

# UTJECAJ CESTOVNOG PROMETA NA OKOLIŠ

---

Tanevski, Goce

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:190:603041>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-24**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Engineering](#)



SVEUČILIŠTE RIJEČI  
TEHNIČKI FAKULTET

Prijediplomski sveučilišni studij strojarstva

Zaštita okoliša

**UTJECAJ CESTOVNOG PROMETA NA OKOLIŠ**

Rijeka, srpanj 2024.

Goce Tanevski

006909022

SVEUČILIŠTE RIJECI  
TEHNIČKI FAKULTET

Prijediplomski sveučilišni studij strojarstva

Zaštita okoliša

**UTJECAJ CESTOVNOG PROMETA NA OKOLIŠ**

Mentor: prof. dr. sc. Roko Dejhalla

Rijeka, srpanj 2024.

Goce Tanevski

0069090022

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
TEHNIČKI FAKULTET  
POVJERENSTVO ZA ZAVRŠNE ISPITE**

Rijeka, 28. studenoga 2023.

Zavod: **Zavod za brodogradnju i inženjerstvo morske tehnologije**  
Predmet: **Zaštita okoliša**  
Grana: **2.16.01 inženjerstvo okoliša**

## ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

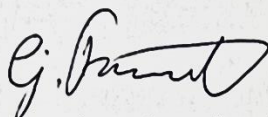
Pristupnik: **Goce Tanevski (0069090022)**  
Studij: **Sveučilišni prijediplomski studij strojarstva**

Zadatak: **UTJECAJ CESTOVNOG PROMETA NA OKOLIŠ**

**Opis zadatka:**

Opisati cestu kao objekt te kategorizirati ceste i prometna sredstva. Obrazložiti razvoj i značaj cestovnog prometa, te obraditi njegov utjecaj na okoliš. Analizirati podatke o emisijama ispušnih plinova, vrstama goriva, stradavanju životinja na prometnicama, problem buke i vibracija te zbrinjavanje otpadnih dijelova. Podatke sistematizirati i obraditi na odgovarajuć način, analizirati ih i zaključno komentirati.

Rad mora biti napisan prema Uputama za pisanje diplomskih / završnih radova koje su objavljene na mrežnim stranicama studija.

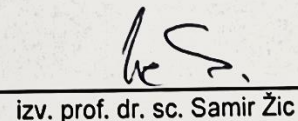


Zadatak uručen pristupniku: 20. ožujka 2023.

Mentor:

  
prof. dr. sc. Roko Dejhalla

Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:

  
izv. prof. dr. sc. Samir Žic

## **IZJAVA**

Sukladno članku 7. Pravilnika sveučilišta u Rijeci o izradi završnih radova, završnih ispita i završetku prijediplomskih sveučilišnih studija Tehničkog fakulteta, ja, Goce Tanevski, student prijediplomskog sveučilišnog studija strojarstva, izjavljujem da sam samostalno izradio završni rad na temu „Utjecaj cestovnog prometa na okoliš“ pod vodstvom mentora Prof. dr. sc. Roka Dejhalle.

Rijeka, svibanj 2024.

---

Goce Tanevski

0069090022

## ZAHVALA

Zahvaljujem se mentoru Prof. dr. sc. Roku Dejhali što mi je omogućio izradu rada iz kolegija Zaštita okoliša. Navodio me sa dobrim smjericama te ispravljao mi pravopisne pogreške.

Zahvalio bih se mojoj obitelji, curi Tanji i kolegama što su mi pomagali i bodrili me kad god je to bilo potrebno.

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. CESTE</b> .....	2
2.1 Prve ceste i značajnije prometnice.....	2
2.1.1 Ceste Mediterana i Bliskog istoka.....	3
2.1.2 Ceste Rimskog carstva .....	4
2.1.3 Put svile.....	6
2.1.4 Ceste u srednjem vijeku .....	7
2.2 Suvremene ceste i prometnice .....	8
2.2.1 Proces izgradnje i postupanje prema okolišu prilikom izgradnje .....	8
2.2.2 Održavanje cesta .....	10
<b>3. AUTOMOBILI</b> .....	13
3.1 Povijest automobila .....	13
3.1.1 Automobili na parni pogon .....	13
3.1.2 Prvi automobili na fosilno gorivo.....	14
3.2 Suvremeni automobili i njihov utjecaj na okoliš.....	17
3.2.1 Prva masovna proizvodnja .....	17
3.2.2 Katalizator .....	21
3.2.3 Izbacivanje olova iz goriva .....	23
3.2.4 Elektroničko ubrizgavanje.....	24
3.2.5 Aerodinamika .....	25
3.2.6 DPF filter.....	26
3.2.7 Hibridna vozila.....	29
3.2.8 Vozila pogonjena plinom.....	32
3.2.9 Vozila na električni pogon.....	33
<b>4. KAMIONI</b> .....	38
4.1 Povijest kamiona.....	38
4.2 Moderni kamioni .....	39
4.2.1 EGR sustavi.....	40
4.2.2 AdBlue sustav .....	42
<b>5. UTJECAJ POTROŠNIH DIJELOVA CESTOVNIH VOZILA NA OKOLIŠ</b> .....	44
<b>6. UTJECAJ GORIVA I INFRASTRUKTURE NA OKOLIŠ</b> .....	47
6.1 Utjecaj goriva na okoliš.....	47
6.1.1 Sastav nafte i obrada .....	48

6.1.2	Utjecaj goriva na čovjeka i okoliš .....	50
6.2	Utjecaj infrastrukture na okoliš .....	52
6.2.1	Utjecaj infrastrukture na faunu .....	52
6.2.2	Utjecaj infrastrukture na floru .....	54
6.2.3	Utjecaj infrastrukture na krajolik .....	56
<b>7.</b>	<b>ZAKLJUČAK .....</b>	<b>57</b>
	<b>LITERATURA.....</b>	<b>59</b>
	<b>POPIS SLIKA.....</b>	<b>66</b>
	<b>POPIS TABLICA .....</b>	<b>68</b>
	<b>SAŽETAK .....</b>	<b>69</b>
	<b>SUMMARY .....</b>	<b>70</b>



# 1. UVOD

Razvoj cestovnog prometa igra ključnu ulogu u modernom društvu omogućujući brže i učinkovitije kretanje ljudi i roba. Iako cestovni promet donosi brojne gospodarske i društvene koristi, njegov utjecaj na okoliš postaje sve očitiji i zabrinjavajući. Ovaj završni rad obrađuje ključne aspekte utjecaja cestovnog prometa na okoliš, uključujući onečišćenje zraka, klimatske promjene, buku, uništavanje staništa biljnim i životinjskim vrstama te raspadanje ekosustava.

Cestovna infrastruktura je temelj ovog razvoja jer bez cesta mnoge suvremene pogodnosti ne bi bile moguće. Međutim, izgradnja novih i proširenje postojećih cesta često dovodi do uništavanja prirodnih staništa i ekosustava. Daljnja izgradnja cesta uništava staništa smanjujući broj vrsta na određenom području i otežava protok vrste što populacije čini izoliranijima i ranjivijima na izumiranje.

Jedan od najočitijih i najvećih utjecaja cestovnog prometa na okoliš je onečišćenje zraka. Vozila s motorom s unutarnjim izgaranjem ispuštaju velike količine štetnih tvari, uključujući ugljični dioksid ( $CO_2$ ), dušikove okside ( $NO_x$ ), ugljikovodike i još mnogo više. Te emisije doprinose smanjenoj kvaliteti zraka, negativno utječući na zdravlje ljudi i okoliš. Onečišćenje zraka povezano je s respiratornim bolestima i može utjecati na osjetljive ekosustave, uzrokujući onečišćenje vode i tla.

Spominjanje ispušnih plinova neizbježno vodi do teme klimatskih promjena koje su sve prisutnije u javnom diskursu. Fosilna goriva koja pogone vozila s unutarnjim izgaranjem značajno doprinose emisiji stakleničkih plinova, posebice  $CO_2$ , glavnog uzročnika globalnog zagrijavanja. Klimatske promjene imaju dalekosežne posljedice na ljudske živote, uključujući topljenje ledenjaka, porast razine mora, promjene u padalinama i ekstremne vremenske uvjete.

Također uz ove dvije stavke postoji i buka koja nikako nije zanemariva. Stvaraju je sva vozila pa čak i vozila bez motora sa unutarnjim izgaranjem što predstavlja bitan problem za zdravlje ljudi i životinja. Znanstveno je dokazano kako preveliko izlaganje buci može dovesti do poremećaja i smanjene kvalitete sna, stresa te kardiovaskularnih bolesti. Kako buka djeluje na ljude tako i na sve vrste životinje ometajući njihovu komunikaciju i samo ponašanje.

Usprkos svim negativnim aspektima postoje brojne mjere koje se mogu poduzeti kako bi se smanjio utjecaj cestovnog prometa na okoliš. Alternativni oblici prijevoza i transporta kao što su biciklizam, električna vozila, hibridna vozila i javni prijevoz neki su od načina kako pridonijeti smanjenju emisije stakleničkih plinova.

## 2. CESTE

Važno je razumjeti i istražiti ranu povijest cestovnog prometa kako bi se bolje shvatio razvoj ovog sektora i njegov utjecaj na okoliš. Od samih početaka, čovjek pokušava pronaći načine kako se dovesti negdje za što kraće vrijeme uz što manje napora. Uz transport ljudi, bilo je važno prenijeti sirovine s točke A do točke B.

### 2.1 Prve ceste i značajnije prometnice

Prapovijest je obilježena prvim tragovima cestovnog prometa koji su nastali kretanjem ljudi i životinja između staništa u potrazi za hranom i skloništem. Prve staze i putevi oblikovali su se prirodnim kretanjem i korištenjem životinjskih staza. Utjecaj na okoliš bio je minimalan s obzirom na ograničen broj ljudi i životinja

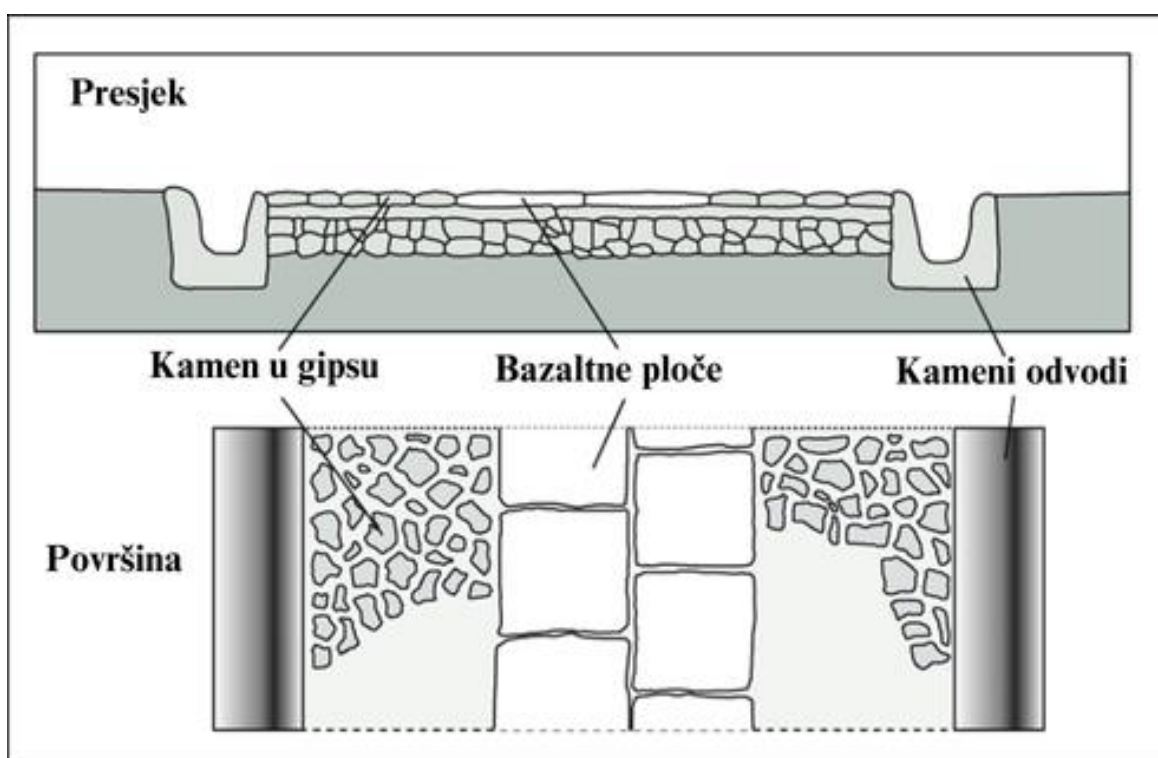
Napredovanjem civilizacije došlo je do izgradnje prvih cesta, poput one pronađene u današnjem Iraku, izgrađene oko 4000. godine prije Krista. Pojavom metala i metalnih alata u brončanom dobu, kamena cestovna popločenja postala su sve češća pojava. Na slici 2.1 se mogu vidjeti ostatci cesta između zidova koje nisu u najboljem stanju. [1]



*Slika 2.1 Ceste Mezopotamije [1]*

### 2.1.1 Ceste Mediterana i Bliskog istoka

U doba minojske civilizacije na otoku Kreti izgrađena je impresivna cesta koja je povezivala Gortynu na južnoj obali s Knossosom na sjevernoj obali. Ova cesta, duga 50 km, protezala se preko planina na visini od oko 1300 metara. Izgrađena od slojeva kamena uz kolnik koji je bio osmišljen s posebnom pažnjom prema odvodnji s olucima na pojedinim dionicama. Širina pločnika iznosila je oko 3,6 m i sastojao se od pješčenjaka vezanog glineno-gipsanim mortom, dok je površina središnjeg dijela bila prekrivena dvama redovima bazaltnih ploča debljine 50 mm. Središnji dio kolnika bio je namijenjen pješačkom prometu, dok su rubovi bili rezervirani za životinje i kola. Ova cesta smatra se najstarijom poznatom asfaltiranom cestom. Na slici 2.2 se vidi presjek te sama površina ceste.[2]

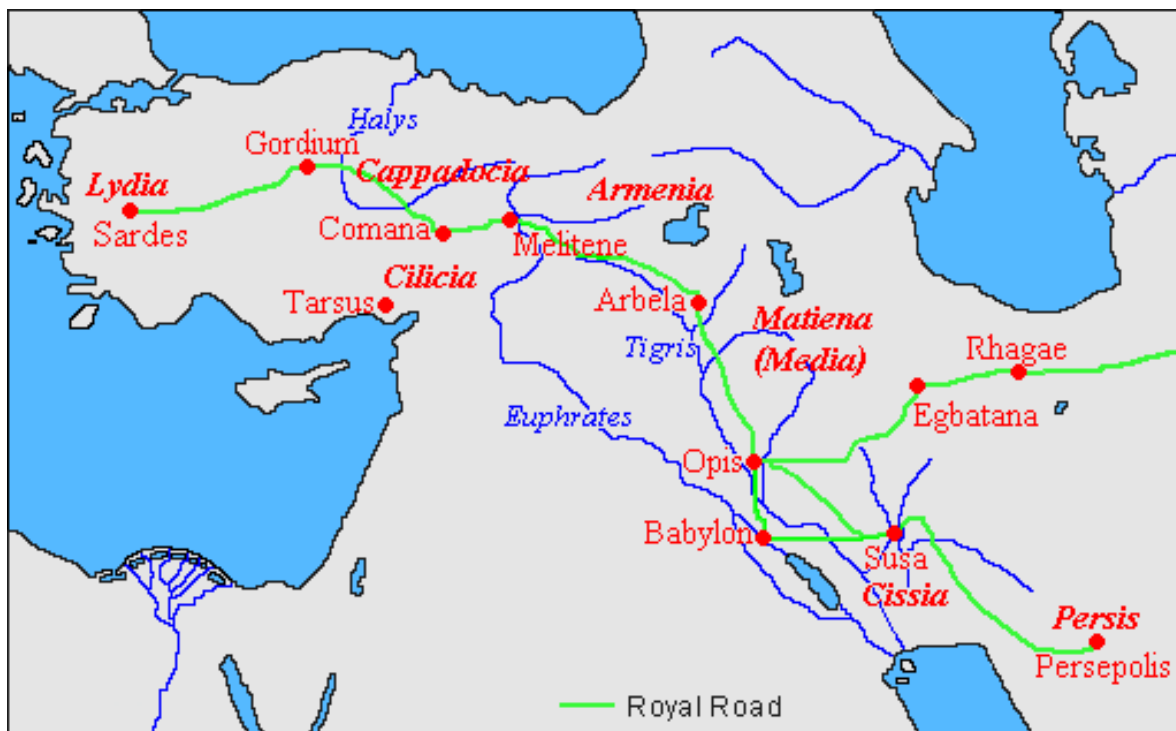


Slika 2.2 Presjek ceste na Kreti [3]

Najranija poznata cesta na velike udaljenosti bila je ruta duga oko 2400 km koja je povezivala Perzijski zaljev sa Sredozemnim morem. Ova cesta, u upotrebi od oko 3500. godine prije Krista, postala je značajnija tek kada su Asirci oko 1200. godine prije Krista organizirano počeli njome upravljati. Ruta je spajala Susu, grad blizu Perzijskog zaljeva, s mediteranskim lukama Smirnom (današnji Izmir) i Efezom. Veliki perzijski kraljevi Kir II. i Darije I. modernizirali su i udvostručili ovu rutu između 550. i 486. godine prije Krista stvarajući poznatu Kraljevsku cestu. Kraljevska cesta, koja je također započinjala u Susi, protezala se prema sjeverozapadu do grada Arbele, a

zatim išla prema zapadu preko Ninive do Harrana, glavnog cestovnog raskrižja i karavanskog središta. Glavna ruta nastavljala je do terminala u Smirni i Efezu. Prema grčkom povjesničaru Herodotu, koji je pisao oko 475. godine prije Krista, putovanje od Suse do Efeza trajalo je 93 dana, iako su kraljevski jahači mogli prijeći tu udaljenost za samo 20 dana. [4]

U Babilonu, oko 615. godine prije Krista, Kaldejci su izgradili procesijski put koji je povezivao gradske hramove s kraljevskim palačama. Ova glavna cesta bila je izgrađena od spaljenih cigli i pažljivo oblikovanog kamenja, položenih u bitumenski mort. [4]



Slika 2.3 Grafički prikaz "Kraljevske ceste" [4]

### 2.1.2 Ceste Rimskog carstva

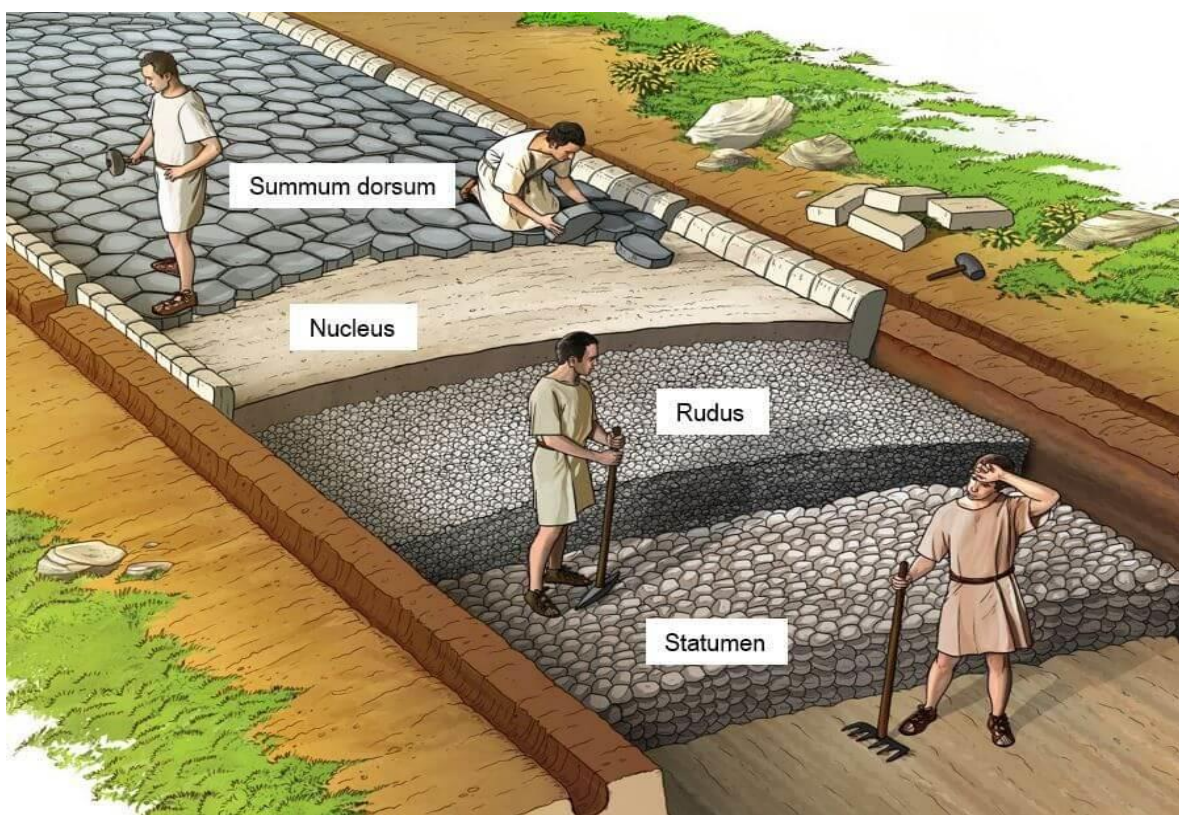
Najveći i najsustavniji graditelji cesta antičkog svijeta bili su Rimljani zbog vojnih, ekonomskih i administrativnih prednosti dobro razvijenog cestovnog sustava. Rimljani su svoje znanje preuzeli uglavnom od Etruščana, posebno u tehnologiji cementa i popločavanju ulica. Također su učili od Krećana, Kartažana (konstrukcija pločnika), Feničana i Egipćana (mjerjenje). Beton napravljen od cementa bio je veliki napredak koji je omogućio mnoge graditeljske pothvate Rima. [5]

Rimljani su započeli izgradnju cesta 334. godine prije Krista te su do vrhunca carstva izgradili gotovo 90.000 kilometara cesta koje su povezivale prijestolnicu s najudaljenijim granicama

carstva. Dvadeset i devet velikih vojnih cesta, poznatih kao „viae militares“, polazilo je iz Rima. Najpoznatija među njima bila je Apijeve cesta koja je s izgradnjom započela 312. godine prije Krista. Ova cesta je pratila obalu Sredozemnog mora prema jugu do Capue, a zatim je skretala prema istoku do Beneventuma, gdje se dijelila na dva kraka. Od Brindizija, Apijeve cesta je pratila jadransku obalu do Hydruntuma, ukupno 660-ak kilometara od Rima. [6]

Kad god je bilo moguće, rimske ceste su se gradile u ravnoj liniji od jedne do druge točke, bez obzira na reljefne izazove. U svojoj najnaprednijoj fazi razvoja, rimska cesta bila je izgrađena iskopavanjem paralelnih rovova udaljenih oko 12 metara kako bi se osigurala uzdužna drenaža - obilježje rimskog cestovnog inženjeringa. Temelj ceste bio je podignut oko jednog metra iznad razine tla korištenjem materijala uzetog iz rovova i okolnog tla. Kako je važnost ceste rasla, nasip je postupno prekrivan laganom podlogom od pijeska ili žbuke na kojoj su izgrađena četiri glavna sloja. Sama struktura ceste jasno je vidljiva na slici 2.4:

