograničenim prostorom za teret. Potpuno automatizirane flote mobilnosti na zahtjev postat će važan dio vozila na tržištu. Tržišna struktura će se promijeniti od visoko fragmentiranog individualnog vlasništva vozila do visoko koncentriranog vlasništva flote od strane pružatelja mobilnosti, s učinkom homogenizacije tog segmenta vozila i značajnim promjenama u poslovnim modelima automobilske industrije. Općenito, bit će manje potražnje za osobnim vozilima. Međutim, očekujemo da će postojati rastući trend prema premium vozilima, jer ljudi žele izražavati svoju individualnost kroz vlasništvo nad vozilom.

Vozilo za srednje do duge udaljenosti koristila bi se za putovanja srednjeg i dugog dometa u predgrađima i gradovima. Primarni fokus bi bio stavljen na veću udobnost za duža putovanja. Prosječna udaljenost putovanja uglavnom je preko 10-15 milja odnosno 16-24 kilometara. To je srednje do veliko vozilo s kapacitetom za 4+ putnika i velikim prostorom za teret. Važne karakteristike ovog vozila jesu: udobnost, učinkovita potrošnja goriva, niska emisija štetnih plinova, niski troškovi održavanja te pouzdanost.

Što se tiče višenamjenskih vozila za osobnu namjenu koriste se u svrhu personaliziranog ili rekreacijskog putovanja za više putnika. Njihov primarni fokus je osobno iskustvo putovanja i

udobnost. Može ići do bilo koje udaljenosti. To je srednje do veliko vozilo s kapacitetom od 1 do 4+ putnika te velikim prostorom za teret. Područja korištenja: gradovi, predgrađa i ruralna područja. Važne karakteristike ovog vozila jesu: individualizacija, udobnost, online usluge, učinkovita potrošnja goriva, niska emisija štetnih plinova te niski troškovi održavanja.

8.2. UTJECAJ NA LJUDSKU PSIHLOGIJU I DRUŠTVENE NAVIKE

Može se reći da su društvene navike jedno od važnih pitanja što se tiče socioloških istraživanja i vrlo bitne kada se radi o implementiranju bilo koje nove tehnologije u društvu. Što se autonomna vozila budu više razvijala, to će stvoriti veći utjecaj što se tiče prijevoza ljudi. Taksi vozila i kamioni će vrlo vjerojatno neće postojati. Veliki utjecaj će se ostaviti i na javni prijevoz jer neće više biti potrebe za javnim uslugama odnosno one će se smanjiti te će zagušenja prometa u gradovima biti manja.

Utjecaj autonomnih vozila na ljudsku psihologiju i društvene navike je složena tema koja zahtijeva daljnje istraživanje i analizu. Međutim, postoje neka područja koja su prepoznata kao potencijalni utjecaj autonomnih vozila na ljude. Na primjer, autonomna vozila mogu pružiti osjećaj sigurnosti jer su opremljena naprednim senzorima i sustavima za samovođenje koji mogu smanjiti rizik od nesreća. To može utjecati na psihološki dojam sigurnosti kod vozača i putnika. Uvođenje autonomnih vozila može utjecati i na promjenu stavova ljudi prema tehnologiji. Kako se sve više ljudi upoznaje s autonomnom tehnologijom i vidi njezine prednosti, može se razviti veće povjerenje u tehnologiju i prihvaćanje novih inovacija. Kada ljudi preuzmu ulogu putnika u autonomnom vozilu umjesto vozača, to može utjecati na njihove navike i percepciju vožnje. Na primjer, ljudi mogu koristiti vrijeme u vozilu za obavljanje drugih aktivnosti poput rada, odmora ili zabave, umjesto da se fokusiraju na vožnju. Uvođenje autonomnih vozila može utjecati na promjene u urbanom planiranju i infrastrukturi. Na primjer, može se prilagoditi parkiranje, prometne rute i dizajn cesta kako bi se bolje integrirala autonomna vozila u gradski okoliš.

Važno je napomenuti da su ovo samo neki aspekti utjecaja autonomnih vozila na ljudsku psihologiju i društvene navike. Daljnja istraživanja i praćenje razvoja autonomne tehnologije bit će ključni za bolje razumijevanje ovog utjecaja i prilagodbu društva novim promjenama.

