

# Vozila bez vozača kao bitan faktor u gradskoj logistici

---

Slunjski, Sanja

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:093675>

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

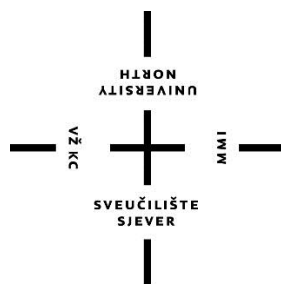
Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-23**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište  
Sjever**

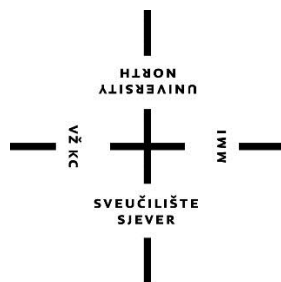
**Završni rad br. 436/TGL/2019**

## **Vozila bez vozača kao bitan faktor u gradskoj logistici**

**Sanja Slunjski, 0999/336**

Varaždin, rujan 2019. godine





# Sveučilište Sjever

**Tehnička i gospodarska logistika**

**Završni rad br. 436/TGL/2019**

## **Vozila bez vozača kao bitan faktor u gradskoj logistici**

**Student**

Sanja Slunjski, 0999/336

**Mentor**

doc. dr. sc. Predrag Brlek, dipl. ing.

Varaždin, rujan 2019. godine

# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za logistiku i održivu mobilnost

STUDIJ preddiplomski stručni studij Tehnička i gospodarska logistika

PRISTUPNIK Sanja Slunjski

MATIČNI BROJ 0999/336

DATUM

KOLEGIJ Prometna logistika II

NASLOV RADA Vozila bez vozača kao bitan faktor u gradskoj logistici

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Driverless vehicles as an important factor in city logistics

MENTOR dr. sc. Predrag Brlek

ZVANJE docent

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. Nikoleta Šuljagić, predavač, predsjednik povjerenstva
2. doc. dr. sc. Predrag Brlek, mentor
3. mr. sc. Igor Franolić, predavač, član
4. Ivana Martinčević, predavač, zamjenski član
- 5.

VZ  
KC

M  
MT

## Zadatak završnog rada

BROJ 436/TGL/2019

OPIS

Cilj rada je dubinsko razumijevanje autonomnih vozila i njegovog utjecaja te poboljšanja gradske logistike. Glavno pitanje koje se postavlja glasi mogu li prednosti autonomnih vozila nadi i nedostatke koje nose autonomna vozila.

Kako se fosilna goriva bliže svom kraju, moramo se osloniti na nove vrste goriva. U radu bit e opisani elektri ni, hibridni pogoni, pogon na biogorivo, paru, toplinu, kinetiku, vodik, zrak, dušik te ukapljeni naftni plin. Vrlo važno je objasniti autonomna vozila, princip njihova rada, prednosti i nedostaci te razine autonomnosti. Zahtjeva se obrada gradske logistike, njena podjela i nedostaci te metode distribucije kao i inicijative i održivost urbane sredine. Kao prakti ni primjer navest e se autonomna vozila koja mogu poboljšati promet gradske logistike.

ZADATAK URUČEN

10. 09. 2019.



POTPIS MENTORA

*Predrag Brlek*

SVEUČILIŠTE  
SJEVER

## **Predgovor**

Završni rad pod nazivom „Vozila bez vozača kao bitan faktor u gradskoj logistici“ izabrala sam iz kolegija Prometna logistika II, gdje smo se prvi puta susreli s ovom temom. Prilikom slušanja ovog kolegija, tema mi se izrazito svidjela i odlučila sam posvetiti svoj završni rad baš njoj. Pri izradi ovog rada pomagao mi je mentor doc. dr. sc. Predrag Brlek, dipl. ing., koji me usmjeravao, ukazivao na pogreške i savjetovao kako najbolje izraditi ovaj rad.

Željela bih zahvaliti svojim roditeljima, baki i djedu na ukazanoj podršci tijekom studiranja te kolegama i profesorima na pomoći.

## Sažetak

Autonomni transporti s niskim razinama buke i nultom emisijom ispušnih plinova igrat će važnu ulogu u budućnosti logistike. Iako nisu dosegli svoj puni potencijal, provode se testiranja kako bi tehnologija bila spremna za uključivanje u promet, prema mnogim predviđanjima do 2021. godine.

Poznato je kako automobili svakim danom postaju sve samostalniji, od sustava autopilot, koji se već može naći u automobilima na cesti pa sve do potpuno autonomnog vozila koje ne treba vozača. Postoji nekoliko razina autonomnosti, međutim najvišu razinu još uvijek nismo dosegli.

U ovom radu bit će pojašnjen princip rada ovih vozila, zašto su važni i kako će doprinijeti našoj budućnosti.

Ključne riječi: autonomna vozila, tehnologija rada, električna vozila, gradska logistika.

## Summary

Autonomous transport with low noise and zero exhaust emissions will play an important role in the future of logistics. Although they have not reached their full potential, tests are being conducted to ensure that technology is ready for market integration, according to many predictions by 2021.

It is well known that cars are becoming more and more independent every day, from the autopilot system already found in cars on the road to a fully autonomous vehicle that does not need a driver. There are several levels of autonomy, but the highest level has not yet been reached.

This work will explain how these vehicles work, why they are important and how will they contribute to our future.

Keywords: autonomous vehicles, princip of work, electric vehicles, city logistics.

## Popis korištenih kartica

<b>Radar</b>	Radio Detection and Ranging Otkrivanje i određivanje udaljenosti radiovalovima
<b>ADAS</b>	Advanced driver-assistance systems Napredni sustavi za pomoć vozaču
<b>AEBS</b>	Advanced Emergency Breaking System Automatski sustav za kočenje u nuždi
<b>ACC</b>	Adaptive cruise control Prilagodljivi tempomat
<b>LIDAR</b>	Light Detection and Ranging Svjetlosno zamjećivanje i klasifikacija
<b>LADAR</b>	Laser Detection and Ranging Lasersko zamjećivanje i klasifikacija
<b>SIFT</b>	Scale-Invariant Feature Transform Transformacija značajki mjerila
<b>GPS</b>	Global Positioning System Globalni položajni sustav
<b>SEA</b>	Society of Automotive Engineers Društvo automobilskih inženjera
<b>BASt</b>	German Federal Highway Research Institute Njemački savezni institut za autoceste
<b>NHTSA</b>	National Highway Traffic Safety Administration Nacionalna uprava za sigurnost prometa na cestama
<b>ADS</b>	Automated driving system Automatizirani sustavi vožnje
<b>HAV</b>	Highly automated vehicle Visoko automatizirano vozilo
<b>HEV</b>	Hybrid electric vehicle Hibridno električno vozilo
<b>PHEV</b>	Plug-in Hybrid Electric Vehicle Uključno hibridno električno vozilo
<b>EV</b>	Electric Vehicle Električno vozilo
<b>BESTUFS</b>	Best Urban Freight Solutions Najbolja rješenja za gradski prijevoz tereta
<b>CIVITAS</b>	Clean and Better Transport in Cities Čišći i bolji transport u gradovima



# Sadržaj

<b>1. Uvod</b> .....	1
1.1. Problem i predmet istraživanja .....	1
1.2. Svrha i cilj istraživanja .....	2
1.3. Struktura rada .....	2
<b>2. Alternativni pogon</b> .....	3
2.1. Električni pogon .....	3
2.1.1. <i>Primjer: Nissan Leaf</i> .....	4
2.2. Hibridni pogon.....	7
2.2.1. <i>Zemlje s najvećim brojem električnih i hibridnih vozila</i> .....	8
2.3. Pogon na biogorivo.....	9
2.3.1. <i>Podjela biogoriva</i> .....	10
2.4. Pogon na paru .....	11
2.5. Kinetički pogon .....	11
2.6. Toplinski pogon.....	12
2.7. Pogon na vodik .....	12
2.8. Zračni pogon.....	12
2.9. Pogon na dušik.....	13
2.10. Ukapljeni naftni plin kao pogonsko gorivo .....	13
<b>3. Autonomna vozila</b> .....	14
3.1. Tehnologija rada autonomnih vozila .....	15
3.1.1. <i>Radar</i> .....	15
3.1.2. <i>LIDAR/LADAR</i> .....	15
3.1.3. <i>Računalni vid</i> .....	16
3.1.4. <i>GPS</i> .....	17
3.1.5. <i>Ultrazvučni senzori</i> .....	18
3.2. Prednosti i nedostaci autonomnih vozila .....	18
3.3. Autonomna vozila u Hrvatskoj.....	20
3.4. Razine autonomnosti .....	22
3.4.1. <i>Nulta razina</i> .....	22
3.4.2. <i>Prva razina</i> .....	22
3.4.3. <i>Druga razina</i> .....	22
3.4.4. <i>Treća razina</i> .....	23
3.4.5. <i>Četvrta razina</i> .....	23
3.4.6. <i>Peta razina</i> .....	24

<b>4. Gradska logistika</b> .....	25
4.1. Podjela sustava gradske logistike .....	27
4.2. Metode distribucije u gradska središta .....	28
4.2.1. <i>Prijevozni sustav putnika</i> .....	28
4.2.2. <i>Racionalizacija isporuka</i> .....	29
4.2.3. <i>Prijevoz tereta</i> .....	29
4.2.4. <i>Modalna prilagodba</i> .....	30
4.3. Problemi gradske logistike .....	31
4.4. Inicijative gradske logistike i održivost urbane sredine .....	32
<b>5. Primjena autonomnih vozila u gradskoj logistici</b> .....	34
5.1. Budućnost gradske dostave: Renault EZ-PRO .....	34
5.2. Kamion bez kabine: Volvo Vera .....	36
5.3. Ropits .....	37
5.4. Autonomni autobus: Gacha .....	38
5.5. Taxi BP .....	39
5.6. Budućnost prijevoza automobilom: Emi One koncept .....	40
<b>6. Zaključak</b> .....	42
<b>7. Literatura</b> .....	44

# 1. Uvod

Prvi automobil izumio je francuski inženjer i konstruktor Nicolas-Joseph Cugnot, 1769. godine. Bio je to prvi automobil na samostalni, parni pogon. Ispred prednjeg kotača bio je smješten motor, pomoću kojeg se upravljalo automobilom. Kada je projektirao prvo vozilo, njegova ideja bila je da pomakne top, kako je bio zaposlen od strane vojske. On je bio prvi čovjek koji je uspješno primijenio uređaj za pretvaranje gibanja klipova u kružno gibanje pomoću rotacijskog sustava. Vozilo je bilo teško oko dvije i pol tone, brzine 5 kilometara na sat te je trebalo podići teret od četiri tone, ali se to nikada nije dogodilo. Imao je kotače na zadnjoj i jedan na prednjoj strani, tamo gdje su se obično nalazili konji. Prednji kotač podupirao je parni kotao, a upravljalo se pomoću upravljača. Vozilo se moralo zaustaviti svakih 15 minuta, kako bi postigao potreban tlak pare. Zbog slabe raspodjele težine, vozilo je bilo nestabilno, što je bio velik problem za vožnju grubog tereta i uspon strmim brežuljcima. Još jedan veliki nedostatak bile su kočnice – zbog njihova nedostatka, vozilo se nije moglo zaustaviti te je bilo vrlo opasno. Ubrzo nakon testiranja, projekt je bio napušten.

Danas je transport razvijen u tolikoj mjeri da možemo nagađati kad će autonomna vozila preuzeti promet na cestama. Prije nekoliko godina, nitko nije razmišljao o vožnji autonomnih vozila, to se činilo kao luda znanstvena fantastika, međutim brzim razvojem tehnologije i sve većim znanjem, autonomna vozila su vrlo blizu vremenu kad će postati stvarnost na cestama. U bliskoj budućnosti svatko od nas će imati u vlasništvu jedno od ovakvih vozila „znanstvene fantastike“.

Vozila koja sama kreću, zaustavljaju se i prate ostale sudionike u prometu umjesto nas. Nekoć ideja, danas stvarnost. Vozila bez upravljača, mjenjača, papučica gasa, kočnica i kvačila, najnovija tehnologija, sustav koji omogućava kretanje vozila od početne do završne točke bez potrebe fizičke prisutnosti vozača. Tehnologija koja koristi nadljudske sposobnosti praćenja svoje okoline i zapažanja pojava koje mogu zadesiti automobil.

Korištenjem računala, autonomna vozila mogu prikupiti ogromnu količinu podataka i reagirati na način i brzinom kojom čovjek to ne može. Postoji više razina autonomnosti vozila, svaka razina bit će objašnjena detaljno u završnom radu.

## 1.1. Problem i predmet istraživanja

Problem istraživanja ovog završnog rada je brzina kojom se razvijaju nove tehnologije vezane za transport i promet, time i vozila, njihova autonomnost i pogon. Predmet istraživanja odnosi se na budućnost autonomnih vozila koja će ubrzo postati sadašnjost.

## 1.2. Svrha i cilj istraživanja

Cilj ovog istraživanja je dubinsko razumijevanje autonomnih vozila i njihovog utjecaja te poboljšanja gradske logistike. Svrha istraživanja je mogu li prednosti autonomnih vozila nadići nedostatke koje nose autonomna vozila.

## 1.3. Struktura rada

Ovaj završni rad sastoji se od pet dijelova. Naslov prvog dijela glasi *Alternativni pogon*, u kojem je naglasak na sve skorijoj nestašici fosilnih goriva te prelazak na nove vrste goriva. Neki od tih pogona su električni, koji dobiva mnogo pažnje u današnjem vremenu, zatim hibridni, biogoriva, para, vodik, zrak, dušik, ukapljeni naftni plin te sustavi koji se koriste kako bi poboljšali smanjenje zagađenja kao što je kinetičko kočenje, toplina iz motora vozila.

Drugi dio nosi naziv *Autonomna vozila*, gdje su objašnjena ova vozila, princip njihova rada, razine autonomnosti, prednosti i nedostaci te primjer jednog autonomnog vozila na hrvatskim cestama.

Treći dio rada nosi naziv *Gradska logistika*, gdje su dane njezine definicije, njezina podjela, njezini problemi, metode distribucije u gradska središta te inicijative i održivost urbane sredine.

Četvrti dio naziva se *Primjena autonomnih vozila u gradskoj logistici*, u kojoj su navedeni realni primjeri uporabe autonomnih vozila u gradskoj logistici. Neki od primjera su Renault EZ-PRO, Volvo Vera, Ropits, Gacha, Taxi BP i Citroën Emi One.

Peti i posljednji dio naziva se *Zaključak*, gdje su navedena zaključna razmatranja. Nakon zaključka navedena je sva korištena literatura ovog završnog rada te popis slika i tablica.

