

Autonomna vozila u logistici

Zaro, Dino

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:187:635780>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-26**



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**

DINO ZARO

AUTONOMNA VOZILA U LOGISTICI

DIPLOMSKI RAD

Rijeka, 2023.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

**AUTONOMNA VOZILA U LOGISTICI
AUTONOMOUS VEHICLES IN LOGISTICS**

DIPLOMSKI RAD

Kolegij: Strateški razvoj prometnog sustava

Mentor: Doc dr. sc. Dražen Žgaljić

Student: Dino Zaro

Studijski smjer: Logistika i menadžment u pomorstvu i prometu

JMBAG: 0112074662

Rijeka, rujan 2023.

Student/studentica: DINO ZARO

Studijski program: LOGISTIKA I MENADŽMENT U POMORSTVU I PROMETU

JMBAG: 011 207 4662

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI DIPLOMSKOG RADA

Kojom izjavljujem da sam diplomski rad s naslovom

AUTONOMNA VOZILA U LOGISTICI
(naslov diplomskog rada)

izradio/la samostalno pod mentorstvom

DOC. DR. SC. DRAŽEN ŽIGALJIC
(prof. dr. sc. / izv. prof. dr. sc. / doc dr. sc Ime i Prezime)

te komentorstvom _____

stručnjaka/stručnjakinje iz tvrtke _____
(naziv tvrtke).

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

Student/studentica

Dino Zaro
(potpis)

Ime i prezime studenta/studentice

DINO ZARO

Student/studentica: DINO ZARO

Studijski program: LOGISTIKA I MENADŽMENT U POMORSTVU I PROMETU

JMBAG: 0112074662

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/>

Student/studentica - autor

Dino Zaro

(potpis)

SAŽETAK

Razvoj vozila u svrhu ispunjenja ljudskih potreba za prijevozom započinje izumom kotača, a dobiva glavni veliki uzlet u prvoj industrijskoj revoluciji izumom motornog, parnog pogona. Postepeni daljnji razvoj rezultira velikim brojem visoko naprednih vozila, koja sadrže inteligentne informatičke sustave koji se oslanjaju na umjetnu inteligenciju. Tako nastaje i ideja autonomnih vozila koja mogu samostalno voziti bez vozača, oslanjajući se na vlastite sustave navođenja. Istodobno se razvija inteligentni transportni sustav u kojem je jedna od bitnih sastavnica upravo komunikacija s navedenim inteligentnim vozilima. Time se povećavaju sigurnost i brzina odvijanja prometa, kao i njegova funkcionalnost u cjelini, što predstavlja odgovor na povećane potrebe moderne logistike za prijevozom robe i putnika. Kroz devet poglavlja obraditi će se nastanak i razvoj autonomnih vozila od same ideje, pa do stupnja razvijenosti u kojem se danas nalaze.

Ključne riječi: Autonomna vozila, inteligentni transportni sustavi, logistika, sigurnost u prometu

SUMMARY

The development of vehicles for the purpose of fulfilling human needs for transportation begins with the invention of the wheel, and gets its main big takeoff in the first industrial revolution with the invention of the motor, steam drive. Gradual further development results in many highly advanced vehicles, which contain intelligent IT systems that rely on artificial intelligence. This is how the idea of autonomous vehicles that can drive independently without a driver, relying on their own guidance systems, is born. At the same time, an intelligent transport system is being developed in which one of the essential components is communication with the mentioned intelligent vehicles. This increases the safety and speed of traffic, as well as its functionality, which is a response to the increased needs of modern logistics for the transport of goods and passengers. Through nine chapters, the origin and development of autonomous vehicles will be covered from the idea, up to the level of development in which they are today.

Keywords: Autonomous vehicles, intelligent transport systems, logistics, traffic safety

SADRŽAJ

SAŽETAK	II
SUMMARY	II
SADRŽAJ	III
1. UVOD	1
1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKTI ISTRAŽIVANJA.....	1
1.2. RADNA HIPOTEZA	2
1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA	2
1.4. ZNANSTVENE METODEDE	2
1.5. STRUKTURA RADA.....	3
2. POJAM PROMETA	5
2.1. Značajke prometa	5
2.2. Povijest prometa	6
3. POVIJEST AUTONOMNIH VOZILA	8
3.1. Povijest vozila.....	8
3.2. Povijest autonomnih vozila	10
4. UPRAVLJAČKI SUSTAVI AUTONOMNIH VOZILA	15
4.1. ITS sustav	15
4.2. 5G mreža u autonomnim vozilima	17
4.3 C-ITS sustav u autonomnim vozilima	17
4.4 V2X sustav u autonomnim automobilima	19
4.5 Lidar tehnologija.....	22
4.6 Kamere u autonomnim vozilima	23
4.7 Usporedba prednosti i nedostataka tehnologije Kamera i Lidar tehnologije.....	24
5. RAZINE AUTOMATIZACIJE AUTONOMNIH VOZILA	28
5.1. Razine automatizacije kopnenih vozila	28
5.2 Razine automatizacije vodnih vozila	30
6. PREDNOSTI I NEDOSTACI AUTONOMNIH VOZILA	32
6.1 Prednosti autonomnih vozila	32
6.2 Nedostaci autonomnih vozila	33

7. ZNAČAJ AUTONOMNIH VOZILA U LOGISTICI I NJIHOVA PRIMJENA	35
7.1 Općenita definicija logistike	35
7.2 Autonomni kamioni	36
7.3 Autonomni automobili.....	41
7.4 Autonomni brodovi.....	47
7.5 Proizvođači tehnologija za autonomne automobile.....	51
7.6 Primjeri nesreća autonomnih vozila	56
8. PRAVNE REGULATIVE VEZANE UZ AUTONOMNA VOZILA	60
8.1 Pravne regulative vezane uz kopnena autonomna vozila	60
8.2 Pravne regulative vezane uz autonomne brodove	63
9. ZAKLJUČAK.....	67
LITERATURA	69
KAZALO KRATICA.....	74
POPIS SLIKA.....	77

1. UVOD

1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKTI ISTRAŽIVANJA

Promatrajući razvoj prometa kroz tijek povijesti od njegovog nastanka do danas, uočljiva je povećana potreba za prijevozom putnika, tereta, energije i informacija koja raste razmjerno povećanju sveukupnog broja stanovnika i razmjerno razvoju tehnologija namijenjenih optimizaciji prijevoznih aktivnosti u prometnom sustavu. Isto tako, vozila se od njihovog nastanka pa do danas postepeno usavršavaju i prilagođavaju prometnoj potražnji, dok se njihov broj konstantno povećava kako bi se povećala prometna ponuda u dovoljnom kapacitetu za zadovoljenje prometne potražnje. U skladu s glavnim načelima logistike u općenitom značenju, potrebno je omogućiti prijevoz koji omogućava najbržu moguću isporuku uz najmanji trošak, što na koncu predstavlja optimalno rješenje. Prometna mreža je neophodna za prijevoze obavljane vozilima, a sama prometna mreža bez vozila nema učinka. Spomenutim povećanjem broja vozila povećana su zagušenja prometnica, što usporava prijevozne procese, povećava onečišćenje i negativno utječe na sigurnost u prometu. Relativno nova ideja odgovora na navedene probleme jest primjena autonomnih vozila koja u kooperaciji s inteligentnim transportnim sustavima pozitivno utječu na smanjenje prometnih gužvi, a posljedično i na smanjenje zagađenja, te na povećanje sigurnosti, budući da je u 94% nesreća odgovoran ljudski faktor. Još jedna ideja smanjenja zagađenja je primjena električnog pogona kako u konvencionalna, tako i u autonomna vozila. Iako bi se pozitivni efekti primjene autonomnih vozila odrazili na dobrobit globalnog odvijanja prometa, postoje brojni sigurnosni i pravni izazovi s kojima se susreću autonomna vozila kao relativno nova tehnologija.

Uzimajući u obzir sve činjenice može se determinirati problem istraživanja: Intenziviranjem prometne potražnje i potrebom za prijevozom većeg broja ljudi, tereta, energije i informacija nalaže se potreba za pronalaženjem modernih inovativnih rješenja koja će odgovoriti na zahtjeve tržišta, uz istovremeno osiguravanje visoke razine sigurnosti, smanjenje onečišćenja i protočnost prometnih pravaca.

Iz definiranog problema istraživanja može se definirati predmet istraživanja: Istražiti povijest prometa od nastanka u smislu prometne infrastrukture i u smislu vozila koja se koriste prometnom infrastrukturom kako bi se u cjelini obavljalo prijevozne procese, njihovo zajedničko funkcioniranje, te popratne procese u skladu s načelima logistike kao aktivnosti optimizacije prijevoznih procesa kako bi se moglo stvoriti podlogu za razumijevanje potrebe

za pronalaženjem novih prometnih rješenja, opisati ideju i tehnologije autonomnih vozila, te ukazati na pogodnosti njihove primjene u prometnom sustavu čime bi se odgovorilo na aktualnu problematiku smanjenja onečišćenja, povećanja sigurnosti i povećanja protočnosti prometnica prisutnih u prometnom sustavu.

Problem istraživanja i predmet istraživanja odnose se na tri međusobno povezana objekta istraživanja, i to: Prometni sustav, logistiku te autonomna vozila.

1.2. RADNA HIPOTEZA

Sukladno bitnim odrednicama problema, predmeta i objekta istraživanja postavljena je radna hipoteza: Sustavnim proučavanjem prometa sa svim njegovim karakteristikama kao i sustavnim proučavanjem primjene vozila u prometnoj mreži, te determiniranjem neosporne važnosti uspješnog odvijanja prometnih procesa u sferi logističkih operacija, stvorene su osnovne pretpostavke za pronalaženje načina sigurne primjene autonomnih vozila pri kojoj se ostvaruje optimalni učinak na prometnu mrežu, kao i na predstojeće zahtjeve korisnika prometa u budućnosti.

1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Svrha i ciljevi istraživanja tematike autonomnih vozila u logistici jesu evaluirati trenutnu razinu dostignuća na području autonomnih vozila kako bi se procijenio efekt na logističke operacije i odvijanje prometa, te potom ustvrdila razina potrebe za uvođenjem autonomnih vozila, da bi se na kraju ustvrdilo vremensko razdoblje u kojem bi se njihovo uvođenje trebalo realizirati. Neka pitanja su: Što je promet? Kako koegzistiraju promet i vozila? Koji su razlozi pronalaska novih, naprednijih tehnologija prijevoza? Kako riješiti probleme s kojima se suvremeni promet susreće? Mogu li autonomna vozila donijeti potrebne inovacije u svrhu održivijeg razvoja prometa?

1.4. ZNANSTVENE METODE

U istraživanju teme ovoga rada, kao i u prezentaciji rezultata istraživanja korištene su povijesna metoda, metoda deskripcije, metoda analize i sinteze te metoda indukcije i dedukcije. Radi usporedbe pojedinih pokazatelja korištena je metoda komparacije.

1.5. STRUKTURA RADA

Diplomski rad sastoji se od devet poglavlja koja su tematski povezana, te je ishod obrade svakog pojedinog dijela teme u cjelini rezultat diplomskog rada.

Prvo poglavlje UVOD sadrži predmet i cilj istraživanja, strukturu rada, primijenjene metode i osnovnu hipotezu rada.

Drugo poglavlje POJAM PROMETA sadržava sažeti opis nastanka prometa kao i povijesna događanja i uzroke koji su doveli do njegovog nastanka, te se opisuju karakteristike i značajke prometa, kako bi se lakše razumjelo razloge potrebe za implementacijom modernih kibernetičkih rješenja u prometni sustav.

Treće poglavlje POVIJEST AUTONOMNIH VOZILA radi boljeg razumijevanja zadane tematike i dobivanja teoretske podloge, sadrži opis razvoja vozila kroz povijest koji navodi na važnost njihove primjene, te postepeno kroz nova otkrića i industrijske revolucije dovodi do razvoja autonomnih vozila te modernih vozila kakva se koriste u suvremenom prometu.

Četvrto poglavlje UPRAVLJAČKI SUSTAVI AUTONOMNIH VOZILA sadrži nabrojane moderne visoko napredne tehnologije koje se ugrađuju u autonomna vozila, time im omogućavajući sigurno kretanje i interakciju s korisnicima, okolinom (prometnom infrastrukturom), mrežom i međusobno između vozila. Navedene tehnologije prvenstveno su orijentirane mogućnosti vozila da bude upoznato sa svojom geografskom pozicijom te trenutnom lokacijom, prepoznajući okolinu.

Peto poglavlje naziva RAZINE AUTOMATIZACIJE AUTONOMNIH VOZILA sadržava podjelu samostalnosti kopnenih i vodnih autonomnih vozila prema razinama, pri čemu kopnena vozila imaju pet razina a vodna četiri razine, pri čemu je zajednički orijentir da viši broj označava višu razinu. Razine se tumači zbirno i pojedinačno.

Šesto poglavlje PREDNOSTI I NEDOSTACI AUTONOMNIH VOZILA donosi rezultate istraživanja prednosti i nedostataka autonomnih vozila, gdje se oni navode i

objašnjavaju kako bi se mogao donijeti zaključak o isplativosti primjene autonomnih vozila, te zaključak o potrebnim koracima za ispravljanje njihovih nedostataka.

Sedmo poglavlje ZNAČAJ AUTONOMNIH VOZILA U LOGISTICI I NJIHOVA PRIMJENA iznosi logistiku kao znanstvenu disciplinu te sažeto navodi njene najbitnije karakteristike, te zatim kako bi se rezultati istraživanja iz prethodnih poglavlja mogli sjediniti, navode se konkretni primjeri nekih autonomnih vozila koja se koriste u logistici: kamioni, automobili i brodovi. Navode se primjeri nesreća sa smrtnim ishodom u kojima su sudjelovala autonomna vozila, što predstavlja podlogu za iduće poglavlje. Završetak poglavlja upotpunjen je podacima o nekima od relativno brojnih proizvođača tehnologija za autonomna vozila.

Osmo poglavlje PRAVNE REGULATIVE KOJE SE ODOSE NA AUTONOMNA VOZILA rezimira tematiku autonomnih vozila kroz opis njihov aspekt pred zakonom, te se zasebno opisuju pravne regulative koje uređuju korištenje kopnenih autonomnih vozila i vodnih autonomnih vozila. Povodom podataka o nesrećama iz sedmog poglavlja naznačuje se važnost pomnog strukturiranja zakonskih i prometnih propisa koji će se na njih odnositi, te se pruža uvid u blisku prošlost kako bi se bolje razumjelo kako su donesene trenutne regulative.

Deveto poglavlje ZAKLJUČAK induktivno rezimira podatke istraživanja iz svih poglavlja i na njihovom temelju iznosi rezultat diplomskog rada.

2. POJAM PROMETA

2.1. Značajke prometa

Promet u najužem smislu označava izraz koji uključuje prijevoz kao specijaliziranu djelatnost koja pomoću prometne infrastrukture i prometne suprastrukture omogućava proizvodnju prometne usluge, ali i sve operacije u vezi s prijevozom robe i ljudi, te popratne komunikacije. Predstavlja izrazito složen proces koji je nužno promatrati kao cjelokupan prometni sustav, te zahtijeva multidisciplinarni pristup. Neophodan je kako bi nacionalni i međunarodni sustav robne razmjene, sustav nacionalnih, regionalnih i međunarodnih gospodarstava, te sustav društvene reprodukcije mogli optimalno funkcionirati, budući da je promet vrlo značajna gospodarska i negospodarska djelatnost u sustavu društvene reprodukcije (proizvodnja-raspodjela-razmjena-potrošnja), koja se inkorporirala i ekonomski učvrstila u sustavu razmjene dobara, kroz koji povezuje sustav proizvodnje i sustav potrošnje, odnosno sustav ponude i potražnje. Dok konvencionalni promet ima samo lokalno značenje i u pravilu u gospodarskim sustavima igra sporednu ulogu, kombinirani i multimodalni prijevozi, bilo nacionalni ili međunarodni, imaju dominantnu ulogu u svim razvijenim gospodarstvima svijeta. Konstantni i u relativno nedavnoj povijesti ubrzani razvoj znanosti tehnike i tehnologije utemeljen na činiteljima proizvodnje uvelike utječe na odvijanje složenih dinamičkih procesa u prometnom sustavu, te aktivno utječe na sudionike u prometnom sustavu koji predstavljaju samu bit optimalnog funkcioniranja prometnog sustava. S obzirom na brojne novootkrivene tehnologije u domeni suvremenih transportnih sustava, poput kontejnerizacije, paletizacije i multimodalnih tehnologija prijevoza koje olakšavaju i ubrzavaju prijevozne usluge u prometnom procesu, može se primijetiti pozitivan utjecaj razvoja znanosti na čimbenike prijevoza.¹

U uvjetima suvremene proizvodnje, tržišne ekonomije i međunarodne razmjene, svjetska nacionalna tržišta roba i usluga, što uključuje i tržišta prometnih i prijevoznih usluga, postaju mjesta sukoba kao i mjesta poistovjećivanja interesa brojnih čimbenika međunarodne robne i uslužne razmjene raznih društvenoekonomskih sustava s različitim stupnjem razvijenosti proizvodnih snaga, proizvodnih i društvenih odnosa. S obzirom na odnos ponude i potražnje, razvojem novih tehničkih rješenja i većom prometnom ponudom, povećava se potražnja za prijevoznom i prometnom uslugom što predstavlja međusobno usko povezan i neprekidan

¹ Zelenika R., Jakomin L. 1995., *Suvremeni transportni sustavi*, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci; Tipograf d.d, Rijeka, str. 15, 16

proces. Znanost koja izučava postizanje najboljeg učinka prometnog sustava zove se tehnologija prometa, koja je kao interdisciplinarna u smislu posebnog znanstvenog područja i kao multidisciplinarna u smislu posebnog znanstvenog polja specijalizirana za izučavanje zakonitosti metoda, postupaka, odnosno procesa proizvodnje prometne usluge.²

2.2. Povijest prometa

Vremenska razdoblja za koja se vežu prvi počeci prometa kao aktivnosti prijenosa dobara i ljudi sežu u davnu prošlost, onu još i prije izuma kotača. Točnije, prema povijesnim izvorima promet se pojavljuje u pretpovijesno doba, kada je čovjek kao lualica lovom prehranjivao pleme, svoju obitelj i sebe, a ulovljene životinje je pretpovijesni čovjek snagom ruku vukao ili nosio do spilje ili primitivne nastambe u kojoj je boravio skrivajući se od vremenskih nepogoda. Nakon što je pripitomio divlje životinje, one uz ostale funkcije preuzimaju i funkciju prometnog sredstva najprije noseći, a kasnije i vukući iza sebe podloge sastavljene od međusobno povezanih grana. Kako su ljudi birali za svoja naselja mjesta u blizini vode koja je predstavljala izvor hrane kao i mjesto odvijanja prijevoza te savladavanje velikih udaljenosti u puno kraćem vremenu uz istodobnu uštedu glavnog resursa tog vremena, hrane, istodobno se s kopnenim prometom razvija vodni promet. Za prijenos vodom prvo se koristilo debla, čija se nosivost dubljenjem povećala, a nakon toga se krenulo spajati više debla kako bi se izgradilo splav.

Značajno unaprjeđenje promet ostvaruje u doba antičkih civilizacija, kada se životinje osobito pripremaju za promet usavršavanjem nosila i vučnih vozila koja su nosile i vukle životinje, a plovila se povećavaju i postaju čvršće konstrukcije. Po konstrukciji plovila, pomorskim vještinama i udaljenostima koje su savladavali osobito su bili poznati Feničani, koji su u trgovačkim aktivnostima oplovili istočni Mediteran.³

Na ubrzani razvoj cesta uvelike je utjecao početak trgovine tadašnjim resursima, rudama i soli, što je na koncu rezultiralo i stvaranjem prvih država. Oko dvije tisuće godina prije naše ere počinju se razvijati prometne veze koje povezuju veliki dio Europe, a tome su pokazatelji solni put, jantarski put i svileni put. Jantarski put (od Baltika do Mediterana), kojim su se osim samog jantara također prenosilo i krzno, sol, kositar i druga raznovrsna roba, a s obzirom na dugotrajnu neprekidnost korištenja ovog puta za obavljanje aktivnosti trgovine prepoznatljiv je kao najstariji trgovački put Europe. Razdoblje Rimskog carstva koje se na vrhuncu moći

² Zelenika R. 2001., *Prometni sustavi*, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, str. 52

³ Mrnjavac E. 2006., *Promet u turizmu*, 2. izmijenjeno i dopunjeno izdanje, Fakultet za turistički i hotelski menadžment, Opatija, str. 29, 30

prostiralo priobalnim pojasom Mediterana, obilježeno je porastom broja kola s usavršenom konstrukcijom kotača koji se prema mišljenjima stručnjaka i povijesnim izvorima odvio 4000-3500 godina prije naše ere. Radi potrebe da se kolonije što kvalitetnije povežu uz središte carstva, rezultat je bio gradnja kamenih cesta u ukupnoj duljini od oko 150 000 kilometara. Od upravo te prometne mreže pojedine dionice su sačuvane do danas, a u brojnim područjima novoizgrađene prometnice spajale su se na rimsku trasu.

Kraj srednjeg vijeka predstavlja razdoblje povijesti kada se u prometu počinju pojavljivati velike promjene koje će imati presudan utjecaj na današnji izgled svjetskog prometnog sustava. Popuštanje srednjevjekovnog režima života i reorganizacija društva na širem geografskom području uz oživljavanje proizvodnje dovode do potrebe za pronalaženjem novih tržišta, a nova iskustva donose i nove spoznaje. Poboljšana i čvršća konstrukcija morskih plovila, otkriće kompasa i drugih navigacijskih pomagala te izrada vjernijih nautičkih karti omogućili su oplovljivanje svijeta, otkriće morskog puta do Indije, pa i otkriće Amerike. Izraziti kvalitativni pomak u razvitku prometa uvjetovan je industrijskom revolucijom u 18. stoljeću. Viškovi industrijskih proizvoda koji nisu mogli biti potrošeni na mjestu proizvodnje, te konstrukcija parnog stroja utjecali su na porast prometne potražnje, ali i oblikovanje ponude koja će biti u stanju zadovoljiti tu potražnju.⁴

⁴ Hozjan D., 2006., *Cestovne prometnice I*, Zagreb, online: http://e-student.fpz.hr/Predmeti/C/Cestovne_prometnice_I/Materijali/1predavanje.pdf (28.05.2023.)

3. POVIJEST AUTONOMNIH VOZILA

3.1. Povijest vozila

Kopnena i pomorska vozila ljudi su krenuli razvijati tisućama godina prije Krista, već na samim počecima ljudske civilizacije. Glavni cilj bio je olakšati svakodnevne aktivnosti poput putovanja, prijenosa tereta, a kasnije i trgovačkih aktivnosti. Prva vozila bila su nemotorizirana i pokretana ljudskom i životinjskom snagom. Pokretanje lančane reakcije razvoja kopnenih vozila pokrenuo je izum kotača koji se prema većini mišljenja odvio 4000-3500 godina prije Krista. Uz otkriće tehnologije obrade metala i otkriće vatre, izum kotača je svakako jedno od najvažnijih civilizacijskih dostignuća čovječanstva, budući da su ljudima tada bile otvorene nove, do tada nezamislive mogućnosti. Neostvarivi ciljevi sada su postali ostvarivi, kao primjerice prevesti veliku količinu tereta s jedne na drugu točku i savladavanje velikih udaljenosti s teretom, što je na koncu rezultiralo razvojem prvih sela i gradova. Brojni kulturni spomenici i povijesne građevine iz antičkih vremena, hramovi, palače, amfiteatri ili egipatske piramide ne bi mogli biti izgrađeni da za dopremu građevnog materijala nije bila korištena tehnologija koja je počivala na principu kotača. Kada su u pitanju vodna vozila, ljudi su ustanovili da prelaskom vodenih površina mogu savladati velike prostorne udaljenosti štedeći vrijeme i resurse, pa su krenuli koristiti primitivna plovila poput običnog izdubljenog debla što je u samom početku služilo svrsi, a prvi brodovi potječu iz neolitika 10 000 godina prije Krista.

Premda je kotač, dakle, donio velike prednosti u svakoj sferi ljudskog života, nametao se je problem pronalaska učinkovitog pogona budući da su potreba za prijevozom bile sve veće, te su kopneni pogon koji je počivao na snazi ljudskih ruku i teglećih životinja poput konja i volova i pomorski pogon koji je počivao na snazi vjetra i ljudskih ruku postajali nedostadni u smislu produktivnosti i uštede vremena. Tako je modernizacija gotovo potpuno zaustavljena, i dugi period do otkrića parnog stroja u osamnaestom stoljeću, pogon se oslanjao na silu gravitacije, pogon ljudskom i životinjskom snagom i pogon obnovljivim prirodnim izvorima poput vjetra ili vode.

Povijest vodnih vozila u smislu prijevoza ljudi i dobara seže u davnu povijest te se pojavljuje nastankom prvih civilizacija (Egipćana, Feničana, Grka, Rimljana, Ilira). Prvo vozilo korišteno za plovidbu vjerojatno je bilo naprasno oboreno deblo pogonjeno snagom ljudskih ruku, dlanovima. Nakon razvitka prvih primitivnih plovila poput izdubljenih debla pogonjenih improviziranim veslima, prvi pravi poznati brodovi potječu iz neolitika prije deset tisuća godina. Nekada pogonjeni snagom vjetra, morskih i vodenih struja i snagom ljudskih ruku, u

19. stoljeću zahvaljujući Robertu Fultonu i George Stephensonu dobivaju pogon parnih strojeva koji će se spominjati u daljnjem tekstu, čime započinje jedna potpuno nova era u razvoju brodova. Nakon otkrića Ottovog benzinskog motora s unutrašnjim sagorijevanjem, kasnije je otkriven i dizelski motor koji je ukomponiran kao pogonski stroj broda. S vremenom se razvija i električni pogon koji se trenutno nastoji prilagoditi brodovima, koji iziskuju visoku količinu pogonske energije za svoje pogonske jedinice.

Prva industrijska revolucija u drugoj polovici osamnaestog stoljeća označila je okretanje nove stranice u ljudskoj povijesti pronalaskom parnog stroja, za čiji je pronalazak i patentiranje zaslužan inženjer James Watt. Nakon više tisućljeća korištenja pogona na bazi gravitacije, ljudske i životinjske snage i prirodno obnovljivih izvora pogona poput vjetera ili snage morskih struja i vodenih tokova, danas zastarjeli koncept parnog stroja je u vrijeme svog pronalaska predstavljao revoluciju i nešto do tada neviđeno, te otvorio do tada neviđene mogućnosti u transportu dobara, prijevozu ljudi, poljoprivredi, crnoj metalurgiji i tekstilnoj industriji. Prema legendama je Watt razmišljao kako bi se moglo implementirati parni stroj u cestovno vozilo, što je zapravo bila jedna od prvih ideja automobila. Prva preteča automobila bila je konstruirana nekoliko desetljeća nakon pronalaska parnog stroja. U drugoj polovici osamnaestog stoljeća, Nicholas Joseph Cugnot je konstruirao „parnu kočiju“ čija je maksimalna brzina kretanja iznosila 3,6 kilometara na sat i mogla je prevesti do četiri osobe, a imala je upravljač i kotače koji su omogućavali slobodno kretanje izvan ograničene rute, poput tračnica. Francuska vojska naručila je izradu nekoliko sličnih parnih kočija za vuču teške artiljerije i topova tako da se ovaj „automobil“ može nazvati prvim terenskim vozilom u povijesti, premda je konstrukcijom i prijenosom snage više podsjećao na vrstu lokomotive-tegljača.