- Statumen - sloj kamenja veličine najmanje 5 cm, debljine 25 do 60 cm.
- Rudus - sloj betona debljine 20 cm napravljen od kamenja veličine ispod 5 cm.
- Nucleus - sloj betona debljine oko 30 cm, napravljen od sitnog šljunka i krupnog pijeska.
- Summum dorsum - površinski sloj od velikih kamenih ploča dubok najmanje 15 cm. [6]

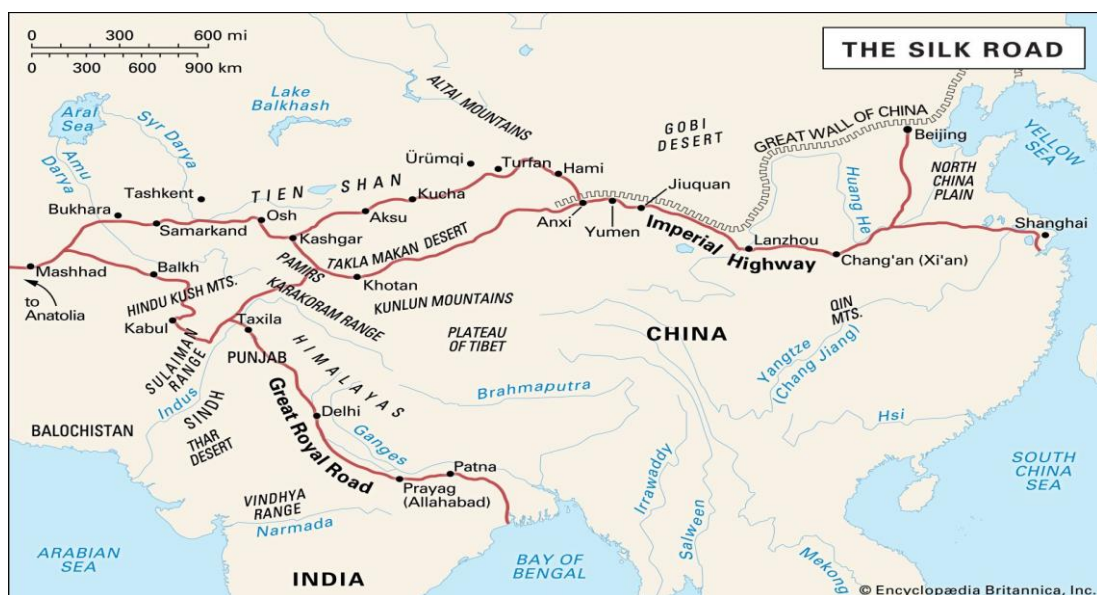


Slika 2.4 Izgled Rimskih cesti [6]

Javni prijevoz u Rimskom Carstvu bio je podijeljen u dvije kategorije: „**cursus rapidi**“, što je bila ekspresna služba, i „**agnariae**“, koja je služila za teretni prijevoz. Dva najčešće korištena vozila bila su dvokolice koje su vukli dva ili četiri konja, te kola koja su se koristila u ruralnim područjima. [5]

### 2.1.3 Put svile

Put svile bila je kompleksna mreža euroazijskih trgovačkih puteva koja je bila aktivna od 2. stoljeća prije Krista do sredine 15. stoljeća. Protezala se na više od 6400 kilometara i imala je ključnu ulogu u promicanju gospodarskih, kulturnih, političkih i vjerskih interakcija između Istoka i Zapada kao što je vidljivo na slici 2.5. Naziv "Put svile" prvi put je upotrijebljen u kasnom 19. stoljeću, no neki su suvremeni povjesničari počeli koristiti termin "Putevi svile" kako bi preciznije opisali kompleksnu mrežu kopnenih i pomorskih ruta koje su povezivale središnju, istočnu, južnu, jugoistočnu i zapadnu Aziju, kao i istočnu Afriku i južnu Europu. Put svile je ime dobio po trgovini svilom iz Kine. Proizvodnja svile u Indiji počela je prije 2450. godine prije Krista. Južna ruta povezivala je Indijski potkontinent s Mezopotamijom i Egiptom. Sjeverna ruta je uspostavljena oko 114. godine prije Krista putem misija kineskog izaslanika Zhang Qiana. Partsko Carstvo je poslužilo kao veza prema istočnoj Africi i Sredozemlju. Kineska svila bila je vrlo tražena u Rimu i Egiptu do 1. stoljeća. Ostale tražene robe uključivale su čaj, boje, parfeme, porculan, konje, deve, med, vino i zlato. [7]



Slika 2.5 Grafički prikaz "Put Svile" [7]

Tijekom više od 1500 godina, Put svile je pretrpio uspone i padove, uključujući Crnu smrt i mongolska osvajanja. Sigurnost je bila rijetka zbog razbojništva i pljački nomada. Putnici su se oslanjali na posrednike na raznim točkama zaustavljanja. Osim dobara, mreža je omogućila razmjenu ideja, religija (kao što je budizam), filozofija i znanstvenih otkrića. Put svile je također širio bolesti poput kuge, što je vjerojatno doprinijelo Crnoj smrti. [7]

#### 2.1.4 Ceste u srednjem vijeku

U vrhuncu Rimskog Carstva, kopnena trgovina je povezivala kulture Europe, Sjeverne Afrike, Male Azije, Kine i Indije. Međutim, cestovni sustav ovisio je o Rimskom, Kineskom i Maurijskom carstvu, a s padom ovih velikih carstava u ranom kršćanskom dobu, trgovački putevi postali su ranjivi na invazije. Izuzetak je bilo Bizantsko Carstvo jer su cestovne mreže u drugim regijama bile zapuštene stoljećima. Prijevoz se uglavnom odvijao putem teretnih kočija koji su se snalazili po loše održanim cestama i bili dostatni za smanjeni promet. [2]

Prvi znakovi obnove cestovne infrastrukture pojavili su se tijekom vladavine Karla Velikog krajem 8. stoljeća. Mauri su u 9. stoljeću uspostavili razgranatu mrežu ulica u Córdoba u Španjolskoj. Vikinzi su upravljali Varjaškom cestom, ključnom trgovačkom rutom koja je povezivala Baltik i Bliski istok preko Rusije. Daljnju revitalizaciju cesta potaknula je potreba za redovitim sajmovima te centralizacija moći i porast vjerskog zanosa u 11. stoljeću. [2]

Komercijalni procvat uslijedio je kasnije. Do 12. stoljeća stari gradovi su se oporavljali, dok su se novi gradovi razvijali, posebice u zapadnoj Europi. Popločavanje ulica postalo je ugledna zanatska djelatnost, a do 15. stoljeća dobro održavane ceste koje su opskrbljivale gradove hranom iz njihovih zaleđa postale su od ključne važnosti. Istovremeno se povećao broj i kvaliteta vozila na kotačima. Interes za poboljšanjem kopnenog putovanja je ponovno oživio boljom zaštitom trgovaca i putnika te unapređenjem cesta. [2]

Javna sredstva, uglavnom prikupljena putem cestarina, usmjerena su na održavanje cesta. Corvée, porez na cestovni rad, također je imao značajan doprinos. Trgovina na velike udaljenosti brzo se obnavljala, uključujući obnovu trgovačkog puta između Europe i Kine preko središnje Azije kojim je putovao Marco Polo krajem 13. stoljeća. [2]



*Slika 2.6 Izgled ceste u srednjem vijeku [8]*

U vrijeme Rimskog carstva i Puta svile, ceste i sam promet na njima je za to vrijeme imao određeni utjecaj na okoliš, ali u usporedbi s današnjim vremenom bilo ga je u tragovima.

Tada su ljudi gradili ceste kako bi bile što kvalitetnije i šire kao što se jasno vidi na slici 2.6, što je zahtijevalo velike količine materijala poput kamena, pijeska i drugih građevinskih materijala, a to je dovodilo do iscrpljivanja prirodnih resursa. Zbog samih cesta dolazilo je do promjena krajolika zbog deforestacije šume na dijelovima gdje su se ceste gradile, te zbog izravnavanja brežuljaka, gradnje mostova i nasipa.

## 2.2 Suvremene ceste i prometnice

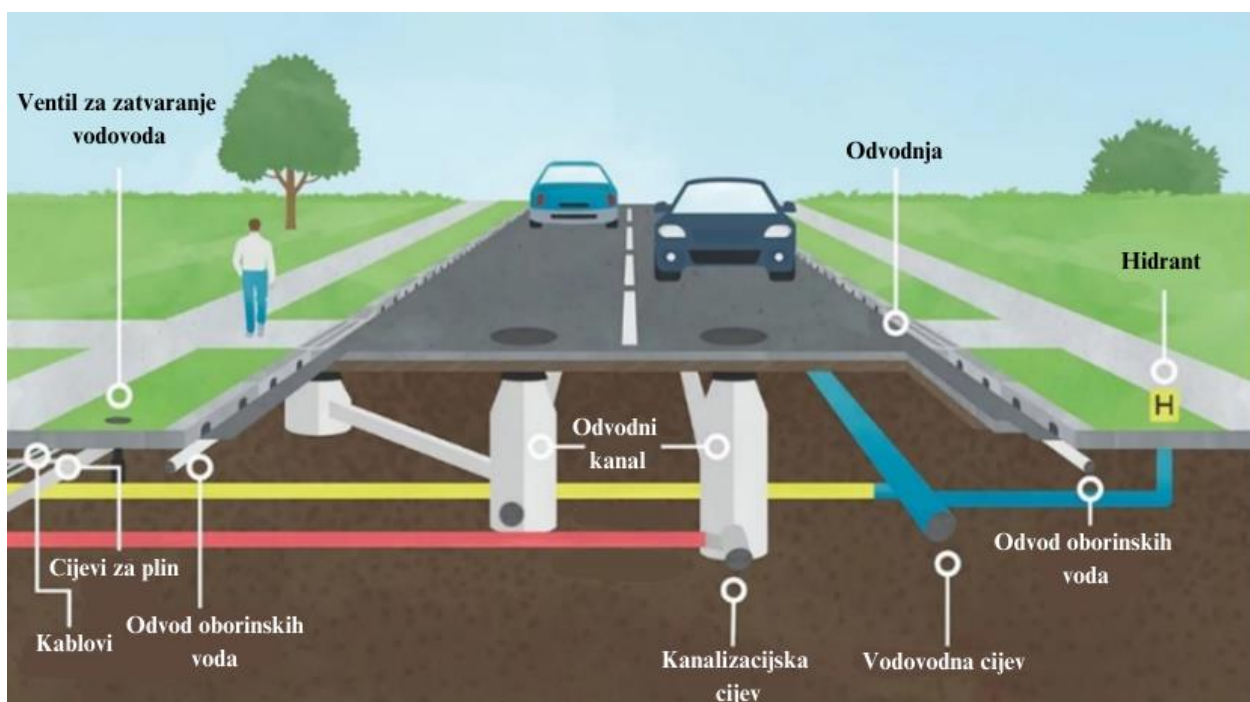
### 2.2.1 Proces izgradnje i postupanje prema okolišu prilikom izgradnje

Izgradnja ceste zahtijeva stvaranje kontinuiranog pravca prolaza ili korita ceste, nadilazeći geografske prepreke i osiguravanje dovoljno niskih nagiba kako bi se omogućilo kretanje vozilima ili pješacima. Ovaj proces može zahtijevati usklađivanje sa standardima utvrđenim zakonom ili službenim smjernicama. Radovi obično započinju uklanjanjem zemlje i stijena putem kopanja ili miniranja, izgradnjom nasipa, mostova i tunela te uklanjanjem vegetacije što u većinu slučajeva



uključuje krčenje šuma. Nakon toga slijedi polaganje materijala za kolnik. Različita oprema koristi se u procesu izgradnje cesta. Nakon razmatranja projekta, različitih odobrenja, planiranja, pravnih i okolišnih pitanja, geodet u konačnici utvrđuje trasu ceste. Radijusi i nagibi dizajniraju se tako da najbolje odgovaraju prirodnim razinama tla i minimiziraju količinu usjeka i nasipa. Velika pažnja posvećuje se očuvanju zadanih mjerila. [9]

Ceste i prometnice se najviše projektiraju kako bi se na njima odvijao promet ljudi i vozila te se zbog toga posebna pažnja posvećuje odvodnji oborinskih voda i ekološkim pitanjima. Kontrola erozije i sedimentacije tla osmišljene su kako bi se spriječile štetne posljedice na okoliš. U cestovnoj izgradnji odvodni vodovi se postavljaju spojnicama koje na sebi imaju brtve. Koeficijenti otjecanja i karakteristike tih odvodnih vodova prilagođeni su zoniranju zemljišta i sustavu oborinskih voda. Drenažni sustavi moraju biti u stanju prenijeti krajnji projektirani protok iz uzvodnog sliva te dobiti odobrenje za ispušt od nadležnog tijela kako bi se voda usmjerila u potok, rijeku ili more. [9]



Slika 2. 7 Grafički prikaz drenažnog sustava [10]

Slika 2.7 grafički prikazuje ono što se ne može vidjeti, ali se nalazi ispod prometnica.

Pozajmište, koje služi kao izvor dobivanja šljunka i kamenja te izvor vode trebaju biti smješteni u blizini ili na kratkoj udaljenosti od samog gradilišta. Potrebno je nabaviti dozvolu lokalnih vlasti kako bi se mogla crpiti voda ili drobiti tlo i slične obrade materijala za građevinske potrebe. Sloj tla koji se skine sa vrha se skladišti i koristi prilikom sanacije određenog dijela tla.

Prije svakog početka gradnje nove prometnice potrebno je pripremiti samo tlo u zoni gradnje. To uključuje uklanjanje starih cestovnih površina, zidova, kuća, zgrada itd. Što se tiče uklanjanja stabala tu se dolazi do određenih prepreka koje se ne smiju prekršiti. Stablina koja su specifično označena se ne smije uklanjati gornji sloj tla unutar određenog područja te sam prostor oko tih stabala potrebno je držati bez ikakvog dodira s građevinskim materijalima i opremom. Gornji sloj tla koji se najčešće makne u potpunosti se skladišti sa strane kako bi se kasnije koristio za sanaciju novoizgrađenih nasipa uz cestu. Panjevi i korijeni se uklanjaju, a te se rupe popunjavaju prema potrebi prije samog početka radova. Završna sanacija tla uključuje sadnju i brigu o flori koja se postavi u skladu sa okolinom. [9]

Neki od postupaka tijekom zemljanih radova uključuje iskop, uklanjanje materijala na odlagališta, nasipanje, zbijanje i izgradnju. Ako se kojim slučajem prilikom radova otkrije stijena ili neki drugi neprikladni materijal on se uklanja. Miniranje se ne koristi tako često jer netaknuta stijena predstavlja idealnu podlogu ceste. Kada se dio koji je u depresiji mora popuniti dolazi do ispune metodom zbijenog sloja gdje se sloj ispune širi i zatim zbija prema specifikacijama. Željena kvaliteta se ne postiže iz prve što će reći da se taj postupak više puta ponavlja kako bi se zadovoljili traženi kriteriji. [9]

Općenito materijal za ispunu ne bi trebao u sebi imati nikakve organske tvari i trebao bi imati nizak indeks plastičnosti. Pijesak ili mješavine bogate pijeskom s finim šljunkom koji djeluje kao spriječitelj rasta flore se najčešće koristi kao donja ispuna. Ta zbijena ispuna također služi kao drenaža donjeg sloja. Drugo punjenje se sastoji od šljunka, raspadnute stijene ili drobljenog kamena ispod određene veličine i bez velikih grudica gline. [9]

Kolnik je završen kada je on popločen ili su mu završeni šljunčani radovi ukoliko neće biti popločenja. Vrsta površine ceste ovisi isključivo o očekivanoj uporabi uz ekonomske faktore. Na bitne ceste koje služe za svakodnevno obavljanje prometa nadodane su pločnici za povećanje sigurnosti kao što su prometni znakovi, ograde, oznake na kolniku, semafori, trotoari.

### 2.2.2 Održavanje cesta

Održavanje izgrađenih cesta je rad koji se odrađuje na autocestama ili običnim cestama. Posao održavanja se obavlja kako bi se osiguralo da sve prometnice ostanu čvrste, sigurne i učinkovite za sve sudionike. Ceste se projektiraju na određeni vijek trajanja što će reći da je te ceste potrebno kontinuirano kroz godine obnavljati. Ima puno načina kako se ceste mogu održavati. Od jednostavnog popravka udarnih rupa gdje posao traje ponekad i manje od sat vremena pa sve do

ponovnog postavljanja asfalta za cijelu autocestu. Također, bitna održavanja koja se često niti ne primjećuju su odštopavanje odvoda, zamjena poklopca šahti, zamjena prometnih znakova i održavanje zelenih površina. Bez obzira na vrstu održavanja krajnji cilj je osigurati sigurnost svih sudionika u prometu. [11]

Različite agencije koriste različite tehnike upravljanja kolnicima kako bi konstantno pratile stanje na cestama i planirale održavanja kako bi produljile životni vijek ceste. Jedan od novijih načina praćenja stanja kolnika je mjerenja uz pomoć lasera čime se mjeri zakrivljenost, nagib, neravnine, tekstura i slične stvari koje pomažu pri detekciji budućeg problema. [12]



*Slika 2.8 Jedna od vrsti održavanja kolnika [14]*

U novije vrijeme se uz pomoć umjetne inteligencije i stručnjaka na tom području došlo do pet načina kako smanjiti utjecaj izgradnje prometnica na okoliš.

### 1. Planiranje unaprijed

Prije početka bilo kakvog projekta izgradnje ceste potrebno je provesti temeljnu procjenu utjecaja na okoliš kako bi se identificirali potencijalni utjecali, rizici i mjere ublažavanja. Ova procjena pomoću će u izbjegavanju ili smanjenju štete na osjetljivim područjima kao što su močvare, šume i koridori životinja. Uz to svakako bi bilo potrebno prije početka gradnje konzultirati se s lokalnom

zajednicom i agencijom za zaštitu okoliša kako bi i oni dali svoje mišljenje i na neki način i dozvolu. [13]

## 2. Odabir ekološko prihvatljivijih materijala

Materijali koji se koriste za izgradnju cesta mogu drastično utjecati na ekološki otisak samog projekta. Trebali bi odabirati materijale koji su izdržljiviji, koji se daju više reciklirati te one materijale koji imaju nizak udio ugljika. Kao primjer se navodi korištenje recikliranog asfalta, betona ili stakla umjesto novih materijala. Poželjno bi bilo koristiti veziva na bazi bio-materijala umjesto onih na bazi nafte. Za same kolnike postoje materijali koji propuštaju vodu i time smanjuju otjecanje i poplave. [13]

## 3. Smanjenje narušavanja prirodnog okoliša

Tijekom izgradnje treba nastojati minimizirati narušavanje prirodnog okoliša i okolnih zajednica. To predstavlja korištenje najmanje invazivnih tehnika kao što su usmjereno bušenje ili bušenje bez metode rova zbog čega se izbjegava prekomjerno sječenje i kopanje. Također, potrebno je ograničiti širinu građevinske zone, kontrolirati buku i prašinu. [13]

## 4. Optimiziranje tijeka prometa

Jedan od glavnih ciljeva izgradnje cesta je poboljšanje protoka prometa i smanjenje zastoja što može koristiti okolišu smanjenjem potrošnje goriva i emisija. Kako bi se omogućio nesmetani promet koriste se strategije kao što su dodavanje novih traka, kružnih tokova, semafora, korištenje pametne naplate cestarina itd. [13]

## 5. Praćenje ekološke izvedbe i utjecaj nakon izgradnje

Nakon završetka gradnje ceste potrebno je pratiti i evaluirati ekološku izvedbu i utjecaj. To pomaže prilikom identifikacije potencijalnih problema koji bi se trebali riješiti kao što su curenje, pukotine ili erozije. Kako bi se utvrdilo da cesta ima normalan utjecaj na okoliš mjeri se stopa preživljavanja zasađene vegetacije, kvaliteta vode u odvodnim vodama i aktivnosti divljih životinja u prolazima. Ta istraživanja moraju biti dostupna lokalnoj upravi i društvu za zaštitu životinja i okoliša. [13]

### 3. AUTOMOBILI

Razvoj cestovnog prometa tijekom povijesti i napredak tehnologije omogućili su prijelaz od tradicionalnih konjskih zaprega i kočija do prvih motornih vozila.

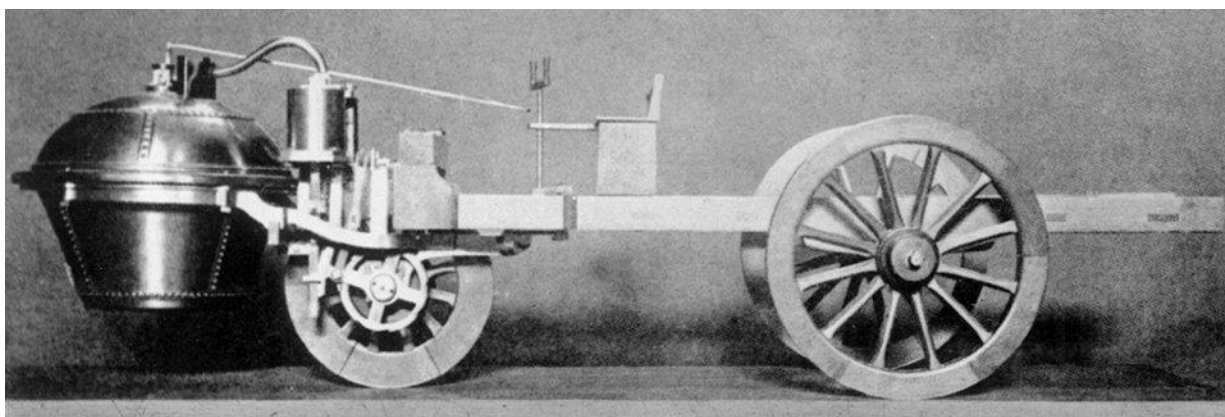
Prvi motori s unutarnjim izgaranjem dolaze u drugoj polovici 19. stoljeća, a koristili su benzin i dizel kao gorivo. Nikolaus Otto i Gottlieb Daimler doprinijeli su razvoju tih motora.

#### 3.1 Povijest automobila

Zasluge za početak razvoja automobila kakvi danas postoje pripisuju se željama znanstvenika i istraživača da naprave vozilo koje bi se moglo kretati na vlastiti pogon odnosno bez korištenja životinja.

##### 3.1.1 Automobili na parni pogon

Sve je započelo sa izumom parnog stroja daleke 1712. godine koji je stvorio nove mogućnosti za napredovanje. Taj izum je 1769. godine francuski inženjer Nicolas-Joseph Cugnot iskoristio kako bi napravio prvo vozilo na samostalni pogon poznatije kao „fardier à vapeur“ ili u prijevodu parna kočija (slika 3.1). Parni stroj je bio smješten ispred prednjeg kotača i imao je svega ~4 konjskih snaga uz mogućnost povlačenja do čak pet tona tereta. Radna brzina kao što se da pretpostaviti nije bila velika, svega 5 km/h. Kad se u obzir uzme da se taj automobil svakih 15 minuta morao zaustaviti kako bi postigao potreban tlak pare to i nije bilo puno bolje od dotadašnjih prijevoza.