Jedan problem kojeg se neće moći izbjeći je taj da neće svi ljudi odmah htjeti prihvatiti autonomna vozila. Od kada postoje vozila, ljudi su bili oni koji su upravljali njima i imali potpunu kontrolu. Sama pomisao da čovjek neće morati ništa raditi i da će ga vozilo samo odvesti do njegovog odredišta je jako teško za zamisliti, a još više prihvatiti iz razloga što sama pomisao da bi autonomno vozilo moglo izazvati prometnu nesreću ili smrt putnika, ima ogroman utjecaj na psihologiju ljudi. Neki ljudi neće nikada prihvatiti takva vozila, ali zato treba raditi na tome da ih većina prihvati na način da se poboljša njihova sigurnost, pouzdanost i učinkovitost.

8.3. PRAVNA OGRANIČENJA

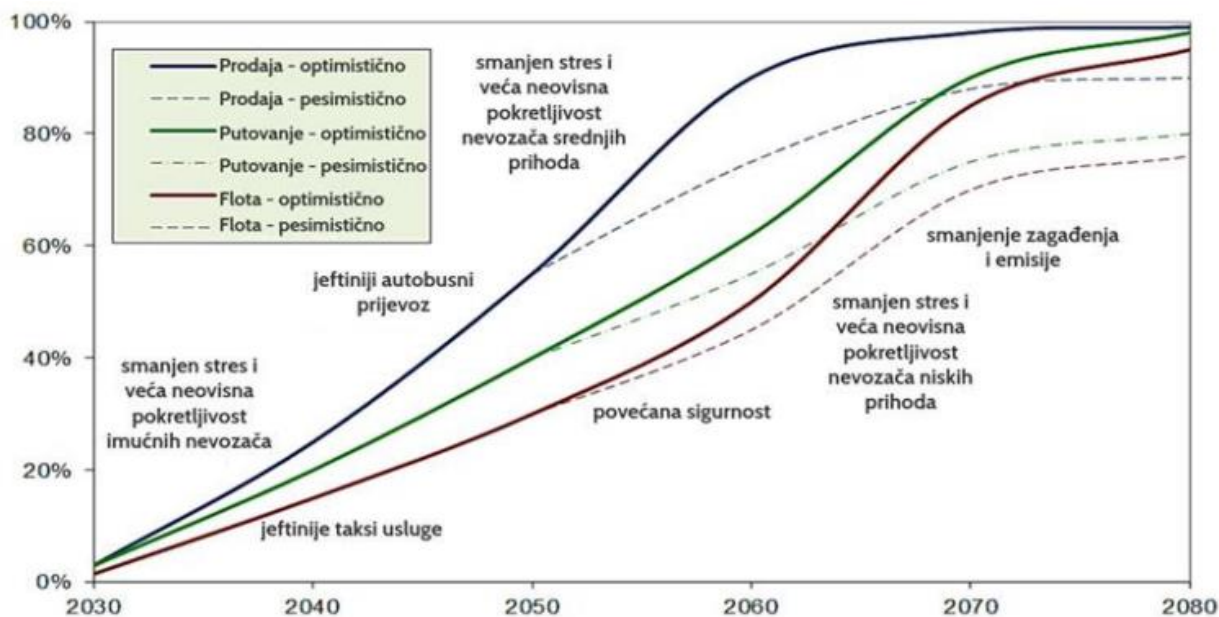
Trenutni pravni okvir odnosno pravni sustav većeg broja zemalja nije oblikovan na način da bi zadovoljio potrebu praktične primjene autonomnih vozila. Postoji nekoliko bitnih problema koji su vezani za upotrebu autonomnih vozila, a to su:⁵⁷

- problemi vezani za licencu – trenutno veliki broj zemalja nema pravila koja se tiču autonomnih vozila
- propisi vezani uz vožnju – propisi vezani za vožnju autonomnih vozila se temelje na propisima za ljudsku vožnju
- definiranje odgovornosti – ako ne postoji vozač u vozilu na koji se način provodi definiranje odgovornosti?
- informacijska sigurnost – može li autonomno vozilo bilježiti put koji prolazi te postoji li veza između mapiranja autonomnog vozila i sigurnosti informacija u državi ili regiji?