Tridesetak godina kasnije, 1803. godine, engleski inženjer i izumitelj Richard Trevithick konstruirao je parnu diližansu. Bila je to vrsta kočije koja je odostraga imala parni kotao, mogla je prevoziti 9 putnika, a kretala se brzinom od oko 13 kilometara na sat. Vozilo je imalo veliku masu i stoga je imalo ograničeni domet i kretanje, te je ova diližansa imala veće sličnosti s modernim automobilima nego prethodno spomenuta Cugnotova parna kočija.⁵

Nakon samog patenta i izrade spomenutih vozila, bila su potrebna brojna sigurnosna testiranja prije implementacije u prijevozna sredstva za masovni prijevoz, pa se prva primjena u tu namjenu ostvarila tijekom 19. stoljeća. Za primjenu su bili zaslužni inženjeri George Stephenson i Robert Fulton, a primijenili su parni stroj za korištenje u lokomotivi i u parobrodu, čime su ova prometna sredstva ujedno postala prva korištena za masovni prijevoz ljudi i dobara

⁵ *Povijest automobila*, online: <https://helios.com.hr/edit/2019/projekti/trogir02/povijestAutomobila.html> (27.05.2023.)

te zamijenila dotadašnja prijevozna sredstva s relativno malim kapacitetom poput primjerice diližansi. Pronalazak strojnog pogona omogućio je nagli napredak aktivnosti vezanih uz transport i modernizaciju, ljudi su se počeli baviti novim djelatnostima, krenuli su se formirati prvi veći gradovi. Kako bi se povećala primjenjivost parnog stroja, trebalo je napraviti tehničke prilagodbe poput smanjenja samog agregata budući da su parni strojevi radi svoje konstrukcije i parnih kotlova jednostavno morali biti velike veličine i težine kako bi mogli pravilno funkcionirati.

U drugoj polovici 19. stoljeća njemački izumitelj Nikolas August Otto patentirao je benzinski motor s unutrašnjim izgaranjem, stroj dovoljno jak da pokreće automobil određenih dimenzija i težine sve dok u rezervoaru ima goriva, građen na način da minimalno opterećuje šasiju vozila i minimalno utječe na udobnost vožnje. Iako su pojedini inženjeri i dalje su inzistirali na uporabi parnog stroja, s obzirom na nedostatke naspram kroz godine već usavršenog Ottovog motora jednostavno nije imao nikakve budućnosti u svijetu automobilizma. Prvi automobil u povijesti koji je koristio Ottov motor s unutrašnjim sagorijevanjem bio je Daimler, konstruiran od strane njemačkog inženjera Gottlieba Daimlera. Tada su bili ispunjeni predstojeći zahtjevi za smanjenjem pogonskog stroja, čime je on postao dovoljno malen i funkcionalan te mu je povećana primjenjivost, tako da je Daimlerov benzinski motor svoju primjenu pronašao čak i u prvom zračnom brodu „Zeppelin“. Otvara se potpuno novo polje u industrijalizaciji te kroz 20. stoljeće slijedi patent dizelskog motora s unutrašnjim sagorijevanjem te električnog motora, kasnije i motora na hibridne pogone čija usavršavanja nisu prestala do danas te se i dalje nastavljaju.⁶

3.2. Povijest autonomnih vozila

Prije nego što su motorizirana vozila bila i u najdaljim naznakama u očima tadašnjeg čovječanstva, Leonardo da Vinci dizajnirao je takozvana „samohodna kolica“ koja su se mogla samostalno kretati bez guranja. Da Vinci je 1478. godine napravio crtež prvih samohodnih kolica sposobnih za kretanje bez ručnog guranja ili povlačenja. Njegov dizajn kolica s tri kotača su preteča modernog automobila i jedan od mnogih izuma koje je Leonardo stvorio baveći se znanošću kretanja i prijevoza. Kolica su pokretana spiralnim oprugama, a također su imala programibilno upravljanje, koje je postignuto postavljanjem drvenih blokova između zupčanika

⁶ Vukić F., 2016., *Automobil Jedna povijest*, UPI-2M PLUS d.o.o; Arhitektonski fakultet Sveučilišta u Zagrebu; Studij dizajna, str. 9

na unaprijed zadanim mjestima. Kada je kočnica otpuštena, kolica su krenula naprijed, a upravljanje je bilo „programirano“ postavljanjem drvenih blokova između zupčanika, pa su kolica ili mogla nastaviti ravno, ili skretati koristeći unaprijed postavljene kutove. Među njegovim brojnim ostalim revolucionarnim postignućima, mnogi smatraju da Vincijeva samohodna kolica prvim robotom na svijetu.⁷ Dizajn kolica bio je toliko ispred svog vremena da je njegov točan način rada zbunjivao znanstvenike sve do kraja 20. stoljeća, pa su tek u zadnjem desetljeću tog stoljeća znanstvenici utvrdili da opruge u Da Vincijevim kolicima nisu služile za snagu, već i za upravljanje. 2006. godine, Talijanski Institut i muzej povijesti znanosti u Firenci izradio je radni model temeljen na da Vincijevom dizajnu i, na iznenađenje mnogih, kolica su zaista funkcionirala. Neki su stručnjaci čak primijetili da slične Mars Land Roveru namijenjenom istraživanju svemirskih objekata. Kao i mnoge Leonardove skice, samohodna kolica ostala su na papiru tijekom Da Vincijeva života. Može se samo nagađati pravi razlog zašto samohodna kolica nisu tada izgrađena, a uvriježena mišljenja su da se stroj smatrao preopasnim za rad, ili izumitelj nije imao odgovarajuće materijale za njegovu izradu.⁸

Pet stoljeća kasnije kreću stvarni pokušaji da se stvori autonomni automobil, a prvi istaknuti pokušaj odvio se je u New Yorku na ljeto 1925. Godine. Bilo je to vozilo bez vozača koje je vozilo niz Broadway, modificirana limuzina Chandler. Nazvana „Američko čudo“, ovaj projekt autonomnog vozila bio je djelo Francisa P. Houdina, bivšeg inženjera elektrotehnike američke vojske. „Američko čudo“ primalo je radio signale preko antene koja je kontrolirala njegovo kretanje. Houdina je opremio limuzinu Chandler antenom za odašiljanje, a radijski signali koje je primala pokretali su male električne motore koji su kontrolirali brzinu i smjer vozila. Drugo vozilo u kojem su bili vozači pratilo je Chandlera iz blizine, te se daljinsko upravljanje putem radio signala vršilo upravo iz pratećeg automobila. Vozilo je bilo uspješno upravljano upravljačem i pedalama te je uspješno mijenjalo brzine i ubrzavalo, usporavalo, prolazilo skretanja, čak je moglo i zatrubiti. Iako je ovaj pogled u budućnost bio intrigantan, završio je pomalo neugodno kada je američko čudo udarilo u automobil u kojem je bila hrpa fotografa. Povijest stvaranja ovog vozila prati zanimljiva situacija. Poznati umjetnik bježanja Harry Houdini navodno je bio toliko iznerviran što je Houdinin publicitet doveo do toga da javnost pomiješa njih dvojicu - Houdina je ponekad čak primao poštu namijenjenu Houdiniju - da su mađioničar i njegov tajnik, Oscar Teale, uhićeni jer su provalili u Houdinin ured kako bi preuzeli korespondenciju namijenjenu Houdiniju. Optužbe su kasnije odbačene. Unatoč ovoj

⁷ *Leonardo Da Vinci inventions*, online: Leonardo da Vinci's Self-Propelled Cart Invention — Leonardo Da Vinci Inventions (da-vinci-inventions.com) (29.05.2023.)

⁸ *Self-propelled Cart*, online: DV009 cover (elenco.com) (29.05.2023.)

neobičnoj borbi, godinama su se pojavljivale razne iteracije „fantomskog“ automobila upravljanog radijskim upravljanjem, iako ne s dosljednim uspjehom. Godine 1932. fantomski automobil kojim je upravljao inženjer J.J. Lynch se zabio u gomilu u Hannoveru, Pennsylvania, udarivši 12 ljudi. Unatoč neslavnim završetkom probne vožnje autonomnog Chandlera Francisa Houdine, izazvao je izrazit odjek javnosti te potaknuo jedan sasvim novi val u razvitku automobila, budući da se je nastojalo uspješno savladati one prepreke koje su onemogućile uspješnu probnu vožnju 1925. godine, te proizvesti pravi sigurni autonomni automobil.⁹

Nakon ovog prvog pokušaja s istovremeno slavnim i istovremeno neslavnim završetkom, nastavila su se istraživanja u kojima se je nastojalo ukloniti prateće vozilo i omogućiti autonomnom automobilu kretanje bez nužnog daljinskog upravljanja iz neposredne blizine. Novi koncept autonomnog automobila predstavljen je na Futurami, izložbi na Svjetskom sajmu u New Yorku 1939. godine. General Motors je napravio izložbu kako bi prikazao svoju viziju o tome kako će svijet izgledati za 20 godina, a ta je vizija uključivala automatizirani sustav autocesta koji bi navodio autonomne automobile. Unutar paviljona koji je dizajnirao Geddes, 27 500 posjetitelja dnevno vozilo se u automobilima-kapsulama za dvije osobe u 16-minutnom obilasku Geddesove modernizirane vizije Amerike oko 1960. godine. Prikazana u precizno detaljnim i animiranim prikazima gradova i krajolika, Futurama je u izložbi prezentirala državu s visoko razvijenim prometom i sustavom autocesta.¹⁰ Na spomenutoj izložbi General Motorsa iz 1939. Norman Bel Geddes stvorio je prvi autonomni automobil, koji je bio vozilo na električni pogon navođeno radio-kontroliranim elektromagnetskim poljima generiranim magnetiziranim metalnim šiljcima ugrađenima u kolnik. Do 1958., gotovo dvadeset godina kasnije, General Motors je ovaj koncept uspio realizirati i primijeniti u praksi. Prednji dio automobila raspolagao je sa ugrađenim sensorima nazvanima zavojnice za detekciju struje, a posao zavojnica bio je detektirati električne impulse koji su se odašiljali kroz žicu ugrađenu u cestu. Strujom se moglo određivati smjer vozila, odnosno izdati naredbu da pomakne upravljač desno ili lijevo i time promjeni smjer kretanja. Futurama je postigla golem uspjeh i dovela do nacionalne eksponiranosti Geddesa, te kao i prvi pokušaj stvaranja autonomnog automobila, dodatno potaknula zanimanje za stvaranje autonomnog automobila na svjetskoj razini, premda je ratnih prilika sljedećih nekoliko godina razvijanje autonomnih automobila bilo gotovo neizvedivo, te je moralo pričekati. Bel Geddesova ideja bila je toliko inspirativna da je tadašnji

⁹ Rossen J., 2020., *7 Early Attempts at Self-Driving Cars*, Mental Floss, online: [Early Attempts at Self-Driving Cars | Mental Floss](#) (29.05.2023.)

¹⁰ Gringer B., *History of the Autonomous Car*, Titlemax, online: [History of the Autonomous Car](#) (titlemax.com) (30.05.2023.)

američki predsjednik Franklin Roosevelt pozvao Geddesa, te ga zatražio i ovlastio da pomogne u planiranju sustava automatiziranih međudržavnih autocesta.¹¹

Idući značajniji projekt autonomnog vozila zapravo je imao poveznice s Bel Geddesovim autonomnim automobilom. Iduće autonomno vozilo bio je Daimler-Benz Vamors, kombi marke Mercedes-Benz od pet tona mase, opremljen tehnologijom autonomne vožnje. Ernst Dickmanns i njegov tim izradili su ga kasnih 1980-ih. Godine 1977. Tsukuba Mechanical Engineering Laboratory u Japanu razvio je automobil koji je za čitanje ceste koristio fotografije. Auto je mogao putovati brzinom otprilike 45 kilometara na sat i prilagoditi se u određenoj mjeri okolini oko sebe, a Dickmanns je poboljšao mnoge od ovih sustava i donio ih Vamors-ima, stvarajući prvu održivu opciju autonomnog vozila. Vamors je bio opremljen kamerama, računalima i raznim sensorima za prepoznavanje linija na cesti te većih oscilacija u bojama na isti način na koji to rade moderna autonomna ili napola autonomna vozila. Kombi je imao svoju premijeru 1986. godine u kontroliranom okruženju, a vozio se javnom autocestom godinu dana kasnije putujući brzinom do oko 90 kilometara na sat što je inače bila i približno maksimalna brzina ovog vozila, a zajedničkim funkcioniranjem kamera, računala i senzora kombi je upravljao volanom, pedalom za ubrzavanje i kočnicama. Zbog računalne brzine Vamors sustava, radi po današnjim standardima spore računalne obrade fotografija, Dickmanns je smislio način upravljanja u stvarnom vremenu, prilagodivši se potrebi računala od nekoliko sekundi da obradi pojedinu fotografiju. On i njegov tim nazvali su ovu metodu „4D pristupom“. Sustav je bio baziran na trenutnom procjenjivanju prostornog pozicioniranja i brzine, bez potrebe za spremanjem i obradom prethodno okinutih fotografija, čime je skraćeno vrijeme obrade i reagiranja na potencijalnu prepreku.¹² Također je računalo bilo programirano da se fokusira samo na najrelevantnije detalje vizualnog unosa, kao što su promjene u boji, kontrastu ili teksturi. Kombi nije bio praktičan za redovita svakodnevna putovanja budući da je tadašnjim računalnim sustavima bilo potrebno nekoliko sekundi za obraditi slike, dok usporedbe radi moderna računala mogu učiniti istu radnju za nekoliko nanosekundi ili milisekundi.

Nakon razvoja Vamors-a, Dickmanns je nastavio primjenjivati autonomne sustave na automobile pri čemu je postigao uspjeh budući da su vozila uspijevala samostalno voziti Pariškim ulicama i voziti autocestom dulje relacije. Unatoč uspjesima, Dickmannsovima autonomnim automobilima još uvijek su nedostajale neke od sposobnosti koje su bile potrebne

¹¹ Norman Bel Geddes, Medallicartcollector, online: Norman Bel Geddes (medallicartcollector.com) (30.05.2023.)

¹² Thiel W., 2017., *The VaMoRs Was the World's First Real-Deal Autonomous Car*, Web2carz, online: The VaMoRs Was the World's First Real-Deal Autonomous Car | Web2Carz (30.05.2023.)

za sigurnu autonomnu vožnju svaki put. Sustavi automobila imali su problema s prepoznavanjem prepreka na cesti poput rupa i drugih sličnih prepreka koje su mogle bitno utjecati na sigurnost sudionika u prometu.¹³

¹³ Williams H., 2016., *The Man Who Gave Cars Eyes: Ernst Dickmanns*, Lifehacker, online: The Man Who Gave Cars Eyes: Ernst Dickmanns (lifehacker.com.au) (30.05.2023.)

4. UPRAVLJAČKI SUSTAVI AUTONOMNIH VOZILA

4.1. ITS sustav

Inteligentni transportni sustavi predstavljaju podlogu za implementaciju novo razvijenih elemenata sadržanih u inteligentnom transportnom sustavu, koji bitno mijenjaju strukturu i samim time i funkcioniranje prometnog sustava. Njihovom realizacijom povećava se protočnost, sigurnost i tehnologija transporta putnika i robe čime se na kraju postiže i učinkovitiji prijevoz i kvaliteta usluga, kao i ekološke pogodnosti u prometnim granama. Njihov razvoj krenuo je krajem 20. stoljeća, kada su zagušenja zračnih, cestovnih i ostalih prometnica namaknuli potrebu za razvojem novog pristupa metodama poboljšanja problema mobilnosti. Kako bi se uspješno pristupilo cilju poboljšanja prometnog sustava, prati se neke smjernice koje se odnose na: smanjenje zagušenja na prometnicama i općenito u prometu u svim prometnim granama, smanjenje operativnih troškova kao i kapitalnih, konstantno poboljšavanje sigurnosti, optimizacija produktivnosti transportne infrastrukture, te smanjenje potrošnje energenata čiji rezultat je zadovoljavanje novih ekoloških normi. Inteligentni transportni sustav je zajednički naziv za razvoj i primjenu skupa kibernetičkih rješenja, a odgovarajući nazivu, ITS omogućava informacijsku transparentnost, upravljivost i poboljšanje odziva prometnog sustava čime dobiva karakteristike inteligentnoga. Inteligentan u suštini predstavlja sposobnost prilagodbe u novim situacijama ili okolini, pri čemu je potrebno imati sposobnost prikupiti dovoljno podataka i obraditi ih u realnom vremenu.

Unatoč čovjekovoj osobini inteligentne sastavnice prometnog sustava, radi nemogućnosti radnji koje imaju kibernetički sustavi; umrežavanja i korištenja informacija u stvarnom vremenu, razvijaju se problemi zagušenja, čekanja, neučinkovitog prijevoza, a svime time i do znatnog ekološkog onečišćenja. Inteligentni transportni sustav, zapravo, predstavlja spoj prometnog sustava s umjetnom inteligencijom budući da se za njegovo planiranje koriste sve njene karakteristike, od kojih su neke strojno učenje, prepoznavanje i identifikacija objekata, inteligentne tehnike izračunavanja. Koristi kombinaciju informacijskih tehnologija i svih komunikacija u transportnim rješenjima, to jest koristi integrirani skup podataka prispjelih iz različitih transportnih podsustava s namjerom prikupljanja, pohrane, a zatim obrade i distribucije informacija o kretanju ljudi i tereta. Jedno od glavnih načela ITS-a je izvući maksimalni rezultat iz dostupne opreme, te rezimira djelotvoran i brz način unaprjeđenja procesa koji se odvijaju u logističkim i prometnim sustavima. Optimalno funkcioniranje sustava

podrazumijeva međusobno sudjelovanje svih elemenata kako međusobno, tako i prema okolini. Prihvatanje koncepta i primjene inteligentnih transportnih sustava može se promatrati iz dva različita pristupa: znanstvenog i komercijalnog. Dok se znanstveni pristup odnosi na korištenje metodologija istraživanja i znanstvenih spoznaja kako bi se istražio način razumijevanja koncepta same inteligencije i procesa razvoja još naprednijih uređaja, komercijalni pristup inteligentnim transportnim sustavima pretpostavlja primjenu sustava uklopljenog u okruženje korištenjem senzorskih tehnologija i oponašanjem ljudskog mozga koji ima šest do sedam bilijuna senzorskih receptora u svrhu optimizacije prijevoznog procesa i ostvarenja koristi koje mogu biti sigurnosne, materijalne ili druge prirode.¹⁴

Primjena inteligentnih transportnih sustava moguća je u svim podsustavima prometnog sustava, pružajući korisnicima širok spektar usluga. U menadžmentu cestovnog, željezničkog, zračnog i vodnog prometa uključuje sustave informiranja korisnika o prometnim uvjetima, nadzor i kontrolu prometa, menadžment vozila hitnih službi: vozila hitne pomoći, policije i vatrogasnih vozila u situacijama hitnoće, navigaciju, nadgledanje i vođenje prometnog toka, praćenje sigurnosne kontrole i kontrolnih sustava u vozilima. Uključuje elektroničko plaćanje naknade za korištenje prometne infrastrukture poput cesta, mostova i tunela. Također uključuje menadžment javnog transporta, odnosno vođenje toka kretanja putnika. U projektima pod pokroviteljstvom Europske komisije, inteligentni sustav se definira po načelima da je to sustav, koji uči kroz svoje postojanje odnosno osjeća okruženje i uči i da kontinuirano radi i uči kako funkcionirati kako bi s vremenom dostigao zadane ciljeve. S obzirom da su inteligentni transportni sustavi izrazito složeni radi velikog broja subjekata i prometnih i infrastrukturnih sredstava, skupi su, te se razvijaju s uvjetom dugoročne primjene. Stoga je pri njihovom razvoju bitno uzeti u obzir sve interesne skupine, njihove interese i prioritete, potrebe, želje, ideje i probleme kako bi uspostavljeni sustav zadovoljio što veći broj zahtjeva na što duže vrijeme.

Razvijanje autonomnih sustava vožnje u direktnoj je poveznici s razvijanjem inteligentnih transportnih sustava te si u velikom dijelu međusobno uvjetuju razvoj, a njihova zajednička implementacija donosi niz pogodnosti o kojima će se govoriti u nastavku rada.¹⁵

¹⁴ Jolić N., *Logistika i ITS*, 2006., Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, str. 25-27

¹⁵ Bošnjak I., *Inteligentni transportni sustavi 1*, 2006., Sveučilište u Zagrebu - Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, str. 1

4.2. 5G mreža u autonomnim vozilima

Uz trenutne 4G mogućnosti, 5G nudi posebne značajke za sigurnosne zahtjeve koji su neophodni standardi za bežične mreže preko kojih se vrši kontrola nad autonomnim vozilom. Automatizirani sustavi dosežu svoje granice kada se dogode neočekivane ili nepoznate situacije, jer u tom će slučaju autopilot odlučiti deaktivirati sustav iz sigurnosnih razloga, ako postoji sumnja. Automatizirani automobil tada bi zadatak i odgovornost vožnje vratio ljudskom vozaču. Međutim, ako vozilo ne preuzme vozač ili ne preuzme onoliko brzo koliko je potrebno, automobil će biti premješten na rub ceste u sigurnom načinu vožnje. Uz 5G, automobilom se, na primjer, može daljinski upravljati preko vanjskog operatera koji djeluje kao kontrolor prometa. Daljinsko upravljanje preko operatera je teško izvedivo bez 5G mreže, koja nudi ključne značajke kao što su vrlo kratko vrijeme odziva i zajamčeni mrežni resursi. Još jedna prednost 5G mreže su slojevite mreže. Bežična mreža je podijeljena na razine virtualne mreže, a jedna mrežna razina tada se primjerice koristi samo za automatiziranu vožnju, što osigurava da sigurnosno važne obavijesti za samovozeće automobile neće završiti neprimijećene u odnosu na ostale povratne informacije računala. Već u početnim testiranjima postignute su latencije manje od 20 milisekundi, u kojem periodu bi autonomni automobil koji bi vozio brzinom od 100 kilometara na sat prešao tek oko 60 centimetara.¹⁶

4.3 C-ITS sustav u autonomnim vozilima

C-ITS su zapravo unaprijeđeni napredniji ITS-ovi, gdje vozila i drugi cestovni subjekti dijele svoje podatke kako bi međusobno „surađivali” na cesti. Takvu suradnju omogućava tehnologija V2X (vozilo svemu), koja vozilima omogućuje izravnu komunikaciju s infrastrukturom (V2I), pješacima (V2P) i širom mrežom (V2N). Sve vrste podataka o vožnji koje uključuju lokaciju, brzinu, vrijeme i stanje vozila, prikupljaju se iz ugrađenih jedinica vozila. Ovi podaci će ukoliko vlasnici daju pristanak biti pohranjeni u podatkovnom centru kojem mogu pristupiti nadležni regulatori prometa i prometne infrastrukture kako bi se poboljšala prometna infrastruktura i sigurnost na cestama. Ponekad proizvođači automobila

¹⁶ 5G network as foundation for autonomous driving, T – com, online: 5G network as foundation for autonomous driving | Deutsche Telekom (31.05.2023.)

također prikupljaju podatke o svojim automobilima kako bi dodatno poboljšali svoje modele softverskim ažuriranjima i poboljšanjima hardvera. Istaknute značajke C-ITS sustava su:

1. Razmjena informacija o prometu u stvarnom vremenu

Dok vozila međusobno dijele svoju lokaciju i brzinu, formira se velika prometna mreža koja se sastoji od podataka u stvarnom vremenu. Svako vozilo zatim može koristiti skupne informacije o trenutnim tokovima prometa i čak ih analizirati kako bi predvidjelo buduće prometne uvjete u sljedećih nekoliko sati. To omogućava svim vozilima da odaberu optimiziranu rutu za svoje odredište, značajno smanjujući prometne gužve uz uštedu vremena i novca potrošenog u prometu.

2. Razmjena informacija o opasnostima na cesti u stvarnom vremenu

S C-ITS-om vozila primaju podatke o širokom spektru informacija o uvjetima na cesti, uključujući temperaturu površine ceste, vlažnost i nakupljanje snijega i kiše od oborina. Vozila, a posljedično i vozači se također upozoravaju na zavoje i nespojene kolnike, proboje kolnika, kao i na područja gdje se često događaju prometne nesreće. Na kraju, informacije o hitnom održavanju cesta i izgradnji cesta dijele se s vozilima kako bi se osiguralo da su dobro informirana o opasnostima na cesti i da sigurno reagiraju smanjenjem brzine ili obilaskom.

3. Razmjena informacija o opasnostima vozila u stvarnom vremenu

Pametna prometna mreža također prikuplja informacije uživo o opasnim vozilima kao što su kamioni i autobusi, kao i onima koja putuju neuobičajeno velikim ili sporim brzinama. Okolna vozila zatim dobivaju obavijest kako bi postala svjesna takvih opasnosti. U slučaju nesreće, vozila straga će biti usmjerena da smanje brzinu kako bi se spriječile sekundarne nesreće, jer većina smrtnih slučajeva povezanih s prometom uključuje sekundarne nesreće. Lokacije hitnih vozila također se dijele kako bi druga vozila na cesti mogla pravovremeno ukloniti kolonu, što im omogućava brzi prolaz.

4. Usmjeravanje prometa na raskrižjima

Iako su semafori dizajnirani da štite sigurnost automobila i pješaka na raskrižjima, još uvijek postoje konfliktne situacije u kojima sigurnost u potpunosti ovisi o prosudbi vozača. Ukoliko uzmemo za primjer lijevo skretanje, vozači moraju istovremeno obratiti pozornost na tri

različite stvari: signal ispred, automobile koji se spuštaju iz suprotnog smjera i pješake na lijevom pješačkom prijelazu. Jedna pogrešna procjena može dovesti do opasnosti. Uz C-ITS, ovaj se postupak rješavanja sukoba automatski rješava, značajno poboljšavajući sigurnost na raskrižjima.

5. Naplata cestarine

Infrastruktura uz cestu prati identitete vozila koja ulaze na ceste s naplatom cestarine. Odgovarajuće naknade za cestarinu zatim se automatski oduzimaju s financijskih računa koji su unaprijed registrirani za svako vozilo, čineći proces plaćanja olakšanim. Budući da više nema potrebe za usporavanjem na naplatnim postajama, mogu se djelomično rasteretiti gužve na autocestama.