*Slika 3.1 Cugnotov prvi parni automobil [22]*

Tadašnje vlasti nisu ni slutile koliko će automobili u budućnosti postati bitni pa su iz tog razloga na snagu došle razne odredbe koje su ograničile razvoj automobila i povećale razvoj željeznica. Odredbe kao to da automobil ne smije imati veću brzinu od 6 km/h ili da ispred svakog automobila mora hodati osoba sa crvenom zastavom demotivirale su izumitelje za daljnjim razvojem automobila s parnim pogonom. Nakon automobila na parni pogon nekoliko neuspjelih pokušaja su imali automobili koji su išli na rasvjetni plin, komprimirani zrak pa čak i tekući amonijak.

Nakon svih tih neuspjelih pokušaja tek su izumi Karl Friedrich Benza i Gottlieb Daimlera doprinijeli su stvaranju automobila kakvog danas svi znaju. Revolucionalizirali su transportnu industriju i postavili su temelje za razvoj modernih vozila koja su danas neizostavan dio svakodnevnoga života. Zbog svojih inženjerskih inovacija znatno su promijenili način na koji svijet funkcionira.

### 3.1.2 Prvi automobili na fosilno gorivo

Prvi automobil na svijetu smatra se automobil Karl Friedrich Benza. On je bio njemački inženjer iz Karlsruhea koji je svoje obrazovanje stekao na Politehničkom fakultetu u istoimenom gradu. Revolucionaran izum koji ga je proslavio je bio patentiran u siječnju 1886. godine. Tim izumom nije niti bio svjestan da je označio početak ere motoriziranih vozila te da je postavio temelje za modernu automobilsku industriju.

Prije nego što se posvetio razvoju motora s unutarnjim izgaranjem radio je na različitim mehaničkim projektima. Zbog tih poslova stekao je znanje koje mu je bilo potrebno kako bi sam krenuo sa razvojem motora. „Benz Patent-Motorwagen“ bio je naziv patenta je bio trotočkaš koji je vidljiv na slici 3.2. Bio je pokretan četverotaktnim motorom s unutarnjim izgaranjem i 954 kubičnih centimetara koji je razvijao 0,55 kW odnosno 0,75 konjskih snaga. Jedan cilindar s vodenim hlađenjem je bilo dovoljan kako bi se taj automobil pokretao. Snaga se preko lančanog prijenosa prenosila na zadnje kotače. Karoserija „Benz Patent-Motorwagen“ bila je izrađena od čelika i drva što znači da je karoserija bila lagana. Stvari kao što su rasplinjač, sustav paljenja pomoću baterija i svjećica su značajno poboljšale pouzdanost vozila. [15][16][17]



*Slika 3.2 Benz Patent-Motorwagen [15]*

U gradu Mannheimu je 1886. godine bio održan prvi javni test vožnje gdje je Karl Benz testirao svoj izum te sa njim dobio brojne reakcije. Većina ljudi je ipak bila skeptična prema tom izumu jer je za to doba predstavljao nešto potpuno novo. No sve će se to promijeniti sa potezom Benzove žene koji je mnoge iznenadio.

Godine 1888, Bertha Benz se odlučila da će publicitet ovog izuma steći na način da pokaže kako je Motorwagen sposoban ne samo za kraće već i za duže staze. Sa svojim trotočkašem odlučila se voziti od Mannheima pa sve do Pforzheima prešavši put od čak 106 kilometara. Tijekom puta Bertha je rješavala sve tehničke probleme čime je pokazala praktičnost i pouzdanost vozila. Ona je improvizirala s dostupnim materijalima - koristila je iglu za šešire kako bi očistila gorivnu cijev. Na jednoj od postaja posjetila je ljekarnu kako bi nabavila benzina što je označilo prvi benzinsku postaju na svijetu. Bertha Benz je svojim pionirskim podvigom ne samo dokazala tehničku izvedivost automobila već je i pokazala svijetu potencijal automobilskog prijevoza inspirirajući daljnji razvoj automobilske industrije. [18]

Utjecaj ovog automobila na okoliš nije bio preveliki, ali svakako je važno napomenuti neke brojke poput potrošnje koja je iznosila 10 litara benzina na 100 prijeđenih kilometara uz emisiju  $CO_2$  od 288 grama po kilometru što i nije tako loše, ali ako se uzme u obzir da se radi samo o jednom cilindru to je poprilično puno. Tada automobili nisu imali katalizatore i slične stvari koje smanjuju emisiju štetnih plinova.



*Slika 3.3 Bertha Benz [18]*

Na slici 3.3 može se vidjeti Bertha Benz koja uz pomoć sinova kreće na put sa Benz Patent-Motorwagenom.

Za kraj, Motorwagen je pionirski izum koje je označio početak automobilske ere i predstavlja značajan dio povijesti tehnologije i industrije, ali također naglašava potrebu za kontinuiranim razvojem.

Uz Karla Benza bitan čovjek u svijetu automobilske industrije je i Gottlieb Wilhelm Daimler koji je također bio njemački inženjer koji je doprinio razvoju automobila.

Daimler je sa svojim suradnikom Maybachom 1886. godine razvio prvi automobil na četiri kotača poznatiji kao „Daimler motor Carriage“. Automobil je vidljiv na slici 3.4. Vozilo je imalo lagani okvir od čelika kojeg je pokretao dvocilindrični motor sa 462 kubičnih centimetara koji je imao 0,8 kW tj. 1,1 konjsku snagu. Motor je bio ugrađivan ispod sjedala te se snaga prenosila putem lančanog prijenosa. Potrošnja goriva i emisije  $CO_2$  mu je bila identična kao kod Benz-ovog Motorwagena. [20]





*Slika 3.4 Daimler i njegov sin u vožnji sa prvim četverotočkašem [21]*

## 3.2 Suvremeni automobili i njihov utjecaj na okoliš

U ovoj cjelini govorit će se o suvremenim automobilima i njihovom utjecaju na okoliš. Glavna riječ bit će o razvoju naprednih tehnologija, poput hibridnih i električnih vozila, te inovacijama koje smanjuju emisije štetnih plinova, poboljšavaju energetske učinkovitost i doprinose održivijem transportu.

### 3.2.1 Prva masovna proizvodnja

Događaj koji je bio od izvanrednog značaja za automobilsku industriju u tehnološkom napretku je bilo uvođenje prva masovne proizvodnje u punom opsegu. To uključuje preciznost, standardizaciju, zamjenjivost, sinkronizaciju i kontinuitet proizvodnje. Masovna proizvodnja kao što se da naslutiti se pojavila u Sjedinjenim Američkim Državama. Sjedinjene Države, sa svojim velikim brojem stanovnika, visokim životnim standardom i velikim udaljenostima bile su prirodno mjesto nastanka ove tehnologije.

Uvođenje masovne proizvodnje omogućilo je drastično smanjenje troškova i povećanje efikasnosti što je značilo da automobili više nisu bili luksuzni predmeti dostupni samo bogatim ljudima već su postali pristupačni široj populaciji. Preciznost u proizvodnom procesu osigurala je da svaki automobil bude izrađen prema istim visokim standardima dok je standardizacija dijelova omogućila dosta jednostavnije popravke i održavanje samog automobila. Zamjenjivost dijelova

značila je da se isti dijelovi mogu koristiti u različitim modelima što je dovelo do smanjenja potreba za skladištenjem velikog broja specifičnih dijelova.

Henry Ford slovi za prvog proizvođača automobila u masovnoj proizvodnji, ali nije jedini koji je uvidio takvu tržišnu mogućnost. Ransom E. Olds pokrenuo je prve konkretne korake osvajanja masovnog tržišta putem modela automobila Oldsmobile buggyem sa zakrivljenom haubom iz 1901.g. gdje su postojali određeni nedostaci kao što je prelagana izrađenost za grubu upotrebu. Oldson nije bio jedini koji se s time mučio već je to vrijedilo i za njegove imitatore. Ford je za razliku od njega bio uspješniji u ostvarivanju svog sna o "automobilu za velike mase". Najprije je dizajnirao automobil, a zatim razmotrio problem njegove jeftine proizvodnje. Taj automobil, poznat kao Model T postao je najpoznatije motorno vozilo u povijesti. Izgrađen je da bude izdržljiv za vožnju neasfaltiranim američkim seoskim cestama, ekonomičan kao i jednostavan u održavanju i popravcima. Prvi Model T, vidljiv na slici 3.5, pušten je na tržište 1908. g., a do kraja proizvodnje 1927. g. proizveden je u više od 15 milijuna primjeraka. [22]

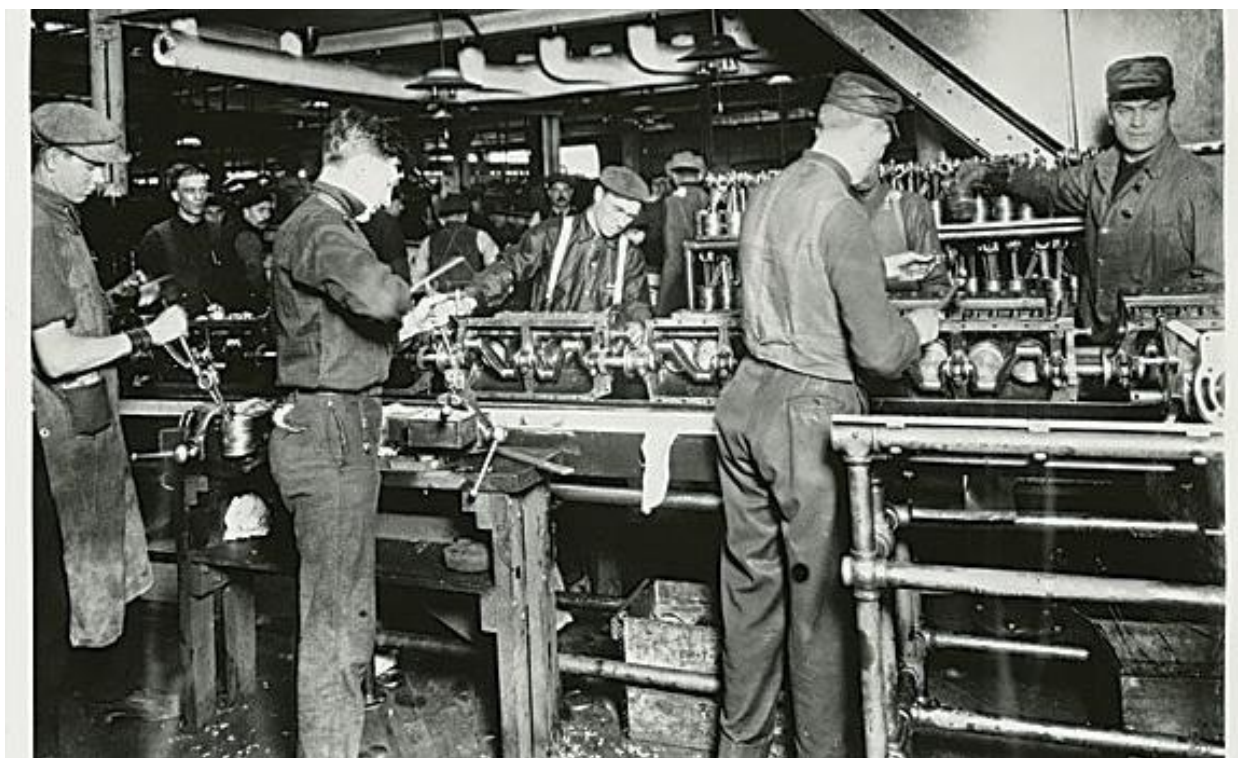


*Slika 3.5 Ford Model T iz 1908. godine [23]*

Kada se pokazalo da je Ford Model T bio uspješan Ford se sa svojim suradnicima okrenuo proučavanju problema proizvodnje automobila u masovnim količinama i po niskoj jediničnoj cijeni. Rješenje su pronašli u pogledu pokretnih montažnih linija. Nakon brojnih ispitivanja i prilagodbi, 1913. godine „Ford Motor Company“ je svijetu prikazao potpunu montažnu liniju za

masovnu proizvodnju motornih vozila. Tehnika se sastojala od dva ključna elementa: transportnog sustava i ograničenja svakog radnika na jedan ponavljajući zadatak (slika 3.6). Ovaj revolucionarni pristup omogućio je dramatično smanjenje vremena potrebnog za proizvodnju jednog automobila, čime je postignuta veća efikasnost i produktivnost. [22]

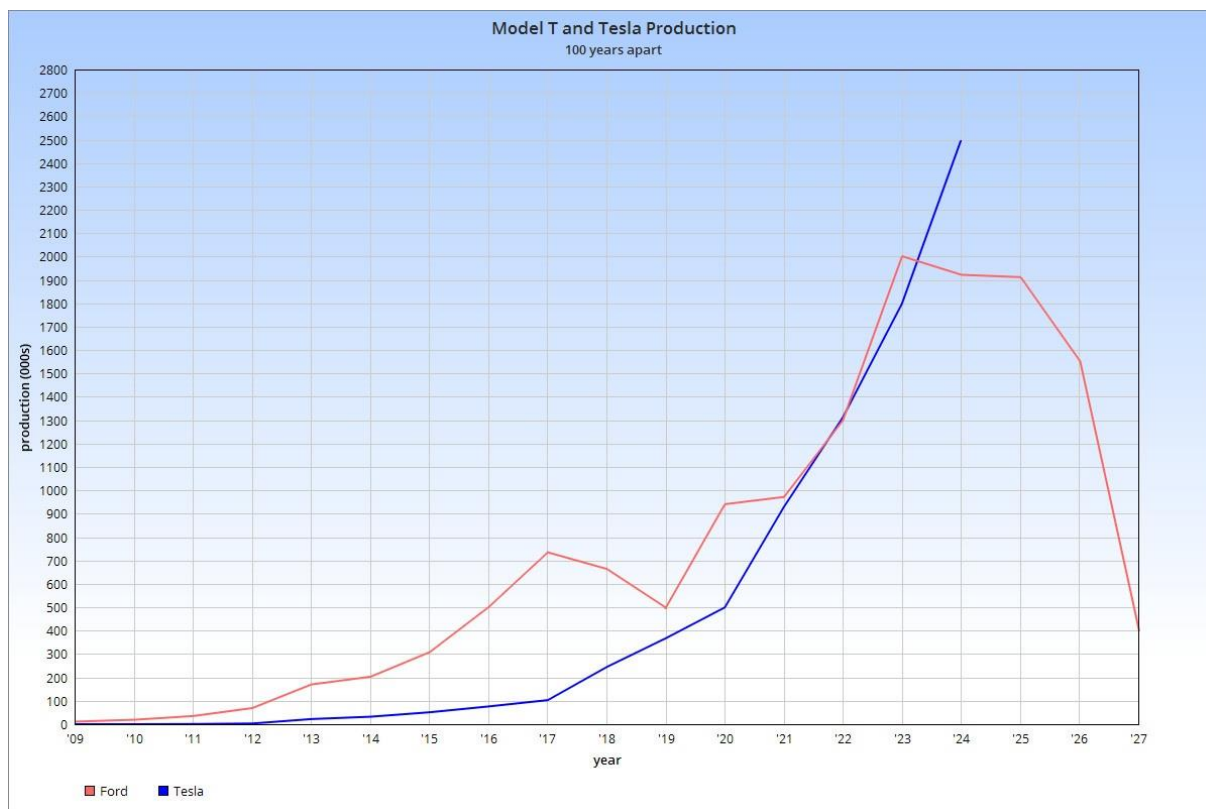
Prva Fordova montažna linija dopuštala je samo minimalne varijacije u osnovnom modelu što je rezultiralo izuzetno niskom cijenom vozila. Cijena Modela T naglo je pala s 950 dolara 1909. godine na 360 dolara 1916. godine, a još nižu cijenu postigla je 1926. godine, iznoseći samo 290 dolara. Ova pristupačnost omogućila je mnogim ljudima koji si prije nisu mogli priuštiti automobil da postanu vlasnici vozila, što je dodatno populariziralo automobilsku industriju. U to vrijeme Ford je proizvodio polovicu svih motornih vozila na svijetu, što je značajno utjecalo na globalnu industriju i prometnu infrastrukturu. [22]



*Slika 3.6 Radnici koji obavljaju jedan ponavljajući zadatak [24]*

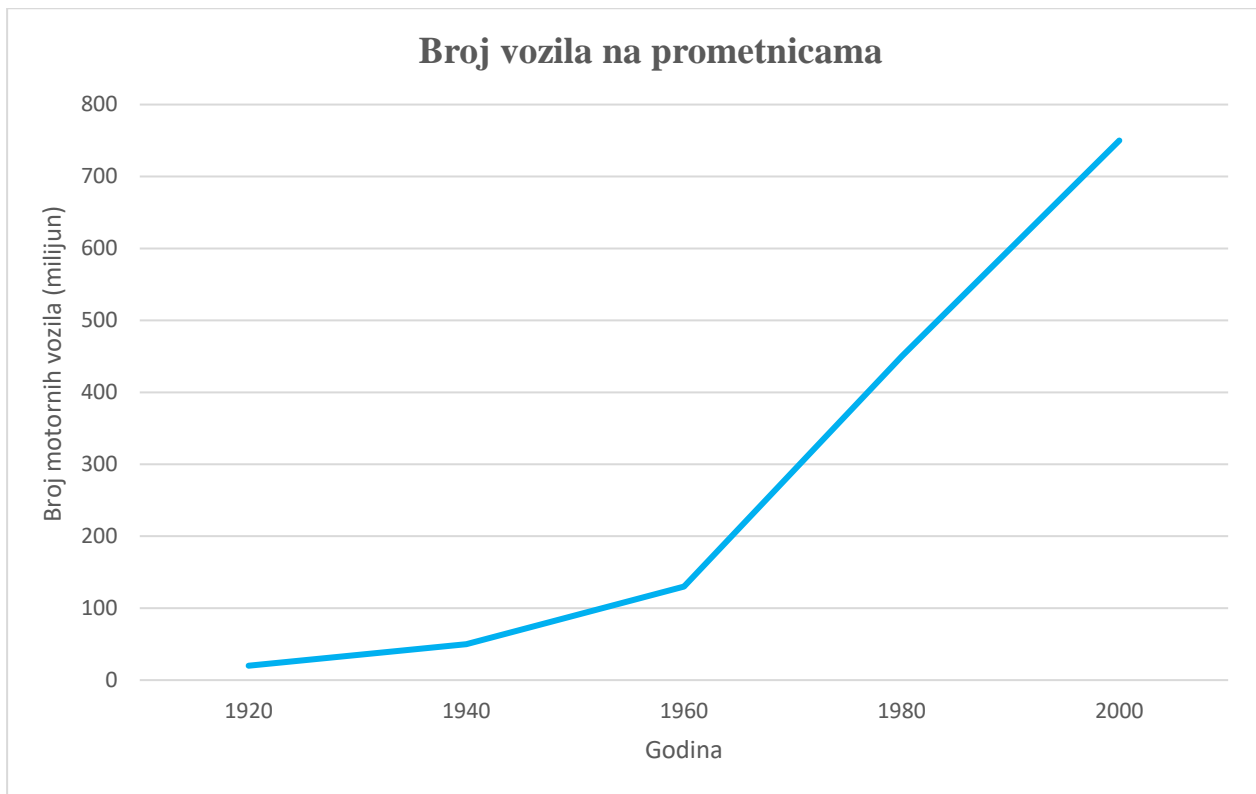
Prvom masovnom proizvodnjom dolazi i do prvih potencijalnih problema koji se odnose na okoliš. Ford Model T nije bio toliko drugačiji od prethodnika Motorwagena u pogledu potrošnje goriva i emisije  $CO_2$ , ali je zbog svoje masovne proizvodnje drastično utjecao na okoliš. Motor koji je pogonio Model T je bio četverocilindraš sa zapremninom motora od čak 2900 kubičnih centimetara. Ovaj motor je proizvodio 20 konjskih snaga te je mogao postići brzinu od čak 70 km/h uz potrošnju od 10-15 litara na 100 kilometara što je u to vrijeme bilo zaista dobro. Ta snaga

je bila sigurna na čeličnoj karoseriji koja je bila iznimno čvrsta kako bi mogla podnijeti opterećenje vožnje po lošim američkim putevima. [23]



Slika 3.7 Usporedba količine proizvodnje Modela T s današnjom Teslom [25]

Prvi masovno proizvedeni automobili imali su dubok i trajan utjecaj na okoliš. Dok je Model T revolucionirao dostupnost automobila i omogućio vlasništvo nad automobilom većem broju ljudi (slika 3.7) masovna proizvodnja također je imala negativne posljedice za okoliš. Dramatičan porast broja automobila na cestama (slika 3.8) dovelo je do povećanih emisija štetnih plinova poput ugljičnog monoksida, ugljičnog dioksida i drugih zagađivača zraka. Ekstrakcija prirodnih resursa uključujući naftu i čelik za izradu automobila također povećava opterećenje okoliša. Iako u to vrijeme nije bilo ekološki osviještenih praksi, uvođenje modela T postavilo je temelje za kasniji tehnološki razvoj usmjeren prema smanjenju negativnog utjecaja na okoliš. Ovo je razdoblje istaknulo važnost balansiranja industrijskog napretka s održivošću okoliša lekcija koja je i danas iznimno relevantna.