## 2. Alternativni pogon

Fosilna goriva imaju dva nedostatka:

- zalihe su im ograničene i približavaju se svom relativno bliskom kraju
- izvlačenjem ugljika na površinu Zemlje i njegovim izgaranjem povećava se sadržaj CO<sub>2</sub> u atmosferi, time se pojačava efekt staklenika i doprinosi globalnom zatopljenju. [1]

Svjedoci smo svakodnevnog povećanja broja vozila na cestama. Posljedično se povećava i potrošnja fosilnih goriva, odnosno emisija štetnih plinova. Zbog toga se automobilske industrije okreću proizvodnji vozila na takozvane alternativne pogone. [2]

No kako bi se shvatio smisao alternativnih pogona, treba prvo nešto reći o konvencionalnim vozilima. Njihov temelj čine motori s unutarnjim izgaranjem, pogonjeni benzinskim ili dizelskim gorivom u kojima ono kontrolirano izgara. Izgaranjem dolazi do ekspanzije smjese zraka i goriva koja potiskuje klipove motora u zatvorenim cilindrima. Gibanje klipova prenosi se na kružno gibanje osovine te zatim pomoću mjenjača i vratila na kotače. Benzinski i dizelski proces malo se razlikuju; efikasnost, ovisno o izvedbama, kreće se od 35 % do 45 %. To podrazumijeva da se toliki postotak kemijske energije goriva pretvara u rotacijsku kinetičku energiju koja se dalje prenosi na kotače ili druge sustave u automobilu. [2]

### 2.1. Električni pogon

Električna vozila su budućnost transporta. Električna mobilnost postala je bitan dio energetske tranzicije, uzrokovat će značajne promjene za proizvođače vozila, vladu, tvrtke i pojedinca. [3]

Njihova glavna značajka je da moraju biti uključeni da bi se napunili iz električnog izvora, koji nije u vozilu, što ih razlikuje od hibridnih električnih vozila, koja ne mogu biti uključena u električni izvor. Potpuna električna vozila rade na električnu energiju, većina ima domet od 150 do 250 kilometara, dok neki luksuzni modeli imaju domet do 400 kilometara. Kada se baterija isprazni, punjenje može trajati od 30 minuta do gotovo cijelog dana, ovisno o vrsti punjača i baterije. [4]

Potpuna električna vozila (EV) koriste bateriju za pohranjivanje električne energije koja pokreće motor. Drugi naziv za potpuna električna vozila je *battery electric vehicles*. Baterije se pune priključivanjem vozila na izvor električne energije. Iako većina proizvodnje električne energije doprinosi onečišćenju zraka, američka Agencija za zaštitu okoliša kategorizirala je sva električna vozila kao vozila bez emisije jer ne proizvode izravne ispušne plinove ili emisije.

Budući da električna vozila ne koriste drugo gorivo, raširena upotreba tih vozila mogla bi drastično smanjiti potrošnju nafte. [5]

### 2.1.1. Primjer: Nissan Leaf



Slika 2.1. Primjer potpuno električnog vozila, Nissan Leaf, izvor: [6]



38.0 kWh\*

Upotrebljivost baterije



230 km

Stvaran domet



16,5 kWh/100 km

Učinkovitost

Stvaran domet je između 160 i 345 kilometara. Indikacija raspona stvarnih vremenskih uvjeta u nekoliko situacija, hladno vrijeme je najgori slučaj mjerenja, s najnižom temperaturom od -10 °C i korištenjem grijanja. Blago vrijeme je najbolji slučaj, mjereno na 23 °C bez uporabe klima-uređaja. Stvarni raspon ovisi o brzini, načinu vožnje, klimatskim uvjetima i uvjetima rute. [6]

Grad – hladno vrijeme	225 km	Grad – blago vrijeme	345 km
Autocesta – hladno vrijeme	160 km	Autocesta – blago vrijeme	210 km
Kombinirano – hladno vrijeme	195 km	Kombinirano – blago vrijeme	265 km

Tablica 2.1. Brzine koje vozilo može postići u različitim vremenskim uvjetima, izvor: [6]

Ubrzanje 0 - 100 km/h	7,9 s	Ukupna snaga	100kW
-----------------------	-------	--------------	-------

Najveća brzina	144 km/h	Ukupni moment	320Nm
Električni raspon	230 km	Pogon	prednji

Tablica 2.2. Izvođenje, izvor: [6]

Kapacitet baterije	40.0 kWh	Upotrebljivost baterije	38.0 kWh
Lokacija	na sredini prednjeg kraja vozila	Lokacija	na sredini prednjeg kraja vozila

Tablica 2.3. Baterija, izvor: [6]

Punionica	Tip 2	Brza punionica	CHAdEMO
Snaga punionice	6,6 kW	Snaga brze punionice	46 kW
Vrijeme punjenja	7 sati	Vrijeme punjenja	40 minuta
Brzina punjenja	34 km/h	Brzina punjenja	240 km/h

Tablica 2.4. Punjenje, izvor: [6]

Grad – hladno vrijeme	16,9 kWh/100 km	Grad – blago vrijeme	11 kWh/100 km
Autocesta – hladno vrijeme	23,8 kWh/100 km	Autocesta – blago vrijeme	18,1 kWh/ 100 km
Kombinirano – hladno vrijeme	19,5 kWh/100 km	Kombinirano – blago vrijeme	14,3 kWh/100 km

Tablica 2.5. Potrošnja energije, izvor: [6]

Dužina	4490 mm	Volumen tereta	435 L
Širina	1788 mm	Volumen maksimalnog tereta	1176 L
Visina	1530 mm	Vučna masa bez kočenja	0 kg
Međuosovinski razmak kotača	2700 mm	Vučna masa s kočenjem	0 kg
Težina praznog vozila	1580 kg	Težina tereta krova	35 kg

Tablica 2.6. Dimenzije i težina vozila, izvor: [6]

Vozilo ima 5 sjedala, što je ujedno i broj osoba koje se mogu transportirati u vozilu. Punjenje je moguće pomoću uobičajenog zidnog utikača ili stanice za punjenje. Javno punjenje uvijek se obavlja preko stanice za punjenje. Vrijeme punjenja električnog vozila ovisi o korištenoj stanici za punjenje i maksimalnom kapacitetu punjenja električnog vozila. [6]

Punjenje u Europi razlikuje se od zemlje do zemlje. Neke europske zemlje prvenstveno koriste jednofazne priključke na mrežu, dok druge zemlje koriste isključivo trofaznu vezu. Donja tablica prikazuje moguće načine punjenja ovog vozila. [6]

Točka punjenja	Maksimalna snaga	Snaga	Vrijeme	Stopa
Zidni utikač (2,3 kW)	230V/1x10A	2,3 kW	19 h i 30 min	12 km/h
Jednofazna 16A (3,7 kW)	230V/1x16A	3,7 kW	12 h i 15 min	19 km/h
Jednofazna 32A (7,4 kW)	230V/1x29A	6,6 kW	7 sati	34 km/h
Trofazna 16A (11 kW)	230V/1x16A	3,7 kW	12 h i 15 min	19 km/h
Trofazna 32A (22 kW)	230V/1x29A	6,6 kW	7 sati	34 km/h

Tablica 2.7. Mogući načini punjenja vozila, izvor: [6]



Slika 2.2. Primjer utikača i utičnice punionice, za punjenje Tipa 2, izvor: [7]

Brzo punjenje omogućuje duža putovanja dodavanjem što većeg raspona u što kraćem vremenu. Snaga punjenja značajno se smanjuje kada dosegne 80 % stanja napunjenosti. Brzo punjenje električnih vozila ovisi o korištenom punjaču i maksimalnoj snazi punjenja koju električno vozilo može podnijeti. U Europi, električna vozila obično koriste CHAdeMO adapter za napajanje, koji ima maksimalnu snagu od 46 kW, vrijeme punjenja iznosi četrdeset minuta sa stopom punjenja od 240 km/h. [6]



## 2.2. Hibridni pogon

Hibridna vozila su vozila s dvostrukim pogonom, klasični mehanički motor i elektromotor u različitim kombinacijama. Vozilo se pokreće elektromotorom, a mehanički motor koristi se kao dopuna ili je mehanički povezan s baterijama, gdje služi samo ako nestane struje u bateriji. [8]

Hibridna električna vozila (HEV) pokreće motor s unutarnjim izgaranjem ili drugim pogonskim izvorom koji se može pokrenuti na konvencionalno ili alternativno gorivo i električni motor koji koristi energiju pohranjenu u bateriji. Ova vozila kombiniraju prednosti visoke potrošnje goriva i niskih emisija sa snagom i rasponom konvencionalnih vozila. Dostupna je široka paleta hibridnih električnih vozila. Iako su često skuplja od konvencionalnih vozila, neki troškovi mogu se nadoknaditi uštedom goriva ili državnim poticajima. Hibridno električno vozilo ne može se priključiti na izvore struje za punjenje baterije. Umjesto toga, vozilo koristi regenerativno kočenje i motor s unutarnjim izgaranjem za punjenje. Vozilo uzima energiju koja je normalno izgubljena tijekom kočenja, korištenjem električnog motora kao generatora i spremanja zarobljene energije u bateriju. Energija iz baterije osigurava dodatnu snagu tijekom ubrzanja. Razlikujemo dvije vrste hibridnih električnih vozila:

- Blagi hibridi (koji se još nazivaju mikrohibridi) – koriste bateriju i elektromotor za pokretanje vozila, omogućuju da se motor isključi kada se vozilo zaustavi, na primjer: stajanje na semaforima, što dodatno poboljšava ekonomiju goriva. Blagi hibridni sustavi ne mogu napajati vozilo koristeći samo električnu energiju. Ova vozila općenito koštaju manje od potpunih hibrida, ali pružaju manje značajne prednosti u potrošnji goriva od potpunih hibrida.
- Potpuni hibridi imaju snažnije električne motore i veće baterije, koje mogu voziti samo na električnu energiju, za kratke udaljenosti i na malim brzinama. Ovi sustavi koštaju više, ali opravdavaju cijenu pružanjem većih prednosti u ekonomičnosti potrošnje goriva. [5]

Druga vrsta hibridnih vozila su *plug-in* hibridna električna vozila (PHEV). Ona koriste baterije za napajanje električnog motora i drugo gorivo, kao što je benzin ili dizel za pogon motora s unutarnjim izgaranjem ili drugog izvora propulzije. Korištenje električne energije za pokretanje vozila smanjuje operativne troškove i potrošnju nafte, u odnosu na konvencionalna vozila. Ova vozila također mogu proizvesti niže razine emisija, ovisno o izvoru električne energije. *Plug-in* hibridna električna vozila imaju motor s unutarnjim izgaranjem ili drugi izvor pogona i električni motor koji koristi energiju pohranjenu u baterijama. Obično imaju veće

baterije u odnosu na hibridna električna vozila, čime je moguće voziti od 15 do 60 kilometara koristeći samo struju. [5]

Motor s unutrašnjim izgaranjem pokreće vozilo kada je baterija uglavnom ispražnjena, za vrijeme naglog ubrzanja ili kada je potrebno intenzivno grijanje ili klimatizacija. Tijekom gradske vožnje većina napajanja dolazi iz uskladištene električne energije. Laganom vožnjom gradom može se voziti potpuno na električnoj energiji, vozilo može biti uključeno da se puni tijekom noći, kako bi i sljedeći dan baterije bile pune. Neka *plug-in* hibridna električna vozila rade na suprotan način, na primjer motor s unutrašnjim izgaranjem koriste za vožnju do gradilišta i natrag, a električnu energiju za napajanje opreme vozila ili kontrolu klime kabine kad je na gradilištu. [5]

	CONVENTIONAL	HYBRID	PLUG-IN HYBRID	ALL -ELECTRIC
Sources of Energy				
Consumption				
Emissions				
Examples		Toyota Prius (C,V) Ford C-Max, Fusion Hybrid Hyundai Sonata Hybrid Volkswagen Jetta Hybrid Lexus RX 450h Infinity Q70 Hybrid	Ford C-Max, Fusion Energi Honda Accord PHV Chevy Volt Toyota Prius PHV Cadillac ELR Porsche Panamera S E-Hybrid	Nissan Leaf Tesla Model S BMW i3 Mitsubishi MIEV Chevrolet Spark EV

Slika 2.3. Odnos konvencionalnih pogona u usporedbi s hibridnim, *plug-in* hibridnim te električnim pogonom, izvor: [5]

### 2.2.1. Zemlje s najvećim brojem električnih i hibridnih vozila

Od milijardu i četiristo milijuna stanovnika Kine, njih 1.227.770 posjeduje električno vozilo ili hibrid. Tim brojem, Kina se nalazi na prvom mjestu kao zemlja s najvećim brojem električnih vozila. Brojka je ogromna, ali treba uzeti u obzir da na kineskim cestama ima više od 220 milijuna vozila. Kineske vlasti agresivno promoviraju električna vozila kako bi smanjili zagađenje u gradovima te njihov broj konstantno raste. Treba dodati da imaju sve više domaćih marki automobila koja proizvode modele na električnu energiju. [9]

Druga država po broju električnih vozila i hibrida je SAD sa 762.060 registriranih vozila, dok je ukupni broj vozila 260 milijuna. Električna vozila su kod njih tek u razvojnoj fazi, zbog jeftinog benzina. Međutim, prošle godine Tesla je prodao više od 150 tisuća vozila na domaćem tržištu. Tesla je jedna od vodećih kompanija za proizvodnju električnih automobila. [9]

Japan je treći na listi, a četvrta je Norveška, u kojoj je prošle godine svaki treći kupljeni automobil bio pokretan elektromotorom. Poredak država po broju električnih i hibridnih vozila:

1. Kina – 1.227.770
2. SAD – 762.060
3. Japan – 205.350
4. Norveška – 176.310
5. Velika Britanija – 133.670
6. Nizozemska – 199.340
7. Francuska – 118.770
8. Njemačka – 109.560
9. Švedska – 49.671
10. Belgija – 31.630 [9]

Hrvatska je pri samom dnu Europske unije po broju električnih vozila. Prema statistici Eurostata, mi smo na 24. mjestu od ukupno 28 članica. Početkom ove godine imali smo 459 električnih vozila i 3.717 hibridnih, prema zadnjim podacima Centra za vozila Hrvatske. Razlog toliko malog broja vozila je visoka cijena te slabo razvijena infrastruktura za punjenje. [10]

No, postoje razni natječaji, kojima je svrha povećanje broja električnih vozila. Jedan od njih objavljen je u svibnju ove godine, težak 5,8 milijuna kuna za izgradnju punionica za ove automobile. [10]

Isto tako dostupan je natječaj za pravne osobe, kojima će biti financirano 40 %, maksimalno 400.000 kuna troškova za kupovinu električnih vozila. [11]