6. Zaštita pješaka

Krajnji cilj autonomne vožnje je zajamčiti sigurnost i vozača i pješaka. S C-ITS-om, vozila se usporavaju u školskim i označenim zonama. Uz V2P tehnologiju, automobili primaju podatke s mobilnih uređaja pješaka, tako da čak i kada je pješak skriven u vidokrugu, automobil se još uvijek može pripremiti za pravovremeno zaustavljanje. Ovo je posebno korisno na raskrižjima gdje su nesreće pješaka najčešće. Kooperativni inteligentni transportni sustavi podržani su svim vrstama podataka od vozača, vozila i infrastrukture. Iako ti podaci ne moraju nužno sadržavati podatke koji otkrivaju identitet, informacije o gradskoj prometnoj infrastrukturi još uvijek mogu pojedini zlonamjerni akteri iskoristiti za počinjenje raznih zločina. Nadalje, poruke u prijenosu također moraju biti zaštićene kako bi se spriječile manipulacije koje bi mogle dovesti do teških fizičkih oštećenja.¹⁷

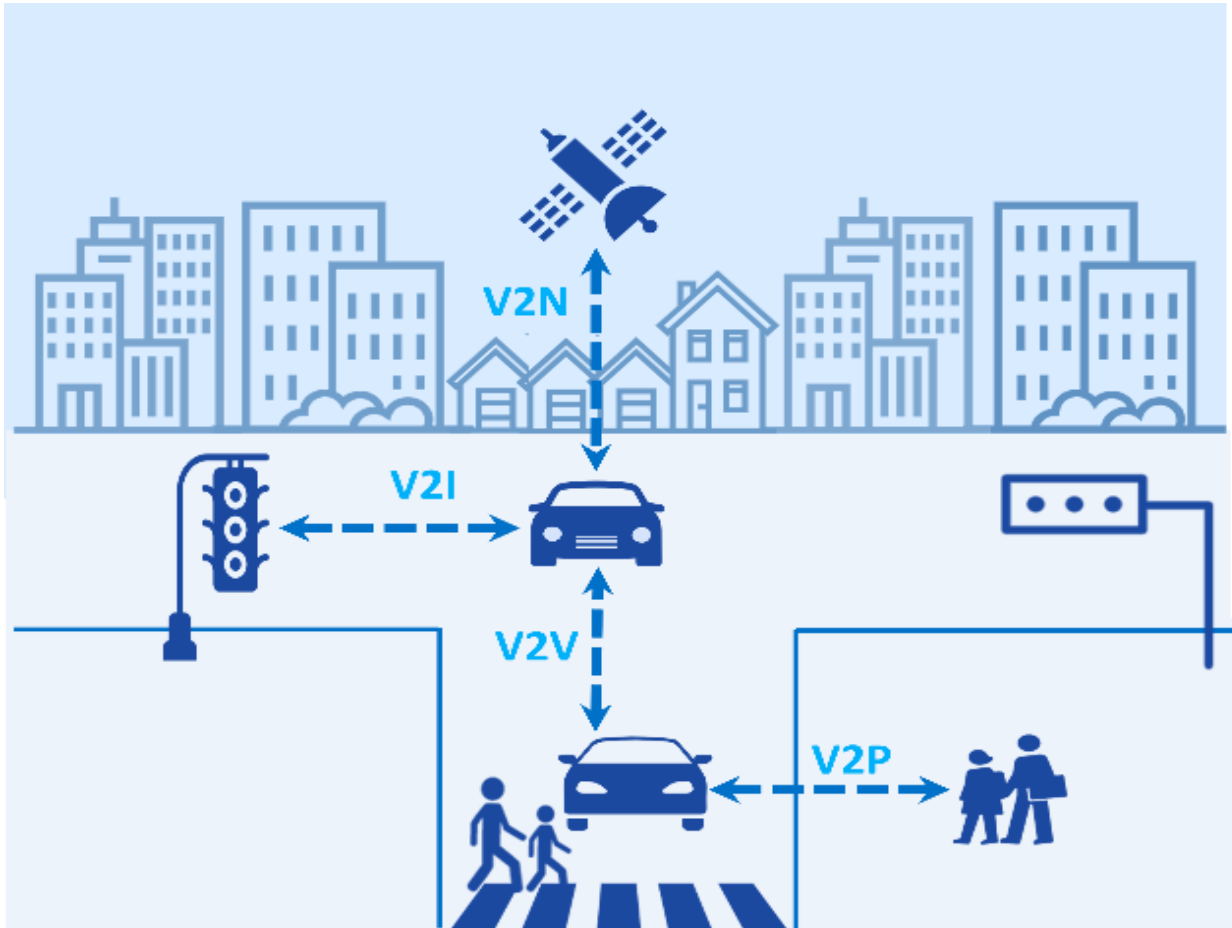
4.4 V2X sustav u autonomnim automobilima

Većina vozila koja trenutno voze cestama nema automatizaciju, dakle vozač je odgovoran za sve manevre i praćenje svog okruženja. V2X je vrlo učinkovit način pružanja informacija vozačima o opasnostima na cesti koje inače ne bi mogli vidjeti. Upozoravanjem o vozilima koja

¹⁷ 7 Major Functions of Cooperative Intelligent Transport Systems, 2009., Autocrypt, online: 7 Major Functions of Cooperative Intelligent Transport Systems – AUTOCRYPT (1.06.2023.)

su izvan vidokruga, na primjer koja su zapriječena drugim vozilima ili su odmah iza ugla, V2X može znatno pomoći vozačima da izbjegnu nesreće.

Slika 1. Slikovni prikaz funkcioniranja V2X mreže



Izvor: *How V2X technology can transform your driving experience*, iWave, online: *How V2X technology can transform your driving experience* - iWave Systems (1. 6. 2023.)

Mnoga nova vozila pripadaju SAE razini automatizacije 1, u kojoj sustavi pomoći vozaču mogu utjecati na dinamiku vozila kada je to potrebno kao što je kočenje u nuždi i pomoć u prometnoj traci, dok vozači i dalje većinu vožnje obavljaju i moraju paziti na cestu. Ovi sustavi koriste senzore kao što su kamere ili radari za otkrivanje opasnosti kao što su druga vozila ili pješaci. S takvim automatiziranim vozilima, V2X pruža prednost, jer daje informacije o objektima koje drugi senzori ne mogu otkriti. Stoga V2X ima sposobnost da osigura rano usporavanje ili kočenje. Ovo je stoga važan napredak sposobnosti razine 1. Osim toga, V2X omogućuje dijeljenje otkrivenih objekata između vozila, primjerice vozilo koje detektira pješake pomoću kamere može prenijeti ovu informaciju drugom vozilu koje možda nema vidljivost pješaka. Uloga V2X-a postaje sve važnija prateći primjenu sve veće razine

automatizacije. Na primjer, omogućava koordinirano upravljanje vozilima čime ona prate međusobnu brzinu i intenzitet vožnje čime se povećava učinkovitost manje potrošnje goriva za flote kamiona, a koordinirano manevriranje kao na primjer glatko spajanje gradskog prometa na brzu cestu smanjuje promet u gradovima i na autocestama.¹⁸

Trenutno na tržištu nema potpuno autonomnih vozila. Umjesto toga, većina trenutnih tehnologija autonomne vožnje omogućena je naprednim sustavima pomoći vozaču (ADAS). Glavna funkcija ADAS-a je pomoći vozačima, a ne nužno preuzeti njihov zadatak, dok je uloga V2X tehnologije upravo zamijeniti ljudskog vozača. ADAS koristi senzore kao što su kamere, radar i Lidar za promatranje i prikupljanje vizualnih znakova iz okoline vozila. Ovi napredni senzori omogućuju značajke kao što su izbjegavanje sudara, centriranje trake i tempomat. ADAS nudi značajke koje omogućuju određenu razinu autonomije u vozilima, no tehnologija je još uvijek nesavršena i još ne može zamijeniti ljudskog vozača. Zabluda je da su tehnologije za pomoć vozaču sinonim za samostalnu vožnju i da ne zahtijevaju nadzor. Pogrešna nomenklatura značajki pomoći vozaču, kao što su „Potpuno samostalno upravljanje“, „Autopilot“ ili „ProPILOT“ sugeriraju potpunu autonomiju, iako su daleko od toga.

Postizanje potpune autonomije zahtijeva više od samih senzora. To je razlog zašto tehnologije kooperativne vožnje svojim značajkama mogu imati stvarni potencijal približiti se 5. razini, to jest punoj autonomiji. Kooperativna vožnja omogućena je bežičnom mrežnom komunikacijom vozilo-sve (V2X) koja prenosi podatke od vozila do vozila (V2V), od vozila do infrastrukture (V2I) i od vozila do pješaka (V2P). Uz V2X, ugrađeni senzori prikupljaju podatke o vožnji vozila poput brzine i lokacije i prenose te informacije okolnim sudionicima u prometu. Računalne jedinice vozila obrađuju poslano podatke kako bi upozorile svoje vozače na potencijalne opasnosti. Elementi cestovne infrastrukture poput semafora mogu prenijeti signale automobilima u blizini, na primjer, upozoravajući ih na promjenu svjetla na semaforu. Korisnici mikro mobilnosti i pješaci također se mogu pridružiti V2X infrastrukturi korištenjem osobnih mobilnih uređaja kao jedinica za povezivanje na V2X.

Jedna od glavnih prednosti povezanih s razvojem V2X mreže je sigurnost na cesti. Otvorena komunikacija između različitih aktera na cestama omogućuje sveobuhvatniju procjenu stanja na cesti što pomaže u izbjegavanju nesreća. Primjer situacije: pješak se približava pješačkom prijelazu iz mrtvog kuta vozila. Pješak možda neće biti vidljiv vozaču ili na kameri automobila. Time se svi izlažu opasnosti. Međutim, ako su i vozilo i pješak

¹⁸ Fefer J., *The role of V2X in vehicle automation – today and tomorrow*, Autotalks, online: The role of V2X in vehicle automation – today and tomorrow - Autotalks (auto-talks.com) (1.06.2023.)

opremljeni jedinicom V2X, jedinica u vozilu će prepoznati osobu koja se približava i pobrinuti se da izbjegne sudar. Tehnologija V2X dakle ima potencijal poboljšati sigurnost ranjivih sudionika u prometu pružajući vozilima bolju svijest o situaciji. Smanjenjem rizika od sudara, V2X može pomoći u stvaranju sigurnijeg i učinkovitijeg, autonomnog transportnog sustava za sve. Također igra ključnu ulogu u optimizaciji faze i vremena signala na raskrižjima. Omogućavajući vozilima da komuniciraju s kontrolorima prometne signalizacije, V2X može pružiti podatke u stvarnom vremenu o protoku prometa, brzini i količini. Ovi podaci mogu pomoći u podešavanju vremena signala i poboljšanju učinkovitosti prometa. Prilagodljivi sustavi kontrole signala također mogu uzeti u obzir druge čimbenike, kao što su pješački prijelazi, vozila hitne pomoći i tranzitna vozila za optimizaciju vremena signala i davanje prioriteta određenim kretanjima nad drugima. To može pomoći u poboljšanju sigurnosti i učinkovitosti za sve korisnike transportnog sustava. Unatoč novijoj tehnologiji, V2X se već pojavljuje u izbjegavanju sudara na raskrižjima gdje kamere uz cestu prate kretanje na raskrižjima i otkrivaju kršenja prometnih pravila.

Također se koristi u pametnom parkiranju. Komunikacija između vozila i infrastrukture usklađuje ponudu i potražnju za parkirnim mjestima u stvarnom vremenu. Senzori parkirališta šalju obavijesti o dostupnosti obližnjim vozilima, omogućujući vozačima brzu navigaciju do najbližeg parkirnog mjesta. Sve u svemu, V2X komunikacije i pametno parkiranje obećavaju napredak u gradskom prijevozu koji može značajno poboljšati iskustvo vožnje i pridonijeti održivijoj budućnosti. Budući da se vozila oslanjaju na V2X poruke za donošenje točnih odluka, valjanost tih poruka ključna je za sigurnost na cesti i funkcionalnost kooperativne autonomne vožnje. Valjanost poruke i mrežna sigurnost su prioriteti kako bi se ispunilo obećanje o sigurnosti na cestama omogućenoj za V2X.¹⁹

4.5 Lidar tehnologija

Lidar je tehnologija daljinskog istraživanja koja koristi lasersko svjetlo za mjerenje udaljenosti i izradu karti okoliša. Djeluje na principu u kojem Lidar odbija lasersko svjetlo od predmeta milijunima impulsa u sekundi, a automobil mjeri promjene u udaljenosti kada se laserski impulsi odbiju i udare natrag o senzor automobila. Ti se podaci zatim koriste za izradu 3D modela okruženja. Lidar tehnologija pronalazi primjenu u više sektora, kao što su

¹⁹ *How V2X can curb the growing fear of autonomous driving*, 2023., Electric Autonomy Canada, online: [How V2X can curb the growing fear of autonomous driving \(electricautonomy.ca\)](https://www.electriconomy.ca/2023/06/01/how-v2x-can-curb-the-growing-fear-of-autonomous-driving/) (1.06.2023.)

autonomna vozila, geografija, arheologija i meteorologija. U početku, koncept 1960-ih i razvijen 1970-ih, Lidar tehnologija bila je glomazna, skupa i neučinkovita tijekom svojih ranih faza. Međutim, s tehnološkim napretkom koji rezultira manjim uređajima, Lidar je postao pristupačnija i kritičnija tehnologija u raznim industrijama, uključujući autonomna vozila. U automobilima Lidar tehnologija pomaže vozilu da osjeti i razumije svoju okolinu. Tehnologija koristi laserske impulse za stvaranje 3D mapiranja svog okruženja, uključujući objekte poput zgrada, cesta i drugih vozila. Te se informacije zatim kombiniraju s drugim podacima kako bi se osigurala sigurna navigacija. Zapravo, Lidar prati prepreke i vozila kako bi održao sigurne udaljenosti. Kada koristi ove podatke, može identificirati prometne znakove, prometnu signalizaciju i oznake na cestama za analizu opasnosti u stvarnom vremenu. Ova je tehnologija najvažnija u osiguravanju sigurnog i učinkovitog rada autonomnih vozila.²⁰

4.6 Kamere u autonomnim vozilima

Kamere koje se koriste u autonomnim automobilima specijalizirani su senzori slike koji otkrivaju spektar vidljive svjetlosti koji se reflektira od objekata. S obzirom na to da Sunce emitira izvanredne količine ultravioletnih zraka i vidljive svjetlosti, senzori slike mogu otkriti širok opus frekvencija vidljive svjetlosti. To je slično načinu na koji ljudske oči vide svjetlost pri kojem svjetlost emitira sunce, reflektira se od objekata na različitim frekvencijama što zapravo čini efekt boja, i prima ga senzor slike. Spektar vidljive svjetlosti kreće se od 380-740 nanometara, što ga čini savršenim za zapažanje predmeta od 23 puta manjih od debljine ljudske niti kose pa nadalje. Većina kamera i senzora slike ne može vidjeti tako male objekte bez posebnog objektiva, ali njihova potreba da vide predmete manje od čovjeka je neuobičajena u prometu. Za kamere u aplikacijama za autonomnu vožnju precizno prepoznavanje slike može se postići razlučivošću senzora slike od samo 1,2 megapiksela. Usporedbe radi, ljudsko oko se smatra ekvivalentom kameri od 576 megapiksela.²¹ Prije nego što se kamera bude mogla koristiti za primjenu autonomnih vozila, svaku pojedinačnu kameru treba kalibrirati. To je zbog upotrebe objektiva u senzoru kamere koji uzrokuju izobličenje na slikama koje stvaraju. Ta se izobličenja ispravljaju korištenjem slika poznatih objekata, odnosno šahovnica, budući da su te

²⁰ Romero C., 2023., *LiDAR in Cars: How LiDAR technology is making self driving cars a reality*, Mrlcg, online: [LiDAR in Cars: How LiDAR technology is making self driving cars a reality \(mrlcg.com\)](https://mrlcg.com) (2.06.2023.)

²¹ *The pros and cons of lidar and cameras in autonomous cars*, 2022., Arrow, online: [Lidar vs. Camera: What's Best in Self-driving Cars? | Arrow.com | Arrow.com](https://arrow.com) (2.06.2023.)

slike, dimenzije i geometrija poznate usporedbom izlazne slike kamere s izvornim slikama. Može se izračunati parametre kalibracije koji će objasniti ta izobličenja, dakle potrebno je obaviti ručno unos sadržaja pojedinih ulaznih slika prije korištenja kamere.²² U slučaju stereo kamera, dva digitalna fotoaparata rade zajedno. Slično stereoskopskom vidu para očiju, njihove slike omogućuju dubinsku percepciju okolnog područja, pružajući informacije o aspektima, uključujući položaj, udaljenost i brzinu objekata. Kamere snimaju isti kadar s dva različita gledišta. Koristeći triangulaciju i na temelju rasporeda piksela, softver uspoređuje obje slike i određuje informacije o dubini potrebne za 3D sliku.²³

4.7 Usporedba prednosti i nedostataka tehnologije Kamera i Lidar tehnologije

Tema Lidar protiv kamera u autonomnim vozilima široko se raspravlja, premda se ove tehnologije oslanjaju na isti princip elektromagnetske emisije, refleksije, i prijema senzora koji ga dovršavaju. Na pitanje koja mu je tehnologija draža, Elon Musk je izjavio: „Ljudi voze očima i biološkim neuronskim mrežama, pa ima smisla da su kamere i silikonske neuronske mreže jedini način za postizanje općeg rješenja za samostalnu vožnju.“ S obzirom da je Musk osnivač Tesle, jedne od najpoznatijih svjetskih tvrtki za autonomna vozila, njegove riječi svakako treba ozbiljno razmotriti, no u tehničkoj usporedbi može se primijetiti da i kamere i Lidar senzori imaju svoje prednosti i nedostatke, promatrani zasebno i usporedno.²⁴ Jedna od primarnih prednosti Lidar-a je točnost i preciznost.. Primjerice, pojedini proizvođači izvijestili su da je Lidar koji koriste toliko nevjerojatno napredan da može reći u kojem smjeru pješaci gledaju i predvidjeti njihovo kretanje, ili vidjeti ručne signale koje biciklisti koriste kako bi potom predvidjeli u kojem smjeru bi biciklisti trebali skrenuti. Još jedna prednost Lidar-a je ta što samovozećim automobilima daje trodimenzionalnu sliku za rad. Lidar je izuzetno precizan u usporedbi s kamerama jer lasere ne zavaravaju sjene, jaka sunčeva svjetlost, ili nadolazeća prednja svjetla drugih automobila. Konačno, štedi računalnu snagu. Lidar može odmah odrediti udaljenost do objekta i smjer tog objekta, dok sustav temeljen na kameri prvo mora memorirati

²² Shahian Jahromi B., 2019., *Camera Technology in Self-Driving Cars*, Medium, online: Camera Technology in Self-Driving Cars | by Babak Shahian Jahromi | Medium (2.06.2023.)

²³ *3D Cameras in autonomous vehicles*, Future markets magazine, online: 3D Cameras in autonomous vehicles | Future Markets Magazine (future-markets-magazine.com) (2.06.2023.)

²⁴ *The pros and cons of lidar and cameras in autonomous cars*, 2022., Arrow, online: Lidar vs. Camera: What's Best in Self-driving Cars? | Arrow.com | Arrow.com (2.06.2023.)

slike, a zatim analizirati te slike kako bi odredio udaljenost i brzinu objekata, što zahtijeva daleko veću računalnu snagu. Vrlo malo proizvođača automobila zapravo implementira Lidar u klasična potrošačka vozila.

Povijesno gledano, trošak je bio jedan od glavnih nedostataka Lidar-a. Googleov sustav prvotno je iznosio više od 75.000 dolara. Danas su startupi smanjili troškove Lidar jedinica na ispod 1000 dolara u slučaju proizvođača Luminar, ali preostaje za vidjeti koliko će ih biti potrebno po vozilu. Kao takvi, troškovi ovog sustava i dalje mogu dodati značajan trošak potrošačkim vozilima i vjerojatno će još malo poduže biti u području autonomnih flotnih vozila. Smetnje su jedan potencijalni problem s Lidar-om, jer se ti sustavi masovnije uvode. Ako postoji veliki broj vozila koja istovremeno generiraju laserske impulse (fotone), to bi moglo uzrokovati smetnje i potencijalno „zaslijepiti“ vozila. Proizvođači će morati razviti metode za sprečavanje tih smetnji. Također je nepoznato što bi stalne laserske aktivnosti mogle uči drugim mehaničkim i biološkim sustavima u okolišu. Na primjer, Velodyne tvrdi da bi Lidar koji djeluje na 1550 nanometara, kao što koristi njihov konkurent Luminar, zapravo mogao oštetiti ljudsku rožnicu u nekim okolnostima. Na CES-u 2019 netko je prijavio da mu je senzor kamere oštećen od Lidar-a. Još uvijek postoje mnoga otvorena pitanja o ekološkoj sigurnosti primjene ovog sustava u razmjerima. Također ima ograničenje u tome što mnogi sustavi još ne mogu dobro vidjeti kroz maglu, snijeg i kišu. Ford je primjerice razvio algoritam koji pomaže njegovom Lidar sustavu da razlikuje pojedinačne kišne kapi i snježne pahulje. U suprotnom, autonomna vozila tumačila bi masu padajućih snježnih pahulja kao zid nasred ceste. Ford je dokazao svoj koncept tijekom testiranja u Michiganu, ali njegov program još uvijek ima puno toga za usavršiti. S obzirom na princip funkcioniranja, ne pruža informacije koje kamere obično mogu vidjeti - poput riječi na znaku ili boje semafora. Kamere su prikladnije za ovu vrstu informacija. Konačno, Lidar sustavi mogu biti primjetljiviji kada su ugrađeni u vozilo budući da zahtijevaju veliki prostor za implementaciju, dok su sustavi kamera, kako su implementirani na trenutnim Teslinim vozilima, gotovo nevidljivi. Međutim, Lidar sustavi su svake godine sve manji. Jedna značajna prednost Lidara je činjenica da u mraku i uvjetima slabog osvjetljenja pruža sigurnu sliku.

Kamere u autonomnoj vožnji rade na isti način na koji funkcionira naša ljudska vizija i koriste sličnu tehnologiju koja se danas nalazi u većini digitalnih fotoaparata. Mnogo su jeftinije od Lidar sustava, što smanjuje troškove samovozećih automobila, posebno za krajnje potrošače. Također ih je lakše ugraditi (moderni Tesle imaju osam kamera oko automobila) budući da su video kamere već na tržištu. Tesla može jednostavno kupiti kameru dostupnu na tržištu i poboljšati je, umjesto da ulaže i izmišlja neku potpuno novu tehnologiju. Još jedna prednost je

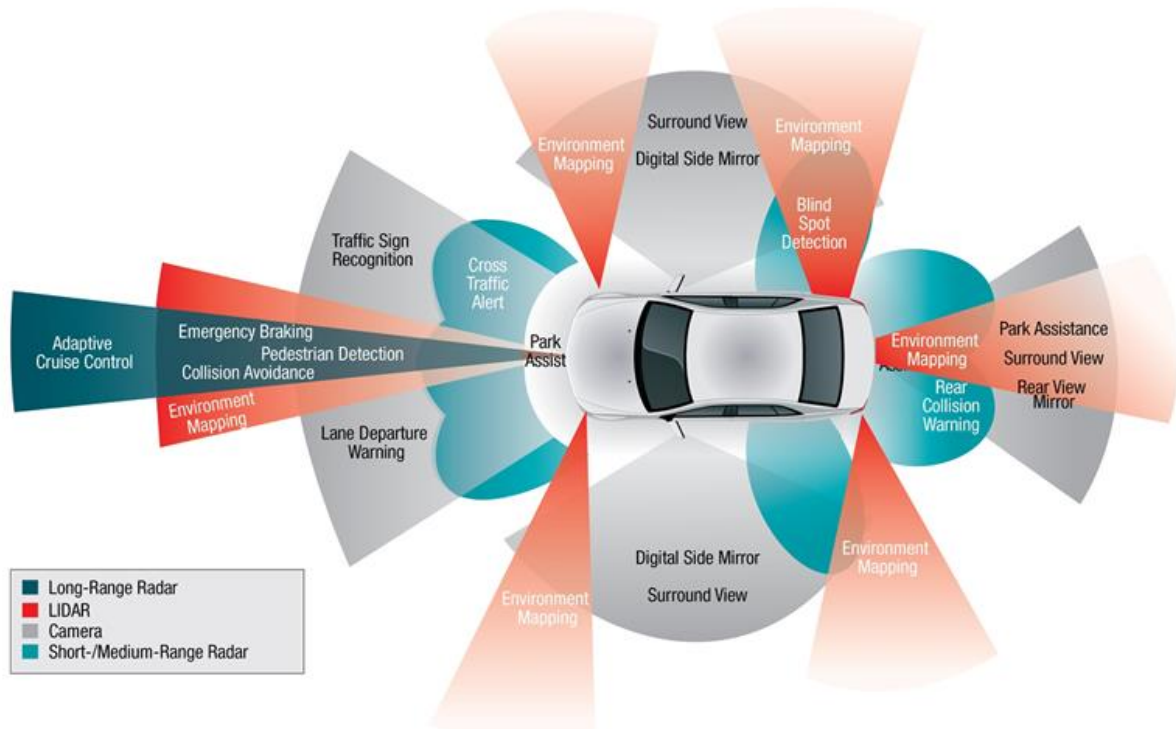
što kamere nisu slijepe na vremenske uvjete poput magle, kiše i snijega. Fordovo zaobilazno rješenje Lidar za loše uvjete mora koristiti softverska poboljšanja, ali Tesline kamere nemaju iste probleme kao Lidar-ova fizička ograničenja. Kamere također mogu vidjeti okolinu na isti način kao što i ljudi mogu u teoriji, čitati ulične znakove, tumačiti boje, za razliku od Lidar-a. Konačno, kamere se lako mogu ugraditi u dizajn automobila i sakriti unutar strukture automobila, što ga čini privlačnijim za potrošačka vozila.

Kamere su relativno neadekvatni senzori po tome što samo pružaju same neobrađene slikovne podatke natrag u sustav, za razliku od Lidar-a gdje je osigurana točna udaljenost i lokacija objekta. To znači da se sustavi kamera moraju oslanjati na moćna računala za strojno učenje kao neuronske mreže ili duboko učenje koja mogu obraditi te slike kako bi točno utvrdila što je gdje, slično načinu na koji naš ljudski mozak obrađuje stereo vid iz naših očiju kako bi odredio udaljenost i lokaciju. Osim toga, u mraku i slaboj vidljivosti kamere ne mogu raspoznati udaljene objekte za razliku od Lidara koji koristi princip laserskih zraka. Jedno održivo rješenje za raspravu o Lidar-u u odnosu na kameru za samovozeće automobile je kombiniranje tehnologije. Mobileye, iako je prvenstveno usredotočen na vizualnu percepciju, također koristi ulaze iz Lidar-a i radara kako bi osjetio okoliš i to može koristiti kao sekundarni, suvišni sustav sustava vizualne percepcije. Jedna stvar koju treba imati na umu kod fuzije senzora je da je svaka točka podataka još jedan ulaz koji računalni sustavi trebaju naučiti i interpretirati. Bilo da se radi o Lidar-u, kamerama ili spoju to dvoje, svi ovi visokotehnološki sustavi dobri su samo onoliko koliko su dobri računalni programi napisani za tumačenje podataka milisekundnom preciznošću. Ljudi moraju napisati i testirati točne računalne kodove i algoritme kako bi bilo koji fizički hardver ispravno radio.

S obzirom na to na koliko stvari vozač mora obratiti pozornost na cesti, pravilno ulijevanje milijuna podatkovnih bitova u računalni sustav automobila nije mali zadatak. Dakle, kada spaja više senzora, sustav mora ponovno naučiti raditi sa svima njima u harmoniji. S obzirom na napredak tehnologije vida temeljene na kameri u posljednje vrijeme, vjerojatno će se vidjeti širenje sustava kamera u potrošačkim vozilima, posebno s obzirom na niže troškove i nedavni napredak u umjetnoj inteligenciji. Međutim, Lidar će vjerojatno ostati glavna tehnologija u vozilima za dijeljenje vožnje jer su tvrtke tijekom godina mnogo ulagale u njega i pružale dodatne doprinose sustavu percepcije, smanjujući dio računalne složenosti. Osim toga, budući da vozila za dijeljenje vožnje mogu ponovno nadoknaditi troškove hardvera zamjenom vozača, trošak Lidar-a manji je problem nego kod potrošačkih vozila. Kako Lidar postaje jeftiniji zbog velikih ulaganja startupa, vjerojatno će se pojaviti u više potrošačkih vozila uz kamere i radar

ako se problemi s smetnjama Lidar-a mogu riješiti, ali vjerojatno u ograničenom skupu automobila u početku.²⁵

Slika 2. Slikovni prikaz konfiguracije samoupravljanja autonomnog vozila



Izvor: Silverio M., 2019., *How to make a vehicle autonomous*, Towardsdatascience, online: How to make a vehicle autonomous. Key aspects of autonomous vehicles | by Manuel Silverio | Towards Data Science (2. 6. 2023.)

²⁵ *LiDAR vs. Cameras for Self Driving Cars – What’s Best?*, Autopilot review, online: LiDAR vs. Cameras for Self Driving Cars - What's Best? - AutoPilot Review (2.06.2023.)