Pravna ograničenja za autonomna vozila razlikuju se od zemlje do zemlje, jer svaka jurisdikcija ima vlastite zakone i propise koji se odnose na promet i sigurnost na cestama. Postoje neka pravna ograničenja koja se primjenjuju za autonomna vozila. Na primjer autonomna vozila moraju zadovoljavati određene sigurnosne standarde i propise koji su propisani zakonodavstvom o sigurnosti cestovnog prometa. To uključuje usklađenost s tehničkim zahtjevima, sustavima kočenja, signalizacijom, brzinom kretanja i drugim sigurnosnim aspektima.

⁵⁷ Gamilec T.: Utjecaj autonomnih vozila na sigurnost cestovnog prometa, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2022., p.39., [Utjecaj autonomnih vozila na sigurnost cestovnog prometa \(Gamilec\).pdf](#) (02.07.2023.)

Autonomna vozila mogu zahtijevati posebne licence ili dozvole kako bi bila zakonito korištena na cestama. To može uključivati poseban postupak licenciranja za vozače autonomnih vozila ili posebne registarske oznake koje označavaju autonomna vozila. Pitanje odgovornosti za nesreće ili incidente povezane s autonomnim vozilima također je važno pravno pitanje. Treba razmotriti tko je odgovoran u slučaju nesreće - vozač, proizvođač vozila, programer softvera ili druga strana. Autonomna vozila prikupljaju razne vrste podataka o vožnji i putnicima. Ograničenja privatnosti i zaštita podataka su također važna pitanja koja treba uzeti u obzir u pravnim okvirima autonomnih vozila. Za autonomna vozila koja prelaze granice između zemalja, važno je uskladiti se s međunarodnim propisima i sporazumima koji se odnose na cestovni promet i sigurnost.



Slika 27. Predikcija prodaje, voznog parka, putovanja i korisnosti autonomnih vozila

Izvor: [Utjecaj autonomnih vozila na sigurnost cestovnog prometa \(Gamilec\).pdf](#) (02.07.2023.)

Slika 27. prikazuje grafikon koji ilustrira predviđanje tržišne ekspanzije autonomnih vozila. Prema ovim informacijama može se zaključiti da će se čekati najmanje do 2045. godine prije nego što polovica novih vozila postane autonomna, a do 2060. godine prije nego što polovica voznog parka postane autonomna, a možda i duže zbog tehničkih izazova ili preferencija potrošača.

9. ZAKLJUČAK

Prva prva pomisao koju bi ljudi trebali imati pri spominjanju automnih vozila bi trebala biti poboljšanje i pojednostavljenje prometa na cestama. Oni koji su optimistični, smatraju da bi vozila pete razine autonomnosti trebala zaživjeti do 2030. godine. Možda ta godina na prvi pogled izgleda još daleko, ali zapravo će vrlo brzo doći i pitanje je hoće li se autonomna vozila te razine stvarno moći razviti do tada. Hoće li ta vozila biti potpuno dostupna svim ljudima, hoće li biti dovoljno sigurna i pouzdana da zamijene sadašnja konvencionalna vozila te kakva će biti njihova učinkovitost.

Postoji značajna neizvjesnost u vezi s prednostima, troškovima, brzinom implementacije, potražnjom potrošača i utjecajem na promet autonomnih vozila. Upravljanje vozilom na javnim cestama je složeno zbog čestih interakcija s drugim, često nepredvidljivim objektima poput životinja, pješaka, biciklista i drugih vozila. Potrebno je ostvariti značajan napredak kako bi autonomna vozila mogla pouzdano funkcionirati u svim normalnim uvjetima, uključujući mješoviti gradski promet, jake kiše i snijeg, neasfaltirane ceste te loše internet veze. Bit će potrebno nekoliko godina testiranja i odobrenja regulatornih tijela prije nego što autonomna vozila postanu dostupna komercijalno. Autonomni način rada će dodatno povećati troškove. Prve generacije autonomnih vozila vjerojatno će biti skupe i ograničene u tome gdje i kada mogu funkcionirati. Ta ograničenja i troškovi vjerojatno će utjecati na prodaju.