Slika 3. 8 Broj vozila na prometnicama po godinama [26]

### 3.2.2 Katalizator

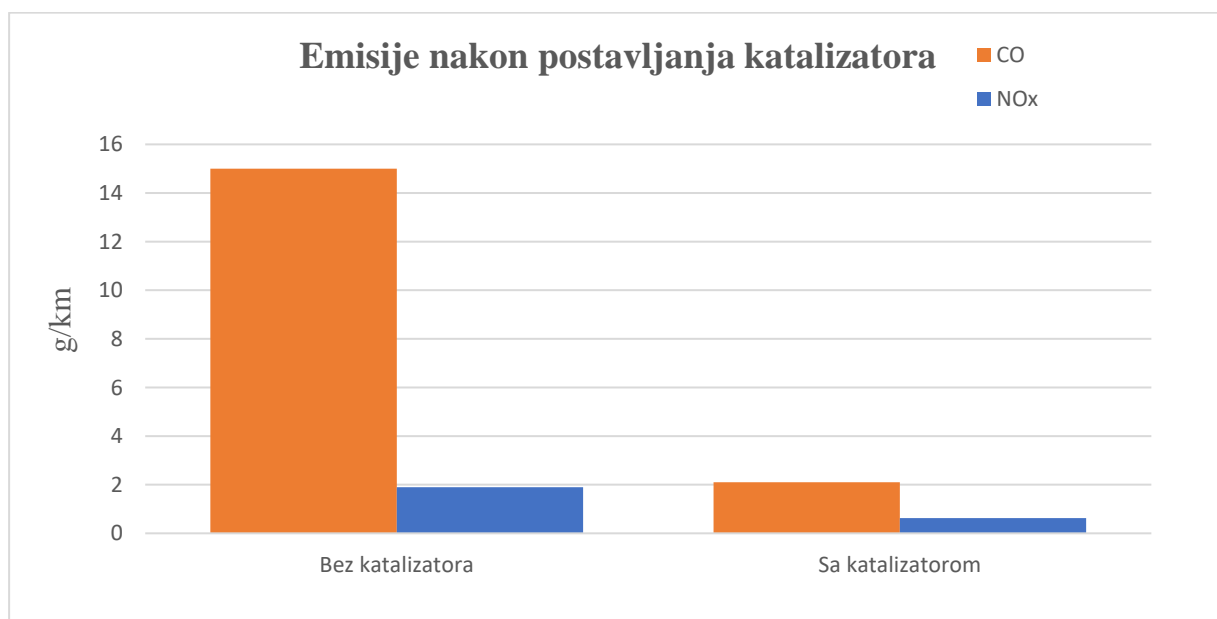
Nakon Drugog svjetskog rata automobilska industrija doživjela je značajne promjene koje su definirale moderni automobil i njegov utjecaj na društvo. Ovo razdoblje bilo je obilježeno brzim tehnološkim inovacijama, promjenama u proizvodnim procesima te evolucijom potrošačkih navika uz velike društvene i ekonomske promjene. Obnova industrije u Sjedinjenim Američkim Državama i Europi dovela je do masovne proizvodnje automobila. Automobili su postali simbol povratka prosperiteta što je povećalo potražnju i ubrzalo razvoj novih tehnologija. Američki automobilski giganti poput General Motorsa, Forda i Chryslera dominirali su svjetskim tržištem dok su europski proizvođači poput Volkswagena, Fiata i Renaulta također značajno pridonijeli razvoju industrije. [28]

Jedna od značajnih inovacija je uvođenje katalizatora u sklop automobila. To je uređaj koji igra glavnu ulogu u smanjenju štetnih plinova. Funkcija mu je pretvaranje štetnih i otrovnih plinova izgaranja u plinove koje nisu toliko štetni okolišu. To radi na način da ima različite kemijske reakcije. Proces redukcije i oksidacije su ključne reakcije gdje se otrovni dušikovi oksidi (NOx) pretvaraju u dušik i vodu, dok se u procesu oksidacije ugljikov monoksid (CO) pretvara u ugljični dioksid koji je manje štetan kao što se može vidjeti na slici 3.9. Razvoj katalizatora omogućio je drastično smanjenje proizvodnje štetnih plinova iz automobila što doprinosi kvaliteti okoliša.



Slika 3.9 Dijelovi katalizatora [29]

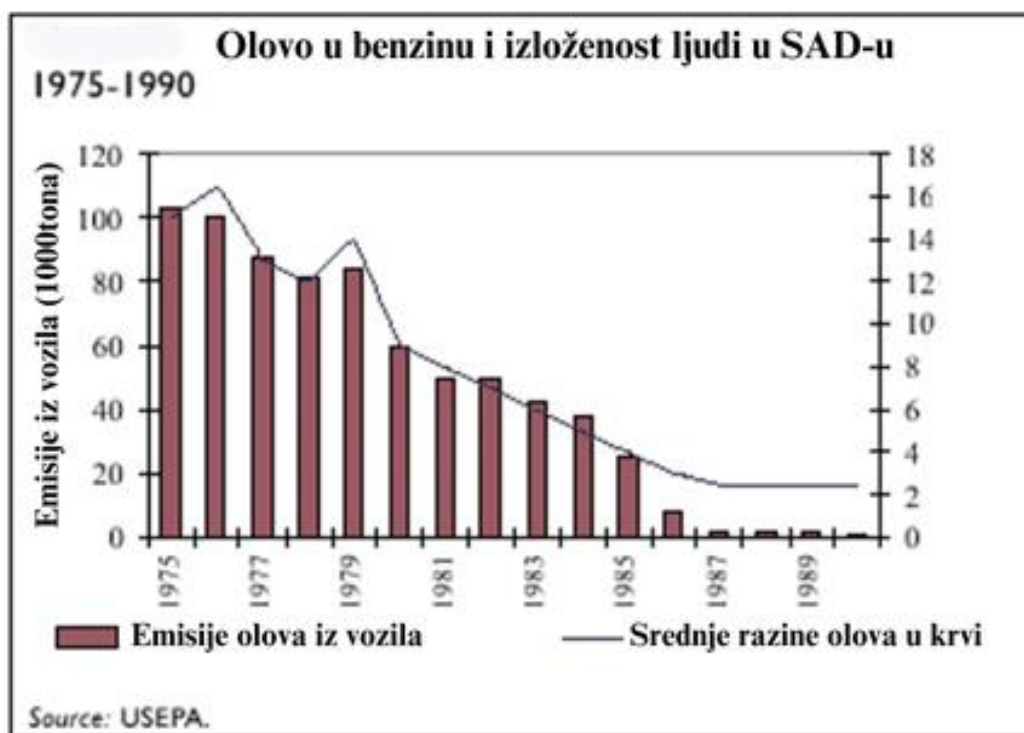
Na slici 3.10 može se vidjeti drastično smanjenje ugljikovog monoksida (CO) nakon postavljanja katalizatora. Smanjenje za čak 85% drastično utječe na okoliš, a pogotovo uzevši u obzir broj auta koji se danas voze na prometnicama.



Slika 3.10 Emisije prije i poslije postavljanja katalizatora [30]

### 3.2.3 Izbacivanje olova iz goriva

Također, važno je napomenuti kako se do 1970-ih godina u sastavu benzinskog goriva nalazilo i olovo što je drastično ubrzavalo zagađenje okoliša. Uvođenje bezolovnog goriva u automobilske industriji 1970-ih godina imalo je značajan pozitivan utjecaj na okoliš. Prije toga, benzin je sadržavao tetraetil olovo kao aditiv za poboljšanje performansi motora, ali je to uzrokovalo ozbiljne ekološke probleme. Tetraetil olovo ispuštalo je otrovne spojeve u atmosferu kroz ispušne plinove automobila što je predstavljalo veliku prijetnju za ljudsko zdravlje, osobito za djecu jer može uzrokovati neurološka oštećenja i različite zdravstvene probleme s dišnim sustavom (slika 3.11). Uvođenjem bezolovnog benzina, razina olova u okolišu je značajno smanjena čime je poboljšana kvaliteta zraka i smanjeni zdravstveni rizici povezani s izloženosti ovom teškom metalu. Iako su kasnije razvijene dodatne tehnologije za smanjenje emisija, bezolovni benzin postavio je temelje za ekološki prihvatljivija goriva i potaknuo daljnje inovacije u automobilske tehnologiji. [31][32]



Slika 3.11 Povezanost olova u krvi sa olovom u gorivu [31]

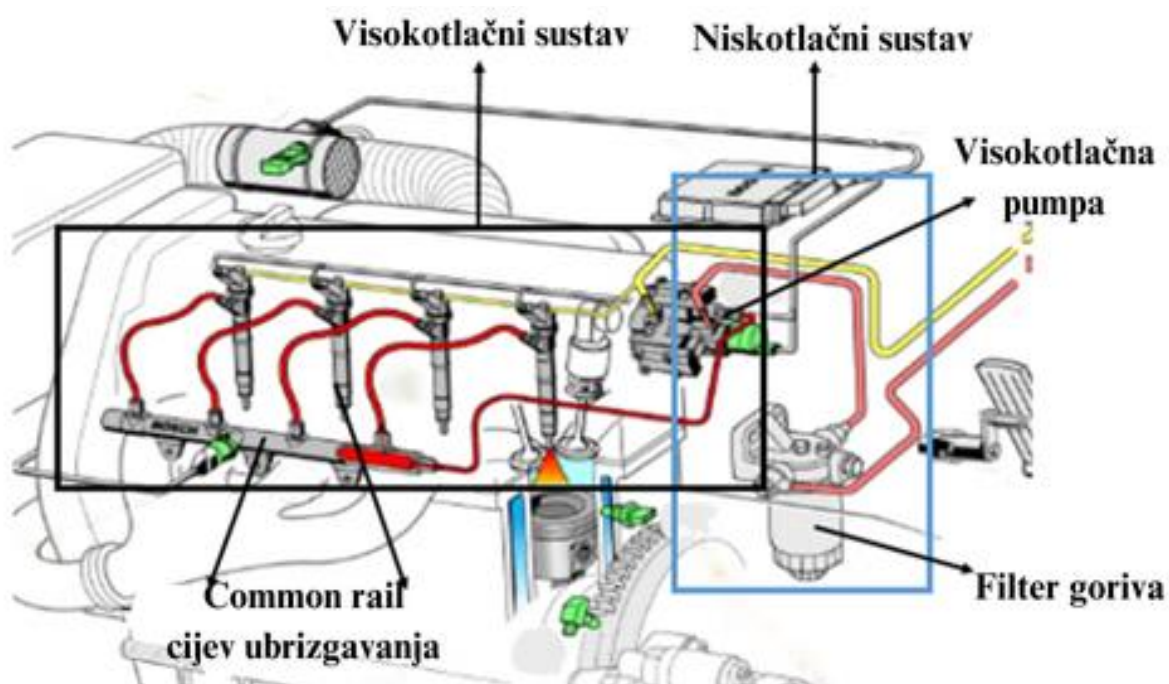
Ekonomski prosperitet i porast životnog standarda potaknuli su masovnu motorizaciju društva. Automobili su postali dostupniji široj populaciji, što je promijenilo urbanistički pejzaž, potičući proširenje gradskih područja. Ovo razdoblje također je vidjelo razvoj sportskih automobila i luksuznih limuzina koje su postale simbolom statusa i prestiža. Poslijeratno razdoblje predstavlja

ključnu fazu u povijesti automobila obilježenu rastom i inovacijama koje su ne samo promijenile način na koji se putuje već i utjecale na okoliš i društvo u cjelini.

### 3.2.4 Elektroničko ubrizgavanje

Elektroničko ubrizgavanje goriva tehnologija je koja je zamijenila tradicionalne mehaničke sustave ubrizgavanja goriva u motorima s unutarnjim izgaranjem. Ova tehnologija postala je standard u automobilskoj industriji tijekom 1980-ih godina i donijela je značajne prednosti, posebno u pogledu učinkovitosti motora i smanjenja štetnih emisija. Rasplinjači su sustavi koji za rad koriste mehanički sustav i ne ovise od elektronike. Dobra stvar je jednostavnost održavanja dok je loša stvar ta da temperatura i nadmorska visina utiču na rad rasplinjača. Tako da se kao glavni razlog nastanka sustava sa elektroničkim ubrizgavanjem povezan s performansama uz sporedni element smanjenje emisija ispušnih plinova.[33][34]

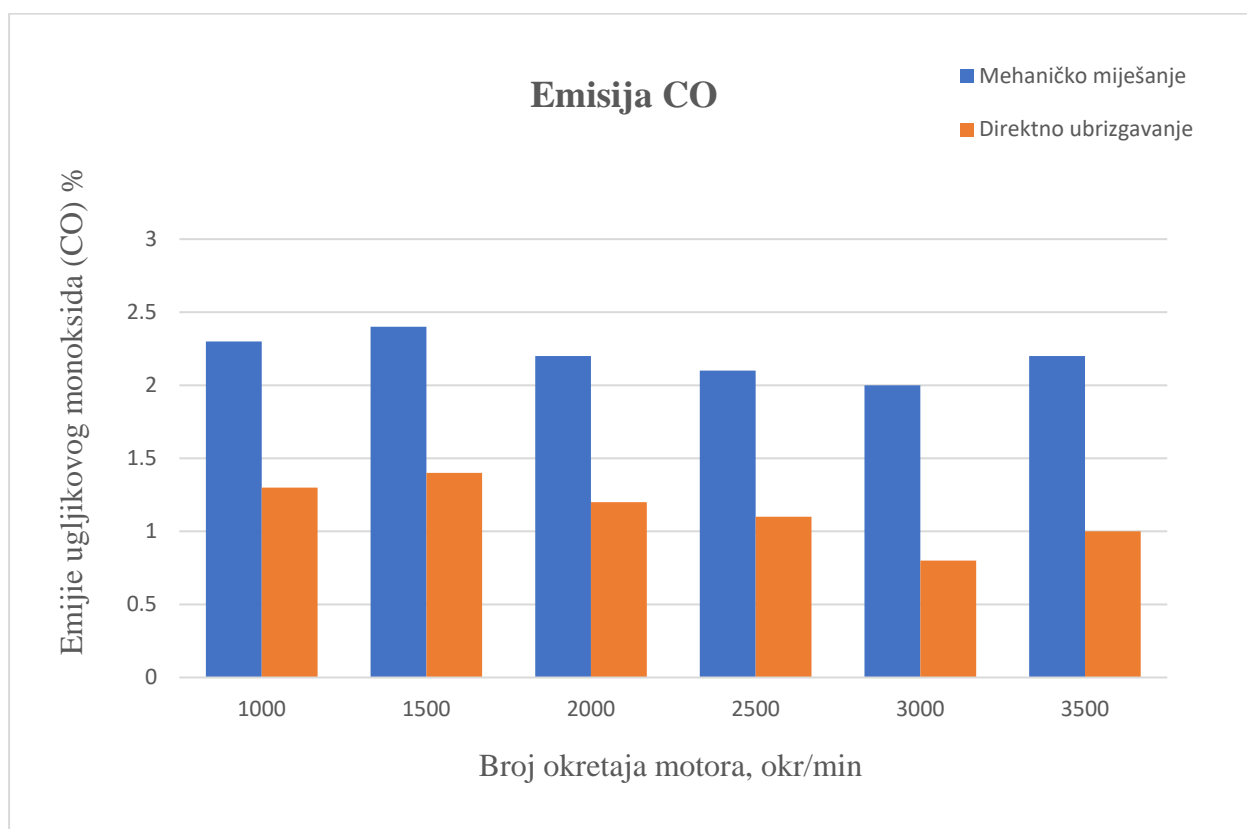
Sustav elektroničkog ubrizgavanja goriva koristi elektronički upravljane injektore za precizno doziranje goriva u cilindre motora. Ključna komponenta sustava je elektronička kontrolna jedinica koja prikuplja podatke iz različitih senzora u motoru, kao na primjer temperature, tlaka zraka i brzine vrtnje motora. Na temelju tih podataka elektronička kontrolna jedinica izračunava optimalnu količinu goriva potrebnu za postizanje učinkovitog i čistog izgaranja. Na slici 3.12 se mogu vidjeti neki od osnovnih dijelova sustava elektroničkog ubrizgavanja u automobilu[34][35]



Slika 3.12 Osnovni dijelovi sustava elektroničkog ubrizgavanja [36]



Smanjenje emisija štetnih plinova je jedan od glavnih utjecaja sustava sa elektroničkim ubrizgavanjem goriva. Plinovi poput ugljičnog monoksida (CO), ugljičnog dioksida ( $CO_2$ ) i dušikovih oksida (NOx) izlaze u manjim količinama čak i za 22% u usporedbi sa mehaničkim sustavom ubrizgavanja zbog preciznijeg doziranja goriva što rezultira optimalnijim izgaranjem. Osim smanjenja emisija štetnih plinova elektronično ubrizgavanje omogućava veće iskorištenje goriva što također smanjuje i potrošnju goriva za do 26% u usporedbi sa mehaničkim sustavom ubrizgavanja. Manja potreba za gorivom rezultira manjim zagađenjem kao što se može vidjeti na slici 3.13. Motori koji koriste ove sustave imaju veću dugovječnost jer se naslage ne talože u tolikim količinama.[37]



Slika 3. 13 Usporedba mehaničkog i direktnog ubrizgavanja [38]

Elektroničko ubrizgavanje goriva predstavlja značajnu inovaciju koje je donijela brojne koristi u vidu ekologije. Ovaj sustav predstavlja temelj za daljnje napretke u automobilskoj industriji.

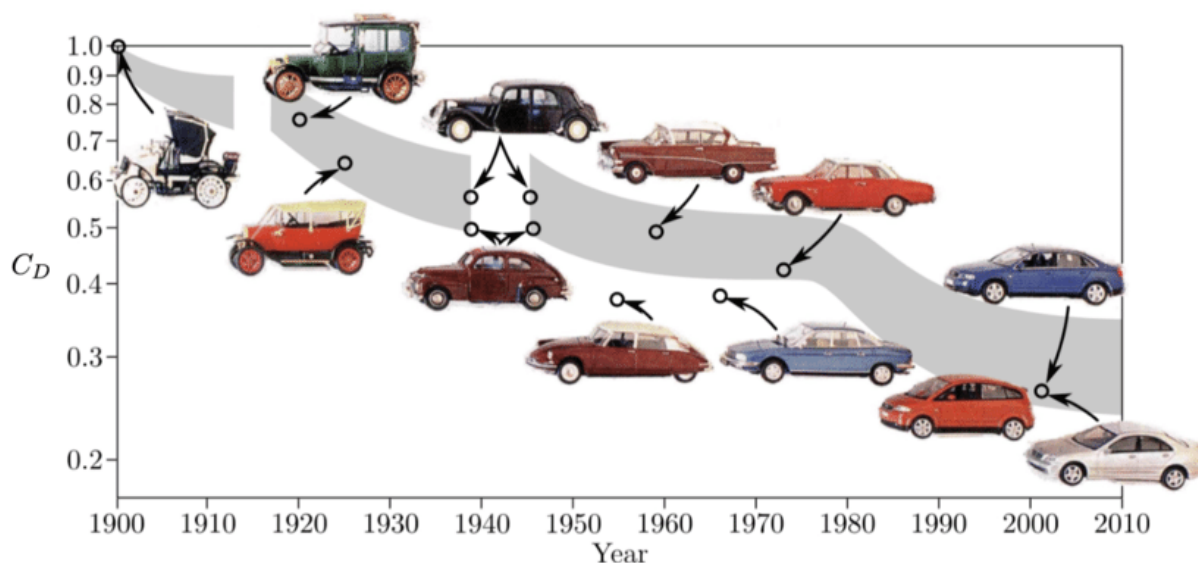
### 3.2.5 Aerodinamika

Potrošnja goriva, performanse i stabilnost vozila uvelike su pod utjecajem napretka u aerodinamici automobila. Područje aerodinamike usredotočeno je na analizu protoka zraka oko vozila i

poboljšanje dizajna automobila kako bi se smanjio otpor zraka. Smanjenjem otpora zraka smanjuje se količina potrošenog goriva jer motor zahtijeva manje energije za svladavanje otpora tijekom vožnje.

Tijekom 20. stoljeća, automobilska industrija pridavala je veliku važnost aerodinamičkom dizajnu. Ovaj naglasak na smanjenju otpora zraka bio je očit u ranim modelima kao što je Chrysler Airflow iz 1930-ih, koji je prikazivao ugladene, zaobljene linije. Kako je vrijeme odmicalo, proizvođači automobila zauzeli su sustavniji pristup optimizaciji dizajna upotrebom zračnih tunela tijekom 1970-ih i 1980-ih. [39]

Smanjenjem koeficijenta otpora ( $C_d$ ) za čak 30-40% kroz povijest vozila mogu poboljšati svoju učinkovitost trošeći manje goriva pri većim brzinama (slika 3.14). Samim smanjenjem potrošnje goriva dolazi se do smanjenja emisija štetnih plinova poput ugljičnog dioksida ( $CO_2$ ), ugljičnog monoksida (CO) i dušikovih oksida ( $NO_x$ ) koji su glavni uzroci zagađenja zraka. Oblikovanje automobila kako bi oni bili više aerodinamičniji potiče upotrebu manje materijala kako bi sama masa automobila bila manja. [39]



Slika 3. 14 Smanjenje koeficijenta otpora zraka kroz godine [40]

### 3.2.6 DPF filter

Dizelski filter čestica (DPF) postao je ključna tehnologija u smanjenju emisija štetnih tvari iz dizelskih motora. Ovaj razvoj proizašao je iz sve strožih ekoloških propisa i rastuće svijesti o negativnim učincima zagađenja zraka na zdravlje ljudi i okoliš. Iako su se prvi koncepti DPF-a

pojavi se već 1970-ih i 1980-ih godina, tek krajem 1990-ih i početkom 2000-ih tehnologija je doživjela značajan napredak. [41][42]

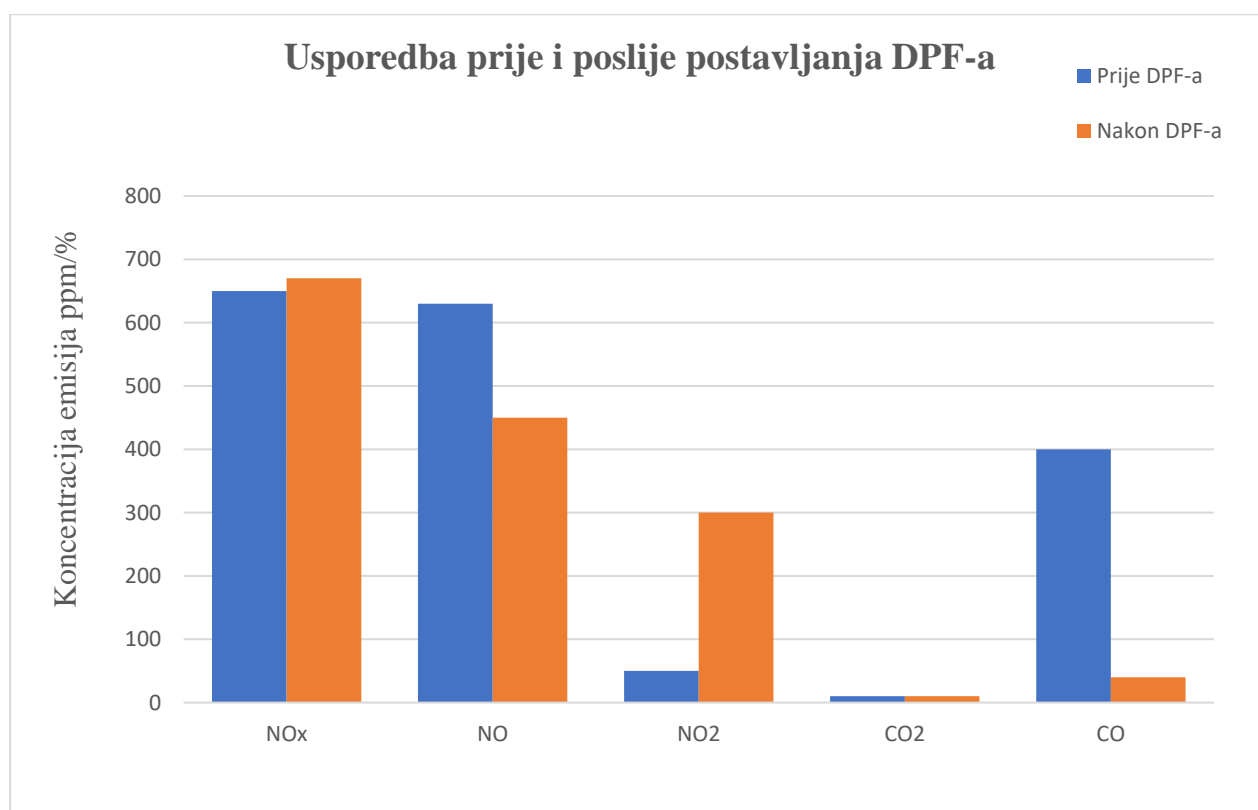
DPF je uređaj smješten u ispušnom sustavu dizelskog motora, izrađen od poroznih keramičkih materijala poput silicij karbida ili kordierita. Njegova funkcija obuhvaća dvije glavne faze: hvatanje čestica i regeneraciju. U prvoj fazi, ispušni plinovi prolaze kroz DPF, a čestice čađe se hvataju na poroznim zidovima filtera, sprječavajući ih da uđu u atmosferu. U drugoj fazi, koja se naziva regeneracija, nakupljena čađa se oksidira i pretvara u ugljični dioksid ( $CO_2$ ), čime se sprječava začepljenje filtera i osigurava njegova dugoročna učinkovitost. [41][42]