5. RAZINE AUTOMATIZACIJE AUTONOMNIH VOZILA

5.1. Razine automatizacije kopnenih vozila

Kako bi se lakše univerzalno odredilo razine autonomije vozila, ona je podijeljena po razinama, uvjetovanim samostalnošću vožnje koju vozilo može ostvariti sa svojim integriranim tehnologijama. Razine autonomije podijeljene su u pet razina, a šest ukoliko se ubroji nulta razina koja u potpunosti isključuje automatizaciju.

Razina automatizacije 0: Nema automatizacije

Vozila na ovoj razini nemaju autonomne mogućnosti, što znači da vozač u svakom trenutku mora imati potpunu kontrolu nad vozilom, čak i ako je opremljen sustavima upozorenja i intervencije, uključujući sustave za izbjegavanje prepreka i kočenje u nuždi. Od sustava pomoći dostupan je samo tempomat koji će pomoći u vožnji na duge relacije. Ti poboljšani sustavi sigurnosti vozača isključeni su iz kategoričkog sustava automatizacije jer ne obavljaju dio ili cijeli zadatak dinamičke vožnje na trajnoj osnovi, već umjesto toga pružaju kratku intervenciju tijekom potencijalno opasnih situacija.

Razina automatizacije 1: Pomoć vozaču

Razina 1 je najosnovnija vrsta autonomije i sigurnosti, gdje se jedan element procesa vožnje preuzima izolirano, koristeći podatke sa senzora i kamera, ali vozač je još uvijek potpuno angažiran. Ovdje možemo pronaći prilagodljivi tempomat i tehnologiju pomoći pri zadržavanju u prometnoj traci koja pomaže u umoru od vožnje. Prilagodljivi tempomat održavat će sigurnu udaljenost između vozila pomoću radara i/ili kamera za automatsku primjenu kočenja kada se promet uspori i nastavak brzine kada se promet očisti. Pomoć pri zadržavanju trake također može biti prisutna i pomoći će povratku u traku ako vozilo počne skretati iz nje. Te su tehnologije predstavljene krajem 1990-ih u Mercedes-Benzu, sa svojim pionirskim tempomatom kojim upravljaju radari, dok je Honda uvela pomoć pri zadržavanju trake na modelu Legend iz 2008. godine. To su bili prvi koraci prema razvoju pravog autonomnog vozila.

Razina automatizacije 2: Djelomična automatizacija

Na razini 2, iako vozač mora imati ruke na upravljaču i biti spreman preuzeti kontrolu u bilo kojem trenutku, automatizacija razine 2 može pomoći u obavljanju rudimentarnih zadataka. Vozač i dalje mora izvoditi taktičke manevre poput reagiranja na prometnu signalizaciju, promjene traka i skeniranja opasnosti. Vozila na ovoj razini obično su opremljena naprednim sustavima pomoći u vožnji (ADAS) koji mogu preuzeti upravljanje, ubrzanje i kočenje u određenim scenarijima. Ovi su sustavi korisni u scenarijima zaustavljanja i kretanja u prometu održavanjem udaljenosti vozila, a istovremeno pružaju pomoć pri upravljanju centriranjem automobila unutar trake. Na ovoj razini vozilo može raditi složenije funkcije koje spajaju bočnu kontrolu (upravljanje) s uzdužnom kontrolom (ubrzanje i kočenje), zahvaljujući većoj svijesti o svojoj okolini. Tesla Autopilot jedan je primjer autonomnih mogućnosti razine 2.

Razina automatizacije 3: Uvjetna automatizacija

Napredovanje s razine 2 na razinu 3 značajno je s tehnološkog stajališta, ali iz ljudske vozačke perspektive minimalno. SAE naziva razinu 3 „uvjetnom automatizacijom“, što je specifičan način rada koji se bavi svim aspektima vožnje, ali vozač mora biti spreman odgovoriti na zahtjev za intervenciju. Autonomna vozila na ovoj razini sposobna su sama voziti, ali samo u idealnim uvjetima i s ograničenjima, poput podijeljenih autocesta s ograničenim pristupom pri određenim brzinama. Ljudski vozač i dalje mora preuzeti kontrolu nad vozilom ako uvjeti na cestama padnu ispod idealnog. Neka vozila na ovoj razini imaju mogućnosti „otkrivanja okoliša“ i mogu sama donositi informirane odluke, poput ubrzavanja pored vozila koje se sporo kreće.

Razina automatizacije 4: Visoka automatizacija

Na razini 4, sustav autonomne vožnje vozila u potpunosti je sposoban nadzirati vozačko okruženje i upravljati svim funkcijama vožnje za ograničene rute i uvjete definirane u području operativnog dizajna. Volan i papučice i dalje ostaju na toj razini, ali nije potreban ljudski unos ili nadzor, osim pod određenim uvjetima, kao što su određena vrsta ceste ili zemljopisno područje, loše vrijeme i druga neobična okruženja. Vozač može upravljati svim vozačkim dužnostima na gradskim ulicama, a zatim postati putnik dok automobil ulazi na autocestu. Vozilo može upozoriti vozača da dostiže svoje operativne granice ako ti uvjeti nalažu ljudsku intervenciju, kao što je jak snijeg. Ako vozač ne reagira, automatski će osigurati vozilo unutar određenih sigurnosnih parametara, uključujući usporavanje do zaustavljanja.

Razina automatizacije 5: Potpuna automatizacija

Vozila na razini 5 potpuno su autonomna, što znači da vozač nije dužan obavljati vozačke zadatke. Autonomna vozila na ovoj razini nisu osjetljiva niti na utjecaj loših vremenskih uvjeta, te mogu udobno i učinkovito prevoziti ljudska bića. Samo je odredište jedini uvjet za dolazak od točke A do točke B. Zapravo, vozila iz ove kategorije ne smiju biti opremljena upravljačima ili papučicama za upravljanje. Putnici jednostavno unose glasovne naredbe za infotainment sustave, kao što su zabava, klimatizacija i video pozivi. Iako tehnologija za potpuno autonomni automobil danas već postoji, oni su još uvijek u fazi razvoja. U skladu s trenutnim propisima u SAD-u i pravnim pitanjima i potpunim uvođenjem vozila razine 5 preostaje još puno godina. Međutim, izvješće koje je IHS Markit objavio 2016. predviđa da će do 2035. Godine postojati 21 milijun autonomnih vozila, nešto više od desetljeća od danas.²⁶

5.2 Razine automatizacije vodnih vozila

IMO je u početku izveo koncept četiri „stupnja“ autonomije za brodove. Ovi stupnjevi stvoreni su samo u svrhu olakšavanja procesa IMO-a u smislu regulacije kategorizacije autonomnih brodova, iako su ih mnogi tumačili kao opću IMO definiciju od tada. Tijekom vježbe stavki unutar regulatornog opsega, relevantne države zastave priznale su da ove razine zahtijevaju daljnje razmatranje i rad kako bi se relevantni podaci primijenili u regulatorne svrhe. Kako pokazuje progresivnu razinu automatizacije i podrške odlučivanju, najviši stupanj definiran kao potpuno autonoman brod je razina 4, a razinu 0 formulacija uklanja jer je nije bilo unutar opusa vježbi. Na ljestvici od 1 do 4, IMO-ova ljestvica za regulatorni opseg je dana kao:

1. Prvi stupanj: brod s automatiziranim procesima i potporom pri odlučivanju: Pomorci su na brodu radi upravljanja i kontrole brodskih sustava i funkcija. Neke operacije mogu biti automatizirane i povremeno bez nadzora, ali sa spremnim pomorcima na brodu za preuzeti kontrolu.

²⁶ Atwell C., 2022., *What are SAE's five self-driving levels?*, Fierceelectronics, online: [What are SAE's five self-driving levels?](#) | Fierce Electronics (5.06.2023.)

2. Drugi stupanj: daljinski upravljani brod s pomorcima na brodu: Brod je kontroliran i upravljan s drugog mjesta. Pomorci su dostupni na brodu da preuzmu kontrolu i upravljanje brodskim sustavima i funkcijama.
3. Treći stupanj: daljinski upravljani brod bez pomoraca na brodu: Brod je kontroliran i upravljan s drugog mjesta. Na brodu nema pomoraca.
4. Četvrti stupanj: potpuno autonoman brod: Operativni sustav broda može samostalno donositi odluke i određivati postupke.²⁷

²⁷ Lehtovaara E., *White paper: Autonomous ships terms of reference for rule development*, Safety4sea, online: One-Sea-Autonomous-terminology-2022_03.pdf (safety4sea.com) (5.06.2023.)

6. PREDNOSTI I NEDOSTACI AUTONOMNIH VOZILA

6.1 Prednosti autonomnih vozila

Autonomna vozila sadržavaju visoko napredne inteligentne sustave, te imaju visoki potencijal unaprjeđenja prijevozne usluge, kao i unaprjeđenja prometnog sustava u cjelini. Donose povećanu sigurnost i povećanu funkcionalnost prometne mreže, međusobno komunicirajući i prenoseći podatke o prometu u stvarnom vremenu. Njihove prednosti mogu se definirati u nekoliko glavnih točaka, od kojih je prva prednost prevencija prometnih nesreća. Od 37.133 smrtno stradalih vozila u 2017. godini, 94% sudara bilo je posljedica ljudske pogreške. Računala temeljena na sofisticiranim sustavima i algoritmima u osnovi će eliminirati faktor ljudske pogreške. Glavni uzroci nesreća, uključujući vožnju u pijanom stanju ili vožnju u nekom krivom stanju, neće biti čimbenici kod autonomnih automobila. Procjenjuje se da autonomni automobili mogu smanjiti postotak nesreća i do 90%.

Kao iduća prednost može se navesti ušteda društvenih troškova, budući da je jedan od glavnih čimbenika pri vaganju prednosti i nedostataka automatiziranih vozila trošak za društvo. Izvješća su pokazala da autonomna vozila mogu pomoći u uštedi sredstava društva oko 800 milijardi dolara svake godine. Smanjenje troškova povezanih s prometnim nesrećama, smanjeno opterećenje zdravstvenog sustava, učinkovitiji prijevoz, bolja ušteda goriva i još mnogo toga može doprinijeti ukupnim uštedama na društvenim troškovima.

Povećanje učinkovitosti prometa također predstavlja jednu od glavnih prednosti autonomnih automobila, koje se postiže njihovom sposobnošću međusobne komunikacije. S ovom sposobnošću komunikacije u stvarnom vremenu, automobili bi mogli učinkovito putovati na optimiziranim udaljenostima jedni od drugih. Oni bi također odredili najbolji put za vozača, kako bi se uklonile prometne gužve od nekoliko kilometara.

Svojim karakteristikama autonomna vozila omogućavaju bolji pristup i način prijevoza za one koji ne mogu ili ne žele voziti. Autonomna vozila mogla bi biti siguran i pouzdan način prijevoza. Osobe s invaliditetom ili starije osobe mogli bi ući u autonomni automobil bez ugrožavanja sebe ili drugih. Gradovi s ograničenom pokrivenošću javnim prijevozom također bi imali koristi od autonomnih automobila, jer lako mogu doći do područja u kojima nedostaje infrastrukture.

Posljednja navedena, ali ništa manje bitna prednost, je da su autonomna vozila ekološki prihvatljiva. Okoliš predstavlja izrazito značajan čimbenik u raspravi o autonomnim automobilima, kao faktor koji utječe na razvoj alternativnih pogona svih modernih vozila kako bi se smanjilo onečišćenje i koncentracija stakleničkih plinova. Autonomni automobili vjerojatno će biti električni, te neće koristiti motore s unutarnjim izgaranjem. Konstantne brzine kojima će putovati autonomni automobili smanjiti će stalno kočenje i ubrzavanje. Navedeni čimbenici će u cjelini pridonijeti smanjenju emisija i postizanju okolišne održivosti.

6.2 Nedostaci autonomnih vozila

Ranije su spomenute vrijedne prednosti koje mogu donijeti autonomna vozila. Ipak, kao relativno nova tehnologija, donose i određene rizike koje je potrebno ukloniti ili smanjiti na prihvatljivu razinu daljnjim usavršavanjima, koja prate razvoj modernih visoko naprednih tehnologija. Tada će biti moguća njihova stvarna primjena u prometnom sustavu, pri čemu će se povećati broj autonomnih vozila, kao i njihov stupanj autonomije koji će težiti potpunoj samostalnosti vožnje. Prvi navedeni nedostatak biti će sigurnosni problemi koji mogu nastati uslijed ranjivosti informatičkog sustava autonomnog vozila. Jedna od potencijalnih mana autonomnih vozila je mogućnost hakiranja, jer da bi automatizirani automobili međusobno komunicirali i koordinirali, morali bi dijeliti isti mrežni protokol. Međutim, kako veliki broj automobila dijeli istu mrežu, bili bi podložni hakiranju. Čak bi i mali hakerski napad mogao prouzročiti značajnu štetu na prometnim cestama uzrokujući sudare i zastoje u prometu.

Autonomna vozila mogla bi prouzročiti gubitak radnih mjesta onih koji ovise o vožnji kao zanimanju, budući da bi njihova karijera zapravo i zastarjela uvođenjem autonomnih automobila. Oni u kamionskoj industriji, vozači autobusa, taksisti, će morati pronaći novo zaposlenje. Zaposlenici dostava brze hrane i vozači Ubera također bi se našli zamijenjeni automatiziranim automobilima, možda i prije od ostalih.

Iako autonomna vozila dugoročno mogu ostvariti znatne društvene uštede troškova, početni trošak automatiziranih vozila može biti opisan pridjevom astronomski. Neki stručnjaci procjenjuju da bi posjedovanje potpuno autonomnog vozila moglo koštati dodatnih 250,000 dolara po vozilu. Naravno, kako nova tehnologija sazrijeva, troškovi bi se trebali smanjiti. Međutim, u ranim fazama prepreka ulasku može biti previsoka za opću populaciju.

Još jedan od nedostataka autonomnih vozila je dilema moralnog stroja, to jest njihov nedostatak sposobnosti donošenja prosudbi između više nepovoljnih ishoda. Na primjer, što

ako bi se autonomni automobil morao suočiti sa situacijom sa samo dvije moguće opcije: Skrećući ulijevo i udarajući pješaka ili skrećući udesno i udarajući u drvo, potencijalno ozlijeđivši putnike u vozilu? Budući da su obje opcije nepoželjne, postavlja se pitanje koju bi opciju autonomni automobil odabrao. Moralni stroj, koji je razvila skupina na tehnološkom institutu Massachusettsu, nastoji riješiti ovo pitanje prikupljanjem podataka o odlukama ljudi iz stvarnog života. Međutim, prikupljeni podaci pokazuju velike razlike među različitim skupinama ljudi, što otežava programiranje konačnog odgovora za autonomne automobile.

Također, pogreška stroja mora se ozbiljno razmotriti pri ispitivanju prednosti i nedostataka automobila bez vozača, jer iako se većina slaže da će autonomni automobili vjerojatno spriječiti događanje novih nesreća, to ne eliminira u potpunosti rizik od nesreća uzrokovanih strojnom pogreškom. Nadalje, ako softver ili bilo koji dio vozila ne uspije ovladati trenutnom situacijom, autonomno vozilo moglo bi dovesti vozača u veću opasnost nego da vozač osobno preuzme kontrolu nad vozilom.²⁸

²⁸ *Self-driving cars: pros and cons*, Valentemott, online: Self-Driving Cars: The Pros & Cons of Automated Vehicles (valientemott.com) (6.06.2023.)

7. ZNAČAJ AUTONOMNIH VOZILA U LOGISTICI I NJIHOVA PRIMJENA

7.1 Općenita definicija logistike

Logistika je jedna riječ koja označava izrazito širok pojam, a korijen same riječi valja potražiti u više stranih jezika, kao u grčkom riječ *logistikos* (promisliti, logično razmišljati), latinskom *logisticus* (račun i rezoniranje u matematičkom smislu) ili francuskom *loger* (stanovati, smjestiti se, obitavati). Tumačenje logistike kakvo se prakticira danas nastalo je iz logičnog razmišljanja, praktične vještine računanja, financijskog promatranja zaliha i distribucije životnih namirnica kao i zadovoljenje potreba ljudi za smještajem i opskrbom u različitim životnim situacijama. Dakle, logistika označava disciplinu koja izučava optimalne načine snabdijevanja potrošača ili tvrtki nužno potrebnim sirovinama ili proizvodima, a glavni ciljevi su skraćeno vrijeme putovanja, povećana sigurnost putovanja i najmanji trošak po jedinici puta. Složen je niz procesa u logistici, a svi procesi međusobno su povezani i čine cjelinu u kojoj su svi odnosi međuzavisni.²⁹

Njena funkcija kroz povijest bila je prvenstveno vojna, te je riječ logistika označavala skup struktura i procesa koji su se odnosili na planiranje kretanja trupa, odabira podobnih mjesta za podignuti kamp, reguliranjem transporta i snabdijevanja. Već je Napoleonov bivši časnik, na osnovu iskustava koja je stekao kao njegov časnik, definirao logistiku kao vještinu koja pokreće vojsku, s time da se pomicanje odnosi na samo mehaničko pomicanje i na upravljanje i uvođenje razmišljanja u kretanje i održavanje vojne spremnosti. U Drugom svjetskom ratu u angloameričkim jezicima logistika se definira kao pojam planiranja i upravljanja procesima opskrbe vojnih trupa. Zapravo se prvi veći uzlet logistike događa se krajem Drugog svjetskog rata kada se kreću razvijati prva računala, čime se kombinirano proučavaju metode optimalnih troškova i izuzetno se povećava učinkovitost računala, a i razvijaju discipline poput Operacijskih istraživanja, kojima je namjena odgovoriti na transportne probleme poput pronalaženja najkraće rute dobave sirovina, modeli upravljanja inventarom, problemi lociranja i nadziranja. Početkom 1970-ih se pojam logistike počinje primjenjivati u znanstvenoj i praktičnoj primjeni svih disciplina koje izučavaju problematiku kretanja informacija, ljudi i energije. Tada se riječ logistika počinje dijeliti na vojnu logistiku koja obuhvaća kretanja trupa,

²⁹ Zelenika R. 2001., *Prometni sustavi*, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, str. 399, 400, 401, 404

robe u vojne svrhe i na poslovnu logistiku koja obuhvaća kretanje robe i odluke usmjerene prema socijalnim i tehničko-ekonomskim ciljevima.³⁰

Prema definiciji Europske logističke organizacije, logistika je organizacija, planiranje, kontrola i realizacija robnih tokova od mjesta nastanka do mjesta prodaje preko proizvodnje i distribucije do krajnjeg korisnika sa ciljem zadovoljenja zahtjeva tržišta uz minimalne troškove i minimalne investicije. Sama definicija upućuje na složenost logistike kao discipline i da je neophodan multidisciplinarni pristup izučavanju njenih zakonitosti. Sve procese treba promatrati zasebno, posebno discipline iz tehničkog, tehnološkog, organizacijskog, ekonomskog i pravnog aspekta, a potom i kao integralnu cjelinu kako bi se optimiziralo njihovu međuzavisnost. U širem smislu, logistika obuhvaća i povratnu logistiku, koja se bavi raspolaganjem otpadnim tvarima i nusproduktima iskorištenih sirovina i proizvoda.³¹

7.2 Autonomni kamioni

U pojedinim državama, kamionski način prijevoza je dominantan, i na svjetskoj razini njime se preveze desetke milijuna tona tereta svake godine. Pojam autonomni kamioni primjenjuje se na kamione kojima će se upravljati iz drugih izvora kao što su sateliti i napredni GPS sustavi, a modeli koji su trenutno na cesti već pružaju napola autonomni način rada, u kojem autonomni sustav i/ili ljudski operater provode misiju, imajući različite razine interakcije čovjeka i robota. Očekuje se da će u potpuno autonomnom načinu rada bespilotni sustav izvršiti svoju misiju, unutar definiranog opsega, bez ljudske intervencije. U načinu rada na daljinu, ljudski operater, koristeći povratne vizualne ili informacije druge prirode, izravno kontrolira vozilo ili dodjeljuje ciljeve, kontinuirano čitavim putem posredstvom privezanog ili radio povezanog upravljačkog uređaja. Konačno, u načinu rada daljinskog upravljanja, ljudski operater, bez koristi od vizualnih ili drugih povratnih informacija, kontinuirano kontrolira sustave upravljanja autonomnim sustavima, s lokacije izvan vozila i putem privezanog radio povezanog upravljačkog uređaja pomoću vizualnih zapažanja.

Očekuje se da će se do 2027. na autocestama pojaviti potpuno autonomni kamioni, uključujući konvoje dvaju ili više kamiona u kojima svi kamioni imaju vozača, ali samo vozač vodećeg kamiona ima potpunu kontrolu nad vozilom. Unatoč toj tranziciji, očekuje se da će

³⁰ Jolić N., *Logistika i ITS*, 2006., Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, str. 19, 20, 21

³¹ Hlača B., *Lučka logistika*, 2016., Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, str. 43, 44, 45, 46

isporuka robe i usluga biti gotovo ista kao i desetljećima do sada u smislu da su vozači i dalje ključni za taj proces. Prednost konvoja je u povećanoj sigurnosti, uštedi vremena budući da se ostvaruje efekt vagona, uštedi goriva budući da se smanjuje otpor vjetra na prateća vozila i održava konstantna optimalna brzina. Također se omogućava praćenje faza semaforских signala. I dalje postoji manjak vozača kamiona, a budući da vozači odlaze iz industrije ili se povlače iz nje, ulažu se napor za zapošljavanje dodatnih vozača. Zamjenskim vozačima nude se bonusi za zaposlenje, veće plaće i velikodušni paketi pogodnosti koji uključuju školarinu na fakultetu. Predviđa se da će ti prijedlozi biti dovoljno uspješni za trenutne zahtjeve tržišta. Općenito, zadržavanje vozača kamiona moglo bi se poboljšati ako dio rute na duge relacije postane samovozeći, smanjujući vrijeme koje vozači provode izvan kuće, što je ključni razlog zbog kojeg vozači na duge relacije napuštaju profesiju, prema mišljenju mnogih dionika. Kao i u slučaju scenarija bez vozača, mnogi dionici vjeruju da je budući razvoj događaja toliko nesiguran da ne mogu predvidjeti kako bi automatizirani kamionski prijevoz utjecao na različite aspekte radne snage, poput plaća ili zadržavanja.

Iako autonomni kamioni još nisu potpuno sigurni i otporni na nesreće, posebno u određenim vremenskim uvjetima i uvjetima na cestama, različita izvješća koja su provedena tvrde da će dovesti do značajnog smanjenja nesreća u usporedbi s kamionima koje vozi čovjek. Izvješće koje je objavila tvrtka McKinsey & Company tvrdi da autonomna vozila mogu dovesti do smanjenja smrtnih slučajeva u prometu za 90%. Neke prednosti autonomnih kamiona su smanjenje prometnih gužvi i zagušenja. Još jedna često zanemarena prednost koju autonomni kamioni mogu pružiti je ta što mogu uvelike smanjiti prometne gužve i gužve u cijeloj zemlji, posebno na autocestama. To je zato što će autonomni kamioni biti programirani da krenu najoptimalnijom rutom, a također neće biti podložni odgođenim ljudskim reakcijama koje često dovode do sigurnosnih rizika prometa. Iduća prednost je da autonomni kamioni mogu rezultirati uštedom troškova tvrtkama koje ih koriste. Naravno, bit će veliko početno ulaganje u kupnju vozila koje je sposobno za autonomnu vožnju, ali s vremenom se očekuje da će se to isplatiti kombinacijom povećane učinkovitosti i smanjenja vozača koji moraju biti plaćeni.³² Iako će autonomni kamioni otvoriti nova radna mjesta, oni će svejedno nažalost, najvjerojatnije dovesti i do toga da neki vozači kamiona ostanu bez posla. Mnogi od tih vozača rade već desetljećima i mogu značajno izgubiti ako ih zamijene kamioni bez vozača. To se naravno neće dogoditi odjednom, ali postati će stvarna briga kada se autonomni kamioni počnu primjenjivati u

³² *Autonomous Trucking*, Guides.loc.gov, online: *Autonomous Trucking - The Trucking Industry: A Research Guide - Research Guides at Library of Congress (loc.gov)* (7.06.2023.)

velikom broju. Preostaju i novi sigurnosni problemi. Autonomni kamioni, zbog softvera na kojem djeluju, osjetljivi su na hakere i druge slične skupine kriminalaca. Čak i ako autonomni kamion ima osobu unutar vozila koja nadzire situaciju, postoji vrlo realna mogućnost da se hakeri mogu infiltrirati u softver i nadjačati kontrole. Još jedan nedostatak autonomnih kamiona je taj što će proći puno vremena prije nego što ikada budu mogli raditi širom zemlje. Osim što tehnologiju još treba malo poboljšati, državni propisi i zakoni spriječit će dopuštenje autonomnih vozila općenito na cesti u svakoj državi. Prema trenutnim predviđanjima, ubrzo će to biti na državnoj osnovi. Hoće li autonomni kamioni ikada postati norma ili ne, ostaje za vidjeti. Primjena autonomnih kamiona očekuje se u „valovima“ kako se tehnologija bude poboljšavala i procjenjivala isplativost. Unatoč ekonomskoj motivaciji, mnogi u kamionskoj industriji sumnjaju jesu li kamioni bez vozača izvedivi u doglednoj budućnosti s obzirom na trenutni horizont autonomne tehnologije. Sve dok se tehnologija koja se upotrebljava za autonomna vozila suočava s dodatnim izazovima, očekuje se da će se tim preprekama nastaviti promicati inovacije kako bi se osigurale sigurnije ceste i usklađenost sa saveznim propisima. Novi materijali, kompaktna elektronika, napredak u telekomunikacijama zajedno sa smjernicama za emisije, učinkovitost goriva i sigurnost dovest će ovu industriju do povećane razine automatizacije. Iako postoji znatan interes i uzbuđenje oko visoko automatiziranih vozila, sigurnost je najvažniji cilj, budući da se prema procjeni 94 posto nesreća može povezati s ljudskim izborom ili pogreškom. Autonomni kamioni također mogu imati potencijal za uštedu energije i smanjenje onečišćenja zraka od prijevoza učinkovitošću i podupiranjem elektrifikacije vozila. Nadalje, kamionski konvoj povećava otpornost na vjetar, čime se štedi gorivo: oko 10% za slijedeći kamion, 5% za vodeći kamion.³³

Jedna od brojnih tvrtki vrijednih spomena je Starsky Robotics, koja je bila pionir autonomnih kamiona. Bila je to autonomna kamionska tvrtka osnovana 2016. godine. Njihov uspjeh je u razvoju kamiona za vožnju bez osobe u vozilu. U veljači 2018. godine kamion opremljen autonomnim tehnologijama od strane tvrtke Starsky Robotics završio je na Floridi putovanje duljine oko 11 kilometara bez vozača u kamionu. Prva je tvrtka koja je javno testirala praznu kabinu za autonomne kamione. Tvrtka je razvila vlasničku tehnologiju koja je vozačima omogućila daljinsko upravljanje kamionima iz centralnog sjedišta. Uspješno su završene pune isporuke s 85% autonomije. Starsky Robotics sustav radio je na rješavanju problema isporuke u posljednjoj milji tako što je u potpunosti uklonio vozače iz kabine, i smjestio ih u ured u

³³ Webster J., *The Advantages and Disadvantages of Autonomous Trucks*, a1autotransport, online: Autonomous Trucks: Pros and Cons (a1autotransport.com) (7.06.2023.)

kojem su mogli daljinski upravljati kamionom od terminala do isporuke. Starsky Robotics je započeo s radom 2015. godine i prikupio je 21.7 milijuna dolara do 2018. godine. U studenome 2019. više od 85% osoblja otpušteno je nakon što društvo nije uspjelo pronaći daljnja ulaganja zbog zabrinutosti u pogledu financijske stabilnosti njegova poslovanja. Do ožujka 2020. društvo je rasprodalo preostalu imovinu, uključujući patente koji se odnose na upravljanje udaljenim vozilima, te se zatvorila. Činjenica da je ponestalo ulagača sa sredstvima voljnih uložiti u potencijalno perspektivnu tehnologiju naznaka je određene nespremnosti javnosti za autonomna vozila, te je znak da je potrebno postepeno upoznavati same ulagače, a i širu javnost o prednostima autonomnih vozila te ih informirati o sveukupnim događanjima i postignućima na tom području.³⁴

Također jedan od pionira autonomnih kamiona, koji se od pokušaja Starsky roboticsa razlikuje po tome što je ipak pri svojoj testnoj vožnji imao ljudskog vozača za volanom bila je tvrtka Otto. Međutim, po učinku prvog komercijalnog prijevoza tereta, pionir je Otto. Krajem 2016. godine, kamionska prikolica s 18 kotača pristigla je u Colorado Springs, Colorado, noseći 50.000 ohlađenih limenki piva Budweiser. Ovaj kamion je vozio sam, što je prvi put da je komercijalni teret otpremljen samovozećim vozilom. Putovanje je započelo 193 kilometara dalje u objektu Anheuser-Buscha u Lovelandu u Coloradu. Kamion marke Volvo opremljen kamerama i sensorima bio je jedan od pet u vlasništvu Otta, tvrtke za samovozeće kamione sa sjedištem u San Franciscu koju je Uber kupio u kolovozu 2016. Ljudski vozač je upravljao kamionom do mjerne stanice u Fort Collinsu. Odatle je vozio 100 km bez ljudske intervencije do Colorado Springsa, a vozač je pratio dvosatni put od ležaja za spavanje. Ali kad je ušao u gradske granice, vozač je preuzeo kontrolu. Prijevoznici u Coloradu obaviješteni su o pošiljci i pomogli su u planiranju rute, rekao je suosnivač Otta Lior Ron. Patrolno vozilo države Colorado pratilo je kamion pun piva iz daljine kako bi pratilo putovanje. Kamion je tijekom cijelog putovanja održavao prosječnu brzinu od 55 kilometara na sat. Prema Ronu, policajac koji je pratio kamion potvrdio je da je kamion ostajao u svojoj traci veći dio putovanja.³⁵ Anheuser-Busch stupio je u kontakt s Ottom ubrzo nakon pokretanja tvrtke u siječnju. Otto je započeo s 40 zaposlenika, većinom iz tvrtki poput Googlea, Applea, Tesle i Cruise Automationa, s ciljem pretvaranja komercijalnih kamiona u samovozeće teretne prijevoznike. Zatim je u kolovozu 2016. Otta kupio Uber za 680 milijuna dolara. Umjesto izrade vlastitih kamiona, Otto je

³⁴ Starsky robotics, Wikipedia, online: Starsky Robotics – Wikipedia (7.06.2023.)