### **2.3. Pogon na biogorivo**

Biomasa je temelj proizvodnje biogoriva. To je organska tvar nastala rastom bilja i životinja. Svake godine na zemlji nastaje oko 2.000 milijardi tona suhe biomase. Od toga, za hranu se koristi oko 1,2 %, za papir 1 % te za gorivo 1 %. Ostatak, oko 96 %, trune ili povećava zalihe obnovljivih izvora energije. Od biomase se mogu proizvoditi obnovljivi izvori energije kao što su bioplina, biodizel, etanol, a suha masa se može mljeti u sitne komadiće palete, koji se spaljuju u automatiziranim pećima za proizvodnju topline i električne energije. [12]

U poljoprivrednoj proizvodnji ostaje velika količina neiskorištene biomase. Razni ostaci u ratarskoj proizvodnji, kao što su ostaci rezanja voćki, vinove loze i maslina, slama, kukuruzovine, stabljike suncokreta i slično, relativno su lako iskoristiv oblik energije. Proizvodnjom i korištenjem biomase u energetske svrhe smanjuje se emisija štetnih tvari i

doprinosi se zaštiti tla i voda te povećaju bioraznolikosti. Biomasa je vrlo prihvatljivo gorivo s gledišta utjecaja na okoliš jer sadrži vrlo malo ili uopće ne sadrži štetne tvari koje se nalaze u fosilnim gorivima, kao što su sumpor, teške kovine i drugo, čijim se izgaranjem emitiraju u zrak te ugrožavaju naše zdravlje i okoliš. Glavna prednost biomase u odnosu na fosilna goriva je njena obnovljivost. [12]

Računa se da je opterećenje atmosfere s CO<sub>2</sub> pri korištenju biomase kao goriva zanemarivo, budući da je njegova količina prilikom izgaranja jednaka tijekom rasta biljke. Biomasa, kao i njezini produkti (tekuća biogoriva, bioplin) dovoljno je slična fosilnim gorivima te je moguća izravna zamjena. [12]

### 2.3.1. Podjela biogoriva

Biogoriva su tekuća ili plinovita goriva dobivena preradom biomase za potrebe transporta. Postoje različite vrste biogoriva ovisno o izvoru materija za proizvodnju, tehnologiji proizvodnje, cijeni i emisiji CO<sub>2</sub>. Dijelimo ih u tri skupine:

1. Prva generacija: ista sirovina kao i za hranu – šećer, škrob, biljna ulja ili životinjske masti; proizvod: etanol, biodizel i bioplin.
2. Druga generacija: sirovina je poljoprivredni i šumski otpad; proizvod: biovodik, biometanol, Fischer – Tropsch dizel i mješavine alkohola.
3. Treća generacija: alge. [12]



Slika 2.4. Zeleni projekt Volkswagena, pretvaranje algi u bioplin koji se koristi za napajanje automobila, izvor: [13]

## 2.4. Pogon na paru

Napajanje vozila parom nije toliko inovacija, koliko je zapravo preispitivanje stare ideje. Planovi za vozila na parni pogon datiraju još iz 18. stoljeća. Prvi dokumentirani pokušaj Nicolas-Josepha Cugnota iz 1769. godine bio je proboj u transportu. [14]

Kada spomenemo parni pogon, većinu ljudi to asocira na parne vlakove koji se uz puno dima kreću tračnicama. Teško je zamisliti vozilo na parni pogon koje juri cestom i sudjeluje u utrkama. Međutim, neki automobilski konstruktori ne misle tako, oni vide budućnost cestovnog prometa u parnim motorima. Glavna prednost parnog motora u odnosu na motore na unutrašnje izgaranje jest to što su ekološki mnogo prihvatljiviji. Za pokretanje parne turbine i dalje se rabi fosilno gorivo, no benzin zamjenjuje plin propan. Kod motora s vanjskim izgaranjem, kakav je parni, mnogo je lakše kontrolirati stupanj zagađenja ugljičnim dioksidom, a takvi motori stvaraju mnogo manje dušičnih oksida. Motor radi na sličnom principu kao i kod turbine u parnim elektranama. Propan grije vodenu paru do temperature od 400 °C, para se pušta kroz četiri mlaznice na turbine te ih pokreće. [15]



Slika 2. 5. Vozilo koje pokreće para, izvor: [16]

## 2.5. Kinetički pogon

Promatra se način kako iskoristiti kinetičku energiju koja nastaje pri kočenju vozila. Osmišljene su dvije varijante za prikupljanje kinetičke energije kočenja i njeno pretvaranje u električnu. Prvi je *Motion Power – auto*, za energiju automobila i lakših teretnih vozila, a drugi je *Motion Power – heavy*, namijenjen teškim teretnim vozilima, autobusima i slično. *Motion power* tehnologija idealna je za prometna mjesta gdje se vozila često zaustavljaju, kao što su ulazi na parkirališta, semafori, naplatne kućice i brojne druge lokacije. [17]

Mnogi električni automobili (i sve veći broj automobila s unutarnjim izgaranjem) imaju sustave regeneracije energije kočenja koji pretvaraju energiju koja se normalno troši tijekom kočenja u

električnu energiju. Očekuje se da će se takvi sustavi u budućnosti povećati, kako bi se bolje iskoristila energija u pokretu koju posjeduje automobil, a time i manje goriva. [18]

## **2.6. Toplinski pogon**

Proizvođači automobila poboljšavaju potrošnju goriva koristeći novi pristup kontrole koji koristi otpadnu toplinu iz motora vozila. [19]

Dvije trećine energije proizvedene iz benzina ili dizela gube se kao toplina. Termoelektrična tehnologija pretvara toplinu u električnu energiju i već se razvija kod nekih proizvođača automobila. Jedno rješenje je korištenje termoelektričnih ploča za pretvaranje topline otpadne ispušne cijevi u električnu energiju, što može smanjiti potrošnju goriva. [18]

## **2.7. Pogon na vodik**

Vodik se može koristiti umjesto fosilnih goriva u motorima s unutarnjim izgaranjem. Vozila koja pokreće vodik ne ispuštaju štetne emisije iz ispušne cijevi. Potrošnja energije prenosi se na postrojenje koje proizvodi vodik, no trenutno ne postoji infrastruktura za punjenje vodika. Vodik se koristi za pogon gorivih ćelija i proizvodnju električne energije. To je rješenje koje mnogi smatraju jednim od najboljih dugoročnih izvora energije za automobile. Vodik proizvodi nulte emisije i nadilazi ograničenja ugrađenih baterija. [18]

Gorive ćelije u vozilima proizvode električnu energiju za pogon motora, koristeći kisik iz zraka i komprimirani vodik. One stvaraju energiju korištenjem goriva iz spremnika, koji ne spaljuju. Umjesto toga, vodik se kemijski spaja s kisikom iz zraka kako bi stvorio vodu. Ovaj proces, koji podsjeća na ono što se događa u bateriji, oslobađa struju koja se koristi za napajanje električnog motora, jednog ili više njih, koji mogu pogoniti vozilo. Jedini otpadni proizvod ovog pogona je voda. [20]

## **2.8. Zračni pogon**

Komprimirani zrak može zamijeniti benzin u motoru s unutrašnjim izgaranjem za pogon klipova i proizvodnju energije. Nekoliko je koncepata razmotreno tijekom godina, a neki proizvođači automobila, kao što je Tata Motors (Slika 2.6.), već proizvode i automobile na zračni pogon. [18]

Ova vozila mogu se napajati isključivo zrakom ili u kombinacijama s benzinom, dizelom, etanolom ili elektranom s regenerativnim kočenjem. Vozila pokreću motori pogonjeni komprimiranim zrakom, koji se pohranjuju u spremniku pod visokim tlakom. Umjesto pokretanja klipova motora pomoću zapaljene mješavine goriva i zraka, koristi se ekspanzija komprimiranog zraka. [21]



Slika 2.6. Automobil tvrtke Tata Motors koje pokreće zračni pogon, izvor: [22]

## 2.9. Pogon na dušik

Tekući dušik pohranjen u spremniku pod tlakom može se zagrijati da se dobije plin pod visokim tlakom. Može se koristiti za pogon klipnog ili rotacijskog motora. Međutim, on je još uvijek manje učinkovit od fosilnih goriva te još uvijek zahtijeva električnu energiju za proizvodnju. [18]

Ovaj pogon može se koristiti zajedno s regenerativnim kočenjem te može biti ugrađen u hibridni sustav. Prednost u odnosu na električni pogon je manje onečišćenja prilikom zbrinjavanja spremnika za tekući dušik u odnosu na baterije. [23]

## 2.10. Ukapljeni naftni plin kao pogonsko gorivo

Ukapljeni naftni plin je smjesa različitih frakcija plina koji se dobije u procesu prerade nafte u različite derivate. U smjesi se nalazi 75 % butana i 25 % propana. Ekološki je čist energent, izgara bez čađi i dima, ne zagađuje vodu i zemlju te se može koristiti u kombinaciji s ostalim gorivima. [24]

Prepoznatljiv je kao svestrano gorivo s niskom razinom ugljika. Može se koristiti u razne svrhe, uključujući napajanje automobila. Široko se koristi u kućanstvima i poslovnim objektima, no vrlo mali postotak automobila na cestama ga zapravo koristi kao gorivo. [18]



### 3. Autonomna vozila

Autonomna vozila ili vozila bez vozača su vozila u kojima vozač odnosno osoba koja sjedi za volanom nema nikakvu kontrolu nad upravljanjem vozila. To su zapravo vozila koja koriste senzore i softvere za upravljanje, navigaciju kako bi se vozilo kretalo i detektiralo svoju okolinu. Trenutno u svijetu ne postoje legalno registrirana autonomna vozila, postoje djelomično autonomna vozila. [25]

Djelomično autonomna vozila imaju ugrađene sustave koji nude pomoć pri vožnji, neki od njih su mijenjanje prometne trake, automatsko kočenje i ubrzavanje, isto tako mogu preuzeti kontrolu nad upravljanjem. [26]

Razlika između djelomično autonomnog vozila i potpuno autonomnog vozila sastoji se u razini kontrole koju vozač ima. Kod djelomično autonomnih vozila, vozač mora konstantno pratiti prometne uvjete i u svakom trenutku može preuzeti kontrolu vozila u svoje ruke. Potpuno autonomna vozila ne zahtijevaju vozačevu pažnju, mnogi predviđaju da takva vozila zapravo uopće neće imati ni ugrađeni volan u vozilu.



Slika 3.1. Koncept unutrašnjosti autonomnog vozila tvrtke General Motors, izvor: [27]

Ideja autonomnih vozila je smanjiti gužve na cestama, ubrzati odvijanje prometa od ishodišta do odredišta, uz što manje prometnih nesreća. U konačnici, cilj je potpuno odsustvo prometnih nesreća izazvanih autonomnim vozilima.



### 3.1. Tehnologija rada autonomnih vozila

Kako bi se vozilo moglo autonomno kretati, potrebna je različita senzorska tehnologija koja služi za navigaciju, ispravno lociranje te prepoznavanje okoline u kojoj se vozilo nalazi. Ta senzorska tehnologija uključuje:

- radar
- LIDAR/LADAR
- računalni vid
- GPS
- ultrazvučne senzore. [28]

#### 3.1.1. Radar

Radar (engleski *Radio Detection and Ranging*) je uređaj za detekciju ili mjerenje udaljenosti nekog objekta pomoću radiovalova. Na njega ne utječu vremenske prilike i može detektirati objekte po mraku, magli i drugim uvjetima smanjene vidljivosti. [28]

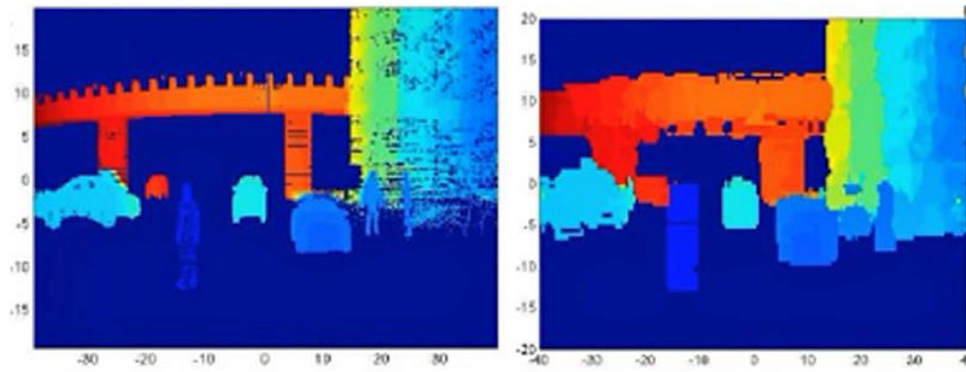
Uređaj je prisutan od 1904. godine, patentirao ga je njemački izumitelj Christian Huelsmeyer. Uređaj je mogao otkriti brodove udaljene i do 3.000 metara. Početni dizajn je samo ukazivao na prisutnost ciljanog objekta, a kasnije verzije su mogle odrediti domet pomoću jednostavnog geometrijskog izračuna. [29]

Danas se radar koristi za izračunavanje brzine, raspona i kuta objekata na kopnu, moru i zraku. Ovaj sustav je jako važan kod autonomnih vozila, igra ključnu ulogu naprednih sustava za pomoć vozačima (ADAS). Posebno je koristan kod dvije ADAS tehnologije: automatskom sustavu za kočenje u nuždi (AEBS) i adaptivnom tempomatu (ACC). Ove tehnologije koriste radare velikog dometa s rasponom od 80 do 200 metara, u nekim slučajevima čak i više od 200 metara. [29]

#### 3.1.2. LIDAR/LADAR

LIDAR i LADAR su sustavi koji koriste lasersku svjetlost i šalju impulse van vidljivog spektra da bi otkrili udaljenost nekog objekta. Imaju veliku važnost u navigaciji autonomnih vozila zato što standardne kamere nisu uvijek u mogućnosti raspoznati svoju okolinu. Imaju visoku preciznost pri prepoznavanju udaljenih predmeta, nakon čijeg detektiranja stvaraju detaljnu trodimenzionalnu mapu terena. [28]

Razlika između LIDAR-a i radara je u tome što LIDAR koristi laserske signale, koji mjere količinu vremena potrebnu da se impuls vrati, dok radar koristi radiovalove. Međutim, radiovalovi manje upijaju kada kontaktiraju objekte, u odnosu na svjetlosne valove. [30]



Slika 3.2. Razlika između LIDAR-a i radara, izvor: [31]

Prva slika prikazuje tehnologiju LIDAR, a druga tehnologiju radar. Kao što se može vidjeti, LIDAR točnije identificira objekt i slika je u većoj rezoluciji.