*Slika 3.15 Unutrašnjost DPF filtera [43]*

DPF učinkovito smanjuje emisije štetnih plinova iz dizelskih motora donoseći nekoliko važnih prednosti. Prvo je ta da se smanjuje zagađenje zraka te je to ujedno i jedna od najvažnijih prednosti DPF-a. Čestice čađe su glavni zagađivači zraka koji donose lošu kvalitetu zraka i zdravstvene probleme kao što su respiratorne bolesti i rak. DPF smanjuje emisije ovih čestica za 85-99%, značajno poboljšavajući kvalitetu zraka, posebno u urbanim sredinama s visokom koncentracijom vozila. Drugo, DPF omogućava proizvođačima automobila da zadovolje stroge ekološke standarde poput Euro 5 i Euro 6 u Europi koji zahtijevaju niske emisije čestica i drugih štetnih tvari. Time se smanjuje ekološki otisak vozila i promovira održiviji pristup u automobilskoj industriji. Treće, smanjenje emisija čestica čađe direktno utječe na smanjenje zdravstvenih rizika za stanovništvo. Čišći zrak smanjuje bolesti povezanih s onečišćenjem zraka kao što su astma, bronhitis i druge respiratorne bolesti te poboljšava kvalitetu života posebno u područjima s visokom gustoćom

prometa. I na kraju smanjenjem emisija čestica čađe DPF tehnologija doprinosi globalnim naporima za smanjenje zagađenja i ublažavanje klimatskih promjena. Ova tehnologija je važan korak ka održivijem transportnom sektoru koji ima manji negativan utjecaj na okoliš. Sve ove prednosti čine DPF tehnologiju ključnom komponentom u postizanju čisteg i zdravijeg okoliša za buduće generacije. [41][42]

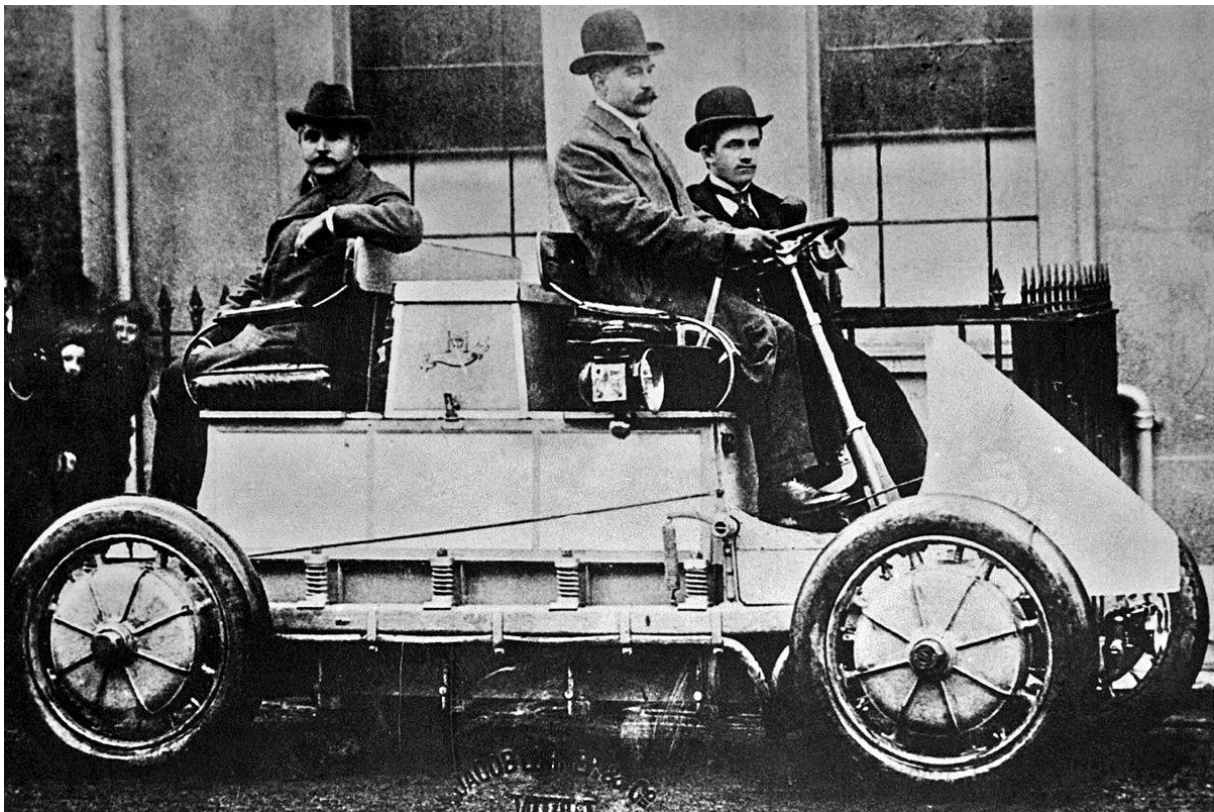


Slika 3. 16 Usporedba emisija prije i poslije DPF-a [44]

Kao što je prikazano na slici 3.16 DPF sustav ima očigledan učinak uklanjanja ukupnih ugljikovodika i dušičnih oksida (CO i NO) iz dimnih plinova dizelskih motora, s učinkom uklanjanja od 88,50%, 95,73% i 42,25%, redom. Istovremeno se povećava sadržaj  $NO_2$  i  $CO_2$  u dimnim plinovima dizelskih motora, dok se sadržaj  $NO_x$  u dimnim plinovima malo mijenja. To je zato što CO i NO u dimnim plinovima dizelskih motora prolaze kroz katalitičke oksidacijske reakcije pod djelovanjem DOC katalizatora te proizvode  $CO_2$ ,  $H_2O$  i  $NO_2$ . Zatim,  $NO_2$  oksidira čestice zarobljene na nosaču katalizatora pod djelovanjem DPF katalizatora kako bi se proizveli  $CO_2$  i NO za hvatanje i regeneraciju čestica. Količina  $NO_2$  proizvedena DOC katalitičkom oksidacijom premašuje količinu  $NO_2$  potrebnu za regeneraciju ugljičnih čestica na nosaču katalizatora, stoga se sadržaj  $NO_x$  nakon DPF filtera gotovo ne mijenja u odnosu na onaj prije DPF filtera, dok se NO smanjuje, a  $NO_2$  povećava. [44]

### 3.2.7 Hibridna vozila

Razvoj hibridnih automobila velika je prekretnica u nastojanjima da se kontrolira zagađenje i uštedi energija u prometnoj industriji. Ova vozila su napravljena kombinacijom motora s unutarnjim izgaranjem i elektromotora što dovodi do bolje potrošnje goriva i smanjene emisije štetnih plinova. Ideja o hibridnom automobilu prvi put se pojavila početkom 20. stoljeća kada je 1900. godine mladi inženjer Ferdinand Porsche predstavio Lohner-Porsche Mixte Hybrid (slika 3.17), koji se smatrao prvim hibridnim vozilom na svijetu; koristio je benzinski motor u kombinaciji s električnim generatorom koji je davao snagu motorima na kotačima. Njegov je izum bio ispred svog vremena jer u to vrijeme nije bilo odgovarajuće tehnološke ni ekonomske osnove za masovnu proizvodnju i široku upotrebu hibridnih vozila. [45][48]

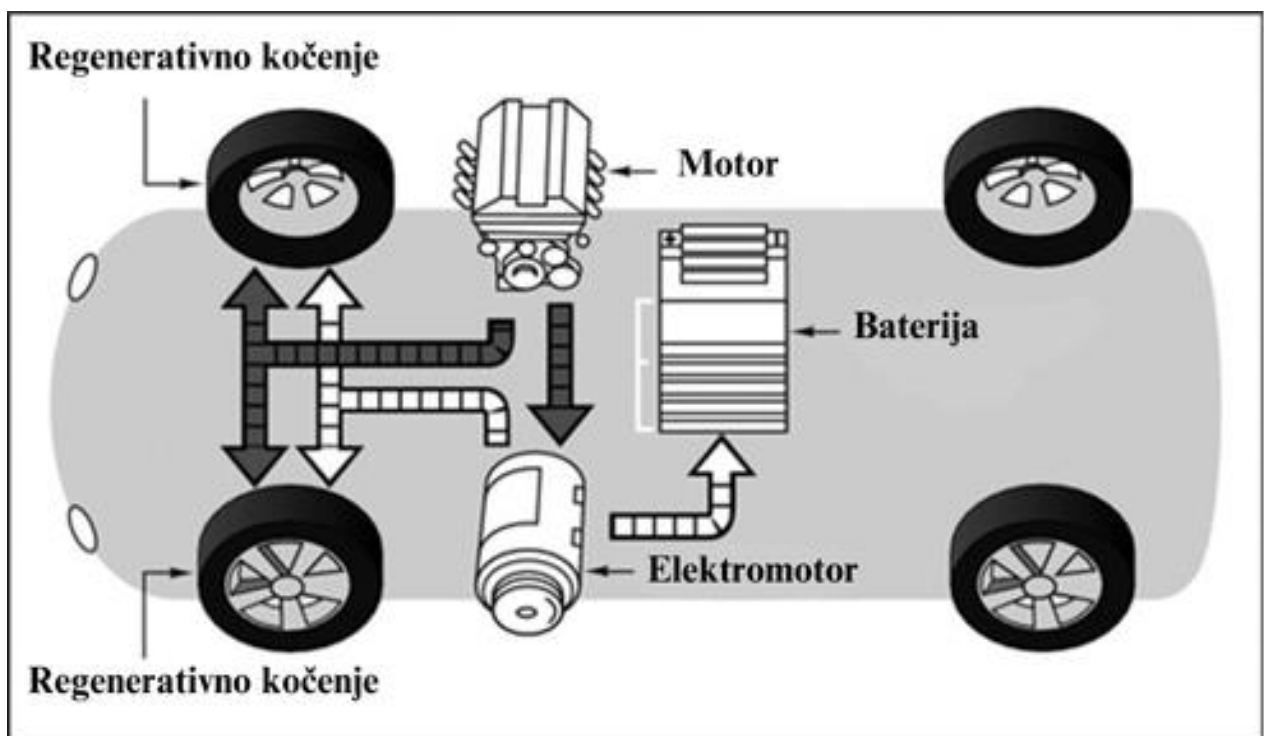


*Slika 3.17 Prvi hibridni automobil na svijetu [48]*

Krajem 20. stoljeća došlo je do obnovljenog interesa za hibridna vozila zbog sve veće zabrinutosti oko onečišćenja zraka i nestašice fosilnih goriva. Prvi komercijalno uspješan hibridni automobil Toyota Prius, lansiran je u Japanu 1997. godine. Prius kombinira benzinski motor s elektromotorom i baterijom koja se automatski puni tijekom vožnje. Model je postao simbol ekološke osviještenosti i tehnološke inovacije te je potaknuo druge proizvođače automobila da razviju vlastite hibridne modele.

Hibridni automobili danas su sve češća pojava, iz mnogo razloga. Donose brojne ekološke prednosti, te ih to čini ključnim čimbenikom u smanjenju negativnog utjecaja na okoliš. Prva, a možda i najvažnija prednost je smanjenje emisija štetnih plinova. Kombinacijom učinkovitijeg izgaranja goriva i korištenjem električnog motora za pogon vozila pri nižim brzinama i u uvjetima mirovanja, kao što su na primjer gradske gužve, hibridni automobili značajno smanjuju emisije  $CO_2$  i drugih štetnih plinova poput  $NO_x$  i čestica čađe i s time doprinose boljoj kvaliteti zraka i smanjenju zagađenja.

Hibridni automobili danas koriste poboljšanu potrošnju goriva, radi koje imaju veliku prednost u očuvanju okoliša. Kako bi se smanjila potrošnja goriva, uz benzinski motor koristi se i električni motor. On preuzima dio tereta pri pokretanju vozila i pri vožnji manjim brzinama, dok benzinski motor radi pri optimalnijim uvjetima, smanjujući tako ukupnu potrošnju goriva. Ovakav sustav ne samo da smanjuje troškove za gorivo, već smanjuje i emisije povezane s njegovim izgaranjem. Još jedan od vrlo povoljnih sistema hibridnih automobila je regenerativno kočenje koje je prikazano na slici 3.18, pri čemu se kinetička energija koja se gubi tijekom kočenja pretvara u električnu energiju koja se pohranjuje u bateriji. Ovaj proces poboljšava energetska učinkovitost i smanjuje potrebu za čestim punjenjem baterije. Regenerativno kočenje tako doprinosi održivijoj upotrebi energije te samim time produžava vijek trajanja baterije. [46][47][49]

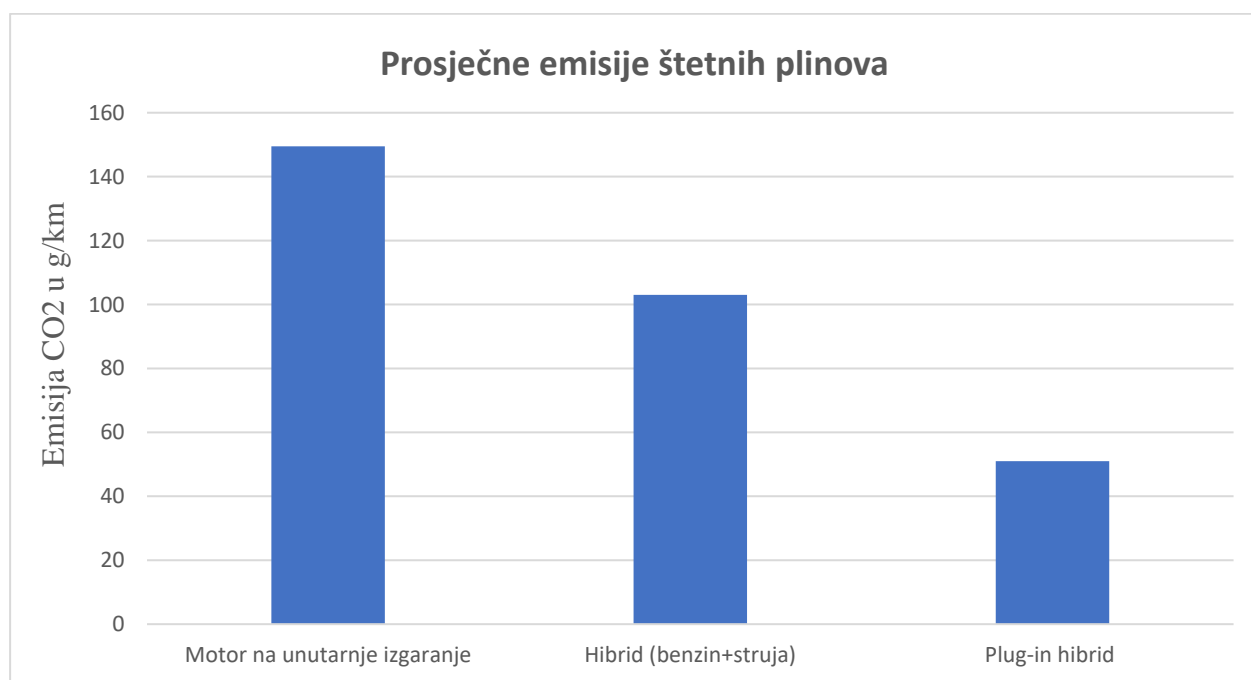


Slika 3.18 Osnovni dijelovi hibridnog automobila [51]

Manje zagađenje bukom još je jedan od značajnih benefita hibridnih automobila. Tiši su od konvencionalnih vozila, jer električni motor radi tiše od benzinskog. Manje buke doprinosi smanjenju zagađenja bukom, što pozitivno utječe na kvalitetu života u urbanim sredinama. Tiša vozila također pomažu u smanjenju stresa i poboljšanju općeg blagostanja stanovnika.

Razvoj i popularizacija hibridnih automobila potiču daljnje istraživanje i razvoj održivih tehnologija u automobilskoj industriji. To uključuje napredak u tehnologijama baterija, električnih motora i alternativnih goriva. Ovaj tehnološki napredak ne samo da čini vozila ekološki prihvatljivijima, već također stvara temelje za budući razvoj potpuno električnih vozila i drugih inovacija koje će dodatno smanjiti utjecaj transporta na okoliš. Hibridni automobili, sa svojim brojnim prednostima, predstavljaju važan korak prema održivijoj budućnosti, smanjujući emisije štetnih plinova, poboljšavajući energetske učinkovitost i potičući razvoj novih tehnologija koje će pomoći u očuvanju planeta. [46][47][49]

Emisije hibridnih vozila su danas bliže pa u nekim slučajevima čak i niže od preporučenih razina koje je zadala agencija za zaštitu okoliša. Prema agenciji preporučena razina iznosi 5,5 metričkih tona  $CO_2$  godišnje no neka vozila poput Toyote Prius i Honde Civic imaju između 2,5 i 4 metričkih tona  $CO_2$  što pokazuje značajniji napredak u svijetu hibridnih automobila. Za samu izradu tih vozila je potrebna veća upotreba fosilnih goriva, ali na određenoj kilometraži taj zaostatak se nadoknadi. Hibridni automobili predstavljaju značajan korak prema održivijem transportnom sustavu pružajući brojne ekološke prednosti i inovacije koje pomažu u smanjenju negativnog utjecaja automobila na okoliš. Na slici 3.19 vidimo usporedbu istih auta s drugim motorima [50]



Slika 3.19 Prosječna emisija CO<sub>2</sub> [52]

### 3.2.8 Vozila pogonjena plinom

Prvi motor s unutarnjim izgaranjem na plin konstruirao je belgijski inženjer Étienne Lenoir 1860. godine. Iako inovativan, motor je imao malu snagu i veliku potrošnju goriva. Tim izumom postavio je temelje za razvoj moćnijih i efikasnijih plinskih motora u budućnosti. [54]

Plinski motori su vrsta motora s unutarnjim izgaranjem koji koriste plin kao gorivo. Njihova snaga kreće se od 10 kW do 4000 kW, što ih čini idealnim za širok raspon primjena. Izdržljiviji su od benzinskog motora, te se često koriste za proizvodnju električne energije, toplinske energije, te za pogon autobusa i automobila. Postoje razna goriva, kao što su bioplina, prirodni plin ili plin dobiven iz nafte ili ugljena. LPG je gorivo koje se koristi u današnjim automobilima. To je mješavina ukapljenih ugljikovodika. Teži je od zraka bez boje i mirisa, no radi sigurnosti unatoč curenja, dodaju mu se dodaci radi čega ima izražen miris. Oko 40% LPG-a dobiva se rafiniranjem sirove nafte, ostatak izdvajanjem propana i butana iz prirodnog zemnog plina. Ova vrsta plina ima vrlo nizak stupanj zagađenja što ga čini vrlo povoljnim za očuvanje okoliša. [53][54]

Neke od prednosti su manja potrošnja goriva, tihi rad, ukapljeni plin košta znatno manje od benzinskog i dizelskog goriva, a sama ugradnja plina u automobil na benzinski pogon se može odraditi unutar jednog dana. Plin manje šteti okolišu za razliku od benzina i dizela. Njegovim izgaranjem ne stvara se čađa, dim i neugodni mirisi zbog čega je dobar za korištenje u javnom gradskom prijevozu kao što se vidi na slici 3.14. [53][54]



Slika 3.20 Gradski autobusi pogonjeni plinom [55]



### 3.2.9 Vozila na električni pogon

Električna vozila nisu ništa novo u povijesti automobila. Prvi pokušaji električnih automobila sežu u rano 19. stoljeće. Mađarski inženjer Ányos Jedlik napravio je malu električnu lokomotivu još 1828., dok je škotski izumitelj Robert Anderson razvio rudimentarne električne vagonne 1830-ih. Ali prvi pravi električni automobil rođen je 1889. godine, kada su William Morrison i njegovi kolege u Des Moinesu, Iowa, razvili vozilo koje je moglo prevesti do šest putnika, vidljivo na slici 3.21, brzinom od 14 milja na sat. Prvi električni automobil masovne proizvodnje bio je "Flocken Elektrowagen" kojeg je izumio njemački izumitelj Andreas Flocken 1888. godine. Međutim, električna vozila postala su popularnija tek krajem 19. i početkom 20. stoljeća. Oko 1900. električni automobili činili su veliki udio u ukupnom broju vozila na cestama, posebno u urbanim područjima, jer su bili tihi i laki za upravljanje u usporedbi s vozilima na parni ili benzinski pogon [56]



*Slika 3.21 Prvi električni automobil [57]*

Popularnost električnih automobila počela je opadati nakon 1910. godine kada je Henry Ford pokrenuo masovnu proizvodnju Modela T benzinskog automobila koji je bio puno jeftiniji i imao je veći doseg. No interes za električna vozila nije potpuno nestao. U 1960-ima i 1970-ima s rastućom zabrinutošću za okoliš i sve većim cijenama nafte električna vozila ponovno su se počela razmatrati kao održiva alternativa. Pravi zamah u razvoju i popularnosti električnih vozila dogodio se početkom 21. stoljeća. Osnivanje tvrtke Tesla Motors 2003. godine i lansiranje njihovog Roadstera 2008. godine, koji je vidljiv na slici 3.22, označili su prekretnicu u industriji električnih automobila. Tesla je dokazao da električna vozila mogu biti praktična i luksuzna. Slijedile su druge velike automobilske kompanije kao što su Nissan s modelom Leaf 2010. godine i Chevrolet sa svojim Volt modelom. [56]