³⁵ Hawkins A. J., 2016., *Uber's self-driving truck company just completed its first shipment: 50,000 cans of Budweiser*, Theverge, online: Uber's self-driving truck company just completed its first shipment: 50,000 cans of Budweiser - The Verge (7.06.2023.)

dizajnirao hardverske komplete za postojeće modele kamiona. Kamion koji je dovršio isporuku piva bio je opremljen s dvije kamere za detekciju trake, Lidar senzorom za stvaranje 3D okruženja, dva radarska senzora okrenuta prema naprijed za otkrivanje prepreka i drugih vozila na cesti i GPS senzor koji pomaže odrediti lokaciju kamiona. Otto je također mapirao rutu prethodno vozeći jedan od svojih kamiona naprijed-natrag duž ceste na kojoj se kasnije obavila isporuka.

Lior Ron je izjavio da je Ottova misija učiniti kamionsku industriju sigurnijom. „Devedeset i četiri posto smrtnih slučajeva uzrokovano je ljudskom pogreškom“, istaknuo je. Samovozeći kamioni također bi mogli dovesti do nižih premija osiguranja i veće učinkovitosti goriva uklanjanjem nepotrebnog ubrzanja. Iako zakon nalaže da čovjek zasad bude prisutan u kamionu, Ron je rekao da će Ottova tehnologija omogućiti vozačima kamiona da nadoknade san tijekom isporuka na duge relacije. I krajnji cilj je, naravno, potpuno eliminirati vozača kamiona - mogućnost koja će sigurno oduševiti dobavljače onoliko koliko straši vozače kamiona i radne skupine. Nažalost, snovi su ostali snovi, jer unatoč prvotnom postignuću, istraživanja na polju autonomnih kamiona nisu se nastavila unutar tvrtke Uber koja je postala legalni vlasnik tvrtke Otto, već je odlučila nastaviti samostalno se baviti autonomnim automobilima budući da je njima bio predviđen skoriji napredak i globalno prihvaćanje. Došlo je do pravne zavrslame u kojoj je Googleov Waymo, odjel za razvoj autonomnih vozila tužio Uber zbog krađe poslovne tajne i kršenja patenta, tražeći odštetu i sudsku zabranu. S obzirom na potencijalnu upletenost čelnika već tada bivše tvrtke Otto, ovo ime prestaje postojati iz pravnih razloga.³⁶

Aurorini samovozeći kamioni od 2021. godine prevoze robu za kupce Uber Freighta u Teksasu kao dio sporazuma čiji je cilj bliža integracija dviju tvrtki. Aurorini samovozeći kamioni, koji uvijek imaju dva operatera sigurnosti vozila, surađivali su s Uber Freightom oko godinu dana, izjavio je glasnogovornik. Vijesti označavaju napredak od tih ranih testova do formalne komercijalne suradnje i visoke autonomije. Aurora koristi brokersku platformu Uber Freight, koja povezuje vozače kamiona s otpremnicima kojima je potrebna isporuka tereta, za prijevoz tereta za kupce između Dallasa i Houstona. Aurora je priopćila kako će proširiti rute dodavanjem dodatnih terminala. Prevoženje putem Uber Freight platforme je naširoko odjeknulo radi praktičnosti i povoljnosti. Tvrtke također planiraju integrirati Aurorinu uslugu pretplate na kamione u sklopu Uber Freight platforme. Usluga pretplate na kamione pod

³⁶ Chafkin M., Bergen M., 2017., *Fury Road: Did Uber Steal the Driverless Future From Google?*, Bloomberg, online: [Fury Road: Did Uber Steal the Driverless Future From Google? – Bloomberg \(7.06.2023.\)](#)

nazivom Aurora Horizon se prema čelnicima Aurore, može smatrati sveobuhvatnim digitalnim i logističkim pratiocem samovozećeg sustava. Pod Aurora Horizon nalazi se nekoliko drugih proizvoda, uključujući sustav kontrole misije koji se integrira sa sustavom i aplikacijom samog prijevoznika ili mreže za komunikaciju organizacije transporta i usmjeravanja, praćenje zdravlja i ispravnosti vozila, rješavanje odgovora na incidente te program pomoći na cesti. Aurora planira pokrenuti svoje autonomno prijevozničko poslovanje do kraja tekuće 2023. godine. Ako suradnja s Uber Freightom uspije, prijevoznici s pretplatama na Aurora Horizon moći će pristupiti Uber Freightu kako bi prevezli više robe. Aurorin argument je da će usluga poboljšati učinkovitost za prijevoznike i osigurati bolju iskoristivost kapaciteta kamiona.³⁷

7.3 Autonomni automobili

Na našim prostorima, u Republici Hrvatskoj se također krenulo planirati veliki poduhvat u kojemu glavnu riječ imaju autonomni automobili. Naime, osnivač tvrtke Rimac Automobili odlučio je krenuti u izgradnju parka, trga, spremišta i punionica električnih, samovozećih taksija, imenovanih robotaksiji, uz Savu na livadi preko puta zagrebačkog Studentskog doma „Stjepan Radić“. Natječaj je bio raspisan 2021. godine i rješenja arhitekata su pristizala, a cijeli je objekt trebao biti dovršen do kraja 2022. godine. Rimac je najavio da će Zagreb biti prvi grad po kojem će kružiti taksiji bez vozača, a najavljeni rok kada će biti lansirana usluga robotaksija napravljenih od strane njegove tvrtke Project 3 Mobility je prema njegovim najavama 2024. godina. Sljedeće bi godine na redu trebalo biti testiranje svih sustava i pokretanje pokusne usluge u Zagrebu, a cijeli projekt bi se tako ipak trebao okončati do 2025. pokretanjem komercijalne usluge, godinu kasnije od Rimčevih predviđanja. Jedan od prisutnih problema koji također mogu utjecati na rok isporuke su očekivani problemi s isporukama i manje naprednih vozila, kako onih s konvencionalnim motorima, tako i hibrida i električnih vozila. Najveći su problemi nastupili zbog nestašice litija i mikročipova, a kako je Teslin samovozeći automobil na struju, ne može biti pogonjen bez litijskih baterija.³⁸

³⁷ Korosec K., 2021., *Aurora self-driving trucks are using Uber Freight to haul goods for customers*, Techcrunch, online: Aurora self-driving trucks are using Uber Freight to haul goods for customers | TechCrunch (8.06.2023.)

³⁸ Mikulčić S., 2022., *Nestašica litija mogla bi odgoditi i Rimčev robotaxi?*, Večernji list, online: <https://www.vecernji.hr/auti/nestasic-litija-mogla-bi-odgoditi-i-rimcev-robotaxi-1628462> - Večernji.hr (vecernji.hr) (10.06.2023.)

U svakom slučaju, iako je robotaksi u Zagrebu najavljivan kao prvi svoje vrste, to je jednostavno neizvedivo budući da navedeni taksiji već postoje. Na ulicama San Francisca već se gotovo dvije godine mogu vidjeti robotaksiji. Tvrtka Cruise, koja je od 2016. godine u vlasništvu General Motorsa, u lipnju 2022. počela je naplaćivati vožnje robotaksijima, a trenutno ima oko 70 taksija bez vozača koji rade u gradu. Ovakav je prijevoz već dostupan i na području Industrijskog parka Shougang u Pekingu, a početkom prošle godine je Uber također objavio da je pokrenuo svoj prvi robotaksi za komercijalnu upotrebu u Las Vegasu. U biznis s robotaksijima krenuo je i Amazon nakon što je kupio startup Zoox, kako je početkom godine pisao The Guardian, Amazon testira flotu robotaksija na cestama u Kaliforniji koristeći svoje zaposlenike kao putnike. Jedna od tvrtki koje su također odlučile koristiti robotaksije je Waymo, podružnica Googleove matične tvrtke Alphabet, iz koje su započeli testiranje su Phoenixu u Arizoni 2016. godine, od tada su proširili svoju flotu na nekoliko drugih gradova diljem SAD-a.³⁹

Cruise, podružnica tvrtke General Motors zadužena za razvoj autonomnih vozila, lansirala je u lipnju 2022. godine svoju uslugu robotaksija u San Franciscu. Njezino poslovanje prethodno je bilo ograničeno na određene četvrti i doba dana. San Francisco se pokazao kao idealni poligon za testiranje Cruiseovih električnih robotaksija, zahvaljujući brdovitom, zagušenom terenu. Jaka magla u gradu također se pokazala problematičnom za autonomna vozila. Upravljanje robotaksijima u San Franciscu postalo je ključni test poslovne održivosti za Cruise, koji vjeruje da ako može raditi u izazovnim uvjetima grada, može raditi bilo gdje. Usluga 0-24 u cijelom gradu bit će dostupna samo zaposlenicima Cruisea u početku, prije nego što je otvori povlaštenim korisnicima i, na kraju, široj javnosti. Za sada će korisnici usluge biti ograničeni na putovanja u sjeverozapadnim četvrtima grada tijekom dana, ali to će se otvoriti većini grada noću, kada je promet manji. Cruise također upravlja autonomnim vozilima u Phoenixu i Austinu u Teksasu i traži službeno dopuštenje za testiranje svojih autonomnih automobila u cijeloj Kaliforniji s argumentom da je njegov sustav prešao više od milijun milja bez vozača za volanom.⁴⁰

³⁹ Premužak M., 2023., *Zagreb neće biti prvi kao što je obećao Rimac, robotaksiji već voze po velikim gradovima*, Lidermedia, online: <https://lidermedia.hr/tehnolo/zagreb-neece-biti-prvi-kao-sto-je-obecao-rimac-robotaksiji-vec-voze-po-veliki-gradovima-149128> (lidermedia.hr) (10.06.2023.)

⁴⁰ Murphy M., 2023., *Cruise robotaxis can now operate 24/7 in San Francisco*, Marketwatch, online: [Cruise robotaxis can now operate 24/7 in San Francisco – MarketWatch](https://www.marketwatch.com/story/cruise-robotaxis-can-now-operate-24-7-in-san-francisco-2023-06-11) (11.06.2023.)

No, njihova tehnologija kritizirana je u San Franciscu nakon niza propusta u kojima su se vozila bez vozača zaustavila nasred ulica, blokirali promet i poremetili hitne službe, što je potaknulo pritužbe zastupnika San Francisca i istragu saveznih regulatornih tijela sigurnosti. Cruise je u ožujku 2023. opozvao softver na oko 300 svojih autonomnih automobila nakon jednog udara u stražnji dio autobusa u San Franciscu, te se daljnja sigurnosna testiranja ipak nastavljaju u pozitivnom smjeru. Iako Cruise još uvijek zaostaje za rivalima poput Wayma u smislu razmjera razvoja svojih autonomnih tehnologija prijevoza, posljednjih je godina postigao značajan napredak.⁴¹

Tvrtka Uber specijalizirana za prijevozne automatizirane usluge putnika i dostavi, te Hyundai-Aptiv koji dijele 50 posto u međusobnom udruženju razvijanja autonomne vožnje usmjereni su na komercijalizaciju tehnologije autonomne vožnje, i u suradnji s tvrtkom za autonomne tehnologije Motional su također 2022. godine pokrenuli uslugu robotaksija u Las Vegasu što je prvi korak u desetogodišnjem planu tvrtki za plasiranje u većim sjevernoameričkim gradovima. Iako je Motional već pokrenuo slične usluge u Las Vegasu i na mrežama Lyft i Via, ovo je prvi put da u sklopu Ubera nudi autonomne vožnje široj javnosti. Dolazi godinu dana nakon udruženja Motionala i Ubera kako bi testirali autonomnu dostavu u Santa Monici u Kaliforniji, koja je još uvijek u tijeku. Los Angeles će tako postati drugi grad lansiranja Ubera i Motionala. Kalifornija ima mnogo strože propise od Nevade, a Motional je pokušao ishoditi nekoliko dozvola koje bi dozvolile implementirati uslugu javnosti u državi. Ipak, do sada, tvrtka ima samo dozvolu kalifornijskog Odjela za motorna vozila da testira svoje autonomne automobile sa sigurnosnim vozačem, te je podnijela zahtjev za dozvolu za testiranje bez vozača. Partnerstvo s Uberom prati Motionalovu strategiju komercijalizacije korištenja postojećih platformi za dijeljenje vožnje. Umjesto izgradnje vlastite aplikacije i usluge, prema Motionalu ima više smisla usredotočiti se na omogućavanje autonomije, što je njihova glavna domena.⁴²

Tvrtka Amazon je priopćila da je 11. veljače 2023. godine u svom sjedištu u Foster Cityju u Kaliforniji provela početnu vožnju svoje usluge prijevoza za radnike, što je prvi korak u namjeri da autonomna vozila učine široko dostupnima. Zaposlenici s punim radnim vremenom sada će moći putovati samovozećim taksijem na ruti između dvije glavne poslovne zgrade

⁴¹ Daws R., 2023., *Cruise robotaxis now run 24/7 in San Francisco*, Iottechnews, online: Cruise robotaxis now run 24/7 in San Francisco (iottechnews.com) (11.06.2023.)

⁴² Bellan R., 2022., *Uber and Motional launch robotaxi service in Las Vegas*, Techcrunch, online: Uber and Motional launch robotaxi service in Las Vegas | TechCrunch (12.06.2023.)

Zoox. Vozilo može prevoziti čak četiri osobe odjednom i voziti brzinom do 56 kilometara na sat. Zoox je rekao da njegov robotaksi, koji je prošao „rigorozna“ testiranja na privatnim cestama i dobio potrebna odobrenja kalifornijskog Odjela za motorna vozila može uspješno savladati lijeve i desne zavoje, prepoznavati semafore, pješake, vozila i druge potencijalne prepreke na putovanju. Zoox je osnovan 2014. godine, a Amazon ga je kupio 2020. godine. Jedinstven je po pristupu dizajniranju električnih samovozećih vozila. Većina autonomnih automobila u razvoju nalikuje onima koji su trenutno na cesti. Ali, Zoox je odbacio volan i papučicu kočnice, tvrdeći da su te značajke nepotrebne kada nema ljudskog vozača, gdje je i vidljiva namjera u naglom skoku na razinu 5 autonomije. Sjedala su dizajnirana tako da se međusobno gledaju kako bi se olakšao razgovor između putnika. Google, General Motors i druge tehnološke i transportne tvrtke više od desetljeća ulažu milijarde dolara u samovozeća vozila uz obećanje da će vozačima pružiti poboljšanu sigurnost i praktičnost. Ipak, neki su odustali od svojih napora posljednjih mjeseci, a visoki troškovi i nedostižna dobit otežavaju održivost poduzeća. U listopadu su Ford i Volkswagen, dva najveća svjetska proizvođača automobila, ugasili zajedničke napore za razvoj samovozećih taksija kroz pothvat pod nazivom Argo AI.⁴³

Startup tvrtku Argo AI su 2016. godine osnovali Bryan Salesky, bivši voditelj odjela razvoja hardvera za Googleova autonomna vozila, i Peter Rander, koji je prethodno bio inženjerski voditelj Uberove samovozeće podružnice. Tada su se, osim proizvođača automobila, u razvoj autonomnih vozila uključili veliki IT giganti poput Googlea, Samsunga, Microsofta i Applea. U vremenu u kojem su veliki tržišni igrači bili uvjereni da su robotaksiji na samom dolasku, Argo AI se istaknuo kao jedna od primarnih tvrtki u razvoju algoritama za autonomnu vožnju. Tvrtka sa sjedištem u Pittsburghu privukla je pozornost javnosti 2017. godine, kada je Ford najavio petogodišnje ulaganje od milijardu dolara za razvoj virtualnog sustava vozača za nadolazeće autonomno vozilo proizvođača automobila. Kada je Ford uložio u Argo prije pet godina, očekivao je da će do 4. godine prodavati vozila visoke automatizacije vožnje. Tri godine kasnije, Volkswagen se priključio, obećavši 2.6 milijardi dolara za tehnologiju marke VW.⁴⁴ Nažalost, radi neočekivanih gubitaka je u listopadu 2022. godine

⁴³ Horowitz J., 2023., *Amazon's Zoox robotaxi drives on public roads in California for the first time*, CNN, online: Amazon's Zoox robotaxi drives on public roads in California for the first time | CNN Business (12.06.2023.)

⁴⁴ Špiljak L., 2023., *Kako je propao projekt samovozećih automobila u koji su Ford i VW ulupali milijarde dolara: 'Robotaksiji su gubitnička tehnologija'*, tportal, online: <https://www.tportal.hr/biznis/clanak/robotaksi-autonomna-vozila-foto-20230323> (12.06.2023.)

Argo AI ugašen, a njegovi dijelovi integrirani u Ford i Volkswagen. Sva ulaganja u Argo AI u njihovim su knjigama otpisana kao gubitak. Bivši zaposlenici su ili dobili izdašne otpremnine ili su se zaposlili u Fordu i Volkswagenu te su nastavili raditi na projektima automatizirane vožnje. Taj potez bio je potaknut Argovom nemogućnosti da privuče nove ulagače i Fordovom „strateškom odlukom“ da prebaci resurse s robotaksi tehnologije u napredne sustave pomoći vozaču, budući da su od ideje razvijanja autonomne vožnje razine 4 odlučili razvijati vlastite sustave autonomije razine dva i tri. Volkswagen unatoč povlačenju iz ulaganja u Argo nije odustao od razvijanja sustava autonomne vožnje, a razvoj robotaksija nastavio je s perspektivnima Hyundaijevim Motionalom i Alphabetovim Waymom.⁴⁵

Kineska tehnološka tvrtka Baidu objavila je u prvom kvartalu 2023. godine da sada može upravljati robotaksijima u jednom dijelu glavnog grada Pekinga bez ljudskog osoblja ili vozača unutra. Ovaj potez eliminirao je troškove rada za upravljanje samovozećim taksijima, do dozvoljenog broja automobila. Odobrenje vlade u početku pokriva 10 vozila u pekinškom predgrađu Yizhuang, u kojem se nalaze mnoge korporacije. Predgrađe je primarno mjesto Baiduovog testiranja i rada javnih cesta robotaksija u gradu Pekingu. U studenom 2021. lokalne vlasti dopustile su Baiduu i konkurentskom operateru robotaksija da naplaćuju karte za vožnje. Korisnici javnog prijevoza mogu rezervirati subvencionirane vožnje robotaksijem putem aplikacija tvrtki, a od trećeg tromjesečja 2021. godine, Baidu tvrdi da u većim kineskim gradovima njegovi samovozeći taksiji u prosjeku ostvaruju više od 15 vožnji po vozilu dnevno, što je jednako kao i tradicionalne usluge prijevoza. Baidu je u kolovozu rekao da je dobio odobrenje za upravljanje nekolicinom robotaksija bez vozača i osoblja u predgrađima velikih kineskih gradova poput Wuhana i Chongqinga, budući da se kao i u Sjedinjenim Američkim Državama zakoni za testiranje robotaksija i prisutnost vozača također bitno razlikuju ovisno o gradu i državi.⁴⁶

Tvrtka za tehnologiju autonomnih vozila Aurora Innovation 2022. godine lansira malu testnu flotu prilagođenih samovozećih Toyota Siennas za buduće operacije vožnje. Tvrtka će testirati svoja vozila na autocestama i prigradskim ulicama na području Dallas-Fort Wortha u Teksasu, s naglaskom na brze rute, izjavio je glasnogovornik Aurore. Hibridne električne Toyote bit će opremljene istim softverom i hardverom kao i Aurorini kamioni koje tvrtka testira

⁴⁵ Mlot S., 2022., *Autonomous Vehicle Startup Argo AI Shuts Down*, pcmag, online: <https://www.pcmag.com/news/autonomous-vehicle-startup-argo-ai-shuts-down> (12.06.2023.)

⁴⁶ Cheng E., 2023., *Baidu says it can now operate robotaxis in Beijing with no human staff inside*, CNBC, online: <https://www.cnbc.com/2023/03/17/baidu-says-it-can-now-operate-robotaxis-in-beijing-with-no-human-staff-inside.html> (12.06.2023.)

za prijevoz robe. Slično Waymo-u, Aurora želi dokazati da ima „ključnu konkurentsku prednost“, odnosno „prenosivost“ svoje zajedničke osnovne tehnologije na dva značajna tržišta - kamionski prijevoz i mobilnost putnika. Otkrivanje testne flote dolazi šest mjeseci nakon što je Aurora najavila svoj početni razvojni prototip istog vozila, koje je podvrgnuto testiranju u Pittsburghu, Dallasu i Bay Areau, i godinu dana nakon što je Aurora prvi put najavila namjeru partnerstva s Toyotom kako bi integrirala Aurora Driver s vozilima bez vozača dizajniranim za robotaksi operacije. Aurora je ranije izjavila cilj lansiranja svog proizvoda za vožnju, Aurora Connect, do kraja 2024. godine, proizvoda za vozača kao uslugu koji će biti dostupan putem postojećih aplikacija za vožnju, posebno Uberovih. 2020. tvrtka Aurora je kupila Uberovu samovozeću jedinicu i od tada održava odnos s tvrtkom. Autonomne Toyote mogu ići i do 70 km/h i oslanjaju se na Lidar za sigurnu vožnju brzinom za autoceste. Aurorina testna flota imat će dva operatera vozila, jednog za volanom koji će nadzirati ponašanje vozača Aurore i jednog na suvozačkom sjedalu za praćenje i zapisivanje bilješki koje će se poslati inženjerskom timu. Siennasi opremljeni Aurorinim autonomnim sklopom već uspješno upravljaju tekstaškim zavojima, brzim spajanjima i promjenama traka, uključujući kada su vozila zaustavljena na cesti i kako bi se zaobišli spori automobili, prema Aurori. Vozač također mora reagirati na različite oblike gradnje, zaustavljanja i kretanja prometa i nepovoljnih vremenskih uvjeta. Flota je u ovom trenutku mala, vjerojatno manja od 10 vozila, ali Aurora kaže da će u narednim mjesecima dodati dodatna vozila u svoj vozni park i proširiti testiranje kako bi se nosilo s više scenarija i ruta, krećući se u gušća urbana područja.⁴⁷

Samovozeći robotaksiji već su stvarnost u dva američka grada i uskoro bi mogla postati još raširenija, a Waymo prednjači kao jedna od istaknutih tvrtki na tom području. Waymova usluga prijevoza temeljena na aplikacijama, koja djeluje više od šest godina, trenutno u prosjeku ima 10.000 vožnji putnika tjedno. I u značajnom razvoju događaja, Waymo je nedavno najavio partnerstvo s Uberom. Od 2018. godine je Waymo premašio milijun milja bez vozača bez prijavljenih ozljeda. Tvrtka je proširila svoju prisutnost u Phoenixu i dodala uslugu u San Franciscu, a planira proširiti poslovanje na dijelove Los Angelesa. Waymo, u vlasništvu Alphabet, Googleove matične tvrtke, dobio je značajnu podršku i ulaganja za svoju revolucionarnu tehnologiju.⁴⁸ Waymovi robotaksiji biti će dostupni za vožnju i dostavu hrane

⁴⁷ Bellan R., 2022., *Aurora unveils test fleet of autonomous Toyota Sienna robotaxis*, Techcrunch, online: <https://techcrunch.com/2022/03/23/aurora-unveils-test-fleet-of-autonomous-toyota-sienna-robotaxis/> (12.06.2023.)

⁴⁸ Van Cleave K., Novak A., 2023., *Waymo robotaxis expand operations, paving the way for driverless future*, CBS news, online: <https://www.cbsnews.com/news/waymos-self-driving-uber-lyft/> (12.06.2023.)

u Uberovoj aplikaciji u Phoenixu kasnije ove godine, što je rezultat novog partnerstva koje su 2023. godine najavila dva bivša rivala. Određeni broj Waymo vozila bit će dostupan Uberovim vozačima i korisnicima dostave Uber Eats u Phoenixu, gdje je tvrtka Alphabet nedavno udvostručila svoje servisno područje na 180 četvornih milja. Partnerstvo je opisano kao „višegodišnje“, s ciljem spajanja „Waymove vodeće svjetske tehnologije autonomne vožnje s ogromnim razmjerima Uberovih mreža za dijeljenje vožnje i dostavu“. Stanovnici Phoenixa mogu pozvati vozilo Waymo putem aplikacije Waymo One.