Stručnjaci za promet (planeri, inženjeri i analitičari) imaju važne uloge u razvoju i implementaciji autonomnih vozila. Imaju mogućnost pomoći u definiranju standarda izvedbe koje moraju autonomna vozila zadovoljiti da bi legalno operirala na javnim cestama. Trebali bi procijeniti rizike i prilike koje ona predstavljaju te razviti politike koje osiguravaju da njihova implementacija podržava strateške ciljeve zajednice, uključujući smanjenje zagušenja, javnu sigurnost i zdravlje te poboljšane mogućnosti za ugrožene skupine ljudi. Također treba uzeti u obzir činjenicu da će se trebati pronaći način na koji će se privući ljude na kupnju ovih vozila jer će dosta njih u početku imati manjak povjerenja i biti skeptični. Zato je od izrazite važnosti da se javnosti omoguće odgovori na najvažnija pitanja koja se tiču autonomnih vozila. Utjecaj autonomne tehnologije sve više raste kako se otkrivaju nove primjene. Svako autonomno vozilo je ekološki prihvatljivije što znači da autonomna tehnologija ne samo da bi učinila naš život sigurnijim i lakšim, već bi također pomogla u zaštiti našeg okoliša.

LITERATURA

Internetski izvori:

1. *Union of Concerned Scientists, Self-Driving Cars Explained*, 21.02.2018. [Self-Driving Cars 101 | Union of Concerned Scientists \(ucsusa.org\)](#) (14.05.2023.)
2. *LiDAR Sensors Key for Transition from Current ADAS Packages to Higher Level Autonomy*, 17.04.2018. [ABI Research Forecasts 8 Million Vehicles to Ship with SAE Level 3, 4 and 5 Autonomous Technology in 2025](#) (18.05.2023.)
3. *The 6 Levels of Vehicle Autonomy Explained*, [The 6 Levels of Vehicle Autonomy Explained | Synopsys Automotive](#) (18.05.2023.)
4. Kadić M.: *Autonomna vozila*, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, 2021. [magdalena.kadic.zavrzni.rad.pdf](#) (18.05.2023.)
5. *Tomorrow autonomous driving, today the Traffic Jam Pilot*, 10.01.2019. [Tomorrow autonomous driving, today the Traffic Jam Pilot - MoDo VGI \(volkswagengroup.it\)](#) (18.05.2023.)
6. Čičko T.: *Analiza razvoja tehnologija i sustava osobnih autonomnih vozila*, Sveučilište Sjever, 2022. [*analiza_razvoja_tehnologija_i_sustava_cicko.pdf](#) (18.05.2023.)
7. Perman L.: *Autonomous vehicles*, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, 2020. [diplomski.rad.luka.perman.pdf](#) (18.05.2023.)
8. Luša J.: *Poboljšanje prometnog sustava primjenom autonomnih vozila*, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, 2016. [lusa.jelena.pfri.2016.diplo.sveuc.pdf](#) (18.05.2023.)
9. Pavlić M.: *Autonomna cestovna vozila – Robote, vozi polako*, 19.04.2021. [Autonomna cestovna vozila - Robote, vozi polako - Transport @ Bug.hr](#) (20.05.2023.)
10. Barać A.: *Sigurnost i pouzdanost autonomnih vozila*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2021. [Sigurnost i pouzdanost autonomnih vozila \(Barać\).pdf](#) (20.05.2023.)
11. *What is GPS?* [What is GPS? | Garmin](#) (23.05.2023.)
12. Slunjski S.: *Vozila bez vozača kao bitan faktor u gradskoj logistici*, Sveučilište Sjever, 2019. [vozila bez vozaca kao bitan faktor u gradskoj logistici slunjski.pdf](#), (01.06.2023.)
13. *Chat GTP*, OpenAI (01.06.2023.)