*Slika 3.22 Tesla Roadster iz 2008. godine [58]*

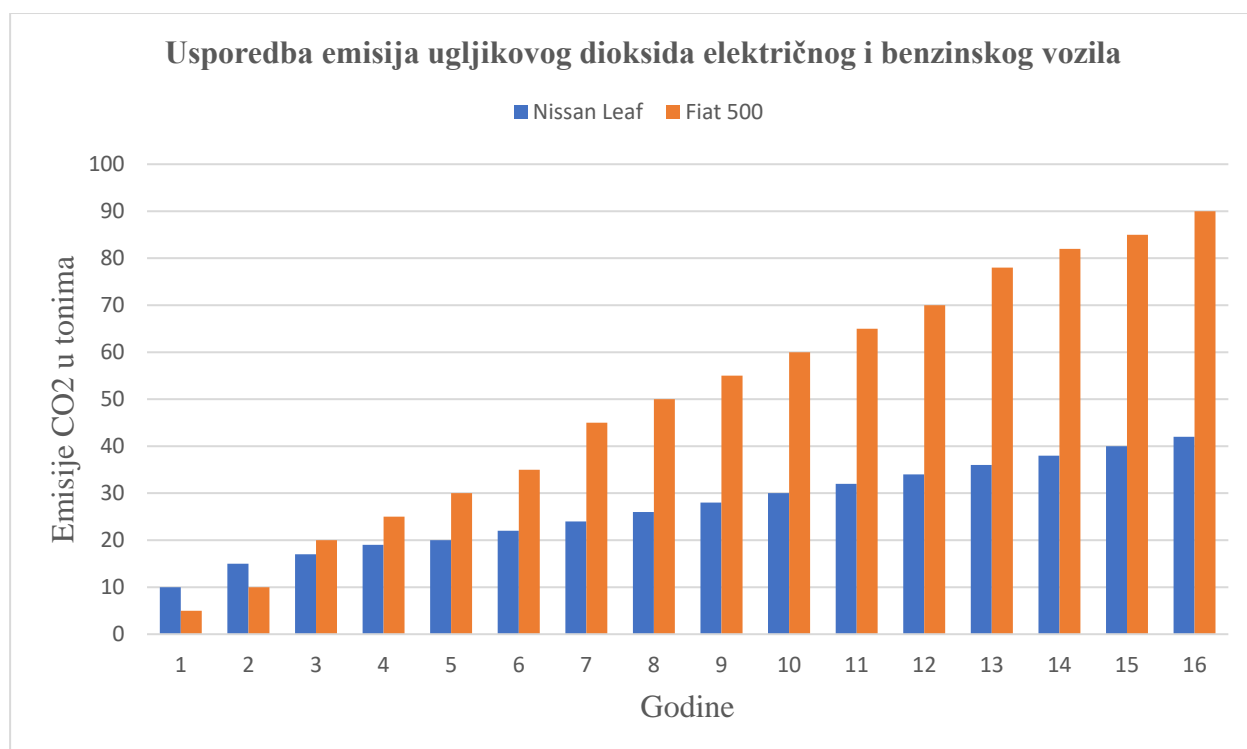
Jedan od ključnih razloga za razvoj električnih vozila je smanjenje emisija stakleničkih plinova. Tradicionalna vozila s motorima sa unutarnjim izgaranjem emitiraju velike količine  $CO_2$  i drugih štetnih plinova što doprinosi globalnom zatopljenju i zagađenju zraka. Električna vozila (EV) ne proizvode emisije tijekom vožnje što značajno smanjuje njihov utjecaj na okoliš pogotovo u urbanim sredinama. Međutim, emisije tijekom proizvodnje električne energije koju EV koriste mogu varirati ovisno o izvorima energije. Proizvodnja električnih vozila posebno njihovih baterija može imati drastičan utjecaj na okoliš. Proces vađenja i obrade litija, kobalta i drugih rijetkih

metala (toksični i zapaljivi materijali) potrebnih za baterije može uzrokovati ekološke i socijalne probleme pogotovo u manje razvijenijim državama kao što su Bolivija i Zimbabve kao što je vidljivo na slici 3.23. Primjer Čilea čija se tvornica litija smatra jednim od najprljavijih mjesta na cijelome svijetu. Tvornica u regiji Salar de Atacama koristi čak 65% vode iz te regije što svakako ima loš utjecaj na mještane. Međutim, napredak u tehnologiji reciklaže koja sada iznosi svega 5% i razvoj alternativnih materijala za baterije, kao što su baterije s krutim elektrolitom obećavaju smanjenje ovog negativnog utjecaja čineći električna vozila još manje štetnim za okoliš. Životni vijek baterija u električnim vozilima ključan je za njihovu održivost. Današnje litij-ionske baterije imaju radni vijek od oko 8-15 godina, a to ovisi o načinu i uvjetima vožnje. Nakon što se baterije više ne mogu koristiti za vozila ona i dalje ostaju u upotrebi korištenjem u stacionarnim energetske sustavima čime se dodatno smanjuje njihov utjecaj na okoliš. Električna vozila imaju manje pokretnih dijelova od vozila s unutarnjim izgaranjem što rezultira manjim potrebama za održavanjem što uključuje zamjenu ulja, filtera, rashladnih tekućina itd. i duljim vijekom trajanja komponenti. Također, smanjenje buke i lokalnog zagađenja zraka pozitivno utječe na kvalitetu života najviše u urbanim područjima. [59]



*Slika 3.23 Negativna strana električnih automobila [60]*

Elektrifikacija vozila predstavlja ključnu komponentu u tranziciji prema održivom prometnom sustavu. Trenutno zanemarivši negativne utjecaje koja ima proizvodnja i reciklaža dijelova ukupni pozitivni utjecaji vezani uz smanjenje stakleničkih plinova čine električna vozila privlačnom alternativom. Razvojem tehnologije očekuje se porast električnih vozila na prometnicama.

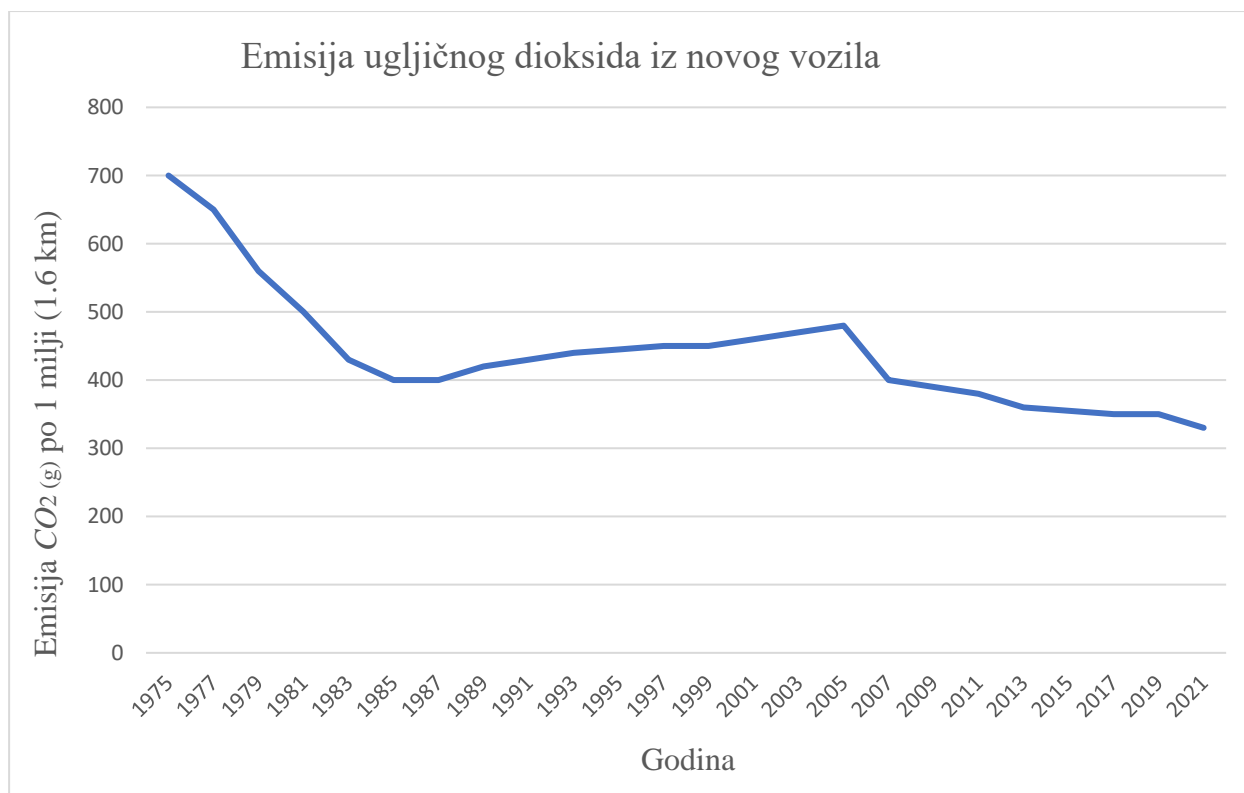


Slika 3.24 Usporedba emisija CO<sub>2</sub> električnog vozila i vozila s motorom na unutarnje izgaranje [61]

Na slici 3.24 se uspoređuju Nissan Leaf i Fiat 500 u kontekstu emisija CO<sub>2</sub>. Graf jasno pokazuje da Fiat 500 emitira manje CO<sub>2</sub> tijekom proizvodnje u usporedbi s Nissan Leaf-om, koji ima veće emisije CO<sub>2</sub> zbog izrade baterija. Ova usporedba naglašava važnost analize cijelog životnog ciklusa vozila pri ocjeni njihovog utjecaja na okoliš. Iako Nissan Leaf ima veću emisiju CO<sub>2</sub> tijekom proizvodnje no tijekom vožnje generira znatno manje emisije u usporedbi s benzinskim Fiatom 500. Time se ukupni ekološki otisak Leafa smanjuje kroz vrijeme korištenja dok Fiat 500 s nižim početnim emisijama tijekom vožnje emitira više CO<sub>2</sub>.

Danas, u 2024. godini na svijetu postoji skoro 1.500.000.000 motornih vozila stoga motorna vozila, posebno automobili imaju značajan utjecaj na okoliš kroz emisije štetnih plinova i potrošnju prirodnih resursa. Tradicionalni automobili s motorima s unutarnjim izgaranjem doprinose zagađenju zraka ispuštanjem ugljičnog dioksida (CO<sub>2</sub>), ugljičnog monoksida (CO), dušikovih oksida (NO<sub>x</sub>) i drugih štetnih plinova. Proizvodnja ovih vozila dodatno povećava

ekološki otisak zbog vađenja i prerade sirovina poput nafte i čelika. Međutim napredak u tehnologiji donosi drastične promjene. Razvoj električnih vozila, poboljšanje aerodinamike i implementacija učinkovitijih sustava za kontrolu emisija doprinose smanjenju štetnog utjecaja na okoliš kao što je vidljivo na slici 3.25. Električna vozila poput Nissan Leafa iako imaju veće emisije  $CO_2$  tijekom proizvodnje zbog baterija tijekom vožnje proizvode znatno manje emisije u usporedbi s konvencionalnim vozilima. Ove promjene ističu važnost analize cijelog životnog ciklusa vozila kako bi se pravilno procijenio njihov stvarni utjecaj na okoliš. Za postizanje održivije budućnosti, ključno je nastaviti razvijati i primjenjivati tehnologije koje smanjuju emisije i optimiziraju potrošnju resursa uz promicanje ekološki osviještenih praksi među proizvođačima i korisnicima vozila. Balansiranje industrijskog napretka s održivošću okoliša ostaje ključna lekcija za današnje i buduće generacije.



Slika 3. 25 Emisija ugljičnog dioksida iz novog vozila [62]

## 4. KAMIONI

Kamioni imaju važnu ulogu u globalnom transportu zbog toga što prevoze robu na velike udaljenosti i opskrbljuju gradove sa okolnim naseljima. Prema procjenama iz 2023. godine na svijetu postoji oko 300 milijuna kamiona. Kada se gleda ukupan broj vozila na Svijetu, kamioni čine oko 15% svih vozila. Važnost kamiona je ogromna pogotovo danas zbog toga što prevoze različite proizvode poput prehrambenih proizvoda, medicinskih potrepština, industrijskih materijala. Bez učinkovitog kamionskog prijevoza, globalna ekonomija bi se suočila s ozbiljnim poremećajima u lancu opskrbe. Međutim, uz svu važnost koju kamioni imaju kako bi svijet normalno funkcionirao oni predstavljaju i jedan veliki izazov za okoliš jer su odgovorni za veći dio emisije štetnih plinova. Uz sve to oni su također odgovorni za povećano trošenje cesta zbog mase koju imaju što rezultira češćim obnavljanjem.[63]

### 4.1 Povijest kamiona

Nakon izuma automobila brzo se pojavila potreba za teretnim vozilom. Gottlieb Daimler je bio čovjek koji je tu potrebu pretvorio u stvarnost sa svojim kamionom vidljivim na slici 4.1



*Slika 4.1 Daimlerov prvi kamion [64]*

Daimlerov kamion koji je bio napravljen 1896. godine jer koristio motor s unutarnjim izgaranjem s dva cilindra koji je razvijao snagu od oko 2,9 kW što bi otprilike bilo četiri konjske snage. Kao što je već spomenuto ovaj izum je bio osmišljen za prijevoz tereta, a mogao je prevoziti sve do pet tona tereta. Bitno je naglasiti kako brojke vezane uz emisije štetnih plinova nisu puno različite od prvih automobila.[64]

## 4.2 Moderni kamioni

Razvoj kamiona kakvi danas postoje započeo je sredinom 20. stoljeća za vrijeme drugog svjetskog rata gdje su kamioni imali vojnu upotrebu više nego civilnu. Njihov veliki utjecaj na okoliš nije odmah primijećen jer nikakvi propisi nisu postojali vezano za okoliš. Početkom 1970-ih godina kada su se ti propisi prvi puta uveli provedena su ozbiljna istraživanja o utjecaju pojedinih vrsta vozila na okoliš pa samim time i na ljude. Kamioni su tada identificirani kao značajan izvor onečišćenja okoliša. Zbog svojih masivnih motora od kojih su neki imali i čak 17.000 kubičnih centimetara te zbog svoje mase emitirali su zabrinjavajuće brojke  $CO_2$  i  $NO_x$ . Na slici 4.2 su vidljivi vojni kamioni marke „Iveco“ čiji motori imaju zapremninu od 17.000 kubičnih centimetara.[65]

Tijekom narednih dva desetljeća zbog rastuće zabrinutosti za okoliš vlade širom svijeta počele su uvoditi stroge regulacije vezane uz emisije štetnih plinova. Pošto su te stavke zajedničke i za kamione i za automobile svari koje su već navedene neće biti dotaknute u ovoj cjelini.



Slika 4.2 Iveco kamioni

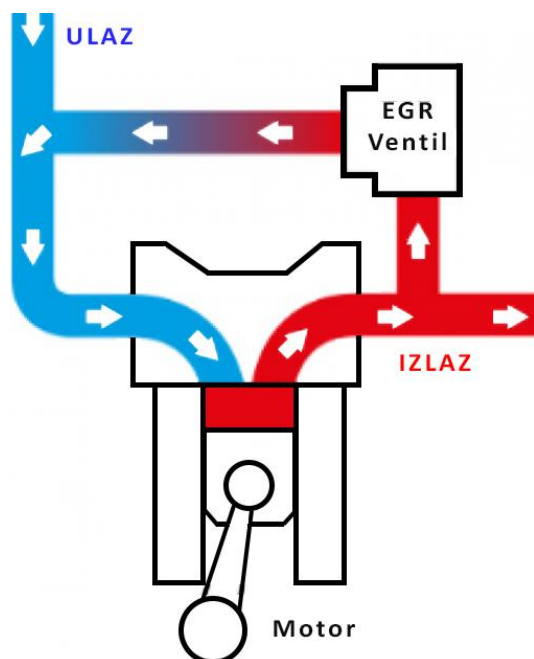
#### 4.2.1 EGR sustavi

Ovi sustavi su razvijeni krajem 1960-ih godina zbog strožih regulacija vezanih uz emisije štetnih plinova najviše zbog emisija iz kamiona. Isprva EGR sustavi su se pojavljivali na benzinskim motorima, ali nedugo nakon svoje mjesto su pronašli i u dizelskim motorima. EGR sustavi najviše pomažu prilikom smanjenja plinova dušikovih oksida ( $NO_x$ ).[66]

Ovaj sustav funkcionira na način da dio ispušnih plinova vraća natrag u usisnu cijev motora što je prikazano na slici 4.3. Ti reciklirani ispušni plinovi zamjenjuju dio novog zraka koji bi ušao u motor čime se smanjuje razina kisika koji će biti dostupan za izgaranje.[67]

Temperatura izgaranja goriva od 1500 °C je kritična temperatura za stvaranje štetnih oksida koji pomažu u nastanku smoga. Ukoliko motor dobije kisika više nego što mu je potrebno temperatura će se povećavati što će dovesti do ubrzanog izgaranja smijese čime se stvaraju dušikovi oksidi ( $NO_x$ ) koji su jedni od štetnijih plinova za okoliš. Povećanje razina dušikovih oksida dovodi do gubitka snage motora i povećanje razine ugljikovog dioksida ( $CO_2$ ). EGR sustav regulira smjesu zraka i goriva te na taj način pomaže u održavanju efikasne temperature izgaranja tako da vraća dio ispušnih plinova ponovno u proces izgaranja čime smjesa prorijedi.[67]

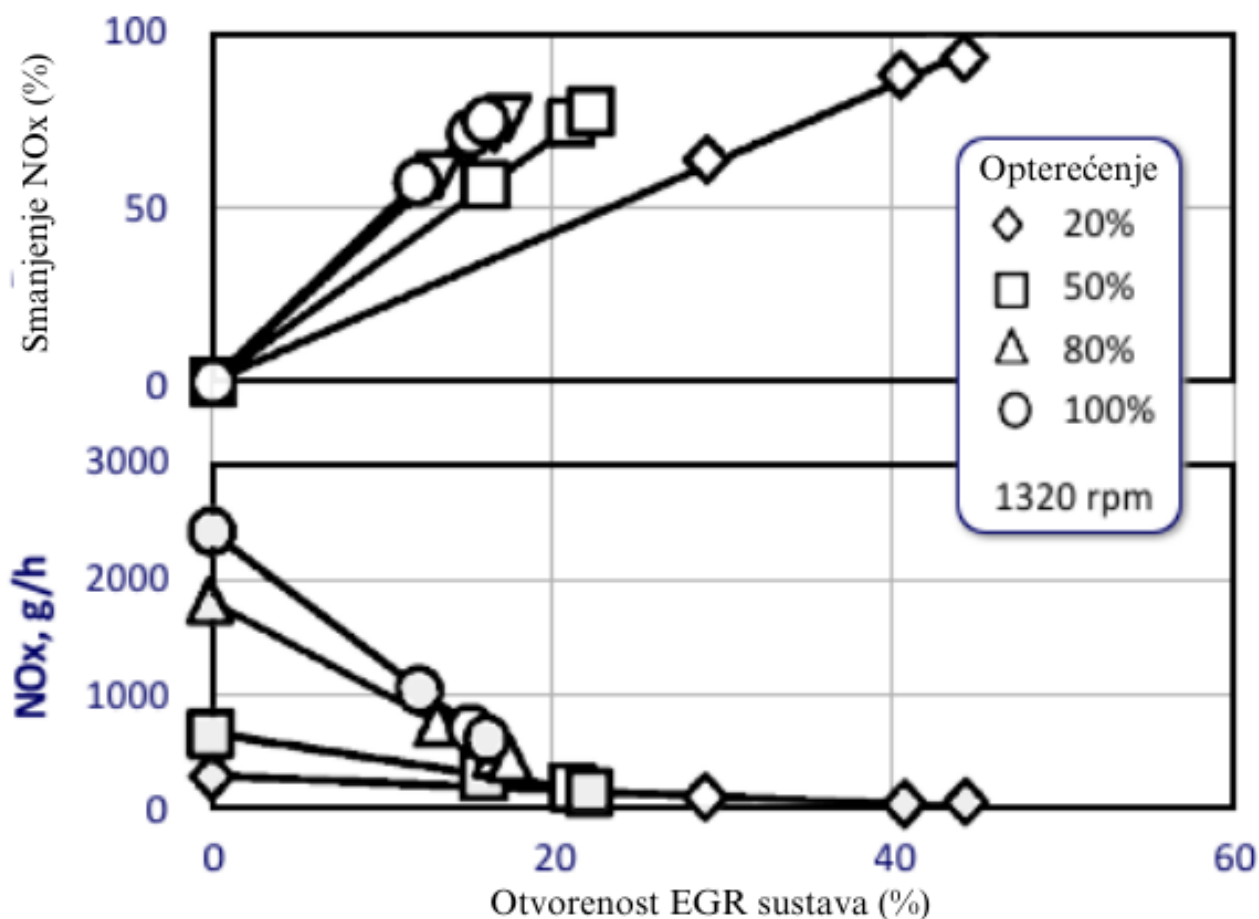
Naravno ovaj sustav ima mana koje se odnose na dugotrajnost motora. Recirkulacija ispušnih plinova može dovesti do nakupljanja čađe i taloga unutar samog motora što može dovesti do neželjenih kvarova.[67]



Slika 4.3 Shematski prikaz funkcioniranja EGR sustava



EGR sustav predstavlja najključniju tehnologiju kako bi se smanjila emisija dušikovih oksida iz kamiona i drugih vozila. Uvođenje ovog sustava uspjelo se na neki način oduprijet ekološkim standardima čime se smanjuje negativan utjecaj transportnog sektora. Zbog efikasnosti EGR sustavi su obavezni dijelovi svih dizelskih motora.



Slika 4.4 Utjecaj otvorenosti EGR sustava na ispušne plinove [68]

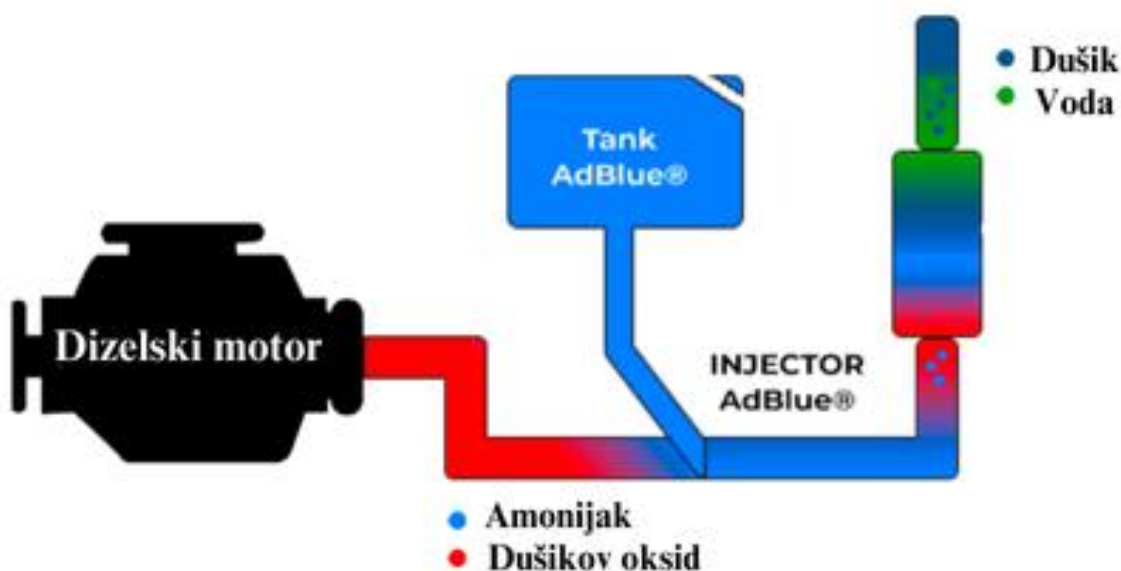
Na slici 4.4 može se vidjeti kako otvorenost EGR sustava djeluje na ispuštanje dušikovih oksida (NOx). Gornji graf prikazuje da se već na 20% otvorenosti EGR ventila postiže smanjenje dušikovih oksida za čak 70%. Donji graf prikazuje koliko grama po satu se proizvede dušikovitog oksida.[68]

#### 4.2.2 AdBlue sustav

Također kao i EGR sustav, AdBlue sustav je osmišljen kao odgovor na strože regulacije vezane uz emisije štetnih plinova u atmosferu. To se najviše odrazilo na stanovnike Europske unije gdje se uvode „Euro“ norme. Ovi standardi imaju određeni minimum štetnih plinova koji svaki auto mora zadovoljit kako bi mogao biti na prometnicama.