Robotaksi usluge borile su se u godinama nakon pandemije, neke tvrtke otpuštale su radnike, a neke tvrtke potpuno ugasile. Posao upravljanja robotaksi uslugom je težak shodno ograničenjima gdje vozila mogu putovati. Usluge vođene ljudskim djelovanjem poput Ubera i Lyfta nemaju takva ograničenja, a korisnici se mogu brzo prebaciti na drugu uslugu koja obećava kraće vrijeme čekanja i manje ograničenja gdje mogu putovati. Ne tako davno Waymo i Uber bili su obračunu oko budućnosti autonomnih vozila. U veljači 2017. tvrtka u vlasništvu Alphabet tužila je Uber i njegovu podružnicu, samovozeći kamionski startup Otto, zbog optužbi za krađu poslovne tajne i kršenje patenta. Slučaj je završio na sudu gotovo godinu dana kasnije, ali je brzo okončan kada su dvije strane na iznenađenje postigle sporazum o nagodbi nakon samo tjedan dana razmatranja. Uber je kasnije priznao da je pronevjerio dio Waymove tehnologije i obećao da će je licencirati za buduću upotrebu. Anthony Levandowski, bivši Googleov inženjer i suosnivač Otta, osuđen je na 18 mjeseci zatvora zbog krađe Waymovih poslovnih tajni, ali ga je kasnije pomilovao bivši predsjednik Donald Trump. Uber je razvijao vlastitu flotu autonomnih vozila s namjerom da na kraju zamijeni sve svoje ljudske vozače, ali program je ugašen nakon što je žena usmrćena jednim od vozila tvrtke 2017. godine. Taj incident se dogodio u Tempeu u Arizoni, odmah izvan Phoenixa.⁴⁹

7.4 Autonomni brodovi

Ideja o autonomnom brodu nije nova. Zapravo, ideja autonomnih brodova postoji već desetljećima. Potpuno automatizirani brodovi postali su standardni u offshore industriji 1970-ih, a korištenje autonomnog teretnog broda proučavano je i prikazano u Japanu 1980-ih. Danas

⁴⁹ Hawkins A. J., 2023., *Uber teams up with Waymo to add robotaxis to its app*, Theverge, online: <https://www.theverge.com/2023/5/23/23733547/uber-waymo-robotaxi-phoenix-delivery-autonomous-ridehail> (12.06.2023.)

se u potpunosti autonomna površinska plovila masovno koriste u istraživanju oceana, obalnoj straži, i u vojne primjene. Tehnologija autonomnog broda je u posljednje vrijeme predmet žustrih rasprava te se tiskaju časopisi i održavaju konferencije i seminari o razvoju pomorske autonomne tehnologije. Autonomni brod plovilo koje je sposobno za samostalni rad bez posade na brodu. Tumačenje autonomnog broda po MUNIN-projektu je kombinacija potpuno autonomnog rada i daljinskog ljudskog upravljanja. Vlastiti sustav upravljanja brodom može zatražiti pomoć udaljenog operatera u situacijama u kojima sustav donošenja odluka na brodu ne može samostalno riješiti situaciju iz bilo kojeg razloga, pa tako autonomni brod može raditi u potpunosti samostalno ili može biti u nekim situacijama daljinski upravljani. Autonomno brodarstvo se vidi kao mogućnost pomorskog prometa da odgovori na izazove sutrašnjice. Najvažniji argumenti su poboljšanje u sigurnosti i smanjenju troškova, odnosno poboljšanje u konkurentnosti. Novija europska istraživanja razvojni projekti na ovom polju su MUNIN-projekt, financiran od strane EU i Norveški ReVolt projekt od strane DNV GL uz podršku Transnove iz Norveške. Treći veliki europski projekt je AAWA, koju financira grupa finskih poduzeća i finska državna Agencija za inovacije TEKES. Jedan od temeljnih rezultata MUNIN-ova projekta je bilo otkriće da brodovi bez posade mogu doista doprinosti cilju održivog razvoja pomorskog prometa i to na način da autonomni brodovi donose potencijal smanjenja operativnih troškova i smanjuju negativan utjecaj na okoliš. Također potpuno autonomni, bez posade, pogonjen baterijama i električnim pogonom konceptni brod ReVolt prema procjenama ima značajan potencijal za uštedu troškova u usporedbi s običnim dizelskim brodom, preko milijun eura godišnje.

Vrlo često se ponavlja tvrdnja da su oko 80% pomorskih nesreća uzrokovane, barem djelomično, nekim oblikom ljudske pogreške. Kada je brod bez posade, određene vrste ljudskih pogrešaka nisu moguće, kao greške zbog umora operatera, zbog propusta ili neznanja. Ipak, ljudski element je prisutan budući da je sam brod tehnički sastavljen od strane ljudi, i računalo je programirano od strane ljudi. Potrebno je uzeti u obzir da autonomni brod komunicira s drugim plovilima, bio on bez posade ili njime upravljala ljudska bića. Činjenica je da je potrebno uložiti velika novčana i vremenska sredstva u daljnji razvoj autonomnih sustava za upravljanje kako bi se rizik od potencijalnih nesreća sveo na sami minimum. Posadu na brodu moglo bi se pripremiti na nove dužnosti koje dolaze na autonomnom plovilu, koje bi se svodile na odgovornost kontrole nad ispravnosću uređaja koji garantiraju autonomnost. Činjenica na koju je potrebno obratiti pažnju je potencijalna neopreznost posade pri oslanjanju na pouzdanost autonomnih sustava, koji unatoč visokom stupnju razvoja mogu pogriješiti iz više razloga, što u najgorem slučaju može dovesti do smanjene sigurnosti i novih vrsta opasnih situacija na

brodskim putovima i plovnim putevima. Autonomne brodove treba opremiti velikim brojem visoko naprednih uređaja i kamera koji aktivno prate situaciju na brodu na svim važnim pozicijama, koje se promatra iz bazi na kopnu i putem kojih se može prevenirati potencijalnu nezgodu.⁵⁰

NYK je proveo prvo ispitivanje pomorskih autonomnih površinskih brodova na svijetu (MASS) provedeno u skladu s Privremenim smjernicama IMO-a za ispitivanja. Tvrtka je započela ispitivanja kako bi ostvarila svoj cilj autonomnih brodova s posadom, za sigurnije operacije i smanjenje radnog opterećenja posade. NYK Iris Leader, brod namijenjen prijevozu automobila i kamiona bruto tonaže od 70,826 tona, plovio je danju i noću pomoću navigacijskog sustava Sherpa System for Real ship (SSR). Ovaj sustav upravlja plovidbom izračunavanjem optimalnih ruta na temelju uvjeta okoline, što predstavlja integrirani program simulacije prometa koja podržava rad plovila u praksi. Uključivanjem znanja i percepcije iskusnih kapetana u optimizaciju SSR sustava uspostaviti će se program kao jedna od MASS tehnologija.

IMO je donio smjernice za ispitivanje autonomnih brodova u lipnju 2019. koje se provodilo uz odobrenje Paname, države zastave, i obavijestilo je Ministarstvo zemlje, infrastrukture, prometa i turizma i japanske obalne straže. U razdoblju od 14. do 17. rujna od Xinshe u Kini do luke Nagoya u Japanu, a zatim od luke Nagoya do luke Yokohama, Japan, od 19. do 20. rujna. Posada je obavljala tipične dužnosti tijekom plovidbe, koja se odvijala po japanskom obalnom području, ali je isključivala uvale.

Tijekom ispitivanja praćena je učinkovitost tehnologije SSR-a u stvarnim uvjetima na moru jer je prikupljala informacije o uvjetima okoline oko broda s postojećih navigacijskih uređaja, izračunavala rizik od sudara, automatski odredila optimalne rute i brzine koje su bile sigurne i ekonomične, a zatim automatski upravljala brodom. Koristeći podatke i iskustvo stečeno ovim ispitivanjem, koje se ne može dobiti putem simulatora na kopnu, NYK je uspio osigurati izvedivost SSR-a i njegovu korist za sigurne i optimalne operacije. Ovo suđenje bio je veliki korak prema ostvarenju cilja NYK-a o autonomnim brodovima s posadom. NYK će analizirati podatke i nastaviti razvijati SSR u napredniji sustav podrške navigaciji prilagođavajući razliku između optimalnog tečaja izvedenog programom i onog određenog profesionalnom ljudskom prosudbom. SSR potvrđen ovim ispitivanjem primjenjivat će se i na buduće obalne brodove, koji se trenutno suočavaju s ozbiljnim nedostatkom posade. SSR može postati osnovna tehnologija za daljinsku i bespilotnu navigaciju, doprinoseći društvenim pitanjima kroz poslovanje koje utjelovljuje NYK-ovu misiju automatizirane plovidbe. Cilj

⁵⁰ Ahvenjärvi S., 2016., 'The Human Element and Autonomous Ships', *TransNav*, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, vol. 10., br. 3, str. 517, 518

NYK-a su autonomni brodovi s posadom koji će koristiti napredne tehnologije i daljinsku podršku ureda za podršku radu brodova i poboljšanje sigurnosti.⁵¹

Svein Tore Holsether, izvršni direktor Yare, najavio je prvi potpuno električni i autonomni kontejnerski brod na svijetu tvrtke Kongsberg koji će smanjiti emisiju CO₂ za 1.000 tona i zamijeniti 40.000 putovanja kamiona na dizelski pogon godišnje, da bi navedeno uspio i postići. Ključnu tehnologiju za Yarinu plovidbu, uključujući senzore i integraciju potrebnu za daljinske i autonomne brodske operacije, električni pogon i sustave upravljanja baterijama i pogonom pruža Kongsberg. Kongsberg je inače nešto više od 50 posto u vlasništvu norveške vlade. Yara Birkeland, koja je već dobila široku pokrivenost u norveškim i međunarodnim medijima, razvijena je u suradnji s Kongsberg grupom. Brod je u komercijalnom pogonu od 2022. godine. Yara Birkeland transportirat će mineralno gnojivo između Porsgrunna i Brevika i pridonijet će značajnom smanjenju emisija tijekom transporta. Ovo je izvrstan primjer zelene tranzicije u praksi i nadamo se da će ovaj brod biti početak novog tipa kontejnerskih brodova bez emisija. Postoji mnogo mjesta na svijetu sa zagušenim cestama koja će imati koristi od visokotehnološkog rješenja poput ovog, rekao je Holsether. Iako zasada Yara prelazi udaljenost od tek 7 nautičkih milja, ne djeluje na otvorenom oceanu, već samo u fjordovima i na vrlo kratkim udaljenostima, daljnjim testiranjima kojima će se detaljno i postepeno pristupati moći će se povećati udaljenost koju će Yara moći prelaziti iz aspekta trajanja baterija i iz aspekta autonomnosti. Može u potpunosti raditi na bateriju jer nikada nije udaljena više od sedam nautičkih milja od svoje stanice za punjenje, a baterije koristi kao balast, pretvarajući potencijalni problem njihove težine u prednost.⁵²

Kongsberg je dizajnirao zgodno rješenje za automatsko privezivanje plovila pomoću dizalica i posebno dizajniranih priveza i stupića, te automatizirani utovar i istovar automatskim portalnim dizalicama. Uklanjanje mornara s ponavljajućih dužnosti vezanja užeta na pristaništu ima smisla, jer plovilo dolazi na samo dva ista veza i koristi iste privezne bitve iznova i iznova. Ponavljajuće operacije čine pogodnost za automatizaciju. Yara je suradnički projekt između nekoliko suradnika, gdje je Kongsberg odgovoran za razvoj i isporuku sve novo razvijene tehnologije na brodu. Brodom će se upravljati iz Massterlysovog centra za nadzor i rad u Hortenu. Paralelno s izgradnjom Yara Birkelanda, Yara je pokrenula razvoj zelenog amonijaka

⁵¹ *NYK Conducts World's First Maritime Autonomous Surface Ships Trial*, 2019., NYKline, online: https://www.nyk.com/english/news/2019/20190930_01.html (14.06.2023.)

⁵² *Yara to start operating the world's first fully emission-free container ship*, 2021., Kongsberg, online: <https://www.kongsberg.com/maritime/about-us/news-and-media/news-archive/2021/first-fully-emission-free-container-ship/> (14.06.2023.)

kao goriva bez emisija za otpremu, kroz novopokrenuti program Yara Clean amonijak. Kao najveći svjetski proizvođač gnojiva, Yara se oslanja na amonijak za proizvodnju gnojiva. Istodobno, trenutna proizvodnja amonijaka predstavlja 2 posto svjetske potrošnje fosilne energije što odgovara oko 1,2 posto ukupnih svjetskih emisija stakleničkih plinova, čime Kongsberg poduzima velike korake prema ekološkoj održivosti.⁵³

7.5 Proizvođači tehnologija za autonomne automobile

Mobileye je tehnološka tvrtka koja razvija napredne sustave pomoći vozaču temeljene na viziji koji pomažu u sprečavanju i ublažavanju sudara, osnovana je 1999. te ima sjedište u Jeruzalemu.⁵⁴ Intel je kupio Mobileye 2017. godine, te je kao Intelova podružnica Mobileye počela je 2022. godine testirati svoja autonomna vozila u Miamiu i Njemačkoj kako bi pomogla u izradi samovozećih automobila koji se mogu prilagoditi različitim čimbenicima, poput vremenskih uvjeta, urbanog rasporeda, prometne signalizacije i stilova vožnje. Testovi u Miamiu pomoći će Mobileyeu da prikupi informacije o tome kako se vozila nose s jakim kišama, a testovi u Stuttgartu u Njemačkoj na sličan će način pomoći Mobileyeu da nauči kako tehnologija odolijeva snijegu i brdima. Automobili će prelaziti sve, od ruralnih i prigradskih područja do autocesta Miamiu i brzih autocesta u Stuttgartu. Mobileyeovi testovi dio su njegovih napora da se na cestu do 2025. godine postave samovozeći automobili za potrošače. To će pomoći izraelskoj podružnici, koja je već vrhunski dobavljač kamera, čipova i softvera za napredne sustave pomoći vozaču koji pomažu ljudskim vozačima u zadacima poput kočenja u nuždi ili zadržavanja u traci. Podružnica se nada daljnjem širenju na senzore i računalne sustave koji u potpunosti upravljaju vozilom, što je izazovnije područje istraživanja. Mobileye već testira autonomna vozila u Jeruzalemu, Detroitu, Tel Avivu, Parizu i Münchenu, a manje je testove proveo u New Yorku i Šangaju. Njegove postojeće ADAS kamere, ugrađene u modele Volkswagena, BMW-a, Toyote i drugih, također prikupljaju podatke o mapiranju koji su ključni za autonomni poticaj podružnice. Sustav ne samo da uočava prometnu signalizaciju i pruge traka, već prati i rute ljudskih vozača kroz raskrižja i trupce te bilježi gdje primjenjuju

⁵³ Bosch H., 2022., COLUMN / *SEMI-AUTONOMOUS NAVIGATION: YARA BIRKELAND, SUZAKU, NJORD FORSETI AND ORCA AI [OFFSHORE ACCOUNTS]*, Bairdmaritime, online: <https://www.bairdmaritime.com/work-boat-world/offshore-world/column-semi-autonomous-navigation-yara-birkeland-suzaku-njord-forseti-and-orca-ai-offshore-accounts/> (14.06.2023.)

⁵⁴ Mobileye, Crunchbase, online: <https://www.crunchbase.com/organization/mobileye-vision-technologies> (14.06.2023.)

kočnice i pokazivače smjera. Mobileye planira prodati komponente proizvođačima automobila i upravljati vlastitom flotom robotaksija. Tvrtka radi na novom AI čipu pod nazivom EyeQ Ultra za obradu podataka prikupljenih s kamera autonomnih vozila, laserskih skenera lidara i radarskih sustava. Tamo su njegovi konkurenti div AI čipova Nvidia i Qualcomm. Dok Tesla koristi samo kamere, Mobileye kombinira dva neovisna sustava za procjenu kako upravljati autonomnim automobilom, jedan s kamerama, a drugi kombinirajući radar i lidar. Svaki je dizajniran za potpuno samostalno upravljanje automobilom. Ako bilo koji sustav zaključi da postoji sigurnosni problem, automobil će ga pokušati izbjeći, bez obzira na drugi sustav.⁵⁵

Qualcomm je osnovan 1985. te ima sjedišta u San Diegu u Kaliforniji, i u Delawareu. Poznat prvenstveno po sveprisutnim mobilnim poluvodičima koji pokreću većinu pametnih telefona i tableta na planeti, Qualcomm je iskoristio svoju stručnost i iskustvo kako bi ušao u automobilsku industriju. U Las Vegasu, na sajmu potrošačke elektronike 2020, Qualcomm je objavio jednu od najvećih najava tvrtke do sada na automobilskom tržištu: svoje nove Snapdragon autonomne platforme za vožnju za samovozeće automobile, nazvane „Qualcomm Snapdragon Ride“. Osim toga, Qualcomm je tada najavio i da proširuje partnerstvo s General Motorsom koje će sada uključivati ADAS rješenja visoke sigurnosti vozača. Platforma uključuje heterogene mogućnosti u rasponu od procesora slikovnih signala za senzore kamere, namjenskih digitalnih procesora signala, GPU tehnologije koja se koristi za vizualizaciju, vrhunskih korisničkih iskustava te namjenskih sigurnosnih sustava. Osim toga, platforma uključuje autonomni regulator vožnje kako bi pružio najvišu razinu performansi pri najnižoj potrošnji energije.⁵⁶ Mala snaga i mala toplina jako su važni u budućnosti automobilske industrije jer će mnogi od automobila biti električni i svaki automobil može uštedjeti na aktivnim sustavima hlađenja. Platforma traži podršku tri segmenta autonomnih sustava: ADAS aktivne sigurnosti (autonomno kočenje, prepoznavanje prometnih znakova i pomoć pri prometnoj traci), Praktični ADAS (automatizirana vožnja autocestom, samostalno parkiranje i gradska vožnja s aplikacijama za zaustavljanje i kretanje), i potpuno autonomna vožnja (autonomna gradska vožnja, mobilnost kao usluga). Sveobuhvatni autonomni vozni hardver također dolazi integriran s platformom, koja uključuje softver i aplikacije dizajnirane za pomoć

⁵⁵ Shankland S., 2022., *Intel's Mobileye Expands Self-Driving Car Tests, So You Can Buy One in 2025*, Cnet, online: <https://www.cnet.com/roadshow/news/intels-mobileye-expands-to-miami-stuttgart-for-autonomous-vehicles-in-2025/> (14.06.2023.)

⁵⁶ Moorhead P., 2020., *Qualcomm Officially Enters Self-Driving Market With Snapdragon Ride Platform And Extends Partnership With GM To Include ADAS*, moorinsightsstrategy, online: <https://moorinsightsstrategy.com/qualcomm-officially-enters-self-driving-market-with-snapdragon-ride-platform-and-extends-partnership-with-gm-to-include-adas/> (14.06.2023.)

u složenim pitanjima autonomne vožnje kao što je to samo navigacija vožnjom autocestom nalik čovjeku. Qualcomm tvrdi da je softverski snop modularan i skalabilan te da se može kombinirati na platformi s komponentama prema željama specifičnim za kupca. Qualcomm je razvio ponudu kako bi OEM-ovima i dobavljačima razine 1 omogućio odabir elemenata koji najbolje odgovaraju njihovim specifičnim potrebama.⁵⁷

Nvidia, tvrtka osnovana 1993. godine sa sjedištem u Santa Clari u Kaliforniji 2015. godine, je lansirala u proizvodnju Nvidia Drive Orin SoC (hrv. sustav na čipu, engl. System on chip) koji isporučuje 254 milijardi operacija u sekundi i središnje je računalo za inteligentna vozila. Idealno je rješenje za pokretanje autonomnih vozačkih mogućnosti, iz aspekata na povjerenje, digitalnih klastera i AI kokpita. Skalabilna obitelj proizvoda DRIVE Orin omogućuje programerima da izgrade, skaliraju i iskoriste jedno razvojno ulaganje u cijeloj floti, od sustava razine 2 pa sve do potpuno autonomnih vozila razine 5. Dizajner čipova Nvidia 2022. godine je otkrio novi procesor pod nazivom Drive Thor.⁵⁸ Ovi procesori trebali bi stići 2024. za automobile koji dolaze na ceste 2025. godine. Temelje se na Nvidijinoj novoj jedinici za obradu grafike Hopper kako bi se bolje nosili sa softverom umjetne inteligencije koji je ključan za samovozeće automobile najviše razine autonomije. Nvidia je planirala čip pod nazivom Atlan za 2024. godinu, ali ga je otkazala u korist Thora, koji se bavi AI softverom pri 2 kvadrilijuna operacija u sekundi - dvostruko većoj brzini planiranoj za Atlan i osam puta većoj od trenutnih Orin procesora. Thor uključuje jednu ključnu značajku Hoppera: sposobnost ubrzavanja snažne AI tehnike koja se naziva transformatori. Nvidia također očekuje Thorove varijacije za manje revolucionarne tehnologije pomoći vozaču poput zadržavanja trake i automatskog kočenja u nuždi. Tržište automobilskih procesora veliko je i postaje sve veće jer proizvođači automobila zahtijevaju sve više procesora i drugih poluvodičkih čipova za pomoć vozaču, infotainment i elektroničke upravljačke jedinice koje nadgledaju sve, od rada motora do GPS navigacije. Primjerice, svaki Porsche Taycan ima 8.000 poluvodičkih elemenata.⁵⁹

⁵⁷ *man-behind-billion-connections*, Qualcomm, online: <https://www.qualcomm.com/research/stories/man-behind-billion-connections> (14.06.2023.)

⁵⁸ *Hardware for Self-Driving Cars*, Nvidia, online: <https://www.nvidia.com/en-us/self-driving-cars/hardware/> (14.06.2023.)

⁵⁹ Shankland S., 2022., *Nvidia Wants to Be the Brains of Your Self-Driving Car*, Cnet, online: <https://www.cnet.com/roadshow/news/nvidia-wants-to-be-the-brains-of-your-self-driving-car/> (14.06.2023.)

Aptiv, dobavljač automobila sa sjedištem u Dublinu 2021. godine je predstavio svoju tehnološku platformu sljedeće generacije za automatiziranu vožnju, koja se može koristiti u nizu vozila i bežično ažurirati kako bi proizvođači automobila mogli nadograditi značajke automobila i popraviti dosadašnje greške. Glavni tehnološki direktor Aptiva, Glen De Vos, rekao je da je jezgra nove platforme ista bez obzira na to izrađuje li proizvođač kompaktni automobil ili limuzinu pune veličine - veća vozila zahtijevaju samo više senzora ili kamera. Jedan od najvećih problema s kojima se suočavaju globalni proizvođači automobila dok razvijaju senzore, radare i kamere potrebne za tehnologiju samostalne vožnje je cijena. Potpuno samovozeća vozila i dalje su relativno bliska budućnost, ali značajke potpomognute vožnje kao što su prilagodljivi tempomat i pomoć pri zadržavanju u prometnoj traci postaju sve češće. Za proizvođače automobila razvoj i validacija tih sustava može koštati stotine milijuna dolara, u razvoju i testiranju, rekao je De Vos. Dodao je kako bi nova platforma mogla uštedjeti proizvođačima automobila do 20 ili 30 posto u odnosu na Aptivovu platformu prethodne generacije. Hyundai i Aptiv pokrenuli su 2019. pothvat vrijedan 4 milijarde dolara pod nazivom Motional kako bi razvili tehnologije samostalne vožnje i bili među prvima koji su implementirali potpuno autonomne automobile na javnim cestama. Nova platforma Aptiva također omogućuje dobavljaču praćenje problema s vozilom i pruža bežična ažuriranja kako bi proizvođači automobila mogli riješiti probleme ili nadograditi značajke samostalne vožnje u stvarnom vremenu, umjesto da čekaju sljedeću verziju vozila. Aptiv je također predstavio „kontrolere zona“ za proizvođače automobila kako bi raščlanili računalne funkcije u automobilima na upravljivije segmente koji mogu poboljšati računalnu snagu i smanjiti težinu i troškove vozila.⁶⁰

Waymo je u vlasništvu Alphabet, Googleove matične tvrtke. Waymo je započeo 2009. godine kao Googleov projekt samovozećih automobila. 2018. godine je pokrenuo prvu komercijalnu autonomnu uslugu dijeljenja vožnje na svijetu, gdje tvrtka koristi Waymo Driver četvrte generacije, u monovolumentu Chrysler Pacifica. Vozači mogu reproducirati vlastitu glazbu i podcaste u vozilu pomoću aplikacije Waymo One, a Waymo je također planirao otvoriti putovanja u zračnu luku Phoenix Sky Harbor krajem 2018. godine za javnost.⁶¹

⁶⁰ Carey N., 2021., *Aptiv unveils new self-driving platform with wireless upgrades*, Reuters, online: <https://www.reuters.com/article/us-autos-aptiv-autonomous-idUSKBN29G1F1> (14.06.2023.)

⁶¹ Ryback K., Wildman T., 2022., *WAYMO LAUNCHES AUTONOMOUS VEHICLE SERVICE IN DOWNTOWN PHOENIX*, statepress, online: <https://www.statepress.com/article/2022/11/waymo-released-to-public-downtown-phoenix> (14.06.2023.)

Tehnologija koja stoji iza „Waymo One“ automobila bez vozača je naizgled prilično jednostavna naspram drugih proizvođača. Svaki automobil Waymo uključuje vrlo detaljne karte regije u kojoj je dopušteno voziti. Karte su visoke preciznosti i uključuju precizne lokacije cesta, znakova zaustavljanja, prometne signalizacije i drugih znakova vožnje. Waymova tehnologija samovozećih automobila koristi Lidar za izradu karte područja oko automobila, uključujući prepreke poput drugih vozila. Budući da se stvarni uvjeti ne mogu predvidjeti ni najpreciznijim kartama, svaki Waymo automobil opremljen je Lidar sustavom. Za razliku od ljudskog vozača, Lidar može generirati pogled od 360 stupnjeva oko vozila. Waymo automobili mogu iscartati kurs s jedne lokacije na drugu, a zatim u stvarnom vremenu reagirati na protok prometa. Kartografski podaci, Lidar i drugi senzori pomažu u održavanju vozila na sigurnom pravcu.⁶²

Samovozeći automobili oslanjaju se na mnogo istih tehnologija koje se mogu pronaći u novijim automobilima. Na primjer, samovozeći automobil koriste Lidar za generiranje slike svoje okoline, ali se oslanja na poznatu tehnologiju „Drive-by-wire“ za usporavanje, elektroničku kontrolu gasa za ubrzavanje i tehnologiju upravljanja. Svim tim sustavima upravljaju ugrađena računala. „Drive-by-wire“ je sveobuhvatni pojam koji se odnosi na brojne elektroničke sustave koji povećavaju ili zamjenjuju tradicionalne mehaničke kontrole. Umjesto korištenja kabela ili hidrauličkog tlaka za upravljanje vozilom, tehnologija „Drive-by-wire“ koristi elektroničke sustave za aktiviranje kočnica, upravljanje upravljačem i ubrizgavanje motora.⁶³

Valeo, tvrtka sa sjedištem blizu Pariza osnovana prije točno jednog stoljeća, 1923. godine. 2015. godine predstavili su svoj inovativni Cruise4you program autonomnih vozila. Sustav počiva na korištenju koristeći kamera visoke rezolucije za praćenje linija i Lidar modul, laserski skener za praćenje prometa i drugih objekata u okruženju automobila.⁶⁴ U studenom 2021. godine Valeo je proveo demonstracijsko testiranje prototipa razine 4 opremljenog svojim sustavom autonomne vožnje u Tokiju u Odaibi, trgovačkoj i zabavnoj četvrti. Automobil je automatski vozio javnom cestom i zaustavio se na crvenim svjetlima, iako je inženjer bio na mjestu vozača u slučaju nužde. Test je uredno prošao, a jedna od prepreka dobrim prodajnim

⁶² Laukkonen J., 2020., *Waymo's Self-Driving Cars: How They Work*, Lifewire, online: <https://www.lifewire.com/waymo-self-driving-cars-4171314> (14.06.2023.)

⁶³ Laukkonen J., 2021., *What Is Drive-By-Wire Technology?*, Lifewire, online: <https://www.lifewire.com/what-is-drive-by-wire-534825> (14.06.2023.)