LIDAR je ujedno i skuplji sustav, koji ima ograničenja u nepovoljnim vremenskim uvjetima. Međutim, LIDAR ne može biti ugrađen sam, može se tijekom vremena uključivati, što znači da ove dvije tehnologije moraju koegzistirati. [31]

### 3.1.3. Računalni vid

Računalni vid znanstvena je i tehnološka disciplina koja se bavi izradom sustava koji služe dobivanju informacija iz slika, jedne ili više fotografija, videouradaka ili određenih medicinskih uređaja. Cilj je prepoznati objekt, pratiti objekt, detektirati unaprijed zadane događaje, rekonstruirati sliku i slično. Srodan je mnogim znanstvenim disciplinama kao što su umjetna inteligencija, optika i fotografija te je primjenjiv u mnogim disciplinama. [32]

Algoritmi računalnog vida su:

- SIFT (*Scale-Invariant Feature Transform*) – koji služi za pronalazak i opisivanje lokalnih značajki neke slike. Prednost mu je invarijantnost s obzirom na rotaciju i uvećanje slike te relativna otpornost na promjene osvjetljenja i zaklonjenost traženog objekta.
- Viola-Jones algoritam – napravljen je za otkrivanje ljudskih lica na slici, ali može ga se koristiti za pronalaženje bilo kakvih drugih objekata koji su zadani, kao na primjer uočavanje pješaka, automobila, prometnih znakova, pješačkih prijelaza i slično.
- Haarove značajke – umjesto direktnog rada s pikselima, uveden je rad sa značajkama koje olakšavaju posao. One su pravokutnog oblika. Testiranje se provodi na skupu značajki koje su filtrirane u procesu trenja kao značajke koje su bitne u efikasnom

pronalaženju određenog objekta. Izračun vrijednosti značajki olakšava postupak računanja integralne slike.

- Integralna slika – svaki element u integralnoj slici dobije se tako da se izračunaju zbrojevi osvjetljenja svakog piksela originalne slike traženog slikovnog elementa, uključujući i traženi. Ovom metodom se vrlo brzo izračuna suma slikovnog elementa unutar bilo kojeg pravokutnika u originalnoj slici.
- AdaBoost algoritam – obavlja funkciju poboljšanja performansi jednostavnog algoritma strojnog učenja. Ideja algoritma je stvaranje jakog klasifikatora od više slabih klasifikatora. Slabi klasifikator je funkcija koja točno klasificira više od 50 % uzoraka. Laki klasifikator dobiva se linearnom kombinacijom slabih klasifikatora.
- Kaskadni klasifikator – ako je bilo koji jaki klasifikator iz kaskade odbacio mogućnost da se na fotografiji nalazi lice, postupak se prekida, to jest na fotografiji se ne nalazi lice. [32]

#### **3.1.4. GPS**

Globalni položajni sustav (GPS) je satelitski navigacijski sustav koji se sastoji od najmanje 24 satelita. Radi u svim vremenskim uvjetima, bilo gdje u svijetu, 24 sata na dan. Oni kruže Zemljom dva puta dnevno, preciznom orbitom. Svaki satelit prenosi jedinstveni signal i orbitalne parametre koji omogućuju GPS uređajima detektirati i izračunati točnu lokaciju satelita. GPS prijammnici koriste ove informacije za izračunavanje točne lokacije korisnika. S mjerenjem udaljenosti od još nekoliko satelita, prijammnik može odrediti točan položaj korisnika kako bi izračunao rutu trčanja, pronašao put kući, izmjerio udaljenost od bilo kojeg mjesta. [33]

GPS prijammnici omogućuju kretanje vozila bez ljudskog inputa. Kada se integriraju u druge tehnike, kao što su laserska svjetlost, radar i računalni vid, robotski automobili mogu automatski osjetiti, pohraniti i dohvatiti podatke o okolini. Mnoge od ovih tehnika već su u upotrebi među vrhunskim modelima. [34]

Za autonomna vozila, međutim, potrebne su snažnije tehnike koje mogu ispuniti određene zadatke umjesto čovjeka, poput parkiranja, razlikovanja prometnih znakova i prepoznavanja različitih vozila na cesti. Osim današnjih sustava za pomoć vozačima, napredni GPS uređaju mogu pružiti 3D karte ulica visoke razlučivosti i pružiti kartiranje zemljopisnih terena u velikim razmjerima. [34]

### 3.1.5. Ultrazvučni senzori

Ultrazvučni senzori su uobičajeni u automobilima od 1990-ih za korištenje kod parkirnih senzora, oni su vrlo jeftini. [35]

Koriste senzore ugrađene u branicima koji su strateški raspoređeni kako bi pokrili širok prostor. Sustav se automatski aktivira pri uključivanju stupnja prijenosa za vožnju unatrag, senzori se aktiviraju i emitiraju ultrazvučni puls koji putuje kroz zrak. Prilikom utvrđivanja prepreke, ultrazvučni puls će se odbiti od njega i vratiti se na senzor koji će detektirati impuls i obavijestiti upravljačku jedinicu. [36]

Upravljačka jedinica izračunava udaljenost od prepreke na temelju vremena proteklog između emisije i prijema impulsa. Maksimalna udaljenost detekcije iznosi oko 0,8 do 1 metar. Ona također emitira zvučno upozorenje tako da vozač zna udaljenost do prepreke. Ta se upozorenja prenose preko nezavisnih zvučnika ili preko audiosustava vozila. Kada se vozilo približava prepreci, povećava se ponovna brzina zvučnog upozorenja. Kada je prepreka udaljena trideset centimetara od vozila, zvučno upozorenje se oglašava kontinuirano. [36]

Ako vozač ne želi koristiti pomoć pri parkiranju, može uključiti prekidač za o(ne)mogućavanje ultrazvučnog parkirnog sustava. Ova funkcija se uglavnom nalazi u središtu instrumentalne ploče ili na središnjoj konzoli, u kabini vozila. [36]

## 3.2. Prednosti i nedostaci autonomnih vozila

Prednosti ovog sustava su:

- kako vozač više ne bi bio potreban, automobil bi služio kao kabina za odmaranje; budući da u vozilu ne bi trebale postojati kontrole, bilo bi više mjesta i osobe ne bi trebale gledati kuda se vozilo kreće
- vozač ne bi trebao više biti koncentriran na vožnju, u vozilu može biti instalirana zabavna tehnologija, kao što je igranje igrice
- velika većina automobilskih nesreća uzrokovana je vozačevom nepažnjom – primjena autonomnih vozila značila bi manje prometnih nesreća i manje grešaka na cestama, vozači pod utjecajem alkohola i droga, bili bi stvar prošlosti, ujedno svi putnici u vozilu mogli bi spavati prilikom vožnje, jer vozač više ne bi trebao biti koncentriran na vožnju
- promet bi se mogao lakše koordinirati u urbanim područjima kako bi se spriječila uska grla i gužve u prometu; time bi se vrijeme putovanja na posao drastično smanjilo

- više ne moramo znati gdje idemo, ni bojati se da se ne izgubimo, nakon unosa adrese u sustav, autonomno vozilo samo navigira i vozi do zadane lokacije
- autonomna vozila predviđaju situaciju i spremna su na neočekivane postupke sudionika u prometu, vide dalje od ljudi, primjećuju okolinu bolje, ne smeta im loša vidljivost i detektiraju manje smetnje koje mogu naštetiti vozilu, koje čovjek ne primjećuje
- ako automatiziramo sva vozila na cestama, sa sigurnošću možemo povećati ograničenje brzine vožnje kako bismo brže došli do odredišta
- zahtjevne radnje i parkiranja više neće biti stresni i više nećemo trebati posebne vještine za upravljanje vozilom
- ovi automobili bi izrazito pomogli osobama s invaliditetom, kako oni ne mogu polagati vozački ispit, na ovaj način bi se mogli susresti sa samostalnom vožnjom
- više ne bi bilo potrebe polagati vozačke ispite i posjedovati vozačku dozvolu, koja financijski može biti vrlo skupa
- kako ne bi bilo toliko puno prometnih nesreća, osiguravajuće kuće bi morale spustiti cijene osiguranja vozila
- štednja goriva, manje zagađenje okoliša
- autonomna vozila su vrlo svjesna i mogla bi dovesti do smanjenja krađa. [37]

Ova vozila također imaju i brojne nedostatke:

- ova vozila su vrlo skupa, financijski nedostižna vrlo velikom broju građana
- kada ova tehnologija zaživi, mnogobrojni vozači taksija, vozači kamiona i ostali dostavljači, izgubit će svoj posao
- vrlo mali računalni kvar mogao bi izazvati ogromne štete, financijske pa čak i smrt
- kada ovakvo vozilo doživi prometnu nesreću, tko će zapravo biti krivac, osoba koja sjedi za volanom ili osoba koja je dizajnirala softver? Ova vozila će pokrenuti mnogobrojne debate o moralnoj, etičkoj i financijskoj odgovornosti
- autonomna vozila oslanjaju se na korisničku lokaciju i njegove inpute, što može stvoriti velike probleme s privatnošću
- hakeri mogu ući u softver vozila, kontrolirati ili utjecati na rad autonomnih vozila te dovesti do velikih problema
- autonomna vozila suočena su s poteškoćama prilikom lošeg vremena. Jaka kiša ometa laserske senzore postavljene na krovu, dok snijeg može ometati kamere

- čitanje prometnih znakova je izazov za robota. GPS i druge tehnologije možda neće registrirati prepreke kao što su rupe na cesti, nedavne promjene u uvjetima na cestama i novo objavljene znakove
- kako će se vozači sve više privikavati da ne voze, njihova stručnost i iskustvo će se smanjiti. Ako će trebati voziti u nekim izvanrednim situacijama, moglo bi doći do problema
- cestovni sustav i njegova infrastruktura trebat će velike nadogradnje za autonomna vozila, odnosno trebat će se njima prilagoditi. Kao na primjer ulična rasvjeta, koja će trebati biti puno više
- ljudsko ponašanje, odnosno signali rukom su teški za raspoznavanje računala. Situacije u kojima se vozač mora nositi s nepredvidljivim ljudskim ponašanjem ili komunicirati s drugim vozačima, nemogući su za računalo
- policija ne može stupiti u interakciju s vozilima bez vozača, osobito u slučaju nesreća ili zločina. [37]

### 3.3. Autonomna vozila u Hrvatskoj

Povijest na hrvatskim cestama ispisala je tvrtka Rimac automobili. Oni su u promet pustili svoje prvo autonomno vozilo. Ovaj pokusni projekt ima zadaću prikupiti hrpu dodatnih podataka, kako bi inženjeri mogli ubrzanim tempom raditi na razvoju autonomnog sustava za upravljanje. Planiraju u narednom razdoblju u vožnju prometnicama pustiti još nekoliko različitih vrsta automobila, sve u svrhu boljeg upoznavanja performansi i zapreka koje stoje na putu autonomnoj vožnji. [38]



Slika 3.3. Prvo autonomno vozilo na hrvatskim cestama, projekt tvrtke Rimac automobili, izvor: [38]

Ovo vozilo na sebi ima osam kamera, koje snimaju vožnju, šest radara, dvanaest ultrazvučnih senzora koji prepoznaju prepreke na cesti i vrlo precizan GPS sustav. Sustav se bazira na umjetnoj inteligenciji, a zanimljivost je da za jedan sat vožnje može skupiti čak dvanaest terabajta podataka. Testno autonomno vozilo je prilikom pokusne vožnje bilo kontrolirano i iznutra, a osnovna namjena ovog sustava na početku bit će sakupljanje podataka i testiranje razvijenih algoritama upravljanja vozilom. [38]

Vozilo marke Renault, koje je prikazano na Slici 3.4., jasno je označeno kao testno autonomno vozilo. Podaci koji će biti prikupljeni koristit će se u svrhu razvoja strojnog učenja i umjetne inteligencije za percepciju, snalaženje, planiranje vožnje i praćenje vozača. [39]



Slika 3.4. Označavanje autonomnog vozila prilikom vožnje kroz grad, primjer Rimac automobili, izvor: [39]

Kod nas bi se ova tehnologija mogla primijeniti na javni prijevoz, taksi-službe i teretna vozila, kao i za samostalnu uporabu. Ako uzmemo kao primjer teretna vozila, više ne bismo imali potrebu za vozačima, koje trebamo platiti po satu, dati im pauzu, godišnji odmor, tjedni odmor te razne bonuse. Jedan vozač smije po zakonu raditi devet sati dnevno, a na dugim relacijama trebamo i više ljudi, sve te troškove uklonilo bi autonomno vozilo. Vozače bi zamijenila ova napredna tehnologija koja je preciznija, točnija i ne treba odmor. No, nedostatak koji moramo uzeti u obzir je financiranje kupovine ovakvog sustava.

Veliki problem na hrvatskim cestama je vožnja u alkoholiziranom stanju. Gotovo svakodnevno iz medija slušamo o prometnim nesrećama uzrokovanim alkoholom i gubitkom kontrole zbog prevelike brzine. Ovaj bi sustav omogućio brojne pogodnosti na našim cestama, jer je cilj ove tehnologije smanjivanje prometnih nesreća za 90 %. Posjedovanje ovakvih vozila smanjilo bi broj prometnih nesreća na našim cestama te spasio mnoge živote.