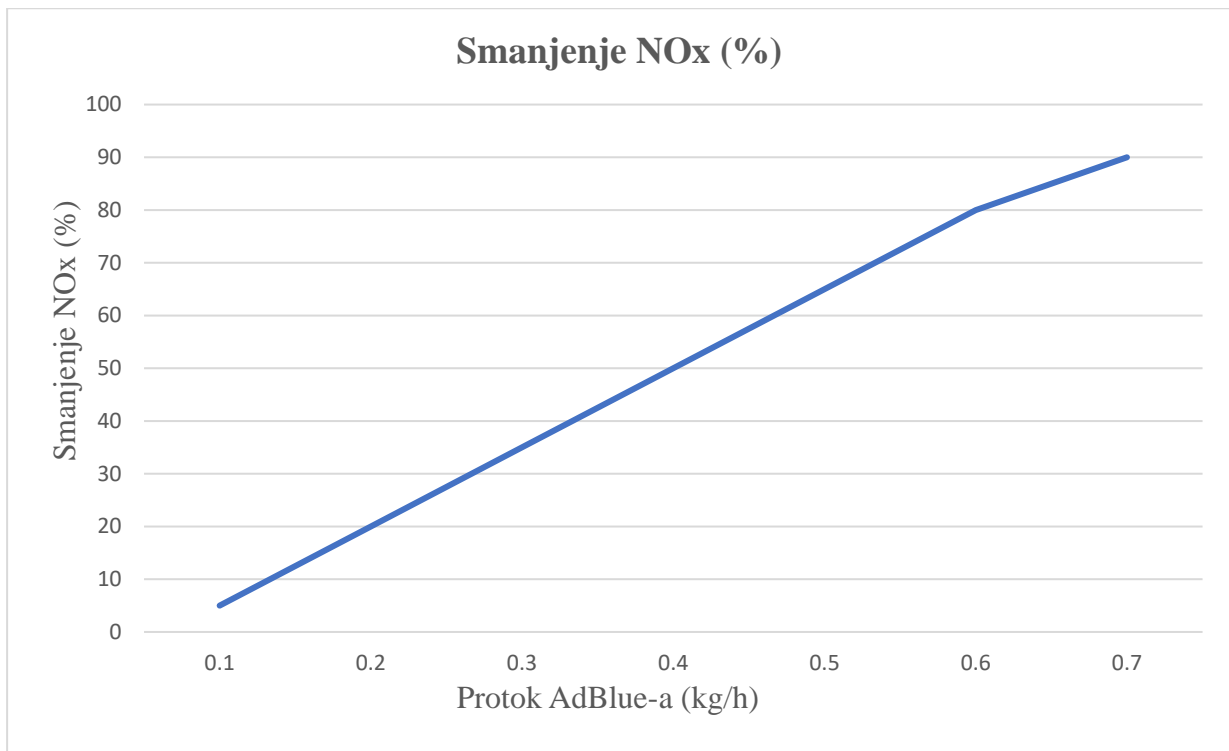
AdBlue je tekućina koja se ulijeva u automobile koji imaju ugrađene katalizatore. To je otopina koja ima vrlo veliku čistoću, a sastoji se od 32,5% uree i 67,5% destilirane vode. Otopina se zatim ubrizgava u ispušni sustav prije katalizatora što se obično događa na visokim temperaturama dok motor radi pod opterećenjem. Nakon ubrizgavanja dešava se kemijska reakcija gdje se AdBlue raspada na amonijak ( $NH_3$ ) i dušikov dioksid ( $CO_2$ ). Amonijak ( $NH_3$ ) koji se dobije reagira sa dušikovim oksidom ( $NO_x$ ) nakon čega ga pretvara u bezopasni dušik ( $N_2$ ) i u vodu ( $H_2O$ ). Kamioni odnosno i sva vozila koja su opremljena ovim sustavom imaju bitno smanjenje emisija dušikovih oksida ( $NO_x$ ) zbog čega zadovoljavaju „Euro 6“ normu te su u mogućnosti se kretati u svim dijelovima većih gradova koje imaju zabrane za dizelska vozila.[69]

Na slici 4.5 je vidljiva skica gdje se ukratko opisuje rad jednog motora sa AdBlue sustavom



Slika 4.5 Dizelski motor sa AdBlue sustavom [70]

AdBlue sustav uvelike pomaže kako bi se smanjile emisije dušikovih oksida ( $NO_x$ ) iz dizelskih motora što omogućuje da kamioni mogu bez zagađenja okoliša i dalje obavljat svoju dužnost.



Slika 4.6 Smanjenje NOx s obzirom na protok AdBlue-a [71]

Na slici 4.6 jasno se može vidjeti koliko se smanjuju emisije dušikovih oksida ( $NO_x$ ) s obzirom na porast protoka AdBlue-a. Iako AdBlue nije savršen sustav napretkom tehnologija taj sustav će se samo usavršavati jer kamioni su prijeko potrebni kako bi cijeli svijet funkcionirao ovako kako sad funkcionira.

## 5. UTJECAJ POTROŠNIH DIJELOVA CESTOVNIH VOZILA NA OKOLIŠ

Odlaganje guma je značajan ekološki problem zbog velikog broja otpadnih guma koje se generiraju svake godine i njihove spore razgradnje u prirodi. Nepropropisno odlaganje guma može dovesti do ozbiljnih ekoloških i zdravstvenih problema. Neki od problema povezanih s odlaganjem guma su:

- Spori proces razgradnje - gume se veoma sporo razgrađuju u prirodi, što može trajati nekoliko stotina godina to dovodi do dugotrajnog zagađenja okoliša.[72]
- Zauzimanje prostora - gume zauzimaju mnogo prostora na odlagalištima i doprinose njihovom zagađenju.[72]
- Rizik od zapaljenja - gume su lako zapaljive što može izazvati ozbiljne požare na odlagalištima. Takvi požari se teško gase te emitiraju vrlo velike količine toksičnih plinova.
- Razmnožavanje insekata - gume koje se ne odlažu u skladu sa propisima mogu skupljati vodu unutar njih što predstavlja idealno mjesto za razmnožavanje komaraca i drugih insekata koji mogu prenositi različite bolesti te na taj način naštetiti ljudima.[72]

Načini odlaganja i reciklaže guma:

- Reciklaža guma - reciklaža je najefikasniji način upravljanja otpadnim gumama. Gume se mogu reciklirati u različite proizvode kao što su gumeni podovi, sportske podloge, materijali za građevinarstvo i energetska goriva.[72]
- Energetska upotreba - gume se mogu koristiti kao alternativni izvor energije u cementarama i elektranama. Ova metoda uključuje spaljivanje guma kako bi se iskoristila njihova visoka energetska vrijednost.[72]
- Ponovna upotreba - gume se mogu ponovo koristiti za različite namjene, kao što su izgradnja umjetnih grebena, igrališta, zaštitnih barijera na prometnicama i u poljoprivredi.[72]

Na slici 5.1 se može vidjeti najveće odlagalište guma koje se nalazi u Kuwajtu gdje se nalazi više od 50 miliona starih guma.



*Slika 5.1 Najveće odlagalište guma [73]*

Odlaganje motornih ulja i maziva predstavlja značajan ekološki izazov zbog njihovih štetnih utjecaja na okoliš ako se nepropisno odlažu. Recikliranje ovih proizvoda ključno je za smanjenje zagađenja i očuvanje prirodnih resursa. Problemi povezani s odlaganjem motornih ulja i maziva:

- Zagađenje tla i vode - motorna ulja i maziva su toksična i mogu ozbiljno kontaminirati tlo i vodene resurse. Jedan litra rabljenog motornog ulja može kontaminirati milijune litara vode.[74]
- Štetni učinci na ekosustave - ulazak ovih supstanci u prirodni okoliš kao što se vidi na slici 5.2 može naštetiti biljnim i životinjskim vrstama, uključujući ugrožavanje vodnih organizama i narušavanje kvalitete staništa.[76]
- Zdravstveni rizici - kontaminacija vodnih resursa može utjecati na kvalitetu pitke vode i izazvati zdravstvene probleme kod ljudi, uključujući bolesti kože, respiratorne probleme i druge ozbiljne bolesti.

Načini odlaganja i recikliranja motornih ulja i maziva:

- Prikupljanje rabljenih ulja - rabljena motorna ulja treba sakupljati i skladištiti u odgovarajućim spremnicima koji su otporni na curenje. Ova ulja treba dostaviti na mjesta za reciklažu ili druge autorizirane centre za obradu otpada.[75]

- Regeneracija ulja - ovaj proces uključuje regeneraciju rabljenog ulja kako bi se dobila nova, visokokvalitetna maziva. Regeneracija uključuje uklanjanje kontaminanata i obnavljanje kemijskih svojstava ulja.[75]
- Energetska upotreba - u nekim slučajevima, rabljena ulja mogu se koristiti kao gorivo u industrijskim procesima, čime se iskorištava njihova energetska vrijednost.



*Slika 5.2 Nezbrinuto ulje [76]*

Ulje, a i ostale tekućine preporučeno je mijenjati kod automehaničara jer automehaničari imaju brigu te tekućine kasnije adekvatno zbrinuti na taj način čuvajući okoliš od ljudskih pogrešaka koje ponekada nisu namjerne.[76]

## 6. UTJECAJ GORIVA I INFRASTRUKTURE NA OKOLIŠ

U ovom poglavlju analiziramo sveobuhvatni utjecaj goriva i infrastrukture na okoliš fokusirajući se na ključne aspekte kao što su proizvodnja i potrošnja goriva te njihov utjecaj na zagađenje zraka, tla i vode. Proizvodnja fosilnih goriva koja uključuje ekstrakciju, preradu i transport ima značajan negativan učinak na okoliš. Procesi ekstrakcije često rezultiraju degradacijom tla, gubitkom biološke raznolikosti te zagađenjem voda kemikalijama i teškim metalima. Prerada i transport fosilnih goriva dodatno doprinose emisiji stakleničkih plinova i zagađenju zraka.

Pored utjecaja goriva razmatramo i ekološke posljedice izgradnje i održavanja cestovne infrastrukture. Izgradnja cesta i autocesta dovodi do fragmentacije staništa, gubitka prirodnih područja te ugrožavanja flore i faune. Prometne mreže ometaju migracijske puteve životinja i često rezultiraju povećanom smrtnosti zbog sudara s vozilima. Osim toga, izgradnja i održavanje cesta zahtijevaju velike količine resursa, što dodatno opterećuje okoliš.

### 6.1 Utjecaj goriva na okoliš

Nafta je kao tvar bila poznata i drevnim civilizacijama. Još su drevni sumerani koristili bitumen pri izgradnji brodova, dok se asfalt koristio pri izgradnji zidina Babilona. Prvu modern rafineriju izgradio je Ignacy Łukasiewicz 1856. u mjestu Bóbrkau Poljskoj, dok je prvu rafineriju u SAD-u napravio Edwin Drake u mjestu danas nazvanom Drake Well 1859. Slika 6.1 prikazuje povijesni rast proizvodnje goriva od 1900. godine do 2023. godine. Na slici je jasno vidljiv trend stalnog povećanja proizvodnje goriva tijekom više od jednog stoljeća. Početkom 20. stoljeća proizvodnja goriva bila je relativno niska što je odražavalo ograničenu potražnju i industrijsku primjenu u tom razdoblju. Međutim, s razvojem automobilske industrije, posebno nakon uvođenja Ford Modelom T dolazi do značajnog porasta potražnje za gorivom što se očituje u strmom porastu proizvodnje.

Nakon Drugog svjetskog rata, proizvodnja goriva doživljava još jedan nagli skok što je povezano s ekonomskim oporavkom i industrijskom ekspanzijom diljem svijeta. Razdoblje nakon 1950-ih godina karakterizira masovna motorizacija i urbanizacija što dodatno povećava potražnju za gorivom. Tijekom 1970-ih godina energetske krize uzrokovane geopolitičkim napetostima dovode do privremenih oscilacija u proizvodnji, ali dugoročni trend rasta se nastavlja. [77][78][79]

## Proizvodnja goriva

Mjeren u terawatt satima



Slika 6.1 Proizvodnja nafte u svijetu od 1900. godine do dana [79]

### 6.1.1 Sastav nafte i obrada

Ugljikovodici od pentane do octana se rafiniraju u benzin, dok se oni od onana do heksadekana rafiniraju u dizel, kerozin i goriva za mlazne motore.[81]

Tablica 6. 1 Maseni sastav nafte [81]

Element	Maseni postotak
<u>Ugljik</u>	83 to 85%
<u>Vodik</u>	10 to 14%
<u>Dušik</u>	0.1 to 2%
<u>Kisik</u>	0.05 to 1.5%
<u>Sumpor</u>	0.05 to 6.0%
<u>Metali</u>	< 0.1%



Tablica 6.1 prikazuje maseni sastav nafte pružajući detaljan uvid u različite komponente koje čine sirovu naftu. Ova tablica je ključna za razumijevanje kemijskog sastava nafte koji uključuje ugljikovodike, sumpor, dušik, kisik, metale i ostale elemente. Prikazani podaci omogućuju analizu kvalitete nafte te utječu na procese rafiniranja i krajnje proizvode koji se dobivaju iz sirove nafte. Razumijevanje masenog sastava nafte također je važno za procjenu okolišnog utjecaja izgaranja naftnih derivata s obzirom na prisutnost nečistoća kao što su sumpor i metali.

Tablica 6. 2 Najveći proizvođači nafte u 2023. godini [83]

Država	Milijon barela po danu	Postotni udio
SAD	21,91	22%
Saudijska Arabija	11,13	11%
Rusija	10,75	11%
Kanada	5,76	6%
Kina	5,26	5%
Irak	4,42	4%
Brazil	4,28	4%
United Arab Emirates	4,16	4%
Iran	3,99	4%
Kuvait	2,91	3%
Najvećih 10	74,59	73%
Ukupno u svijetu	101,81	

Tablica 6.2 prikazuje najveće proizvođače nafte u 2023. godini pružajući pregled zemalja koje dominiraju globalnom proizvodnjom nafte. Ova tablica uključuje podatke o količini proizvedene nafte rangirajući zemlje prema njihovom udjelu u svjetskoj proizvodnji. Informacije u ovoj tablici su ključne za razumijevanje globalne energetske politike ekonomskih odnosa i tržišnih trendova. Također, tablica omogućuje uvid u geopolitičke aspekte proizvodnje nafte s obzirom na to da su najveći proizvođači često i ključni igrači na međunarodnoj političkoj sceni. Razumijevanje raspodjele proizvodnje nafte pomaže u predviđanju tržišnih kretanja i planiranju energetskih strategija na globalnom i nacionalnom nivou.

Tablica 6. 3 Najveći potrošači nafte u 2022. godini [83]

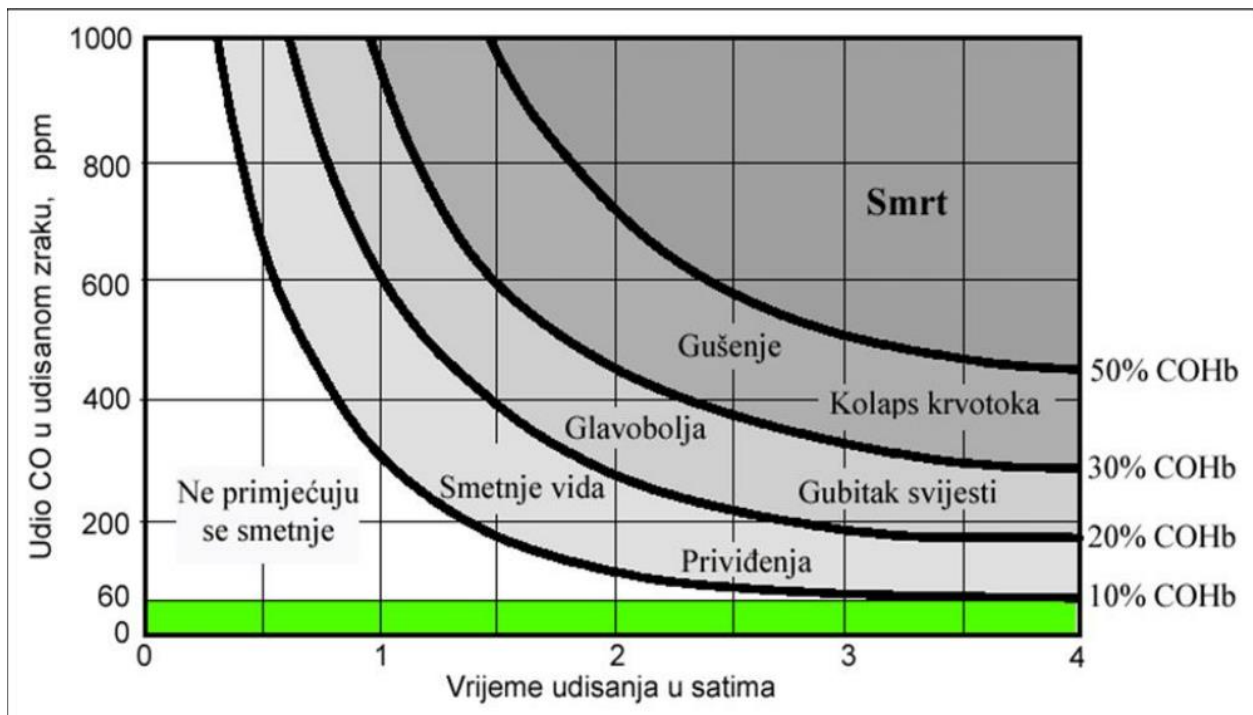
Država	Milijon barela po danu	Postotni udio
SAD	20,01	20%
Kina	15,15	15%
Indija	5,05	5%
Rusija	3,68	4%
Saudijska Arabija	3,65	4%
Japan	3,38	3%
Brazil	3,03	3%
Južna Koreja	2,55	3%
Kanada	2,41	2%
Njemačka	2,18	2%
Najvećih 10	61,08	61%
Ukupno u svijetu	99,95	

Tablica 6.3 prikazuje najveće potrošače nafte u 2022. godini nudeći pregled zemalja koje dominiraju u globalnoj potrošnji nafte. Ova tablica uključuje podatke o količini potrošene nafte rangirajući zemlje prema njihovom udjelu u svjetskoj potrošnji. Informacije iz ove tablice su ključne za razumijevanje globalne energetske potražnje i ekonomskih aktivnosti različitih zemalja. Tablica također pruža uvid u industrijske i transportne potrebe tih zemalja što može pomoći u analizi njihovih energetske intenzivnih sektora i politika održivog razvoja. Poznavanje najvećih potrošača nafte omogućuje bolje planiranje energetske učinkovitosti i razvoj alternativnih izvora energije kako bi se smanjila ovisnost o fosilnim gorivima i ublažili klimatski učinci.

#### 6.1.2 Utjecaj goriva na čovjeka i okoliš

Osim ispuštanja CO<sub>2</sub>, izgaranjem benzina i dizela stvaraju se i drugi štetni spojevi, prvenstveno ugljikov monoksid, dušikovi oksidi, neizgorjeli ugljikovodici i čađa. Dodatno, kod goriva koja imaju u sebi sumpor, izgaranjem nastaju i spojevi sumpora (uglavnom kod brodskih motora).

Ugljični monoksid (CO) je plin bez boje, mirisa, okusa, otrovan je i lakši od zraka. Nastaje nepotpunim izgaranjem goriva. Veže se za hemoglobin prisutan u crvenim krvnim stanicama mnogo brže nego kisik. Hemoglobin je spoj kojem je funkcija vezanje kisika u plućima i otpuštanje kisika u tkivima, što znači da pretjeranom izloženosti ugljičnom monoksidu čovjek prolazi kroz efekt sličan gušenju. Predugom izloženosti može nastupiti i smrt. Točniji pregled simptoma izloženosti dan je na slici 6.2 gdje se može vidjeti da ponekad zbog duge izloženosti ugljičnom monoksidu može dovesti do smrti. [81]



Slika 6. 2 Simptomi izloženosti CO

Kao što im i ime kaže, neizgorjeli ugljikovodici su plinoviti spojevi ugljika i vodika iz goriva koji nisu uspjeli izgoriti tijekom procesa izgaranja u cilindru. Također nastaju pri manjku kisika kod izgaranja. Njihovim udisanjem, talože se na stjenkama pluća te mogu izazvati tumore ili karcinome. Također, u prirodi, neizgorjeli ugljikovodici reagiraju sa sunčevom svjetlosti i dušikovim oksidima te tvore ozon ( $O_3$ ) koji je jedan od glavnih sastojaka smoga. [84]

Dušikovi oksidi nastaju pri visokim temperaturama izgaranja ili iz samog goriva, ukoliko je dušik prisutan u sastavu goriva. Točni procesi nastajanja su kompleksni, a utječu na problem s disanjem i nastanak kiselih kiša i smoga. [84]

Čađa (čestice) djeluju kao transportno sredstvo za štetne sastojke, koji su otrovni i kancerogeni. Udisanjem se unose u pluća, u plućima se odlažu i talože. Eksperimentalnim je ispitivanjima dokazano da su pojedine čestice kancerogene, dok se drugima pripisuju mutagena svojstva. Također, čestice čađe mogu na sebe vezati i štetne tvari u zraku, čime se njihov štetan utjecaj pogoršava. Pretpostavlja se da čestice čađe nastaju tako što se na policikličke aromatske ugljikovodike (nastale u smjesi siromašnijom kisikom) vežu druge, štetne tvari. [84]

Sumporni oksidi ( $SO_x$ ) su spojevi formirani reakcijom sumpora iz goriva i kisika iz zraka prilikom izgaranja goriva bogatog sumporom. -  $SO_x$  onečišćuju atmosferu i imaju štetne posljedice na ljudsko zdravlje. [84]

## 6.2 Utjecaj infrastrukture na okoliš

Utjecaj same infrastrukture koja omogućuje transport ljudi i robe je nezanemariv na okoliš, a mišljenje da ona čini više štete prirodi od samih vozila na cesti se definitivno može potkrijepiti statistikom. Izgradnjom puteva, od šumskih puteljaka do najvećih svjetskih autocesti čovjek zadire u prirodu kojom nepovratno mijenja floru, faunu i sam krajolik. Tek nedavno se daje više pažnje na očuvanje prirode i smanjenje ljudskog utjecaja na nju pomoću raznih regulativa kojima se onemogućuje nemarna gradnja. Utjecaj prometa na cesti se u nekoj mjeri može pripisati na samu osobu koja prometuje, bilo to zbog nepotrebno glasnog vozila, prebrze vožnje, velike potrošnje goriva itd., ali utjecaj prometnica je u potpunosti na firmama koji ih grade i na državnom organu koji bi ih trebao regulirati. Njihov utjecaj se može sagledati na više razina kao što su prijašnje navedene flora, fauna i krajolik. Nije dovoljno samo izraziti promjene uočene ljudskim osjetilima kao što je rijetko viđanje prije učestalih životinja, tišina nastala uslijed odlaska ptica ili zaboravljen miris cvijeća, već je te elemente potrebno kvantificirati i statistički analizirati.