⁶⁴ Goodwin A., 2023., *3-Row VW ID Buzz EV Coming to US in 2024*, Cnet, online: <https://www.cnet.com/roadshow/news/3-row-vw-id-buzz-ev-coming-to-us-in-2024/> (14.06.2023.)

rezultatima za Valeove sustave je skupocjenost koja je rezultat skupih Lidar uređaja. Shodno tome, Valeo je odlučio primijeniti sustav koji za manja novčana sredstva pruža zadovoljavajuću razinu sigurnosti, a u pitanju je SCALA sustav koji koristi ugrađeno rotirajuće ogledalo, koje odbija zraku koju emitira laserska dioda kroz emitiranu leću. Kutovi pod kojima se emitira snop mijenjaju se kao odgovor na pozicioniranje rotirajuće kamere. Kako senzori bilježe refleksije, analiziraju se geometrijski podaci o njima kako bi se odredile varijante kao što su udaljenosti od objekata i njihovih oblika. Valeov sustav koristi kombinaciju topografskih informacija dobivenih od SCALA-e i vrlo preciznih 3D karata za identifikaciju lokacije vozila s marginom pogreške od oko 12 cm, u usporedbi s konvencionalnim globalnim sustavom pozicioniranja od nekoliko metara.⁶⁵

7.6 Primjeri nesreća autonomnih vozila

Autonomna vozila su relativno na početku razvoja, te se stupnjevi automatizacije polako penju od stupnja 1 prema krajnjem stupnju 5. Postavlja se važno pitanje hoće li autonomna vozila moći reducirati broj nesreća na broj manji od prosječnog broja nesreća koje uključuju konvencionalni način upravljanja. Pravne savjetodavne tvrtke su pomalo pesimistične bez utemeljenih razloga u većini slučajeva, u smislu samovozećih automobila i njihovih rizika. Na području Sjedinjenih Američkih država specijalizirani odvjetnici s iskustvom u pitanjima prava cestovnog prometa obraćaju pozornost na nepovoljne statistike za samovozeće automobile, s procijenjenih brojem od 9.1 prometnih nesreća na milijun prijeđenih kilometara u Sjedinjenim Državama u kojima su sudjelovala autonomna vozila. S druge strane, prosječan broj nesreća konvencionalnim načinom prijevoza iznosi oko 4, 1. Međutim, ove brojke, koje se uvelike ponavljaju u sektoru, odgovaraju studiji provedenoj 2013. godine što označava zastarjelost podataka kao i njihovu irelevantnost u aktualnoj primjeni. Drugi pravni izvori također nude prognozu uzimajući u obzir smrtno slučajevu u Sjedinjenim Državama do sada povezujući tu brojku s prijeđenom udaljenosti i uspoređujući je s prosječnim brojem prometnih nesreća pod kontrolom ljudi. Autonomni automobili su već nekoliko godina u fazi intenzivnog razvoja i bez obzira na brigu u aspektu sigurnosti, i dalje nije dokazano da su autonomna vozila opasnija od

⁶⁵ Hiratsuka T., 2021., *France's Valeo testing Level 4 self-driving technology in Japan*, NIKKEIAsia, online: <https://asia.nikkei.com/Business/Technology/France-s-Valeo-testing-Level-4-self-driving-technology-in-Japan> (14.06.2023.)

konvencionalnih. Proći će još barem nekoliko godina prije nego što se krene primjenjivati razina 5 autonomne vožnje. Za to vrijeme proizvođači još uvijek moraju prevladati niz prepreka, međutim u nekim dijelovima svijeta, posebno u raznim sjevernoameričkim gradovima, broj eksperimentalnih ispitivanja i projekata s tehnologijama na toj razini gotovo se umnožio. Postoje problemi u pogledu sustava pomoći vozaču i automatskih pilota koje proizvođači već uvode u svoja vozila i koji imaju tendenciju preopterećenosti informacijama, o čemu su u više navrata izvijestile službene organizacije poput Euro NCAP-a. Prema Nacionalnoj upravi za sigurnost prometa na cestama, ljudska pogreška čini 94% svih nesreća. U tom smislu postoje velike nade da će se broj žrtava smanjiti autonomnom vožnjom. Studije sugeriraju sve vrste brojki, od potpunog iskorjenjivanja tih 94%, do smanjenja do barem oko 35%.⁶⁶

Tesla Autopilot je paket sustava koji vozačima omogućuje ustupanje fizičke kontrole nad svojim električnim vozilima, iako moraju obratiti pozornost u svakom trenutku. Automobili mogu održavati brzinu i sigurnu udaljenost iza drugih automobila, ostati unutar svojih traka i mijenjati traku na autocestama. Prošireni skup značajki, nazvan „Full Self-Driving“, dodaje mogućnost manevriranja gradskim i stambenim ulicama, zaustavljanja na znakovima zaustavljanja i semafora te skretanja tijekom navigacije vozilima od točke do točke. Međutim, neki stručnjaci za sigurnost prometa izrazili su zabrinutost glede sigurnosti tehnologije, budući da se testira i obučava na javnim cestama s drugim vozačima. Savezni dužnosnici ciljali su Teslu posljednjih mjeseci sve većim brojem istraga, opoziva, pa čak i javnih opomena usmjerenih prema tvrtki. Od srpnja 2021. do listopada 2022. američko Ministarstvo prometa izvijestilo je o 605 nesreća koje su rezultirale smrtnim slučajevima i teškim ozljedama. U njima su sudjelovala vozila opremljena naprednim sustavima za pomoć vozaču zvanim autopilot, a 474 od njih bile su Tesle. Prva poznata smrt navodno povezana s Teslinom funkcionalnošću Autopilota dogodila se 2016. godine, kada se Tesla Model S punom brzinom zabio u bijeli kamion. Razlog nesreće je bio što senzori automobila nisu uspjeli razaznati bijelu prikolicu budući da je bilo jako dnevno svjetlo, pri čemu je sustav sjedinio prikolicu s okolinom. Vozač je poginuo kada je krov njegovog automobila prema rezultatu očevida doslovno otkinut od siline sudara.

⁶⁶ Ramos J., 2022., *AUTONOMOUS VEHICLES AND ACCIDENTS: ARE THEY SAFER THAN VEHICLES OPERATED BY DRIVERS?*, tomorrow.city, online: <https://tomorrow.city/a/self-driving-car-accident-rate> (15.06.2023.)

Još tri osobe poginule su 2021. godine u dvije odvojene nesreće Teslinih autopilota, a obje nesreće navodno su prouzročili samovozeći automobili Model S koji su skrenuli s ceste i zapalili se nakon udara u drveće. Oba incidenta otvorila su pitanja o protupožarnoj sigurnosti litijskih baterija automobila, kao i o njegovom operativnom sustavu, jer su izvješća otkrila da je barem jedan od putnika vjerojatno poginuo u požaru, a ne u sudaru, zbog nemogućnosti otvaranja vrata. Studenog 2022. godine u Guangdongu u Kini Teslin automobil pokušao se parkirati, ali nekoliko trenutaka kasnije umjesto toga je nepredvidljivo skrenuo natrag na cestu, nekontrolirano ubrzavajući dok se konačno nije zabio u zgradu, ubivši dvoje ljudi i pritom ozlijedivši još troje. Vozač ovog bijelog Modela Y Tesla navodno je izgubio kontrolu nad vozilom i tvrdio je da je imao problema s papučicom kočnice dok se pokušavao zaustaviti ispred svoje obiteljske trgovine. Vozač je ustvrdio da, iako je više puta pokušao primijeniti kočnice tijekom nekoliko minuta ubrzavanja, automatizirani sustavi automobila su bili neispravni i tvrdio je da ga je tehnički problem spriječio da zaustavi vozilo. Tvrtka Tesla je obećala pomoći lokalnoj policiji u istrazi kobnog incidenta, ali je opovrgnula tvrdnje da je njihovo vozilo ili tehnologija kriva za sudar, navodeći da snimke nesreće ne pokazuju upaljena svjetla kočnica, a njihovi vlastiti zapisi podataka ne otkrivaju pokušaje vozača da pritisne papučicu kočnice za vrijeme trajanja nekontroliranog putovanja. U vlastitoj istrazi događaja koji su doveli do nesreće, Tesla je izvijestio da je zapravo umjesto toga gas bio pretjerano angažiran. Ovo, međutim, nije prvi put da je Teslina pionirska tehnologija autopilota navodno povezana sa prometnim nesrećama sa smrtnim ishodom, niti je to prvi put da je proizvođač automobila osporio implikacije krivnje vlastitog softvera ili hardvera.⁶⁷

Nacionalna uprava za sigurnost prometa na cestama od lipnja 2021. odredila je svim proizvođačima automobila i tehnološkim tvrtkama za vozila da prijave sve prometne nesreće koje na bilo koji način uključuju automatizirane ili napredne sustave pomoći vozaču (ADAS) u roku 24 sata od događaja. Od više od 600 sudara ADAS-a prijavljenih od ljeta 2021., 18 je bilo kobno, od kojih su mnogi uključivali Teslina vozila, od kojih su dva prijavljena Nacionalnoj upravi za sigurnost prometa na cestama između rujna i listopada 2022. godine. Agencija je od lipnja također nadogradila svoje posebne istrage podatkom o 830.000 Teslinih vozila s nedostacima. Smrtni slučajevi i promašaji povezani s Teslinim autopilotom skupljali

⁶⁷ Richards L., 2022., *Tesla Autopilot Crashes: With at Least a Dozen Dead, 'Who's at Fault, Man or Machine?*, Impakter, online: Tesla Autopilot Crashes: With at Least a Dozen Dead, "Who's at Fault, Man or Machine?" (impakter.com) (15.06.2023.)

su se nekoliko godina, od kojih je za mnoge tvrtka negirala odgovornost ili podnijela tužbe za klevetu.⁶⁸

2018. godine, autonomni Uberov automobil udario je i usmratio ženu koja je prelazila cestu jer njegov autonomni sustav nije prepoznao pješakinju, što su ustanovili istražitelji sigurnosti u očevidu nesreće. Automobil je bio Volvo, koji je imao ljudsku vozačicu na vozačevom mjestu i putovao je brzinom od oko 40 km/h u autonomnom načinu rada. Nesreća je nastala kao posljedica toga što automatizirani Uber nije imao mogućnost klasificiranja uočenog objekta kao pješaka, osim ako taj objekt nije bio u blizini pješačkog prijelaza, kako se navodi u jednom od dokumenata koje je objavio Nacionalni odbor za sigurnost prometa. Za vrijeme nesreće, vozačica, u tom trenutku u svojstvu putnice u autonomnom vozilu nije pratila cestu, već je gledala televizijsku emisiju na mobilnom uređaju. Budući da automobil nije mogao prepoznati unesrećenu kao osobu nego je koristio klasifikaciju vozila, bicikla ili drugog objekta, nije mogao točno predvidjeti njezin put i sustav je zaključio da mora zakočiti samo 1,3 sekunde prije zapažanja unesrećene, a zatim ju je udario jer se vozilo za koje ju je on zamijenio kreće višestruko brže od pješaka i ono bi se u datom vremenu stiglo pomaknuti. Uber je rekao Nacionalnom odboru za sigurnost prometa da je od tada izmijenio svoje programiranje kako bi uključio pješake među svoje priznate objekte, ali su i druge zabrinutosti izražene u izvješću. Uber je onesposobio sustav kočenja u nuždi, oslanjajući se na vozača da se zaustavi u ovoj situaciji, ali sustav nije dizajniran da upozori vozača, što je nužno kako bi mogao reagirati kada računalo dođe na rub svojih mogućnosti. Nacionalni odbor za sigurnost prometa je također priopćio da je Uberova grupa za napredne tehnologije imala uspostavljen tim za sigurnost tehničkog sustava, ali nisu imali samostalan odjel za operativnu sigurnost ili upravitelja sigurnosti. U priopćenju nadalje stoji tvrtka također nije imala formalni sigurnosni plan, standardizirani operativni postupak ili vodeći obrazac za sigurnost. Od rujna 2016. do ožujka 2018. Uberova testna vozila sudjelovala su u 37 sudara tijekom autonomne vožnje, ali samo su dva bila rezultat neidentificiranja opasnosti na kolniku.⁶⁹

⁶⁸ Siddiqui F., Lerman R., Merrill J. B., 2022., *Teslas running Autopilot involved in 273 crashes reported since last year*, washingtonpost, online: <https://www.washingtonpost.com/technology/2022/06/15/tesla-autopilot-crashes/> (15.06.2023.)

⁶⁹ McCausland P., 2019., *Self-driving Uber car that hit and killed woman did not recognize that pedestrians jaywalk*, nbcnews, online: *Self-driving Uber car that hit and killed woman did not recognize that pedestrians jaywalk* (nbcnews.com) (15.06.2023.)

8. PRAVNE REGULATIVE VEZANE UZ AUTONOMNA VOZILA

8.1 Pravne regulative vezane uz kopnena autonomna vozila

U Europskoj uniji zakonodavstvom se već utvrđuju okvirni uvjeti za homologaciju i uporabu potpuno automatiziranih kamiona i autobusa u skladu sa SAE razinom 4, što znači da će vožnja bez vozača uskoro biti dopuštena na određenim rutama na javnim cestama. To Europu stavlja daleko ispred ostatka svijeta. Trenutačno svaka zemlja ima slobodu odobriti probne vožnje za vozila s funkcijama autonomne vožnje na razinu 4 SAE na javnim cestama u skladu s Bečkom konvencijom i Ženevskom konvencijom o cestovnom prometu. Međutim, teretni i putnički promet ne završava na nacionalnim granicama. Zbog toga je EU razvio pravila za usklađeni postupak homologacije kojim će se utvrditi jedinstveni sigurnosni standardi preko granica i smanjiti prepreke odobravanju. Iako su zakoni i postupci homologacije upravo dovršeni u Europskoj uniji, neka autonomna vozila već se voze europskim cestama s posebnim dozvolama. Nedavni primjer dolazi iz Švedske. Krajem svibnja 2022., proizvođač kamiona Scania dobio je odobrenje švedskog prometnog tijela Transportstyrelsen za proširenje testova rute za tri autonomna kamiona. Uz posebnu dozvolu i sigurnosne vozače u pripravi, potpuno automatizirani kamioni sada mogu koristiti bilo koju cestu na gotovo 300 kilometara dugoj ruti između gradova Södertälje i Jönköping.

U Njemačkoj je nacionalno zakonodavstvo djelovalo rano, pa je Njemačka vlada postala kroz 2021. godinu i 2022 godinu. prva zemlja na svijetu koja je stvorila pravni okvir za potpuno automatiziranu vožnju s funkcijama autonomne vožnje za automobile i kamione. Dana 28. srpnja 2022. stupila su na snagu dva zakonska akta: Zakon o autonomnoj vožnji, i Pravilnik kojim se uređuje rad motornih vozila s funkcijama automatizirane i autonomne vožnje, te izmjena Pravilnika o cestovnom prometu. Oni omogućuju funkcije autonomne vožnje u potpuno automatiziranim vozilima za prijevoz putnika i tereta na definiranim rutama. Prisutnost sigurnosnog vozača u vozilu više nije obvezna. U međuvremenu je usvojen i posljednji pravilnik koji regulira tehničku provedbu za potpuno automatiziranu vožnju i omogućava redoviti rad. Diljem Europske unije pravni okvir za potpuno automatizirana vozila s funkcijama autonomne vožnje dovršen je u srpnju 2022. prilagodbom postojeće uredbe o homologaciji, koja je proširena na potpuno automatizirana vozila. Revidiranom verzijom stvorit će se obvezujući regulatorni okvir koji uključuje potpuno automatiziranu vožnju u redovnom radu. „Nova verzija Uredbe o općoj sigurnosti daje proizvođačima komercijalnih vozila sigurnost

planiranja, što je ključno za razvoj i sposobnost odobravanja potpuno automatiziranih vozila s funkcijama autonomne vožnje na razini Europe, a istovremeno omogućuje velik stupanj fleksibilnosti dizajna u tom okviru“, kaže Erik Dahlberg, direktor tehničkih poslova u tvrtki Scania EU Affairs. Nova uredba više ne zahtijeva obveznu uporabu sigurnosnog vozača za potpuno automatizirane kamione i autobuse razine 4. Međutim, upotreba potpuno automatiziranih vozila u zemljama EU-a u početku će biti ograničena na pojedinačno odobrene rute. Stoga će se prvi korak u potpuno automatiziranom prijevozu tereta usredotočiti na rješenja u prometu čvorišta na autocestama i odgovarajućim pristupnim cestama. U Njemačkoj su važna pitanja odgovornosti već u velikoj mjeri razjašnjena nacionalnim zakonodavstvom. Odgovornost je prvenstveno na vlasniku vozila, čak i u slučaju autonomnih vozila koja su u uporabi bez vozača. Osiguranje od odgovornosti vlasnika pokriva osobne ozljede i materijalnu štetu kako za konvencionalna vozila tako i za vozila s potpuno automatiziranim sustavima vožnje. Postoji i obveza sklapanja osiguranja od odgovornosti za tehničkog nadzornika. Ako dođe do prometnog prekršaja ili nesreće, uzrok i krivnja nesreće utvrđuju se pojedinačno. U drugim zemljama EU-a, kao što je Švedska, odgovornost još nije definirana zakonom. Europsko zakonodavstvo trenutačno ne daje obvezujuće izjave o pitanjima odgovornosti u potpuno autonomnim vozilima. Ako je u vozilu sigurnosni vozač, odgovoran je za nesreće i prometne prekršaje, dok je proizvođač odgovoran za tehničke kvarove i kvarove cjelokupnog sustava vozila. Međutim, očekuje se da će se predstojećim zakonodavstvom EU-a od proizvođača zahtijevati da prikupljaju podatke o vozilima i operativne podatke, te ih objavljuju tijelima i operaterima. U tu će svrhu praćenje vozila i podataka putem sustava praćenja biti obvezno, ali područje primjene još nije dovršeno.

Pristup digitalnim podacima koji se generiraju i prikupljaju iz vozila s potpuno automatiziranim sustavima vožnje u Njemačkoj je koncentriran na odgovarajuće tehničko nadzorno tijelo. To znači da suverenitet podataka leži na proizvođaču ili operateru. Samo oni mogu pregledavati i koristiti podatke, te ako je potrebno, dati trećim stranama dopuštenje da ih pregledaju i koriste. Svaki prijenos podataka u načelu je moguć samo uz pristanak proizvođača ili operatera. Zakon o autonomnoj vožnji samo propisuje da se podaci o kvarovima u operativnom slijedu, intervencijama tehničkog nadzornika, scenarijima sudara, neplaniranim promjenama trake ili manevrima izbjegavanja moraju pohraniti i na zahtjev staviti na raspolaganje nadležnim tijelima ili Saveznom tijelu za motorni promet.⁷⁰

⁷⁰ *Advanced legal framework in the EU: Driverless through Europe*, 2022., Traton, online: <https://traton.com/en/innovation-hub/legal-framework-in-the-eu-driverless-through-europe.html> (16.06.2023.)

U Sjedinjenim Američkim Državama većina država objavila je zakone o regulaciji autonomnih vozila, budući da se njihov broj povećava. Određene države omogućuju uvođenje autonomnih vozila samo u komercijalne svrhe. Te države uključuju Alabamu, Arkansas i Louisianu. Michigan je iznimka po tome što omogućuje testiranje bilo kojeg automatiziranog vozila, dok omogućava uvođenje samo u slučaju „automatiziranih mreža motornih vozila na zahtjev“, gdje će većina država dopustiti samo jedno ili drugo. Od siječnja 2023. ukupno su 34 države objavile zakonodavstvo o autonomnim vozilima. Međutim, ne bave se svi državni zakoni o tome mora li postojati vozač vozila unutar djelomično autonomnih automobila, moraju li imati dozvolu i treba li vozilu osiguranje od odgovornosti. Zakonodavstvo različitih država tretira vozila različitih razina automatizacije u posebnim uvjetima. Na primjer, u Arizoni, gdje je dopušteno uvođenje automatiziranih vozila, za vozilo s razinom 3 ili nižom razinom automatizacije vožnje SAE potreban je ljudski vozač s odgovarajućom dozvolom. Automobil na razini 4 ili 5 SAE razina automatizacije vožnje ne zahtijeva čovjeka u njemu, jer ne zahtijeva od vozača da preuzme vožnju u bilo kojem trenutku. U drugim američkim državama, poput Floride, Gruzije ili Sjeverne Dakote, razine 4 i 5 smatraju se potpuno autonomnima i također ne zahtijevaju licenciranog ljudskog vozača. Osiguranje od odgovornosti nije uvijek potrebno u državama koje tek uvode autonomne automobile, poput Colorada. Međutim, većina država, primjerice Arkansas, Georgia, New Hampshire zahtijevaju osiguranje od odgovornosti, ponekad jednako minimalnoj premiji osiguranja u toj državi, čak i ako su vozila dopuštena samo za testiranje, kao u Massachusettsu.

Vrijednosti obveznog osiguranja od odgovornosti od jednog, dva ili pet milijuna dolara za autonomne automobile uobičajene su u različitim državama, dok neke, poput Havaja, nisu riješile ovo pitanje. Kako autonomna vozila dobivaju na popularnosti, u SAD-u će se zasigurno odvijati prošireni i bolje definirani zakoni. Za sada je većina potpuno autonomnih vozila ograničena na vožnje taksijem na kratke udaljenosti, ali tu bi se promjenu moglo donijeti u relativno bliskoj budućnosti, u korak s uvođenjem autonomnih vozila najviših SAE razina.⁷¹

⁷¹ Cikusa M., 2023., *Here's Where American States Stand On Laws Around Autonomous Cars*, hotcars, online: <https://www.hotcars.com/american-state-laws-around-autonomous-cars/> (16.06.2023.)

8.2 Pravne regulative vezane uz autonomne brodove

Koncept autonomnog broda prvi je put predstavljen 1980-ih u knjizi Brodovi i otprema sutrašnjice, u kojoj autor Rolf Schonknecht spominje da će u budućnosti kapetani obavljati svoje dužnosti iz poslovne zgrade na kopnu, a plovilima će se upravljati korištenjem računala. Od tada je razvoj autonomnih brodova znatan, kao i primjena plovila bez posade, od geodetskih aktivnosti i pomorskih znanstvenih istraživanja do vojne obrane. U kontekstu znanstvenog istraživanja mora, plovila bez posade raspoređena su u širokom rasponu operacija, od rutinskog mapiranja dna oceana do istraživačkih dijelova oceanskog okoliša, uključujući ispod polarnih ledenih ploča. U vojnom kontekstu bespilotna plovila koriste se za misije nadzora i izviđanja te protumjere za mine. Kraljevska mornarica Ujedinjenog Kraljevstva počela je razvijati brodove bez posade u vojne svrhe 2016. godine, s aranžmanom autonomnih robotskih sustava koji obavljaju čitav niz zadataka zadanih u segmentima zraka, površine i ispod površine, od podvodnih izmjera do protumjera zapažanja mina. Nedavno su započela ispitivanja korištenja bespilotnih brodova u prijevozu tereta. Kao nedavni primjer, ranije u radu spomenuti Yara Birkeland, proizvod kombiniranog rada tehnološke tvrtke Yara i Kongsberg, trebao bi biti prvi potpuno električni i autonomni kontejnerski brod koji je pušten u rad 2022. godine.

Terminologija autonomnih plovila uvelike se razlikuje među praktičarima i autorima. Međutim, glavna razlika koja se povlači između ovih vrsta plovila temelji se na razini automatizacije koju svaka posjeduje. Na primjer, Međunarodna pomorska organizacija (IMO) definirala je takva plovila kao pomorske autonomne površinske brodove (MASS). Površinski autonomni brodovi su oni koji u različitoj mjeri mogu djelovati neovisno o ljudskoj interakciji. IMO je napravio razliku između plovila kojima se upravlja na daljinu i autonomnih plovila te klasificirao MASS na temelju njihove razine autonomije. Prvi stupanj automatizacije odnosi se na brod s automatiziranom podrškom za proces i odlučivanje, ali s pomorcima na brodu koji su spremni preuzeti kontrolu u slučaju potrebe. Drugi stupanj automatizacije primjenjuje se na brod kojim se upravlja na daljinu s druge lokacije, ali uvijek s pomorcima na brodu. Treća vrsta automatizacije odnosi se na brod na daljinsko upravljanje bez pomoraca na brodu. Četvrti stupanj automatizacije odnosi se na potpuno autonoman brod, pri čemu operativni sustav broda može sam donositi odluke i određivati radnje. Jedno od glavnih pitanja koje su utvrdili različiti praktičari i znanstvenici, a koje se rješavaju različitim inicijativama o kojima se raspravlja u nastavku, implikacije su koje će promjenjiva uloga zapovjednika i posade na brodu imati kada se radi o autonomnim brodovima, a time i kako će utjecati na zakonodavstvo i propise u pomorskom pravu. Dodatno pitanje koje se često pojavljivalo u raspravama o bespilotnim

brodovima jest mogu li se te vrste plovila (u svim njihovim oblicima) kategorizirati kao „brodovi“ za potrebe različitih ugovora i propisa.

Regulativna i zakonodavna tijela diljem svijeta prihvatili su potrebu za ujedinjenjem i razvojem novog ili izmijenjenog postojećeg pomorskog zakonodavstva i ugovora kako bi se oslobodio prostor za pojavu tih novih tehnoloških plovila. Ujedinjeno Kraljevstvo zauzelo je sličan pristup kao i IMO, a u rujnu prošle godine Ministarstvo prometa objavilo je regulatorno savjetovanje o budućnosti prometa: Pomorska autonomija i daljinsko poslovanje. Glavni opseg savjetovanja bio je provjeriti jesu li se postojeći zakoni Ujedinjenog Kraljevstva u pomorskom sektoru dovoljno bavili sigurnošću operacija koje uključuju brodove bez posade i automatizirane brodove. Četiri glavna prijedloga koja su uključena u savjetovanje nastojala su riješiti nekoliko pitanja i pojasniti nekoliko aspekata Zakona o trgovačkoj pomorskoj trgovini iz 1995. godine. Prvo, i usporedno nalazima postupka utvrđivanja opsega IMO-a, utvrdili su potrebu za utvrđivanjem ključnih definicija i uloga u radu autonomnih i automatiziranih plovila u primarnom i sekundarnom zakonodavstvu, uključujući identifikaciju subjekta ili osobe koja bi trebala biti odgovorna za operacije ili u slučaju nužde ili nesreće. Kako bi se pozvali na automatizirana plovila na daljinsko upravljanje, predložili su donošenje definicije MASS-a kojom se koristi IMO. Predložili su i definicije za „MASS Master“, „Remote Operator“ i „Remote Operations Centre“. Ostala tri prijedloga bila su usmjerena na regulaciju masovnih vozila i centara za daljinske operacije te na ovlasti koje se dodjeljuju Agenciji za pomorsku obalnu stražu kako bi ih se reguliralo i u pogledu zdravstvenih, sigurnosnih, sigurnosnih i okolišnih aspekata.⁷²

Na europskoj razini, projekt autonomne pomorske inicijative za europske vode pod nazivom Autoship bio je pokrenut u lipnju 2019. i trajao do 2022. godine. Cilj projekta je ubrzati prijelaz na sljedeću generaciju autonomnih brodova EU. Uz pomoć industrijskih i tehnoloških stručnjaka u europskom pomorskom sektoru, EU je financirao projekt izgradnje brodova s dva samostalna sustava plovidbe kao prototipova flote potpuno autonomnih plovila iduće generacije. Stoga je taj porast izgradnje i ispitivanja bespilotnih brodova povećao potrebu za razvojem odgovarajućeg regulatornog okvira i postizanjem dogovorenog konsenzusa između regulatora. Brodovi bez posade, kako ih je definirala Međunarodna radna skupina CMI, su plovila su koja mogu kontrolirati kretanje morem i unutarnjim vodama bez posade na brodu. Osim tehničkog pristupa projekta izgradnje dva prototipa autonomnih plovila, cilj projekta uključuje definiranje regulatornog okvira za ta nova najsuvremenija plovila i njegovo

⁷² R. Glenn Wright., 2019., ‘Intelligent Autonomous Ship Navigation using Multi-Sensor Modalities’, *TransNav*, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, vol. 13., br. 3, str. 504

približavanje izravnom interakcijom suradnjom s relevantnim tijelima, uključujući IMO. Nadalje, EU je u listopadu 2020. objavio svoju prvu verziju Operativnih smjernica EU-a za sigurna, sigurna i održiva ispitivanja autonomnih pomorskih površinskih brodova (MASS), u kojima su navedene Privremene smjernice o masovnom razvoju koje je IMO objavio u lipnju 2019.