### **3.4. Razine autonomnosti**

U sadašnjem vremenu, ljudi su još uvijek vrlo skeptični i ne žele prepustiti potpunu kontrolu nad vozilom računalu. Iako vrlo malo ljudi zapravo želi iskušati vožnju u potpuno autonomnom vozilu, u literaturi postoji šest razina autonomnosti, ljestvica od nula do pet. Nula označava vozilo koje je u potpunoj kontroli čovjeka kao vozača, a pet označava potpuno autonomno vozilo, kojim upravlja računalo. Organizacija za standarde *Society of Automotive Engineers* (SEA) definirala je ove razine autonomnosti u svom izvješću *Taxonomies and definitions* u vezi s automatiziranim pogonskim sustavima. Postoje i mnoge druge organizacije sa sličnim standardima uključujući *German Federal Highway Research Institute* (BASt) i *National Highway Traffic Safety Administration* (NHTSA). [40]

#### **3.4.1. Nulta razina**

Iskusniji vozači znaju da nisu sva vozila imala kompjuterizirane komande. Bilo je vremena kada u vozilima nisu uopće postojala računala, a u ranim danima nisu imala čak ni servo-upravljač ni pogonske kočnice. Kada govorimo o nultoj razini, svi aspekti vožnje su u rukama vozača. Primjer su stariji modeli današnjih vozila. [40]

To su vozila koja se oslanjaju na čovjeka koji diktira svaku funkciju vožnje, vozač ima potpunu kontrolu. [40]

#### **3.4.2. Prva razina**

Na ovoj razini govorimo o sustavima koji pružaju pomoć vozaču. Vozilo uključuje ugrađene sustave upravljanja vozilom. Vozilo može pomoći vozaču prilikom upravljanja vozilom ili pri ubrzanju, odnosno usporavanju. Nekoliko godina unazad, proizvođači kreću s proizvodnjom vozila s kontrolama na stupu upravljača, koja omogućuju vozaču održavanje stalne brzine ili smanjenje brzine. No, ova funkcija nije automatska, vozač donosi odluku sam, uključivanjem funkcije. [40]

Većina modernih vozila ulazi u ovu kategoriju. Ako vozilo posjeduje sustav upozorenja prilikom napuštanja prometne trake ili prilagodljivi tempomat, vozilo pripada ovoj razini. [40]

#### **3.4.3. Druga razina**

Na ovoj razini autonomnosti, dvije ili više funkcija radi zajedno, smanjujući potpunost kontrole koju vozač posjeduje na nultoj razini. Primjer je sustav s prilagodljivim tempomatom i automatskim kočenjem u nuždi. [40]

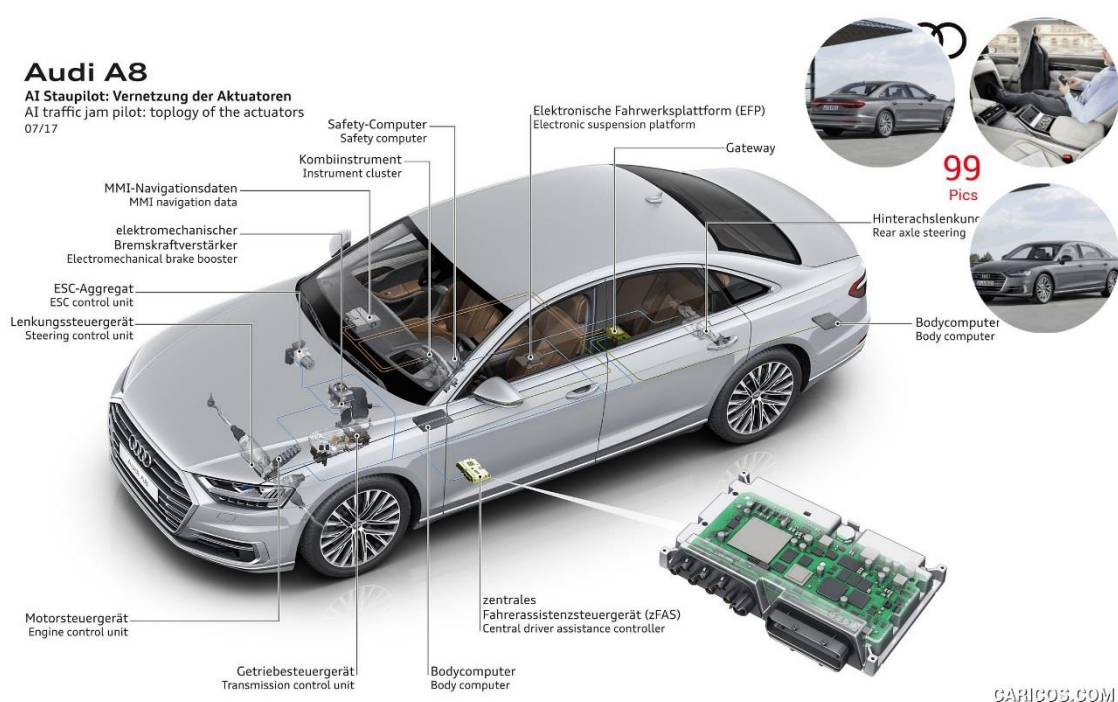


Vozač mora biti potpuno uključen u zadatak vožnje, ali primjećuje se postupno prenošenje kontrole s čovjeka na stroj. Govori se o naprednom sustavu pomoći vozaču (ADAS). Konkretni primjer druge razine uključuje Teslin Autopilot i General Motors Super Cruise. [40]

### 3.4.4. Treća razina

Kod ove razine vozilo samo izvršava upravljanje, ubrzavanje i usporavanje te praćenje okoline vožnje. Može u nekim okolnostima obavljati sve aspekte vožnje, iako je vozač još uvijek potreban. Razine od treće pa sve do pete kvalificiraju se kao automatizirani sustavi vožnje (ADS) ili kao visoko automatizirana vozila (HAV). Ovu razinu nazivamo uvjetna automatizacija. [40]

Velik je skok u sposobnosti vozila između druge i treće razine. Vozač još uvijek mora držati pogled na cestu, spreman preuzeti upravljanje nad vozilom u bilo kojem trenutku. Vozilo ove razine može samostalno upravljati određenim dijelovima putovanja, uglavnom kod vožnje autocestom. Primjer ove razine je Audi AI *traffic jam pilot*. [40]



Slika 3.5. Primjer vozila treće razine, Audi A8 i njegova tehnologija

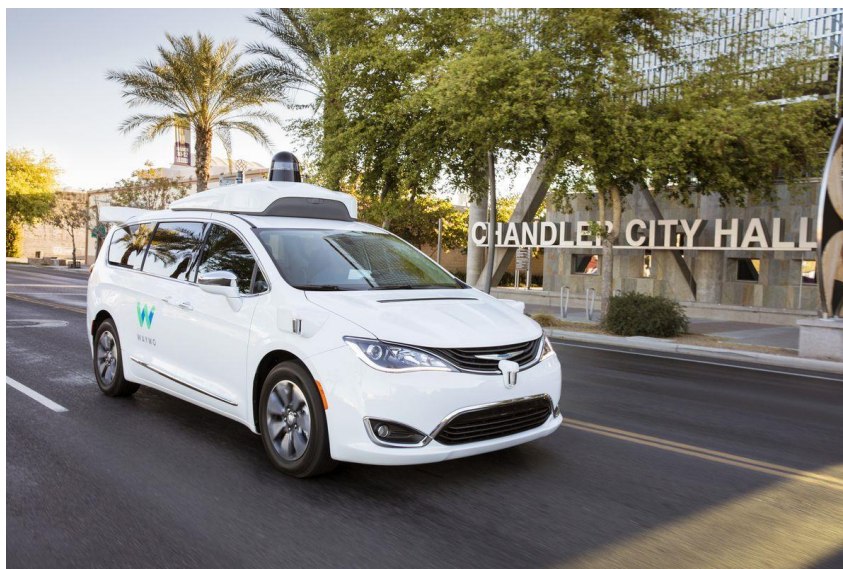
*AI traffic jam pilot*, izvor: [41]

### 3.4.5. Četvrta razina

Na ovoj razini govorimo o visokoj automatizaciji, čovjek na ovoj razini nije potreban. Vozilo u biti može obaviti svu vožnju, ali vozač po potrebi interwenira i preuzima kontrolu. Ova

razina automatizacije znači da automobil može obavljati sve funkcije vožnje pod određenim uvjetima. [40]

Ovdje spadaju vozila koja određeni proizvođači testiraju trenutno na cestama, testna vozila. Konkretni primjer četvrte razine je Googleov projekt autonomnog vozila, Waymo LLC. U članku *DesignNewsa* tvrde kako se na četvrtu razinu prešlo u 2018. godini te je to bio velik korak unaprijed za autonomna vozila. [40]



Slika 3.6. Primjer vozila četvrte razine, Googleov projekt Waymo LLC, izvor: [42]

### 3.4.6. Peta razina

Peta razina uključuje potpunu automatizaciju. Potpuno automatizirano vozilo može obavljati sve funkcije vožnje u svim uvjetima. Na ovoj razini, ljudi su samo putnici. Što se kamiona i automobila tiče, ova razina autonomnosti još ne postoji. No postoje automatizirani prijevozi koji su već u primjeni na nekim mjestima. Primjer su zračne luke koje prevoze putnike iz jednog terminala u drugi bez vozača. [40]

Takva se tehnologija još uvijek razmatra za druge sustave javnog prijevoza, kao što su taksi i autobus. [40]

## 4. Gradska logistika

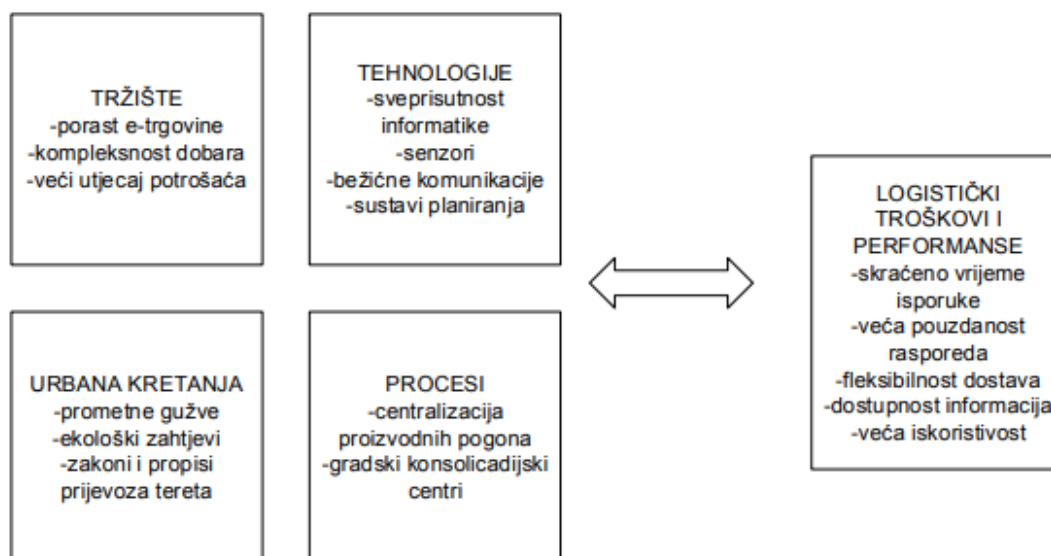
Gradska logistika je proces optimizacije urbanih logističkih aktivnosti uključujući socijalne, ekološke, ekonomske, financijske i energetske utjecaje urbanih transportnih kretanja. Cilj gradske logistike je optimizacija logističkog sustava u granicama određenog urbanog područja pri čemu se nastoje uzeti u obzir interesi pojedinih društvenih skupina i koristi kako javnog tako i privatnog sektora. Ciljevi raznih sudionika poput proizvođača, distributera, trgovaca i prijevoznika su smanjiti transportne troškove dok javni sektor želi ublažiti prometna zagušenja i probleme zagađenja okoliša što dobra organizacija sustava gradske logistike i omogućava. [43]

Glavne značajke i ciljevi primjene sustava gradske logistike su:

- obuhvatiti prostorni kriterij te usmjeriti djelovanje sustava gradske logistike na središnje i povijesne dijelove grada
- usmjeriti djelovanje na središnje gradske zone zbog visoke gustoće izgrađenosti, naseljenosti te često neadekvatne prometne infrastrukture
- usmjeriti djelovanje na središta gradova kao mjesta odvijanja različitih aktivnosti i koncentracije poslovnih djelatnosti: trgovine, ugostiteljstva, administracije te u današnje vrijeme rijetko industrije
- usuglasiti različite interesne skupine poput poslovnih subjekata, građana i administracije u svrhu rješenja problematike dostave roba zbog nerijetko različitih interesa te viđenja rješenja spomenutih problema. [43]

U budućnosti se nameće sve veći broj zahtjeva prema pružateljima logističkih usluga. Ubrzani razvoj tehnologija u posljednjem desetljeću doveo je do stanja gdje gotovo svi pružatelji logističkih usluga moraju svoje poslovanje prilagoditi tržištu te investirati u nove ideje i tehnologije kako bi održali korak s vremenom. Uvođenjem novih tehnologija korisnici spomenutih usluga u mogućnosti su vrlo lako dobiti sve željene informacije što predstavlja dodatan napor u nadilaženju zahtjeva korisnika. [43]

Pružatelji logističkih usluga često djeluju u okruženju gradova u nastajanju te su izloženi različitim izazovima koji proizlaze iz budućeg razvoja tržišta, povećanja ekoloških zahtjeva, novih tehnologija i evolucije kompleksnih opskrbnih lanaca. U budućnosti se očekuje sve veće suočavanje s povećanjem važnosti logističkih troškova i kvalitete logističkih performansi. Navedeno rezultira kraćim rokovima isporuke, većom pouzdanosti usluge, fleksibilnosti dostava te neprekidnim zahtjevima korisnika za što većom kvalitetom usluge. [43]



Slika 4.1. Izazovi logističkih pružatelja usluga u budućnosti, izvor: [43]

Kod gradske logistike prisutni su svi vidovi i sve tehnologije prijevoza, od cestovnog, željezničkog, vodnog i cjevovodnog prijevoza do različitih kontejnerskih sustava i tehnologija vertikalnog prijevoza, a u posljednje se vrijeme sve veća pažnja posvećuje intermodalnim sustavima prijevoza robe. [44]

Najzastupljeniji oblik prijevoza na području gradova je cestovni. Kretanje robe prometnicama može se realizirati na više načina, neki od njih su: teretna vozila, motori, bicikli, autobusi i pješice. U distribuciji robe sve su više prisutna kombi i *pick-up* vozila, zbog mnogih razloga, kao što su otežan pristup središnjim gradskim zonama, smanjenje veličine i rast frekvencije isporuka, što zahtijeva vozila dobrih manevarskih sposobnosti. Za isporuku robe na kućnu adresu, kao oblik opskrbe u centralnim gradskim ulicama sve se češće koriste motocikli ili posebno konstruirani gradski bicikli s košaricom koja može biti veličine i do jedne palete. Gradske zone u kojima je zabranjen promet motornim vozilima opskrbljuju se biciklom ili na klasičan način kada čovjek nosi isporuku korištenjem različitih prijevoznih sredstva, od košare do posebno konstruiranih kolica. [44]

Postoje još i četiri ključna čimbenika, kada govorimo o sustavu distribucije robe u gradove:

- stanovništvo
- gradska uprava
- pošiljatelji i primatelji
- prijevoznici. [44]

## 4.1. Podjela sustava gradske logistike

Struktura sustava gradske logistike vrlo je zahtjevna i ima mnogo dijelova. Sustav gradske logistike može se podijeliti na:

- generatore logističkih tokova
- logističke centre
- robno-transportne centre
- skladišne sustave
- prijevozna sredstva
- prometnu infrastrukturu
- informacijske logističke sustave
- operatore i pružatelje logističkih usluga. [43]

Generatorom logističkih tokova može se opisati objekt u kojem se obavlja neka od urbanih funkcija i koji inicira logistički zahtjev transporta, skladištenja, prekrcanja, držanja zaliha i pakiranja. Generatori su dispencirani po različitim gradskim područjima što predstavlja dodatni izazov za organizaciju logistike. Jedan od najvećih generatora robnih tokova u gradskim područjima je sektor trgovine na malo. Razmještaj maloprodajnih objekata ovisi o veličini grada čime se u današnje vrijeme veliki trgovački centri pokušavaju smještati u rubnim dijelovima grada ili na određenim strateškim pozicijama. Ovakvim se načinom postiže pozitivan učinak usmjeravanja robnih tokova izvan gradskih područja, no povećava potreba za putovanjem krajnjih korisnika. [43]