14. Pavlović B.: *Prilagodba infrastrukture cestovnog prometa autonomnoj vožnji*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2022. [Prilagodba infrastrukture cestovnog prometa autonomnoj vožnji \(Pavlović\).pdf](#) (01.06.2023.)
15. Ojvan L.: *Primjena AI u autonomnim vozilima*, Sveučilište u Zagrebu, Ekonomski fakultet, 2022. [Primjena AI u autonomnim vozilima \(Ojvan\).pdf](#) (01.06.2023.)
16. Paris S.: *Umjetne neuronske mreže*, Sveučilište u Rijeci, Filozofski fakultet u Rijeci, 2017. [view \(uniri.hr\)](#) (02.06.2023.)
17. Gamilec T.: *Utjecaj autonomnih vozila na sigurnost cestovnog prometa*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2022. [Utjecaj autonomnih vozila na sigurnost cestovnog prometa \(Gamilec\).pdf](#) (07.06.2023.)
18. Schmenke H.: *Automobilska kibernetička sigurnost: Novi obvezni propisi*, 06.12.2022. [Kibernetička sigurnost u automobilskoj industriji – Izazov za proizvođače izvorne opreme | DQS \(dqsglobal.com\)](#) (07.06.2023.)
19. *Cybersecurity Challenges in the Uptake of Artificial Intelligence in Autonomous Driving*, 11.02.2021. [Cybersecurity Challenges in the Uptake of Artificial Intelligence in Autonomous Driving — ENISA \(europa.eu\)](#) (07.06.2023.)
20. Watanabe N., Ryugen H.: *Cheaper lidar sensors brighten the future of autonomous cars*, 30.05.2021. [Cheaper lidar sensors brighten the future of autonomous cars - Nikkei Asia](#) (07.06.2023.)
21. Mikulić D., Rauker J., Šaban A., Katana B.: *Karakteristike automobila budućnosti u kontekstu razvoja sigurnosti prometa*, Sveučilište Velika Gorica, 2020. [Karakteristike automobila budućnosti \(Mikulić\).pdf](#) (15.06.2023.)
22. Vrbos G.: *Pametna i autonomna vozila*, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, 2021. [Pametna i autonomna vozila \(Vrbos\).pdf](#) (20.06.2023.)
23. Leslie J.: *Will Self-Driving Cars Usher in a Transportation Utopia or Dystopia?*, 08.01.2018., [Will Self-Driving Cars Usher in a Transportation Utopia or Dystopia? - Yale E360](#) (20.06.2023.)
24. *Volvo Cars teams up with world's leading mobility technology platform DiDi for self-driving test fleet*, 19.04.2021., [Volvo Cars teams up with world's leading mobility technology platform DiDi for self-driving test fleet - Volvo Cars Global Media Newsroom](#), (25.06.2023.)
25. *Autonomni automobili: što je to?, razine, vožnja i još mnogo toga*, [Autonomni automobil: što je to?, razine, vožnja i više – Sljedbenici ▷ ➔ \(seguidores.online\)](#) (28.06.2023.)

26. Reynolds R.: *Tesla Autopilot vs. Full Self-Driving (FSD): What Are The Differences?*, 28.06.2023., [Tesla Autopilot vs. Full Self-Driving \(FSD\): What Are The Differences? - History-Computer](#) (28.06.2023.)
27. [Autopilot | Tesla](#), (28.06.2023.)
28. *Autopilot and Full Self-Driving Capability*, [Autopilot and Full Self-Driving Capability | Tesla Support](#) (28.06.2023.)
29. [Super Cruise for Select Vehicles | Chevrolet](#), (28.06.2023.)
30. Choksey J. S., Wardlaw C.: *Levels of Autonomous Driving, Explained*, 05.05.2021., [Levels of Autonomous Driving, Explained \(jdpower.com\)](#) (28.06.2023.)
31. Saptarshi: *Watch Honda Sensing Level 3 Autonomous Tech In Flawless Action – Video*, 25.03.2021., [Watch Honda Sensing Level 3 Autonomous Tech In Flawless Action - Video \(indianautosblog.com\)](#), (28.06.2023.)
32. Slovic M.: *World's First Level 3 Self-Driving Production Car Now Available in Japan*, 19.03.2021. [World's First Level 3 Self-Driving Production Car Now Available in Japan | Electronic Design](#) (28.06.2023.)
33. Ramey J.: *Mercedes Launches SAE Level 3 Drive Pilot System*, 09.05.2022., [Mercedes Launches SAE Level 3 Drive Pilot System \(autoweek.com\)](#), (28.06.2023.)ž
34. Hawkins A. J.: *Mercedes-Benz is first to get approval to sell partially autonomous vehicles in California*, 08.06.2023., [Mercedes-Benz is first to get approval to sell partially autonomous vehicles in California - The Verge](#) (28.06.2023.)
35. [Autonomous Driving Technology - Learn more about us - Waymo](#), (29.06.2023.)
36. Al-Heeti A.: *Waymo's New Feature Scans for Cyclists, Other Cars to Prevent Accidents*, 09.05.2023., [Waymo's New Feature Scans for Cyclists, Other Cars to Prevent Accidents - CNET](#), (29.06.2023.)
37. R. I.: *Autonomna vozila uskoro i na našim cestama: Europska unija donosi ključni zakon!*, 07.07.2022., [Autonomna vozila uskoro i na našim cestama: Europska unija donosi ključni zakon! – Revija HAK](#) (29.06.2023.)
38. *Odobrena dodjela 179,5 milijuna eura poticaja za autonomne taksije Mate Rimca*, 25.05.2023., [autonet • Odobrena dodjela 179,5 milijuna eura poticaja za autonomne taksije Mate Rimca](#), (29.06.2023.)