U travnju 2022. godine, održan je Treći međunarodni sastanak na temu autonomije brodova i održivosti u suradnji s Komisijom EU-a. Tema je bila „Autonomni brodovi koji omogućuju nove, pametne i održive poslovne modele“, a sudionici i stručnjaci osvrnuli su se na to kako se zemlje i regije nose s nacionalnim i međunarodnim razvojem autonomnog pomorskog prometa. Na prvom dijelu sastanka na vrhu sudjelovao je predsjednik postupka regulatornog opsega IMO-a, koji je iznio koji će se koraci IMO-a nastaviti u odnosu na MASS. Nadalje, prometna tijela iz Ujedinjene Kraljevine i Belgije raspravljala su o svojem nacionalnom pristupu MASS-u, i o tome kako planiraju razviti mehanizme regulacije i ispitivanja za nova plovila. Tijekom mnogo desetljeća, međunarodni propisi za sprječavanje sudara na moru COLREGS imaju propisani uvjet da „svako plovilo u svakom trenutku održava pravilan vizualni i zvučni nadzor kao i sva raspoloživa sredstva primjerena u trenutnim okolnostima i uvjetima, tako da se može obaviti puna procjena situacije i ukloniti rizik od sudara.“ Plovila su nadalje dužna pravilno koristiti radarsku opremu kako bi trenutno dobila upozorenje na opasnost od sudara, korištenje radarskog iscrtavanja ili ekvivalentno sustavno promatranje otkrivenih objekata. Upozoravaju se da se ne smiju stvarati pretpostavke na temelju oskudnih podataka.

Takvi su propisi napisani za plovila s osobljem pomoraca koji se oslanjaju na svoja ljudska osjetila za tumačenje okoline, koriste navigacijske karte i instrumente temeljene na znanju i iskustvu za sigurno putovanje. Sadašnji regulatorni okvir ograničen je na ljudski vid i sluh, eholokator, radar, Pomoć za automatsko radarsko iscrtavanje ARPA, Automatizirani Identifikacijski sustav (AIS), prikaz elektroničke karte, Informacijski sustav (ECDIS) i globalni navigacijski sustav preko satelita GNSS za ispunjavanje ovih preduvjeta. Međutim, te tehnologije imaju slabu stopu osiguravanja sigurnosti plovidbe na daljinu Autonomne plovidbe. Internacionalna Pomorska organizacija (IMO) sada provodi a vježbe za izmjenu regulativnog okvira za omogućavanje sigurnog, zaštićenog i ekološki prihvatljivog rada djelomično ili potpuno bespilotne plovidbe te njihova interakcija i suživot s brodovima s posadom unutar postojećeg IMO protokola. S obzirom na sve, sadašnji međunarodni propisi koji se odnose na istraživanja i razvoj su trenutno ograničeni na nacionalne vode ili između susjednih zemalja. Zaključno, razvoj ovih novih tehnoloških plovila već je u pogonu i brzo se razvija. Iako se čini

sve moguće na nacionalnoj i međunarodnoj razini kako bi se pripremio adekvatan prihvata za dolazak autonomnih brodova na daljinsko upravljanje, čini se da na temelju početnih provedenih vježbi utvrđivanja opsega i savjetovanja, postojeći propisi i zakonodavni okviri nisu dovoljni za pravilno reguliranje tih novih brodova te će uskoro biti potreban sveobuhvatan i jedinstven skup zakona i propisa.⁷³

⁷³ Vergani E., La Mattina A., Morelli G., 2022., *The regulatory framework tackling the rise of unmanned and automated vessels and its limits*, ibanet, online: <https://www.ibanet.org/regulatory-framework-automated-vessels> (16.06.2023.)

9. ZAKLJUČAK

Definitivno je zanimljivo, pa pomalo i uzbudljivo, promatrati razvoj autonomnih vozila koji se konstantno ubrzava napretkom u domeni informatičkih tehnologija i razvojem cjelokupnog prometnog sustava. Od nastanka samog prometa, kao i samih vozila, ljudi neprestano teže pronalasku optimalnih rješenja na izazove u području prijevoza putnika i tereta, što su zapravo glavni ciljevi logistike kao znanosti koja nastoji iskoristiti maksimalnu korist iz minimalnih utrošaka. Sve što se zbivalo u razvoju autonomnih vozila odvijalo se postepeno, prateći razvoj tehnologije. Kada je Leonardo da Vinci proizveo samohodna kolica kao prvo autonomno vozilo općenito i preteču automobila, započeo je jednu dugu epohu u kojoj se razvoj autonomnih vozila nije odvijao radi tehničkih nemogućnosti, a čim je postalo ostvarivo, premda na početku pomalo neuspješno, krenuli su prvi pokušaji ostvarivanja vozila koje može samostalno upravljati svojom putanjom. Svakako je kao i kod uvođenja svake nove tehnologije početak bio težak iz više razloga, bili oni društvene prirode, materijalne ili praktične prirode.

Neuspjeh Houdinina daljinski upravljalog Chandlera budući da je bio daljinski upravljan samo djelomično autonomnog automobila, koji se zabio u vozilo puno fotografa, iako je bio neuspjeh je ujedno bio i uspjeh. Bio je to događaj koji je ukazao na potencijalnu opasnost od strane autonomnih vozila, i samom srećom nitko nije stradao, no tada se počeo uvelike razmatrati aspekt sigurnosti pri razvijanju novih tehnologija kao i u njihovom testiranju. Ipak, kako bi neka tehnologija povećala sigurnost, ona prva mora biti sigurna za korištenje. Pri drugom ozbiljnijem pokušaju autonomnog vozila Bel Geddesov autonomni automobil navođen radio-kontroliranim elektromagnetskim poljima generiranim magnetiziranim metalnim šiljcima ugrađenima u kolnik testiranje je odradio uspješno u okviru sigurnosnog testiranja izvan javnog prometa, te ga je čak tadašnji predsjednik Sjedinjenih Američkih Država, Roosevelt, pozvao kako bi ozbiljno razmotrili sustav automatiziranja autocesta na području Amerike. Bili su to odvažni koraci u vrijeme u koje nisu postojale brojne tehnologije koje danas već smatramo i zastarjelima. Treći pokušaj je bio Dickmannsov Vamors, koji je tehnologijama i konceptom bio najpribližnji suvremenom autonomnom vozilu, čije je testiranje bilo uspješno obavljeno, također izvan javnog prometa. Moglo se već primijetiti napredak u pitanju sigurnosti.

Nadalje, autonomna vozila moraju se promatrati u širokom kontekstu koji uključuje izrazito složene procese, poput prometnog sustava, inteligentnog transportnog sustava. Složenost povećava činjenica da iako se autonomna vozila ozbiljnije razmatraju gotovo stoljeće unatrag, i dalje su relativno nova ideja, pa je potrebno ostvariti ravnotežu između ustaljenih

prometnih pravila i načela i uloge autonomnih vozila u njima. Autonomni brodovi su, radi svoje veličine i vrijednosti robe koju prenose posebna tematika, a njihovu primjenu otežava pravna regulacija koja je u pitanju pomorskog prometa vrlo složeno koncipirana u najmanje detalje, te su definirane brojne konvencije i pravila kroz dugogodišnje promatranje odvijanja pomorskog prometa, a dolaskom i primjenom autonomnih brodova sve bi ih trebalo mijenjati u detalje.

Tako su implementaciji autonomnih vozila u prometni sustav, osim pitanja sigurnosti, njihove primjene najveća prepreka pravne regulative. Naime, događali su se nesretni slučajevi sa smrtnim ishodom koje su potaknule daljnja usavršavanja autonomnih sustava i odgađanje njihove implementacije. Iako autonomna vozila, naročito kopnena, nižih razina autonomije već voze, ona s najvišim razinama samostalnog upravljanja i dalje će morati pričekati još nekoliko godina, dok se u potpunosti usavrše po pitanju sigurnosti. Također, za izmjenu pravnih regulativa, ovisno o zakonima pojedine države mogu proći godine. Povećanjem kvalitete sigurnosti i povećanjem primjenjivosti autonomnih sustava upravljanja vozilima postići će se brojne pogodnosti koje će pozitivno utjecati na povećanje sigurnosti, brzinu prijevozne usluge, uštedu vremenskih i materijalnih resursa, omogućiti će se vožnja skupinama putnika koje ne žele ili ne mogu samostalno upravljati vozilom. U suradnji s Inteligentnim transportnim sustavima, to bi rezultiralo efikasnijim i efektivnijim prometnim sustavom u cjelini, koji će kao takav biti u mogućnosti uspješno odgovoriti predstojećim zahtjevima modernog vremena za povećanom potrebom za prijevozom, uz istovremeno povećanje sigurnosti i rasterećenje prometnog sustava.

LITERATURA

KNJIGE

1. Bošnjak I., *Inteligentni transportni sustavi 1*, 2006., Sveučilište u Zagrebu - Fakultet prometnih znanosti, Zagreb
2. Hlača B., *Lučka logistika*, 2016., Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka
3. Jolić N., *Logistika i ITS*, 2006., Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb
4. Jolić N., *Logistika i ITS*, 2006., Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb
5. Mrnjavac E. 2006., *Promet u turizmu*, 2. izmijenjeno i dopunjeno izdanje, Fakultet za turistički i hotelski menadžment, Opatija
6. Zelenika R. 2001., *Prometni sustavi*, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka
7. Zelenika R., Jakomin L. 1995., *Suvremeni transportni sustavi*, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci; Tipograf d.d, Rijeka

ČLANCI U ČASOPISIMA

1. Ahvenjärvi S., 2016., 'The Human Element and Autonomous Ships', *TransNav*, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, vol. 10., br. 3, str. 517, 518
2. R. Glenn Wright., 2019., 'Intelligent Autonomous Ship Navigation using Multi-Sensor Modalities', *TransNav*, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, vol. 13., br. 3, str. 504

INTERNETSKI IZVORI

1. *3D Cameras in autonomous vehicles*, Future markets magazine, online: 3D Cameras in autonomous vehicles | Future Markets Magazine (future-markets-magazine.com) (2.06.2023.)
2. *5G network as foundation for autonomous driving*, T – com, online: 5G network as foundation for autonomous driving | Deutsche Telekom (31.05.2023.)
3. *7 Major Functions of Cooperative Intelligent Transport Systems*, 2009., Autocrypt, online: 7 Major Functions of Cooperative Intelligent Transport Systems – AUTOCRYPT (1.06.2023.)
4. *Advanced legal framework in the EU: Driverless through Europe*, 2022., Traton, online: <https://traton.com/en/innovation-hub/legal-framework-in-the-eu-driverless-through-europe.html> (16.06.2023.)
5. Atwell C., 2022., *What are SAE's five self-driving levels?*, Fierceelectronics, online: What are SAE's five self-driving levels? | Fierce Electronics (5.06.2023.)

6. *Autonomous Trucking*, Guides.loc.gov, online: *Autonomous Trucking - The Trucking Industry: A Research Guide - Research Guides at Library of Congress (loc.gov)* (7.06.2023.)
7. Bellan R., 2022., *Aurora unveils test fleet of autonomous Toyota Sienna robotaxis*, Techcrunch, online: <https://techcrunch.com/2022/03/23/aurora-unveils-test-fleet-of-autonomous-toyota-sienna-robotaxis/> (12.06.2023.)
8. Bellan R., 2022., *Uber and Motional launch robotaxi service in Las Vegas*, Techcrunch, online: *Uber and Motional launch robotaxi service in Las Vegas | TechCrunch* (12.06.2023.)
9. Bosch H., 2022., *COLUMN / SEMI-AUTONOMOUS NAVIGATION: YARA BIRKELAND, SUZAKU, NJORD FORSETI AND ORCA AI [OFFSHORE ACCOUNTS]*, Bairdmaritime, online: <https://www.bairdmaritime.com/work-boat-world/offshore-world/column-semi-autonomous-navigation-yara-birkeland-suzaku-njord-forseti-and-orca-ai-offshore-accounts/> (14.06.2023.)
10. Carey N., 2021., *Aptiv unveils new self-driving platform with wireless upgrades*, Reuters, online: <https://www.reuters.com/article/us-autos-aptiv-autonomous-idUSKBN29G1F1> (14.06.2023.)
11. Chafkin M., Bergen M., 2017., *Fury Road: Did Uber Steal the Driverless Future From Google?*, Bloomberg, online: *Fury Road: Did Uber Steal the Driverless Future From Google? – Bloomberg* (7.06.2023.)
12. Cheng E., 2023., *Baidu says it can now operate robotaxis in Beijing with no human staff inside*, CNBC, online: <https://www.cnbc.com/2023/03/17/baidu-says-it-can-now-operate-robotaxis-in-beijing-with-no-human-staff-inside.html> (12.06.2023.)
13. Cikusa M., 2023., *Here's Where American States Stand On Laws Around Autonomous Cars*, hotcars, online: <https://www.hotcars.com/american-state-laws-around-autonomous-cars/> (16.06.2023.)
14. Daws R., 2023., *Cruise robotaxis now run 24/7 in San Francisco*, Iottechnews, online: *Cruise robotaxis now run 24/7 in San Francisco (iottechnews.com)* (11.06.2023.)
15. Fefer J., *The role of V2X in vehicle automation – today and tomorrow*, Autotalks, online: *The role of V2X in vehicle automation – today and tomorrow - Autotalks (auto-talks.com)* (1.06.2023.)
16. Goodwin A., 2023., *3-Row VW ID Buzz EV Coming to US in 2024*, Cnet, online: <https://www.cnet.com/roadshow/news/3-row-vw-id-buzz-ev-coming-to-us-in-2024/> (14.06.2023.)
17. Gringer B., *History of the Autonomous Car*, Titlemax, online: *History of the Autonomous Car (titlemax.com)* (30.05.2023.)
18. *Hardware for Self-Driving Cars*, Nvidia, online: <https://www.nvidia.com/en-us/self-driving-cars/hardware/> (14.06.2023.)
19. Hawkins A. J., 2016., *Uber's self-driving truck company just completed its first shipment: 50,000 cans of Budweiser*, Theverge, online: *Uber's self-driving truck company just completed its first shipment: 50,000 cans of Budweiser - The Verge* (7.06.2023.)

20. Hawkins A. J., 2023., *Uber teams up with Waymo to add robotaxis to its app*, Theverge, online: <https://www.theverge.com/2023/5/23/23733547/uber-waymo-robotaxi-phoenix-delivery-autonomous-ridehail> (12.06.2023.)
21. Hiratsuka T., 2021., *France's Valeo testing Level 4 self-driving technology in Japan*, NIKKEIAsia, online: <https://asia.nikkei.com/Business/Technology/France-s-Valeo-testing-Level-4-self-driving-technology-in-Japan> (14.06.2023.)
22. Horowitz J., 2023., *Amazon's Zoox robotaxi drives on public roads in California for the first time*, CNN, online: [Amazon's Zoox robotaxi drives on public roads in California for the first time | CNN Business](https://www.cnn.com/2023/06/12/tech/amazon-zoox-robotaxi-california/index.html) (12.06.2023.)
23. *How V2X can curb the growing fear of autonomous driving*, 2023., Electric Autonomy Canada, online: [How V2X can curb the growing fear of autonomous driving](https://www.electricautonomy.ca/2023/06/01/how-v2x-can-curb-the-growing-fear-of-autonomous-driving/) (electricautonomy.ca) (1.06.2023.)
24. Hozjan D., 2006., *Cestovne prometnice 1*, Zagreb, online: http://e-student.fpz.hr/Predmeti/C/Cestovne_prometnice_I/Materijali/1predavanje.pdf (28.05.2023.)
25. Korosec K., 2021., *Aurora self-driving trucks are using Uber Freight to haul goods for customers*, Techcrunch, online: [Aurora self-driving trucks are using Uber Freight to haul goods for customers | TechCrunch](https://techcrunch.com/2021/06/08/aurora-self-driving-trucks-are-using-uber-freight-to-haul-goods-for-customers/) (8.06.2023.)
26. Laukkonen J., 2020., *Waymo's Self-Driving Cars: How They Work*, Lifewire, online: <https://www.lifewire.com/waymo-self-driving-cars-4171314> (14.06.2023.)
27. Laukkonen J., 2021., *What Is Drive-By-Wire Technology?*, Lifewire, online: <https://www.lifewire.com/what-is-drive-by-wire-534825> (14.06.2023.)
28. Lehtovaara E., *White paper: Autonomous ships terms of reference for rule development*, Safety4sea, online: [One-Sea-Autonomous-terminology-2022_03.pdf](https://www.safety4sea.com/wp-content/uploads/2022/03/One-Sea-Autonomous-terminology-2022_03.pdf) (safety4sea.com) (5.06.2023.)
29. *Leonardo Da Vinci inventions*, online: [Leonardo da Vinci's Self-Propelled Cart Invention — Leonardo Da Vinci Inventions \(da-vinci-inventions.com\)](https://www.da-vinci-inventions.com/) (29.05.2023.)
30. *LiDAR vs. Cameras for Self Driving Cars – What's Best?*, Autopilot review, online: [LiDAR vs. Cameras for Self Driving Cars - What's Best? - AutoPilot Review](https://www.autopilotreview.com/2023/06/02/lidar-vs-cameras-for-self-driving-cars-what-is-best/) (2.06.2023.)
31. *man-behind-billion-connections*, Qualcomm, online: <https://www.qualcomm.com/research/stories/man-behind-billion-connections> (14.06.2023.)
32. McCausland P., 2019., *Self-driving Uber car that hit and killed woman did not recognize that pedestrians jaywalk*, nbcnews, online: [Self-driving Uber car that hit and killed woman did not recognize that pedestrians jaywalk \(nbcnews.com\)](https://www.nbcnews.com/tech/ai-self-driving-uber-car-hit-killed-woman-did-not-recognize-that-pedestrians-jaywalk-ncna1000001) (15.06.2023.)
33. Mikulčić S., 2022., *Nestašica litija mogla bi odgoditi i Rimčev robotaxi?*, Večernji list, online: <https://www.vecernji.hr/auti/nestasicsa-litija-mogla-bi-odgoditi-i-rimcev-robotaxi-1628462> - Večernji.hr (vecernji.hr) (10.06.2023.)
34. Mlot S., 2022., *Autonomous Vehicle Startup Argo AI Shuts Down*, pcmag, online: <https://www.pcmag.com/news/autonomous-vehicle-startup-argo-ai-shuts-down> (12.06.2023.)
35. Mobileye, Crunchbase, online: <https://www.crunchbase.com/organization/mobileye-vision-technologies> (14.06.2023.)

36. Moorhead P., 2020., *Qualcomm Officially Enters Self-Driving Market With Snapdragon Ride Platform And Extends Partnership With GM To Include ADAS*, moorinsightsstrategy, online: <https://moorinsightsstrategy.com/qualcomm-officially-enters-self-driving-market-with-snapdragon-ride-platform-and-extends-partnership-with-gm-to-include-adas/> (14.06.2023.)
37. Murphy M., 2023., *Cruise robotaxis can now operate 24/7 in San Francisco*, Marketwatch, online: *Cruise robotaxis can now operate 24/7 in San Francisco – MarketWatch* (11.06.2023.)
38. *Norman Bel Geddes*, Medallcartcollector, online: Norman Bel Geddes (medallcartcollector.com) (30.05.2023.)
39. *NYK Conducts World's First Maritime Autonomous Surface Ships Trial*, 2019., NYKline, online: https://www.nyk.com/english/news/2019/20190930_01.html (14.06.2023.)
40. *Povijest automobila*, online: <https://helios.com.hr/edit/2019/projekti/trogir02/povijestAutomobila.html> (27.05.2023.)
41. Premužak M., 2023., *Zagreb neće biti prvi kao što je obećao Rimac, robotaksiji već voze po velikim gradovima*, Lidermedia, online: <https://lidermedia.hr/tehn/zagreb-nejce-biti-prvi-kao-sto-je-obecao-rimac-robotaksiji-vec-voze-po-veliki-gradovima-149128> (lidermedia.hr) (10.06.2023.)
42. Ramos J., 2022., *AUTONOMOUS VEHICLES AND ACCIDENTS: ARE THEY SAFER THAN VEHICLES OPERATED BY DRIVERS?*, tomorrow.city, online: <https://tomorrow.city/a/self-driving-car-accident-rate> (15.06.2023.)
43. Richards L., 2022., *Tesla Autopilot Crashes: With at Least a Dozen Dead, 'Who's at Fault, Man or Machine?'*, Impakter, online: *Tesla Autopilot Crashes: With at Least a Dozen Dead, "Who's at Fault, Man or Machine?"* (impakter.com) (15.06.2023.)
44. Romero C., 2023., *LiDAR in Cars: How LiDAR technology is making self driving cars a reality*, Mrlcg, online: *LiDAR in Cars: How LiDAR technology is making self driving cars a reality* (mrlcg.com) (2.06.2023.)
45. Rossen J., 2020., *7 Early Attempts at Self-Driving Cars*, Mental Floss, online: *Early Attempts at Self-Driving Cars | Mental Floss* (29.05.2023.)
46. Ryback K., Wildman T., 2022., *WAYMO LAUNCHES AUTONOMOUS VEHICLE SERVICE IN DOWNTOWN PHOENIX*, statepress, online: <https://www.statepress.com/article/2022/11/waymo-released-to-public-downtown-phoenix> (14.06.2023.)
47. *Self-driving cars: pros and cons*, Valientemott, online: *Self-Driving Cars: The Pros & Cons of Automated Vehicles* (valientemott.com) (6.06.2023.)
48. *Self-propelled Cart*, online: DV009 cover (elenco.com) (29.05.2023.)
49. Shahian Jahromi B., 2019., *Camera Technology in Self-Driving Cars*, Medium, online: *Camera Technology in Self-Driving Cars | by Babak Shahian Jahromi | Medium* (2.06.2023.)
50. Shankland S., 2022., *Intel's Mobileye Expands Self-Driving Car Tests, So You Can Buy One in 2025*, Cnet, online: <https://www.cnet.com/roadshow/news/intels-mobileye-expands-to-miami-stuttgart-for-autonomous-vehicles-in-2025/> (14.06.2023.)

51. Shankland S., 2022., *Nvidia Wants to Be the Brains of Your Self-Driving Car*, Cnet, online: <https://www.cnet.com/roadshow/news/nvidia-wants-to-be-the-brains-of-your-self-driving-car/> (14.06.2023.)
52. Siddiqui F., Lerman R., Merrill J. B., 2022., *Teslas running Autopilot involved in 273 crashes reported since last year*, washingtonpost, online: <https://www.washingtonpost.com/technology/2022/06/15/tesla-autopilot-crashes/> (15.06.2023.)
53. Špiljak L., 2023., *Kako je propao projekt samovozećih automobila u koji su Ford i VW ulupali milijarde dolara: 'Robotaksiji su gubitnička tehnologija'*, tportal, online: <https://www.tportal.hr/biznis/clanak/robotaksi-autonomna-vozila-foto-20230323> (12.06.2023.)
54. Starsky robotics, Wikipedia, online: Starsky Robotics – Wikipedia (7.06.2023.)
55. *The pros and cons of lidar and cameras in autonomous cars*, 2022., Arrow, online: Lidar vs. Camera: What's Best in Self-driving Cars? | Arrow.com | Arrow.com (2.06.2023.)
56. Thiel W., 2017., *The VaMoRs Was the World's First Real-Deal Autonomous Car*, Web2carz, online: The VaMoRs Was the World's First Real-Deal Autonomous Car | Web2Carz (30.05.2023.)
57. Van Cleave K., Novak A., 2023., *Waymo robotaxis expand operations, paving the way for driverless future*, CBS news, online: <https://www.cbsnews.com/news/waymos-self-driving-uber-lyft/> (12.06.2023.)
58. Vergani E., La Mattina A., Morelli G., 2022., *The regulatory framework tackling the rise of unmanned and automated vessels and its limits*, ibanet, online: <https://www.ibanet.org/regulatory-framework-automated-vessels> (16.06.2023.)
59. Webster J., *The Advantages and Disadvantages of Autonomous Trucks*, a1autotransport, online: Autonomous Trucks: Pros and Cons (a1autotransport.com) (7.06.2023.)
60. Williams H., 2016., *The Man Who Gave Cars Eyes: Ernst Dickmanns*, Lifehacker, online: The Man Who Gave Cars Eyes: Ernst Dickmanns (lifehacker.com.au) (30.05.2023.)
61. *Yara to start operating the world's first fully emission-free container ship*, 2021., Kongsberg, online: <https://www.kongsberg.com/maritime/about-us/news-and-media/news-archive/2021/first-fully-emission-free-container-ship/> (14.06.2023.)

KAZALO KRATICA

Kratice	Puni naziv na stranom jeziku	Tumačenje na hrvatskom jeziku
AAWA	engl. <i>Advanced autonomous waterborne applications</i>	Napredne autonomne aplikacije na vodi
ADAS	engl. <i>Advanced driving support system</i>	Napredni sustav podrške vožnji
AI	engl. <i>Artificial intelligence</i>	Umjetna inteligencija
AIS	engl. <i>Automatic identification system</i>	Sustav automatske identifikacije
ARPA	engl. <i>Advanced Research Projects Agency</i>	Agencija za napredne istraživačke projekte
C-ITS	engl. <i>Cooperative Intelligent Transport Systems</i>	Kooperativni inteligentni transportni sustavi
CMI	franc. <i>Comité Maritime International</i>	Međunarodni pomorski odbor
COLREGS	engl. <i>Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea</i>	Konvencija o međunarodnim propisima za sprječavanje sudara na moru
ECDIS	engl. <i>Electronic Chart Display and Information System</i>	Prikaz elektroničkih karata i informacijski sustav
ELA	engl. <i>European Logistics Association</i>	Europsko logističko udruženje
GNSS	engl. <i>Global navigation satellite system</i>	Globalni satelitski navigacijski sustav

GPS	engl. <i>Global Positioning System</i>	Globalni sustav pozicioniranja
GPU	engl. <i>Graphics processing unit</i>	Grafička procesorska jedinica
IMO	engl. <i>International maritime organization</i>	Međunarodna pomorska organizacija
ITS	engl. <i>Intelligent transportation system</i>	Inteligentni transportni sustav
LIDAR	engl. <i>Light Detection and Ranging</i>	Svjetlosno zamjećivanje i klasifikacija
MASS	engl. <i>Maritime autonomous surface ships</i>	Pomorski autonomni površinski sustavi
MUNIN	engl. <i>Maritime unmanned navigation through intelligence in networks</i>	Pomorska bespilotna navigacija putem mrežne inteligencije
ODD	engl. <i>Operational design domain</i>	Domena operativnog dizajna
OEM	engl. <i>Original equipment manufacturer</i>	Proizvođač originalne opreme
SAE	engl. <i>Society of Automotive Engineers</i>	Društvo automobilskih inženjera
SOC	engl. <i>System on a chip</i>	Sustav na čipu
SSR	engl. <i>Sherpa system for real ship</i>	Sherpa brodski sustavi
V2I	engl. <i>Vehicle to infrastructure</i>	Vozilo prema infrastrukturi

V2N	engl. <i>Vehicle to network</i>	Vozilo prema mreži
V2P	engl. <i>Vehicle to person</i>	Vozilo prema osobi
V2X	engl. <i>Vehicle to everything</i>	Vozilo prema svemu
VAMORS	njem. <i>Versuchsfahrzeug für autonome Mobilität und Rechnersehen</i>	Testno vozilo za autonomnu mobilnost i računalno nadgledanje

POPIS SLIKA

Slika 1.: Slikovni prikaz funkcioniranja V2X mreže	20
Slika 2.: Slikovni prikaz konfiguracije samoupravljanja autonomnog vozila	27