Logistički i robno-transportni centri moraju biti bazirani na tri važna elementa, a to su teritorijalno planiranje uz racionalizaciju infrastrukture, kvaliteta transporta i razvoj intermodalnosti. Logistički centar je mjesto gdje se susreću sve aktivnosti vezane za transport, skladištenje i distribuciju roba. Podrazumijeva se i potrebno planiranje područja i racionalizacija infrastrukture kako bi se ono moglo iskoristiti u svrsi zaštite okoliša, odnosno uklanjanja teškog transporta iz gradskog područja. [43]

Visoki standard kvalitete transportne usluge jedan je od važnijih elemenata u osiguravanju visoke razine konkurentnosti u današnje vrijeme, zbog povećanog stupnja globalizacije. Globalizacija, povećanje teretnog prometa te sve veća konkurencija između proizvodnih trgovačkih grana zahtijeva učinkovitiji transport i nova logistička rješenja. Logistički centar može osigurati najbolje moguće rješenje u smislu logistike, transporta i skladišnih djelatnosti. Ono uključuje kontrolu transportnih troškova te konkurentnost proizvodnje. [43]

U smislu intermodalnosti, logistički centri povezuju tok teretnog prometa kojim upravljaju transporti i logistički operateri, kojima je glavni cilj ponuditi efikasne i povoljne usluge, ali i sinergiju rješenja kojima će se povezati različiti vidovi transporta: željeznički, cestovni, pomorski. Prometna infrastruktura i suprastruktura bitno utječu na organizaciju sustava gradske logistike. Vrste prijevoznih sredstava, kvaliteta, efikasnost, efektivnosti te načini primjene u različitim uvjetima doprinose lakšem, troškovno efikasnijem i ekološki prihvatljivijem načinu planiranja organizacije gradske logistike. [43]

Informacijski logistički sustavi u današnje vrijeme su neophodni, zbog velike količine podataka koje trebaju biti obrađene u što kraćem vremenu uz zahtjeve za velikom pouzdanosti podataka. Logistički informacijski sustavi trebaju omogućiti tri ključna elementa: ulaz, bazu i izlaz podataka. Pružatelji logističkih usluga nositelji su logističkih usluga te sudjeluju u analizama, implementaciji, održavanju, skladištenju, distribuciji, marketingu, kontrolingu, osiguranju, menadžmentu te ostalim pratećim uslugama koje obuhvaća logistički sektor. [43]

## **4.2. Metode distribucije u gradska središta**

Ekološki utjecaj logističkih aktivnosti je najviše izražen na mjestima gdje je populacija ljudi najviša, a to je u gradskim središtima. Stoga, logistika gradskog transporta zaslužuje najviše pažnje. [45]

Od postojećih razina metode distribucije u gradska središta, najviše pažnje dobiva prijevoz tereta i prijevoz ljudi.

Iz perspektive distribucije tereta, grad se može smatrati uskim grlom u kojem su resursi za transport oskudni u odnosu na potencijalnu potražnju i stoga su vrlo vrijedni. Proizvođači, natječu se za korištenje urbanog prostora. [46]

### **4.2.1. Prijevozni sustav putnika**

Prijevoz putnika u gradovima, odnosno javni gradski prijevoz ima značajnu ulogu u smanjenju emisije ispušnih plinova, buke i vibracija. Povećana ulaganja u javni gradski prijevoz dovode do poboljšanja kvalitete života u gradovima. Javni gradski prijevoz smanjuje broj vozila na cestama, a time i gužve koje vozila stvaraju, ljudi koji koriste javni gradski prijevoz doprinose smanjenju gužve na cestama. Cestovni promet stvara najviše onečišćenja te se teži njegovu smanjenju i potiču se vožnje nulte emisije ispušnih plinova kako bi se održala kvaliteta u gradskim središtima. Osim poticanja stanovnika na vožnju biciklima i kupnju električnih vozila za osobne potrebe, polako se počinju uvoditi nove tehnologije u gradski prijevoz, primjer su električni autobusi i minibusi. [45]

#### 4.2.2. Racionalizacija isporuka

Odnosi se na prilagodbe o tome kako se teret isporučuje, odnosno preuzima u urbanim područjima tako da se zagušenost svede na minimum. Ova strategija pokušava bolje iskoristiti već postojeću imovinu. Jedna od najjednostavnijih strategija je regulirati pristup određenim dijelovima grada, kao što je zabrana dnevnih isporuka u središnjim područjima ili primjena programa isporuke kada nema gužve. Kod ove strategije distributeri se odlučuju za noćnu isporuku ili barem procjenjuju vrijeme za isporuku, kako ne bi dostavili robu za vrijeme najveće gužve u gradskom središtu. Ključan problem koji se odnosi na isporuke noću je buka, lokalno stanovništvo vjerojatno neće imati veliku toleranciju za stvaranje buke tijekom noćnih operacija. [46]

Postoji mnoštvo informacijskih tehnologija koje se sve više koriste za upravljanje sustavima distribucije tereta u gradovima. Najčešće korištene tehnologije odnose se na globalne sustave pozicioniranja koji poboljšavaju praćenje vozila i urbanu navigaciju, kao i aplikacije za upravljanje opterećenjem, koje mogu pomoći u izgradnji ruta i rasporeda isporuke. U takvim okolnostima postaje učinkovitije uskladiti redoslijed putovanja, kako bi se težilo prema oblicima zajedničkih isporuka. Ipak, urbana distribucija tereta i dalje je vrlo neuravnotežena jer su isporuke brojnije, a postoji i vrlo važan odnos između distribucijskih lanaca i odlaganja smeća, sve se više teži očuvanju okoliša, postoje i uspješni primjeri usklađenosti maloprodajnih i povratnih vožnji koji uključuju recikliranje robe, kao što je plastika, karton i boce. [46]

#### 4.2.3. Prijevoz tereta

Razvoj infrastrukture za distribuciju tereta koja je prilagođena urbanom kontekstu važan je izazov. To može uključivati postavljanje određenih parkirališta koja su namijenjena isporukama, kao i korištenje gradskih distribucijskih centara i lokalnih teretnih postaja. Kasnije se radi o malim postrojenjima koja pokušavaju opskrbiti skup gradskih potreba za teretom ili jedan veliki objekt, kao što je ured ili stambena zgrada. Ovi objekti podrazumijevaju dodatne troškove koji se mogu opravdati samo ako postoji dovoljan obujam i koncentracija isporuka unutar nekog područja. [46]

Stoga, urbani teretni objekti mogu biti vrijednosni prijedlog u velikim gradovima ili u područjima velike naseljenosti, dok bi za manje gradove takve inicijative povećale troškove i nepouzdanost. Ako se ukaže prilika, kao što je dostupnost *brownfielda* („ulaganje u prostor postojeće izgradnje koja je ekonomskim ili drugim zakonitostima postala nerentabilna te za sobom ostavlja zapuštenu infrastrukturu“ [47]) u blizini centra grada, mogu se razviti urbane logističke zone, koje mogu pružiti protutežu logističkim zonama koje su se pojavile na periferiji

većine urbanih aglomeracija. Centri za urbanu konsolidaciju posebno pružaju skupnu i koordiniranu uslugu dostave. Centar za urbanu konsolidaciju je logistički objekt smješten u neposrednoj blizini centra grada iz kojeg se provode konsolidirane isporuke i koji pruža niz drugih logističkih usluga s dodanom vrijednošću. [46]

Gradski centar za distribuciju tereta može biti neutralni objekt koji povezuje skupinu distribucijskih centara, od kojih je svaki povezan sa svojim opskrbnim lancima. Tako široka lepeza opskrbnih lanaca povezanih s gradom može postići bolju distribucijsku učinkovitost u središnjem gradu. Malo je projekata za centre urbane konsolidacije postiglo uspjeh čak i zbog svojih operativnih troškova, jer uključuju visoke rente i dodatno rukovanje prije konačne isporuke. Bilo je pokušaja uspostave centra za urbanu konsolidaciju u nekoliko američkih gradova, ali se pokazalo da su mnogi takvi projekti neprofitabilni i prestali su s radom nakon što su subvencije presušile. [46]

Međutim, cijene zemljišta predstavljaju važnu prepreku gradskom teretnom prometu. Do 200 takvih terminala postojalo je u europskim gradovima tijekom 1990-ih i početkom 2000-ih. Zbog operativnih troškova većina ih je zatvorena kada općine više nisu mogle osigurati subvencije. Slučaj Londona ilustrira postavljanje Londonskog konsolidacijskog centra za graditeljstvo, koji nudi pristupačan središnji skladišni i sortacijski centar, koji je uspio smanjiti broj isporuka koje idu na gradilišta za 60 %. [46]

#### **4.2.4. Modalna prilagodba**

Primjena prilagođenih vozila za gradsku distribuciju tereta još je jedna strategija. Manja vozila obično su prikladnija za gradske isporuke zbog manjeg otiska, njihove sposobnosti manevriranja i većeg faktora opterećenja. Integratori tereta u isporuci paketa sve više zagovaraju dulje prikolice, osobito zato što transport paketa koji se odnosi na e-trgovinu ima tendenciju posjedovanja većeg obujma u odnosu na standardni teret. Produljenje dvostrukih prikolica od 28 stopa na 33 stope omogućilo bi nošenje oko 18 % više tereta, više prednosti u potrošnji goriva i manje vozila na cesti. [46]

Propisi se mogu provoditi u vezi s dozvoljenom veličinom dostavnih vozila, s granicom koja omogućava rad srednjim kamionima, možemo čak i ograničiti dob vozila ako uzmemo u obzir okoliš, emisije i buku. Inovativne strategije kao što su vozila na prirodan plin, električna vozila čak i bicikli uspješno su provedeni i naglašavaju dobar potencijal za prilagodbu načina na raznolikost urbanog krajolika. [46]

Električni kamioni za isporuku su obećavajuća tehnologija prilagođena urbanoj sredini jer imaju niske emisije i ne proizvode ogromnu buku. Međutim, postoje određeni nedostaci, kao što su visoki troškovi nabave, ograničeni raspon, vrijeme punjenja i manja nosivost. Kao takvi,



rani korisnici alternativnih strategija distribucije mogu biti u nepovoljnom položaju u odnosu na konkurente koji koriste konvencionalna dostavna vozila. Upotreba postojećih sustava javnog prijevoza također je razmatrana za urbanu distribuciju tereta, međutim, još ne postoje troškovno i logistički učinkovite strategije. Urbani tranzit nije dobro prilagođen distribuciji tereta i često uključuje dodatni teret i troškove. [46]

U novije vrijeme razvijaju se različita autonomna dostavna vozila. Kreću se od autonomnih kamiona koji mogu nositi normalna opterećenja pa sve do bespilotnih letjelica (dronova) i robota za isporuku i nošenje malih tereta. Ova će tehnologija omogućiti pristup teško dostupnim mjestima i vrlo udaljenim područjima, ali ono zahtijeva značajan sustav podrške informacijskoj tehnologiji za njihov rad. Također, ovim sustavima je vrlo teško upravljati tijekom izazovnih vremenskih uvjeta, kao što su kiša, snijeg i jak vjetar. [46]

Iako svaka od ovih strategija ima svoje prednosti, postoje i nedostaci koji se obično odnose na veće troškove distribucije i dodatna kašnjenja. Gradska logistika suočava se s paradoksom poticanja na promatranje mjesta na gradskoj periferiji gdje je dostupnost zemljišta manje problematična, dok se većina potrošača i aktivnosti nalazi u središnjim područjima. [46]

Urbana područja ostaju preopterećena područja u kojima je korištenje prostora na vrhuncu i gdje prisutnost mnogih sudionika nameće usklađene napore kako bi se osiguralo da urbano tržište ostane učinkovito na ekološki prihvatljiviji način. Budućnost ukazuje na prijelaz prema zelenijim oblicima gradske logistike, budući da se trenutačna situacija čini neodrživom u mnogim gradovima koji se suočavaju s rastućim zagušenjima i vanjskim utjecajima na okoliš. Budući da svaki grad predstavlja jedinstveno okruženje sa svojom prevalencijom prometne infrastrukture i modalnog izbora, čini se da ne postoji jedinstvena strategija za poboljšanje urbane distribucije tereta, već skup strategija koje održavaju izazove koji su prilično jedinstveni za svaki grad. Značajna razlika odnosi se na gradsku logistiku između zemalja u razvoju i već razvijenih zemalja. [46]

### **4.3. Problemi gradske logistike**

U Europi, u gradovima živi 60 % ukupnog stanovništva, koje generira preko 85 % bruto društvenog proizvoda Europe unije. Prema nekim istraživanjima ova urbana područja iniciraju potrošnju oko 70 % energije i generiraju oko 80 % emisije stakleničkih plinova. Za samo kretanje unutar gradova troši se 32 % energije. Ta kretanja generiraju 40 % ukupne emisije CO<sub>2</sub> porijeklom od cestovnog prometa i do 70 % ostalih zagađujućih materijala koji nastaju kao rezultat transporta. [48]

Velika koncentracija stanovništva na relativno malom prostoru, velik broj urbanih funkcija i struktura, različite strategije poslovanja, kategorije generatora i davatelja logističkih usluga generiraju kompleksne robno-transportne tokove. [48]

Intenzivni tokovi urbanog teretnog transporta dovode do zagušenja cestovnog prometa, koja su odgovorna ne samo za povećanje zagađenja životne sredine i za potrošnju energije, već i za povećanje vremena trajanja putovanja. Ovi se faktori dovode u direktnu vezu i sa zdravljem stanovništva, jer su emisije štetnih čestica od cestovnog prometa odgovorne za generiranje 70 % kancerogenih i drugih opasnih supstanci u zrak. [48]

Iz sveg navedenog možemo zaključiti da logističke aktivnosti u gradu, a prije svega teretni transport, nisu održive, a ovo su osnovne grupe problema:

- problemi transportnih tokova, zagušenja koja su izazvana intenzitetom prometa, nedovoljno razvijenom prometnom infrastrukturom
- problemi transportne politike – ograničenja pristupa vozila, osnovana na vremenu i veličini/težini vozila
- problemi parkiranja i utovarno-istovarnih zona – ograničenja i naplata parkiranja, nedostatak pretovarnih zona i problemi rukovanja robom
- problemi s davateljima logističkih usluga. [48]

Kako bi se riješili neki od navedenih problema i kako bi logističke aktivnosti učinili održivijima, pokrenuti su veliki međunarodni projekti (BESTUFS, CIVITAS i drugi) i definirane su različite inicijative gradske logistike. [48]

#### **4.4. Inicijative gradske logistike i održivost urbane sredine**

U cilju održivosti logističkih aktivnosti na području grada, prije svega urbanog teretnog transporta, definirane su različite mjere, odnosno inicijative gradske logistike. Inicijative gradske logistike mogu se podijeliti na one koje ne zahtijevaju značajne izmjene postojećeg konteksta urbane sredine i logistike te one koje to zahtijevaju. [48]

Ove inicijative su kompleksnije, uglavnom zahtijevaju znatna novčana ulaganja, izgradnju infrastrukturnih sistema, uključivanje različitih sudionika i teže su izvodive, a to su:

- Inicijative koje se odnose na infrastrukturu – izmjene postojećih i razvoj novih infrastrukturnih sistema i elemenata koji omogućavaju realizaciju logističkih aktivnosti u gradu, s ciljem da ono bude održivije.