39. Grosbard E.: *Autonomous vehicles could be crucial in responding to future pandemics*, 26.03.2020., [Autonomous vehicles could be crucial in responding to future pandemics \(therobotreport.com\)](https://therobotreport.com), (01.07.2023.)

40. Berger R.: *Autonomous driving Disruptive innovation that promises to change the automotive industry as we know it — it's time for every player to think:act!*, studeni 2014. [roland berger tab autonomous driving.pdf](#), (01.07.2023.)

Članci s interneta:

1. Bosch P. M., Becker F., Becker H., Axhausen K. W.: *Cost-benefit analysis of autonomous mobility services*, vol.64(C), 2018., p.76.-91., online: [Cost-based analysis of autonomous mobility services \(sciencedirectassets.com\)](https://www.sciencedirect.com) (07.06.2023.)

2. Linkov V., Zámečník P., Havlíčková D., Pai C. W.: *Human Factors in the Cybersecurity of Autonomous Vehicles: Trends in Current Research*, Front. Psychol. 10:995, vol.10., 2019., [Frontiers | Human Factors in the Cybersecurity of Autonomous Vehicles: Trends in Current Research \(frontiersin.org\)](https://www.frontiersin.org) (07.06.2023.)

3. Holstein T., Dodig Crnkovic G., Pelliccione P.: *Ethical and Social Aspects of Self-Driving Cars*, 2018. [PDF Ethical and Social Aspects of Self-Driving Cars \(researchgate.net\)](https://www.researchgate.net) (15.06.2023.)

4. Imai T.: *Legal regulation of autonomous driving technology: Current conditions and issues in Japan*, vol.43., no.4., 2019., p. 263-267, Hasei University, Tokyo, Japan, online: [PDF Legal regulation of autonomous driving technology: Current conditions and issues in Japan \(researchgate.net\)](https://www.researchgate.net) (25.06.2023.)

POPIS SLIKA

Slika 1. Šest razina automatizacije vozila	5
Slika 2. Waymo LLC - autonomno vozilo razine 4	8
Slika 3. Prikaz procjene prilagodbe vozila autonomnoj vožnji	9
Slika 4. Koristi primjene autonomnih vozila u prometu	11
Slika 5. Funkcionalne komponente autonomnog vozila	13
Slika 6. LIDAR-ova detekcija okoline laserskim impulsima	15
Slika 7. Prikaz V2V sigurnosne tehnologije	19
Slika 8. Metoda zaključivanja AKO-ONDA + uvjet OSIM AKO	22
Slika 9. Arhitektura neuronskih mreža	23
Slika 10. Prikaz međuodnosa tri bitna elementa sigurnosti prometa	25
Slika 11. Prikaz ljudskog faktora u kibernetičkoj sigurnosti po razinama autonomije vozila	30
Slika 12. Prikaz detekcije lica vozača	34
Slika 13. Prikaz cijena prema putničkom kilometru u odnosu na količinu putnika	40
Slika 14. Prikaz pitanja i problema za autonomno planiranje vozila	48
Slika 15. Teslin model S	51
Slika 16. Teslin model X	52
Slika 17. Teslin model Y	52
Slika 18. Teslin model 3	53
Slika 19. Cadillac CT6 – General Motors	55
Slika 20. Honda Sensing Elite	57
Slika 21. Prikaz paketa pomoći pri vožnji s Drive Pilotom na Mercedes-Benz S klasi	59
Slika 22. Waymo autonomno vozilo	62
Slika 23. Prvo autonomno vozilo marke Renault tvrtke Rimac	65
Slika 24. Autonomno vozilo za dostavljanje hrane i medicinskih potrepština u Pekingu tijekom pandemije COVID-19	66
Slika 25. Prikaz stope rasta autonomnih vozila u svijetu	68
Slika 26. Prikaz procjene mogućih dizajna vozila	69
Slika 27. Predikcija prodaje, voznog parka, putovanja i korisnosti autonomnih vozila	73