- Logistički centri – primjena odgovarajućih centara s ciljem konsolidacije tokova čiji je početak izvan određene gradske zone ili grada, a s ciljem objedinjavanja transportnih aktivnosti unutar zone, odnosno grada.
- Podzemni i logistički sistemi – premještanje dijela logističkih operacija ispod površine zemlje. Razvojem i primjenom podzemnih logističkih sistema može se postići gotovo eliminiranje negativnih efekata logistike i teretnog transporta u gradu.
- Pобољшanje cestovne infrastrukture – primjena postojeće i razvoj nove infrastrukture.
- Standardizacija pretovarnih jedinica – razvoj i primjena standardiziranih pretovarnih jedinica za distribuciju robe. Primjenom se smanjuju troškovi te se olakšava i ubrzava proces pretovara, utovara, istovara i manipuliranja robom.
- Inicijative koje se odnose na reorganizaciju logističkih aktivnosti – podrazumijeva reorganizaciju logističkih, a prije svega transportnih aktivnosti u gradu, s ciljem da one budu održivije.
  - Burza tereta – poboljšanje efikasnosti transportnog sistema smanjenjem praznih vožnji i broja prijeđenih kilometara.
  - Intermodalni transport – reorganizacija urbanog teretnog transporta upotrebom ekološki prihvatljivih vidova transporta. [48]

## 5. Primjena autonomnih vozila u gradskoj logistici

Čelnici u velikim gradovima pokušavaju smanjiti zagađenja poticanjem stanovništva na korištenje bicikala, pješaćenje ili korištenje javnog prijevoza, no kako ne bi izgubili svoj dio na tržištu, proizvođači automobila krenuli su u drugačiju budućnosti, vozila koja sama voze, korištenjem pogona koji ne zagađuju okoliš. U nastavku će biti navedeni neki od primjera autonomnih vozila koja će omogućiti bolje kretanje roba i ljudi u gradu.

### 5.1. Budućnost gradske dostave: Renault EZ-PRO

Renault EZ-PRO je robotsko vozilo koje je bilo predstavljeno na Salonu automobila u Hannoveru 2018. godine, kao autonomni, električni, povezani i dijeljeni koncept robo-kontejnera, vizije budućnosti prilagodljivih rješenja za posljednju fazu dostave. [49]

EZ-PRO je platforma osmišljena za dostavne službe, logističare, prodavače i kupce koja se koristi modularnim robo-kontejnerima za prilagodljivu dostavu. Kupcima omogućuje točan odabir gdje, kada i na koji način žele da im se dostavi roba. On pomaže razvoju pametnih gradova budućnosti smanjenjem gužvi i zagađenja. [49]

Usluge posljednje faze dostave najveća su potencijalna prepreka dostavljačima u razdoblju kada e-trgovina bilježi ogroman rast. Kupci žele isporuku odmah, prodavači trebaju smanjiti troškove dostave, a gradovi nastavljaju tražiti nove načine nošenja sa sve gušćim prometom i gužvama. Ovo je koncept koji se sastoji od autonomnog vodećeg kontejnera i robotiziranih kontejnera bez vozača (Slika 5.1.). [49]



Slika 5.1. Prikaz koncepta Renault EZ-PRO, izvor: [50]

U vodećem kontejneru vozila smješten je upravitelj koji nadzire dostavu robe i usluga. Oslobođen napora vožnje, on se može usredotočiti na zadatke dodane vrijednosti, primjerice nadzor nad planiranjem rasporeda i praćenje robo-kontejnera bez vozača. Robo-kontejneri bez vozača mogu se međusobno slijediti ili se kretati neovisno jedan o drugome. Tim kontejnerima upravlja logistički operater, a oni mogu nositi različite vrste robe. Svaka čahura ima svojeg vlasnika, temu, klijente i mjesto dostave. Osim toga, svaki kontejner može izvršiti niz isporuka za jednu internetsku trgovinu, a zatim niz isporuka za drugu trgovinu. Takvim dijeljenjem kontejnera povećava se produktivnost i smanjuju se troškovi. [49]

Ovaj je koncept optimalno rješenje za dostavu, kako za dostavne službe, tako i za kupce. Primatelji će moći odabrati željeno vrijeme i mjesto dostave. Krajnji korisnik će moći birati želi li da mu paket preda upravitelj vodećeg kontejnera ili ga želi preuzeti iz samoposlužnog ormarića robo-kontejnera bez vozača. Tim ormarićima dostupnima 24 sata dnevno, 7 dana u tjednu primatelj može pristupiti putem aplikacije na mobilnom telefonu (Slika 5.2.). [49]

Renault nudi općenito pozitivan utjecaj na život u gradovima. EZ-PRO je dizajniran tako da smanji vizualni utjecaj i poboljša integraciju kontejnera s vizurama gradova. Zahvaljujući satenskom laku karoserije, pokrovima kotača te sjajnim površinama koje se otvaraju i općenito reflektirajućoj karoseriji kontejnera, u gradu izgleda nenametljivo. Posljednja faza dostave čini čak 30 % prometa u gradovima. To opterećenje EZ-PRO može smanjiti zahvaljujući mogućnostima dijeljene dostave i autonomne vožnje te fleksibilnosti. Time će pridonijeti smanjenju broja vozila na cesti u vrijeme najvećih gužvi te smanjiti učestalost zastoja uslijed loših vozačkih navika ili zbog loše parkiranih dostavnih vozila. Protočnost prometa također će se povećati zahvaljujući povezivanju robo-vozila s gradskom infrastrukturom, kao što su semafori i centar za nadzor prometa. [49]



Slika 5.2. EZ-PRO predstavljen kao samoposlužni ormarić robo-kontejner, izvor: [51]

## 5.2. Kamion bez kabine: Volvo Vera

Volvo je početkom rujna 2018. godine prikazao kako bi mogli izgledati kamioni budućnosti kojima upravljaju računala. Kako vozač nije potreban, u startu nisu razmišljali o kabini. U konceptu Volvo Vere, kompanija je dizajnirala električni kamion bez kabine, odnosno samo dio s motorom, baterijom i kotačima (Slika 5.3.) na koji će se moći povezati prikolica s teretom koja može povući čak 32 tone tereta. [52]



Slika 5.3. Prikaz Volvova koncepta kamiona bez kabine, Volvo Vera, izvor: [53]

Iz sigurnosnih razloga, Vera se kreće manjim brzinama od klasičnih automobila. [52]

Mnogi stručnjaci vjeruju da bi zbog računala u budućnosti tisuće vozača mogle ostati bez posla, što bi pokrenulo brojne prosvjede i nereda u mnogim državama pa kažemo da je razvoj autonomnih kamiona vrlo osjetljiva tema. [52]

U lipnju ove godine, Vera je dobila svoj prvi projekt, bit će to dio integriranog rješenja za prijevoz robe iz logističkog centra do lučkog terminala u Göteborgu u Švedskoj. Projekt je rezultat nove suradnje između kompanije *Volvo Trucks* te trajektne i logističke tvrtke *DFDS*. Ova suradnja je prvi korak prema uvođenju Vere u stvarne transportne operacije i razvoj njezina potencijala za druge slične zadatke. [54]

Kako tvrtka postiže sve više iskustva, Vera se može upotrebljavati u sličnim primjenama kao dopuna današnjim transportnim rješenjima. A prema riječima vlasnika tvrtke, ovo je tek početak razvoja Vere, iako ona ima ograničenu brzinu, to je tek njezin početak. Provest će se sve više istraživanja i poboljšati vozilo. [54]





Slika 5.4. Prikaz koncepta Vera kako prevozi teret, izvor: [54]

### 5.3. Ropits

Ropits je izumila japanska tvrtka *Hitachi*, a vozilo je namijenjeno prijevozu starijih i nepokretnih osoba. To je robot za osobni inteligentni transport. Radi pomoću tableta i mobitela, a nakon odabira lokacije sam izračunava najbolju i najsigurniju rutu. Ovo je vozilo osmišljeno za gradske ulice. [55]

Zahvaljujući laserima, stereokamerama i GPS-u izbjegava prepreke i druge pješake. Do cilja neće baš juriti, jer mu je brzina tek 6 km/h. Žiroskop će ga održavati stabilnim prilikom kretanja nestabilnim površinama. Može se koristiti u zatvorenom području i u liftu. [55]

Putnici se penju u Ropits kroz prednji otvor, a u slučaju nužde, mogu upravljati vozilom upravljačkom ručicom koja se nalazi u kabini. Hitachi je demonstrirao Ropits u japanskom gradu Tsukuba, koji se smatra visokotehnološkim gradom te će se tamo provesti sva dodatna testiranja, kako bi se poboljšala sposobnost uređaja kao vozila za autonomni prijevoz ljudi. [56]

Ropits je naziv koji dolazi od engleskih riječi Robot for Personal Intelligent Transport System (robot za osobni inteligentni transportni sustav). Vozilo nije namijenjeno cestama, već pločnicima i pješačkim stazama. [57]

Iako je u početku razvijen za osobni prijevoz na kratkim udaljenostima, Hitachi planira u budućnosti koristiti ovaj koncept i za automatsku isporuku robe, što znači da bi jednog dana naručena roba preko interneta mogla stići u ovakvom vozilu na adresu naručitelja. [57]



Slika 5.5. Hitachijev jednosjed Ropits, izvor: [58]

#### 5.4. Autonomni autobus: Gacha

Gacha, potpuno autonomni autobus koji funkcionira u svim vremenskim uvjetima. Ovaj koncept djelo je tvrtki *Muji* i *Sensible 4*, a može primiti 10 putnika. Ovo električno autonomno vozilo može postići maksimalnu brzinu od 40 kilometara na sat, ima pogon na sva četiri kotača i električni motor raspona do 100 kilometara. [59]



Slika 5.6. Gacha, prvi autonomni autobus koji može voziti u svim vremenskim uvjetima, izvor: [59]



*Muji* je svoj unutrašnji dizajn fokusirao na udobnost putnika kako bi mu pružio širok i udoban prostor za putovanje. Sjedala slijede meki zaobljeni kvadratni oblik autobusa, a kabina je dizajnirana kao socijalno okruženje (Slika 5.7.), jer *Muji* vidi koncepte autonomnog javnog prijevoza poput *Gacha* kao potencijal spajanja udaljenih zajednica u zemljama poput Finske tijekom ekstremne zime. [59]

Trenutno, vremenski uvjeti poput obilne kiše, magle i snijega mogu spriječiti da autonomna vozila funkcioniraju pravilno, jer se mnoge postojeće tehnologije razvijaju za zemlje s toplijom klimom. *Sensible 4*, koji je vlasnik tehnologije u ovom autobusu, testirao je i potvrdio svoju tehnologiju u najstrožim arktičkim uvjetima Laponije. Ujedno su i naveli kako ova vozila ne mogu postati popularna ako ne mogu voziti u svim vremenskim uvjetima. Njihov koncept je razvijanje vozila koja mogu postati dio svakodnevnog prijevoza. [59]



Slika 5.7. Unutarnji dizajn *Gacha*, izvor: [60]

Za sada su u ovaj projekt uložene dvije godine rada, a nakon predavljanja *Gacha* će voziti putnike u tri finska grada u stvarnom prometu. U međuvremenu ove dvije tvrtke dovršavaju svoje planove za prvo predavljanje autobusa 2020. godine. A sa sve većim ambicijama za razvoj autonomnih voznih parkova autobusa, predviđa se upotreba *Gacha* za redovne usluge javnog prijevoza u 2021. godini. [59]

## 5.5. Taxi BP

Budućnost u taksi-prijevozu je koncept Daniela Rupperta dizajniran na sveučilištu umjetnosti i dizajna u Budimpešti, na temu budućnosti gradske mobilnosti. Ovo je vozilo prilagođeno cestama i cestovnim uvjetima u Budimpešti. A cilj ovog projekta je stvaranje

autonomnih vozila za velike gradove koji će povećati ekonomičnost i mobilnost njihovih stanovnika. Ovo vozilo prikazuje vozilo taksi-službe u 2046. godini. [61]

Interijer se sastoji od visoko tehnološke navigacije s autonomnom tehnologijom i ekološki prijateljskim sistemom za čistu, sigurnu i tihu vožnju. Vozilo ima ugrađena četiri sjedišta, vrlo je prostrano i ima prozor na krovu, koji putnici mogu otvoriti kako bi uživali u čistom zraku, kada vremenski uvjeti to dopuste. [61]



Slika 5.8. Taxi BP, dizajn Daniela Rupperta, izvor: [62]

## 5.6. Budućnost prijevoza automobilom: Emi One koncept

Koncept Citroën Emi One kombinira prednost 100-postotne električne tehnologije sa šarenim dizajnom i potpunom lakoćom korištenja. Može se prilagoditi svim vrstama upotrebe, od dijeljenja automobila do najma. Vozilo ima kockasto tijelo i kompaktne dimenzije (Slika 5.9.), vrlo je okretno i izvanredno upravljivo. Napravljeno je za grad. [63]

S novim i jedinstvenim vozilom za mobilnost u gradovima, brend nastoji omogućiti individualnu mobilnost u gradu. Namijenjen je urbanim korisnicima s vozačkom dozvolom ili bez nje. Lako se puni i može doseći brzinu do 45 kilometara na sat i domet od 100 kilometara, što ga čini savršenim za gradska putovanja. Ovo vozilo nije namijenjeno za kupnju. [63]

Korisnici pristupaju ovom konceptu pomoću svojih pametnih telefona, dostupan je za dijeljenje ili iznajmljivanje uz izbor odgovarajućih usluga putem aplikacije. Cilj im je ispuniti

sve putničke potrebe klijenta obraćajući se svim načelima koji koriste mobilnost povremeno ili redovito, s obitelji ili prijateljima, individualno ili zajednički. Mogućnosti dijeljenja automobila i najma mogu se prilagoditi zahtjevima mobilnosti svake osobe, treba li vozilo koristiti pet minuta, pet sata, pet dana ili korištenje vozila na duže vremensko razdoblje s ponudom za najam za pet mjeseci ili dugoročnim ugovorima o najmu na pet godina. [63]



Slika 5.9. Citroënov koncept Emi One, izvor: [63]

## 6. Zaključak

Kako fosilnih goriva u skoroj budućnosti više neće biti, morat ćemo naći alternativu njihovoj upotrebi. Danas velik značaj dobivaju električni i hibridni pogoni, svaki proizvođač vozila ima barem jedno prodajno vozilo. Postoje i mnoge ideje kojima je cilj zamjena fosilnih goriva. Neke od tih ideja su vodik, biogoriva, para i drugi.

Tema ovog završnog rada temelji se na vozilima bez vozača, koja postaju sve prisutnija u našoj okolini. Autonomna vozila su širok pojam, a rad je ograničen na vozila bez vozača u gradskoj logistici. Objašnjena su autonomna vozila, njihova tehnologija, prednosti i nedostaci ovog sustava te razine autonomnosti. Isto tako objašnjena je gradska logistika te su navedeni realni primjeri vozila bez vozača za poboljšanje mobilnosti u gradovima.

Koncepti poput Renault EZ-PRO, Citroën Ami One i ostali navedeni vrlo su bitni za gradska središta te bi oni mogli doprinijeti boljem transportu u gradovima. U budućnosti više nećemo ni trebati vlastito prijevozno sredstvo, to dokazuju navedeni primjeri kojima je primarna ideja povećati protočnost na cestama te omogućiti bržu mobilnost iz točke polaska do točke odredišta.

Trenutno još uvijek nema registriranih vozila koja se mogu sama kretati cestom bez vozača. Postoje roboti koji se nalaze u tvornicama koji izvršavaju zadane radnje, ali što se tiče ceste, vozila još uvijek ne postoje. Međutim, tvrtke testiraju svoje koncepte i svakim danom postižu sve više znanja i ova vozila će se ubrzo naći na našim cestama.

U Varaždinu, 19. rujna 2019.

Sanja Slunjski



IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, SANJA SLUNJSKI (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Vozila bez vozača kao bitan faktor u gradskoj logistici (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Sanja Slunjski  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, SANJA SLUNJSKI (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Vozila bez vozača kao bitan faktor u gradskoj logistici (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Sanja Slunjski  
(vlastoručni potpis)

## 7. Literatura

Doktorski, magistarski i diplomski radovi:

- [12] N. Bošnjak: Ekološki aspekt proizvodnje i korištenja biogoriva u cestovnom prometu, Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2015.
- [28] B. Krajnović: Navigacija autonomnih vozila, Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017.
- [43] D. Čefko: Koncept uvođenja električnih dostavnih vozila u maloprodajnim lancima, Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2018.
- [47] I. Pušić: Revitalizacija napuštenog industrijskog kompleksa su svrhu organizacije logističkog centra ekoloških proizvoda, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017.

Stručni rad:

- [32] M. Hrga: Računalni vid, Stručni rad, Veleučilište u Šibeniku, Šibenik, 2018.
- [48] S. R. Tadić, S. M. Zečević, M. D. Krstić: Inicijative city logistike u cilju poboljšanja održivosti primjenom konteksta urbane sredine, Stručni rad, Sveučilište u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2014.

Časopis:

- [44] G. Kolarić, L. Škorić: Metode distribucije u gradska središta, Tehnički glasnik 8, travanj 2014., str. 405-406

Internet izvori:

- [1] <https://www.fsb.unizg.hr/miv/razno/korisno/Prius.pdf>, dostupno: 12. 6. 2019.
- [2] <https://prezi.com/gupiqb3ovgbh/vozila-na-alternativni-pogon/>, dostupno: 12. 6. 2019.
- [3] <https://www.edx.org/course/electric-cars-introduction-0>, dostupno: 21. 5. 2019.
- [4] <https://www.energy.gov/eere/electricvehicles/electric-vehicle-basics>, dostupno: 21. 5. 2019.
- [5] <https://www.team-bhp.com/forum/international-automotive-scene/171370-electric-vehicle-ev-landscape-deep-dive.html>, dostupno: 24. 5. 2019
- [6] <https://ev-database.org/car/1106/Nissan-Leaf>, dostupno: 27. 5. 2019.
- [7] <https://plugit.fi/en-gb/article/etusivu/types-of-charging-plugs-for-electric-vehicles/135/>, dostupno: 27. 5. 2019.

- [8] <https://www.logicno.com/life-and-style/sta-je-to-hibridni-automobil.html>, dostupno: 13. 6. 2019.
- [9] <https://revijahak.hr/2019/01/08/koje-drzave-imaju-najvise-registriranih-elektricnih-automobila/>, dostupno: 26. 5. 2019.
- [10] <http://www.poslovni.hr/hrvatska/unatoc-jagmi-za-poticajima-po-broju-e-vozila-smo-na-zacelju-eu-352917>, dostupno: 26. 5. 2019.
- [11] <http://www.poslovni.hr/tehnologija/od-danas-dostupno-175-milijuna-kuna-poticaja-za-elektricka-vozila-evo-tko-se-sve-moze-prijaviti-353464>, dostupno: 26. 5. 2019.
- [13] [https://www.bioenergy-news.com/display\\_news/10673/volkswagen\\_showcases\\_algae\\_biogaspowered\\_vehicle\\_at\\_green\\_project\\_in\\_spain/](https://www.bioenergy-news.com/display_news/10673/volkswagen_showcases_algae_biogaspowered_vehicle_at_green_project_in_spain/), dostupno: 13. 6. 2019.
- [14] <https://auto.howstuffworks.com/fuel-efficiency/alternative-fuels/steam-powered-car.htm>, dostupno: 19. 6. 2019.
- [15] <https://www.vecernji.hr/auto-21-stoljeca-juri-na-paru-802261>, dostupno: 31. 5. 2019.
- [16] [http://content.time.com/time/specials/packages/article/0,28804,1934027\\_1934003\\_1933996,00.html](http://content.time.com/time/specials/packages/article/0,28804,1934027_1934003_1933996,00.html), dostupno: 19. 6. 2019.
- [17] <https://burza.com.hr/portal/kocenjem-automobila-do-elektricne-energije/6452>, dostupno: 19. 6. 2019.
- [18] <https://www.rac.co.uk/drive/advice/emissions/alternative-fuels/>, dostupno: 31. 5. 2019.
- [19] <https://www.asme.org/engineering-topics/articles/automotive/using-waste-engine-heat-in-automobile-engines>, dostupno: 19. 6. 2019.
- [20] <https://www.tportal.hr/autozona/clanak/je-li-buducnost-automobila-u-vodiku-analizirali-smo-kljucne-tocke-vruce-teme-foto-20190419>, dostupno: 20. 6. 2019.
- [21] [https://en.wikipedia.org/wiki/Compressed\\_air\\_car](https://en.wikipedia.org/wiki/Compressed_air_car), dostupno: 20. 6. 2019.
- [22] <https://www.livemint.com/Industry/DqLFO06I5139RDqhiWBzSN/Tata-Motors-working-on-airrun-cars.html>, dostupno: 20. 6. 2019.
- [23] [https://en.wikipedia.org/wiki/Liquid\\_nitrogen\\_engine](https://en.wikipedia.org/wiki/Liquid_nitrogen_engine), dostupno: 20. 6. 2019.
- [24] <https://www.webgradnja.hr/clanci/ukapljeni-naftni-plin-unp-i-njegove-karakteristike/217/>, dostupno: 31. 05. 2019.
- [25] <https://www.ucsusa.org/clean-vehicles/how-self-driving-cars-work#>, dostupno 27. 2. 2019.
- [26] <https://www.bmw.com/en/automotive-life/autonomous-driving.html>, dostupno 5. 3. 2019.
- [27] <http://www.hdmotori.it/2018/03/16/cruise-av-gm-produzione-2019-guida-autonoma/>, dostupno: 20. 6. 2019.



- [29] <https://www.ecnmag.com/article/2017/12/radar-technology-behind-autonomous-vehicles>, dostupno: 1. 4. 2019.
- [30] <https://www.sensorsmag.com/components/lidar-vs-radar>, dostupno: 8. 4. 2019.
- [31] <https://semiengineering.com/radar-versus-lidar/>, dostupno: 20. 6. 2019.
- [33] <https://www8.garmin.com/aboutGPS/>, dostupno: 6. 5. 2019.
- [34] <https://castnav.com/robust-gps-gnss-driving-future-autonomous-vehicles/>, dostupno: 6. 5. 2019.
- [35] <https://levelfivesupplies.com/sensors-used-in-autonomous-vehicles/>, dostupno: 7. 5. 2019.
- [36] <https://ciak-auto.hr/novosti/11701/>, dostupno: 7. 5. 2019.
- [37] <https://axleaddict.com/safety/Advantages-and-Disadvantages-of-Driverless-Cars>, dostupno: 13. 5. 2019.
- [38] <https://pcchip.hr/elektricna-vozila/rimac-ispisao-povijest-prvi-autonomni-automobil-na-hrvatskim-cestama/>, dostupno: 13. 5. 2019.
- [39] <https://www.bug.hr/automobili/rimac-na-hrvatskim-cestama-testira-sustav-autonomne-voznje-5206>, dostupno: 14. 5. 2019.
- [40] <https://www.techopedia.com/driverless-cars-levels-of-autonomy/2/33449>, dostupno: 20. 5. 2019.
- [41] [https://www.caricos.com/cars/a/audi/2018\\_audi\\_a8/images/71.html](https://www.caricos.com/cars/a/audi/2018_audi_a8/images/71.html), dostupno: 21. 6. 2019.
- [42] <https://www.curbed.com/2017/8/25/16202966/google-waymo-castle-driverless-cars-secret-city>, dostupno: 21. 6. 2019.
- [45] <http://www.kresimir-buntak.com/Radovi/2017/Proceedings-New-Horizons-2017.pdf>, dostupno: 28. 6. 2019.
- [46] [https://globalcitylogistics.org/?page\\_id=113](https://globalcitylogistics.org/?page_id=113), dostupno: 28. 6. 2019.
- [49] <http://novosti.renault.hr/2018/09/20/upoznajte-renault-ez-pro/>, dostupno: 29. 7. 2019.
- [50] <https://group.renault.com/en/news/blog-renault/ez-pro-linking-urban-mobility-with-the-future-city/>, dostupno: 29. 7. 2019.
- [51] <https://www.motor1.com/news/266619/renault-ez-pro-delivery-concept/>, dostupno: 29. 7. 2019.
- [52] <https://zimo.dnevnik.hr/clanak/volvo-predstavio-autonomni-kamion-bez-vozacke-kabine---530463.html>, dostupno: 30. 7. 2019.
- [53] <https://www.sobrecamiones.com/empresa-camiones-autonomos-volvo/>, dostupno: 30. 7. 2019.



- [54] <https://www.volvotrucks.hr/hr-hr/news/press-releases/2019/jun/pressrelease-190613.html>, dostupno: 30. 7. 2019.
- [55] <https://www.24sata.hr/tech/kliknete-na-kartu-i-hitachijev-robotski-jednosjed-vozi-tamo-306757>, dostupno: 6. 8. 2019.
- [56] <https://www.cnet.com/news/hitachis-ropits-mobility-robot-drives-itself/>, dostupno: 6. 8. 2019.
- [57] <https://www.theguardian.com/artanddesign/architecture-design-blog/2013/mar/27/driverless-robot-car-elderly-disabled-mobility>, dostupno: 6. 8. 2019.
- [58] <https://www.pinterest.com/pin/522347256751210355/>, dostupno: 6. 8. 2019.
- [59] <https://www.forbes.com/sites/nargessbanks/2019/03/15/muji-gacha-electric-autonomous-bus/#45ea0cc3a010>, dostupno: 6. 8. 2019.
- [60] <https://www.pinterest.ch/pin/56365432823421067/>, dostupno: 6. 8. 2019.
- [61] <http://www.tuvie.com/taxi-bp-future-taxi-for-budapest-by-daniel-ruppert/>, dostupno: 6. 8. 2019.
- [62] <https://www.behance.net/gallery/6977993/Taxi-BP>, dostupno: 6. 8. 2019.
- [63] <https://www.citroen.hr/svijet-citroen/konceptna-vozila/citroen-ami-one-concept.html>, dostupno: 7. 8. 2019.

## Popis slika

	Stranica
Slika 2.1. Primjer potpuno električnog vozila, Nissan Leaf.....	4
Slika 2.2. Primjer utikača i utičnice punionice za punjenje Tipa 2.....	6
Slika 2.3. Odnos konvencionalnih pogona u usporedbi s hibridnim, <i>plug-in</i> hibridnim te električnim pogonom.....	8
Slika 2.4. Zeleni projekt Volkswagena, pretvaranje algi u bioplin koji se koristi za napajanje automobila.....	10
Slika 2. 5. Vozilo koje pokreće para.....	11
Slika 2.6. Automobil tvrtke Tata Motors koji pokreće zračni pogon.....	13
Slika 3.1. Koncept unutrašnjosti autonomnog vozila tvrtke General Motors.....	14
Slika 3.2. Razlika između LIDAR-a i radara.....	16
Slika 3.3. Prvo autonomno vozilo na hrvatskim cestama, projekt tvrtke Rimac automobili....	20
Slika 3.4. Označavanje autonomnog vozila prilikom vožnje kroz grad, primjer Rimac automobili.....	21
Slika 3.5. Primjer vozila treće razine, Audi A8 i njegova tehnologija <i>AI traffic jam pilot</i> .....	23
Slika 3.6. Primjer vozila četvrte razine, Googleov projekt Waymo LLC.....	24
Slika 4.1. Izazovi logističkih pružatelja usluga u budućnosti.....	26
Slika 5.1. Prikaz koncepta Renault EZ-PRO.....	34
Slika 5.2. EZ-PRO predstavljen kao samoposlužni ormarić robo-kontejner.....	35
Slika 5.3. Prikaz Volvova koncepta kamiona bez kabine, Volvo Vera.....	36
Slika 5.4. Prikaz koncepta Vera kako prevozi teret.....	37
Slika 5.5. Hitachijev jednosjed Ropits.....	38
Slika 5.6. Gacha, prvi autonomni autobus koji može voziti u svim vremenskim uvjetima.....	38
Slika 5.7. Unutarnji dizajn Gache.....	39
Slika 5.8. Taxi BP, dizajn Daniela Rupperta.....	40
Slika 5.9. Citroënov koncept Emi One.....	41

## Popis tablica

	Stranica
Tablica 2.1. Brzine koje vozilo može postići u različitim vremenskim uvjetima.....	4
Tablica 2.2. Izvođenje.....	5
Tablica 2.3. Baterija.....	5
Tablica 2.4. Punjenje.....	5
Tablica 2.5. Potrošnja energije.....	5
Tablica 2.6. Dimenzije i težina vozila.....	5
Tablica 2.7. Mogući načini punjenja vozila.....	6