### 6.2.1 Utjecaj infrastrukture na faunu

Pod utjecajem na faunu, misli se na za sav životinjski svijet prisutan na nekom području ili u nekom vremenu. Od velike su važnosti područja u direktnom dodiru sa izgrađenom prometnicom. Njezin utjecaj na smanjenje raznolikosti i same brojnosti životinja je rezultat više faktora, neki od kojih nastupaju trenutno, a neki nakon duljeg vremenskog perioda, ali njihovo postojanje je neosporivo. Bitni faktori su: smanjenje naseljivog područja, povećanje smrtnost zbog udara i podjela populacije u manje sub-populacije.

#### 1. Smanjenje naseljivog područja / fragmentacija staništa

Fragmentacija staništa nastaje zbog povlačenja životinja u sigurnost svoje domene tj. postepeno izbjegava patroliranje i općenito kretanje po granicama svog staništa. Nastaje zbog izgradnje prometnica, krčenja šuma, stvaranja obradivih površina i slično. Slučaj fragmentacije staništa zbog krčenja šuma je jasno vidljiv na slici 6.3. Te fizičke barijere uzrokuju narušavanje bioraznolikosti lokalnog ekosustava i smanjenje populacije životinjskih vrsta. Empirijski pregled i sinteza izvedena od strane znanstvenika prikazuje kompletan pregled sve dostupne literature o utjecaju ceste i cestovnog prometa na obilje životinja i njihovu distribuciju. Sakupljeni su rezultati 79 istraživanja o ukupno promatrane 132 vrste i 32 roda životinja. Sveukupno je broj dokumentiranih

negativnih efekta brojčano nadmašio broj dokumentiranih pozitivnih efekta sa faktorom pet. 114 negativnih, 22 pozitivna i 56 indiferentnih efekta na obilje životinja i njihovu distribuciju nakon izgradnja ceste na promatranom području.[85][86]



*Slika 6.3 Vizualni prikaz fragmentacije staništa [86]*

## 2. Povećanje smrtnosti zbog udara vozila

Aveiro sveučilište u Portugalu je 2020. godine provelo sintezu u kojoj su empirijski pregledani podaci sakupljeni iz 90 europskih istraživanja o stradavanju životinja na cestama. S relativno velikom sigurnošću je aproksimiran broj od 194 milijuna stradalih ptica i 29 milijuna sisavaca. Wageningen sveučilište u Nizozemskoj je provelo istraživanje u kojoj je 250 motorista bilo upućeno da svakodnevno prebroje takozvane “mrlje“ na prednjoj tablici auta. Misli se naravno na pogođene kukce prilikom svakodnevnog gibanja ispitanika na cestama. Ekstrapoliranjem tih podataka je estimiran broj stradalih insekata na svim svjetskim cestama oko 228 trilijuna godišnje. Iako je istraživanje neprecizno zbog izuzetno male ispitne grupe, definitivno se može naslutiti da je abnormalno visok iznos ispravan broj.[87]



*Slika 6.4 Roj skakavca u Istočnoj Africi [88]*

Na slici 6.4 se jasno može vidjeti o kolikoj se brojci kukaca govori.

### 3. Podjela populacije u manje, rizične sub-populacije

Uništavanjem krajolika cestama dolazi do izoliranja lokalnih populacija raznih vrsta. To šteti postojanosti populacije, tj. estimiranom vremenu njezinog nastanka do lokalnog odumiranja. Dolazi do depresije povezane sa srodstvom, depresije u smislu opadanja plodnosti i krepkosti vrste, te smanjenju genetičke raznolikosti. Manje populacije razmjerno imaju i manji evolucijski potencijal te su time izložene riziku odumiranja uslijed promjene same okoline.[89]

#### 6.2.2 Utjecaj infrastrukture na floru

Utjecaj infrastrukture na floru nije isključivo onaj trenutno vidljiv samim nastankom ceste, već se također može očitati tek nakon dužeg vremenskog perioda. Zanimljiva posljedica prodiranja ceste u netaknutu prirodu jest, osim očekivanog smanjenja broja tj. odstranjivanja vrsta, jesti i pojava invazivnih vrsta koje smanjuju raznolikost vrsta na tom području. Istraživanja pokazuju da asfaltirane ceste imaju izraženiju prisutnost neželjene biomase netom uz cestu, efekt koji je manje

vidljiv kod neasfaltiranih cesta. Klice neautohtonih vrsta biljaka su dovedene prolazećim automobilima na područja koja nemaju obranu od njih. Ta obrana može biti u obliku životinjskog svijeta koji ju konzumira. Invazivna vrsta nadjača autohtone vrste i postaje dominantna na tom području zbog svoje bolje sposobnosti rasta i opstanka u raznim uvjetima, onemogućavajući istovremen rast ostalih vrsta kao što se može vidjeti na slici 6.5 gdje je japanska vrsta biljke dominantna na određenim područjima u Americi.[90]



*Slika 6. 5 Japanska biljka Kudzu prevladava krajolikom Sjeverne Amerike [91]*

Istraživanje na području Bic nacionalnog parka u Kanadi promatrano je kretanje invazivne vrste *Galium mollugo* na napuštenim poljoprivrednim poljima i zapažen je izuzetan porast obilja te vrste unutar 125 metara udaljenosti od asfaltirane ceste. Također, istraživanje provedeno u Negev pustinji u Izraelu je željelo upotpuniti literaturu o utjecajima ceste na faunu hiper-aridnih područja gdje je voda najveći limitirani faktor. Ustanovljeno je da ceste izrazito utječu na količinu i rasprostranjenost flore u takvim područjima.[92]

### 6.2.3 Utjecaj infrastrukture na krajolik

Infrastruktura mijenja krajolik na razne načine, trenutno i s vremenom. Literatura pokazuje da izgradnja cesta dovodi do modificiranja profila padine brda, uklanjanja vegetacijskog pokrova životinjama i formiranja strmih padina koje su sklone jakoj eroziji. Dovodi i do stvaranja usjeka, nasipa i nepropusnih cestovnih korita koja koncentriraju otjecanje vode. Statistička analiza, zajedno s terenskim istraživanjem, je provedena u Kini kako bi se obratila pozornost na rastuće izazove koje sa sobom nose novoizgrađene ceste. Ovim istraživanjem prikupljeni su podaci o smanjenju količine i kvalitete zemljišta uzrokovanog građevinskim aktivnostima. Organska tvar u tlu je nakon izgradnje bila niža od one prije izgradnje za 257,4~879,8%. Degradacija zemljišta je značajna zbog neadekvatnog poticaja planerima, neučinkovitih mjera kontrole i slabe provedbe relevantnih zakona. Za veću učinkovitost i uspjeh, studija predlaže učinkovite mjere za kontrolu opasnosti koje su tako raširene u Kini. Istraživanje pokazuje da je stopa erozije tla u područjima pogođenim građevinskim aktivnostima 2 do 40 000 puta veća od uvjeta prije izgradnje, a erozija tla je važna komponenta onečišćenja koja degradira kvalitetu površinske vode. Ceste služe kao fizičke barijere vodi koja bi inače prodrle u tlo i neometano tekla putem utabanim kroz mnogo godina. U rujnu 2022. godine grad Rijeka je svjedočio što se može dogoditi kada nagli dolazak velike količine padalina nema gdje otjeći. Rekordna poplava neviđena na tom području od 1948. godine je sa sobom odnijela jedan život i uzrokovala ogromnu materijalnu štetu.[93]

Na slici 6.6 se vidi kakvo je stanje bilo u Rijeci tog dana



Slika 6. 6 Poplava u Rijeci 2022. godine [94]



## 7. ZAKLJUČAK

Ceste predstavljaju ključnu komponentu prometne infrastrukture i imaju veliki utjecaj na okoliš zbog potrošnje resursa i energije tijekom izgradnje i održavanja što dovodi do emisija stakleničkih plinova i degradacije tla. Osim toga, fragmentiraju prirodna staništa smanjujući tako biološku raznolikost i prekidajući migracijske rute životinjskog svijeta. Nepropusne površine cesta povećavaju otjecanje kišnice uzrokujući eroziju i zagađenje vodenih tokova. Za smanjenje ovih negativnih učinaka važno je primijeniti održive metode gradnje, koristiti ekološki prihvatljive materijale i uspostaviti sustave za kontrolu otjecanja i zaštitu staništa.

Vozila u urbanim područjima glavni su izvor zagađenja zraka zbog emisija štetnih plinova. Ključne tehnologije za smanjenje ovih emisija uključuju DPF filtere (filteri čestica dizela), EGR sustave (recirkulacija ispušnih plinova) i AdBlue katalizatore. DPF filteri zadržavaju čestice čađe smanjujući štetne emisije koje uzrokuju respiratorne bolesti. EGR sustavi smanjuju emisije dušikovih oksida (NO<sub>x</sub>) recirkulacijom dijela ispušnih plinova natrag u motor čime se smanjuje temperatura sagorijevanja. AdBlue katalizatori dodatno smanjuju emisije NO<sub>x</sub> pretvarajući ih u bezopasne spojeve poput dušika i vode. Benzinska vozila ipak nisu toliki zagađivači okoliša kao dizelski motori, ali ipak uz smanjeno zagađenje imaju katalizator kako bi zagađenje bilo što minimalnije. U zadnje vrijeme uočljiv je trend smanjenja prodaje dizelskih vozila zbog svih sustava koji su dodani, a smanjuju zagađenje. Zbog toga ljudima su benzinski automobili zanimljiviji jer je održavanje jednostavnije. Hibridna i električna vozila predstavljaju značajan korak prema smanjenju emisija štetnih plinova. Hibridna vozila kombiniraju benzinske i električne motore čime se smanjuje potrošnja goriva i emisije CO<sub>2</sub>. Električna vozila ne emitiraju štetne plinove tijekom vožnje, no njihov ekološki utjecaj ovisi o načinu proizvodnje električne energije. Iako trenutno postoje ograničenja poput dometa, troškova i infrastrukture za punjenje, daljnji razvoj i široka primjena ovih vozila ključni su za smanjenje zagađenja.

Motorna ulja i gume također doprinose zagađenju okoliša. Nepravilno odlaganje motornih ulja može kontaminirati tlo i vodene tokove što negativno utječe na ekosustave i ljudsko zdravlje. Reciklaža i pravilno zbrinjavanje otpadnog ulja ključni su za smanjenje ovog utjecaja. Gume tijekom svog vijeka trajanja otpuštaju mikroplastiku i druge zagađivače. Gume često završe na odlagalištima otpada što dovodi do zagađenja vode i zraka. Razvoj ekološki prihvatljivih materijala i sustava za reciklažu može značajno smanjiti njihov negativan utjecaj.

Za smanjenje ukupnog negativnog utjecaja cestovnog prometa na okoliš potreban je integrirani pristup koji uključuje održivu infrastrukturu, napredne tehnologije za smanjenje emisija, promociju i razvoj hibridnih i električnih vozila te odgovorno upravljanje otpadom. Javne politike trebaju poticati istraživanje i razvoj novih tehnologija, subvencionirati ekološki prihvatljivija vozila i infrastrukturu te educirati javnost o važnosti očuvanja okoliša.

Iako cestovni promet značajno negativno utječe na okoliš, dostupne su brojne tehnologije i prakse koje mogu pomoći u smanjenju tog utjecaja. Primjenom održivih rješenja, promicanjem inovacija i odgovornim ponašanjem moguće je smanjiti negativne ekološke posljedice i osigurati čišći i zdraviji okoliš za buduće generacije. Hibridna i električna vozila uz napredne sustave za smanjenje emisija i pravilno upravljanje otpadom ključni su elementi u postizanju ovog cilja.

## LITERATURA

- [1] Eric A. Powell: „The Mesopotamian merchant files“, s Interneta <https://archaeology.org/issues/march-april-2018/digs-discoveries/trenches-kanesh-mesopotamian-trade-networks/>, 22. lipnja 2024
- [2] Fred J. Benson, Maxwell Gordon Lay: „Roads of antiquity“, Britannica <https://www.britannica.com/technology/road#ref71881>, 22. lipnja 2024
- [3] Fotini Kehagja: Cross-section and Surface View of Ancient Cretan Stone Road Source, Britannica encyclopedia, [https://www.researchgate.net/figure/Cross-section-and-Surface-View-of-Ancient-Cretan-Stone-Road-Source-Britannica\\_fig2\\_285802882](https://www.researchgate.net/figure/Cross-section-and-Surface-View-of-Ancient-Cretan-Stone-Road-Source-Britannica_fig2_285802882), 22. lipnja 2024
- [4]..., „Royal Road, Alchetron“, <https://alchetron.com/Royal-Road>, 22. lipnja 2024
- [5] Alison Eldrige: Roman road system, <https://www.britannica.com/technology/Roman-road-system> 22. lipnja 2024
- [6] ..., Rimske ceste – spomenik povijesti i cestogradnje, <https://www.geotech.hr/rimske-cestes-pomenik-povijesti-i-cestogradnje/>, 22. lipnja 2024
- [7] Amy Tikkanen: Silk road, Britannica encyclopedia, <https://www.britannica.com/topic/Silk-Road-trade-route>, 22. lipnja 2024
- [8] Jens Cederskjold, Medieval road, Wikipedia, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Medieval\\_road\\_-\\_panoramio.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Medieval_road_-_panoramio.jpg), 22. lipnja 2024
- [9] Shire of Wyndham East Kimberley, GUIDELINES FOR RURAL ROAD DESIGN AND CONSTRUCTION TECHNICAL SPECIFICATION, <https://web.archive.org/web/20070710022035/http://www.thelastfrontier.com.au/Publications/06K027005-061019-Rural%20Road%20Technical%20Specification%20complete%20%283%29.pdf>, 22. lipnja 2024
- [10] ..., „Managing highways surface water“, <https://constructionmanagement.co.uk/courses/cpd-managing-highways-surface-water/>, 22. lipnja 2024
- [11]..., „What is highway maintenance?“, <https://www.bituchem.com/knowledge-hub/what-is-road-maintenance/>, 22. lipnja 2024
- [12] Ludomir Uzarowski, Michael Maher, Gary Ferrington: „Thin Surfacing – effective way of improving road safety within scarce road maintenance budget“, <https://web.archive.org/web/20080407011631/http://www.tac-atc.ca/english/pdf/conf2005/s16/uzarowski2.pdf>, 22. lipnja 2024
- [13] Powered by AI and the LinkedIn community: „What are the best practices for reducing environmental impacts of road construction?“, <https://www.linkedin.com/advice/0/what-best-practices-reducing-environmental>, 23. lipnja 2024
- [14] Lincolnshire: „Council determined to keep roads maintenance going despite continued government cuts“, <https://www.lincolnshire.gov.uk/news/article/931/council-determined-to-keep-roads-maintenance-going-despite-continued-government-cuts>, 23. lipnja 2024

- [15]..., „The first automobile“, <https://group.mercedes-benz.com/company/tradition/company-history/1885-1886.html>, 23. lipnja 2024
- [16] Suzanne Deffree: „Karl Benz drives the first automobile, July 3, 1886“, <https://www.edn.com/karl-benz-drives-the-first-automobile-july-3-1886/>, 23. lipnja 2024
- [17] Tabea Tietz: „Carl Benz and the invention of the Automobile“, <http://scihi.org/carl-benz-automobile/>, 23. lipnja 2024
- [18] Dylan Tweney: „Aug. 12, 1888: Road Trip! Berta Takes the Benz“, <https://www.wired.com/2010/08/0812berta-benz-first-road-trip/>, 24. lipnja 2024
- [19] Bryan Appleyard: „Bertha Benz — the PR pioneer who introduced the world to the car“, <https://engelsbergideas.com/portraits/bertha-benz-the-pr-pioneer-who-introduced-the-world-to-the-car/>, 24. lipnja 2024
- [20] ..., „Gottlieb Daimler“, [https://en.wikipedia.org/wiki/Gottlieb\\_Daimler](https://en.wikipedia.org/wiki/Gottlieb_Daimler), 24. lipnja 2024
- [21]..., „Beginnings of the automobile“, <https://group.mercedes-benz.com/company/tradition/company-history/1886-1920.html>, 24. lipnja 2024
- [22] Alan K. Binder, John Bell Rae: „Automotive industry“, <https://www.britannica.com/technology/automotive-industry>, 25. lipnja 2024.
- [23] Tinn Lizzie: „Model T“, <https://www.britannica.com/technology/Model-T> , 25. lipnja 2024.
- [24] Austin Weber: „The moving assembly line Turns 100“, <https://www.assemblymag.com/articles/91581-the-moving-assembly-line-turns-100> , 25. lipnja 2024.
- [25] Paul Niedermeyer: „Chart: Ford Model T And Tesla Production 100 Years Apart – Tesla Set To Finally Overtake The T?“, <https://www.curbsideclassic.com/blog/chart/chart-ford-model-t-and-tesla-production-100-years-apart-tesla-set-to-finally-overtake-the-t/> 24. lipnja 2024.
- [26] Patrick Edward Mason: „Energy Futures and Future Transport“ [https://www.researchgate.net/figure/Number-of-motor-vehicles-in-the-world-since-1900-Smil-1994\\_fig3\\_303873874](https://www.researchgate.net/figure/Number-of-motor-vehicles-in-the-world-since-1900-Smil-1994_fig3_303873874) , 24. lipnja 2024.
- [27] John Bell Rae, Alan K. Binder: „Europe after world war II“, <https://www.britannica.com/technology/automotive-industry/Europe-after-World-War-II> , 24. lipnja 2024.
- [28] Steve Walker: „Catalytic converters explained: how they work and theft prevention“, <https://www.autoexpress.co.uk/car-news/108937/what-is-a-catalytic-converter> , 25. lipnja 2024.
- [29]..., „Catalytic Converter“, <https://www.cars.com/auto-repair/glossary/catalytic-converter/> 25. lipnja 2024.
- [30] Chris Woodford: „Catalytic converters“, <https://www.explainthatstuff.com/catalyticconverters.html> , 25. lipnja 2024.
- [31] Bill Kovarik: „How leaded fuel was sold for 100 years, despite knowing its health risks “, <https://arstechnica.com/science/2021/12/how-the-leaded-fuel-was-sold-for-100-years-despite-knowing-health-risks/2/> 25. lipnja 2024.

- [32] Elin Hofverberg: „The History of the Elimination of Leaded Gasoline“, <https://blogs.loc.gov/law/2022/04/the-history-of-the-elimination-of-leaded-gasoline/> 25. lipnja 2024.
- [33] Jovan Ristić: „Razlika između karburatora i elektronskog ubrizgavanja goriva“, <https://www.moto-berza.com/moto-vesti/tehnicki-kutak/karburatori-i-elektronsko-ubrizgavanje-goriva---u-cemu-je-razlika-/> 26. lipnja 2024.
- [34] Wuling: „What is Electronic Fuel Injection (EFI) in Car Engines?“, <https://wuling.id/en/blog/autotips/what-is-electronic-fuel-injection-efi-in-car-engines> , 26. lipnja 2024
- [35]..., „How a fuel injection system works“, <https://www.howacarworks.com/basics/how-a-fuel-injection-system-works> , 26. lipnja 2024
- [36] Guojin chen, Chang Chen, Yiming Yuan, Lingjun Zhu: „Modelling and Simulation Analysis of High-Pressure Common Rail and Electronic Controlled Injection System for Diesel Engine“, [https://www.researchgate.net/figure/Electronic-fuel-injection-system\\_fig1\\_347571925](https://www.researchgate.net/figure/Electronic-fuel-injection-system_fig1_347571925) , 26. lipnja 2024.
- [37] Joseph Barnes: „Environmental Benefits of EFI Technology for Commercial Landscape Maintenance“, <https://www.yellowstonelandscape.com/blog/environmental-benefits-of-efi-technology-for-commercial-landscape-maintenance> , 26. lipnja 2024
- [38]..., „Comparative investigation of electronic fuel injection in twowheeler applications“, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1116/1/012073/pdf> , 26. lipnja 2024.
- [39] Superadmin: „Explore the Significance of Aerodynamics in Cars“, <https://www.autobest.co.in/blog-detail/explore-the-significance-of-aerodynamics-in-cars> , 26. lipnja 2024
- [40] Ruiying Li: „History of the drag for road vehicles“, [https://www.researchgate.net/figure/History-of-the-drag-for-road-vehicles-Hucho-1998-Grandemange-2013-C-D-is-the\\_fig1\\_322640200](https://www.researchgate.net/figure/History-of-the-drag-for-road-vehicles-Hucho-1998-Grandemange-2013-C-D-is-the_fig1_322640200) , 26. lipnja 2024.
- [41] Q service: „DPF uređaj“, <https://www.q-service.hr/vijesti/clanok/84-dpf-ure%C4%91aj/> , 26. lipnja 2024.
- [42] Wikipedia: „Diesel particulate filter“, [https://en.wikipedia.org/wiki/Diesel\\_particulate\\_filter](https://en.wikipedia.org/wiki/Diesel_particulate_filter) , 26. lipnja 2024.
- [43] Željko Marušić: „DPF (filar čađe) javlja grešku, začađenje, ovo je ‘lijek’“, <https://autoportal.hr/servis/filtar-cade-javlja-gresku-zacadenje-ovo-je-lijek/> , 26. lipnja 2024.
- [44] Zhiyuan Yang, Haowen Chen, Changxiong Li, Hao Guo: „Performance Test and Structure Optimization of a Marine Diesel Particulate Filter“ <https://www.mdpi.com/1996-1073/16/11/4336> , 26. lipnja 2024.
- [45] CarsDirect Staff: „A Brief History Of Hybrid Cars“, <https://www.carsdirect.com/green-cars/a-brief-history-of-hybrid-cars> , 27. lipnja 2024.
- [46] Dave Roos: „Does hybrid car production waste offset hybrid benefits?“, <https://science.howstuffworks.com/science-vs-myth/everyday-myths/does-hybrid-car-production-waste-offset-hybrid-benefits.htm> , 27. lipnja 2024.

- [47] Garcia J.: „Air Quality: Vehicle Emissions and Air Quality“, [https://web.archive.org/web/20100117133254/http://www.deq.state.id.us/air/prog\\_issues/pollutants/vehicles.cfm#low](https://web.archive.org/web/20100117133254/http://www.deq.state.id.us/air/prog_issues/pollutants/vehicles.cfm#low) , 27. lipnja 2024.
- [48] Richard von Frankenberg: „Porsche the man and his cars“, <https://porschecarshistory.com/wp-content/old/biblio3/57/F.Porsche.pdf> , 27. lipnja 2024.
- [49] GreenNC: „Hibridi protiv električnih automobila: Što je zelenije?“, <https://greenc-ev.com/hr/hibridi-u-odnosu-na-elektri%C4%8Dne-automobile-koji-su-ekolo%C5%A1ki-prihvatljivi/> , 27. lipnja 2024.
- [50] U.S. Government, <https://www.fueleconomy.gov/feg/Find.do?action=sbs&id=41163&id=44132> , 27. lipnja 2024.
- [51] Deanna Sclar: „What Are Hybrid Vehicles?“, <https://www.dummies.com/article/home-auto-hobbies/automotive/car-repair-maintenance/general-car-repair-maintenance/what-are-hybrid-vehicles-196425/> , 27. lipnja 2024.
- [52] ..., „Electric cars, hybrid cars and petrol cars: the pros and cons“, <https://www.qbe.com/au/news/electric-hybrid-petrol-cars-pros-and-cons> , 27. lipnja 2024.
- [53] ..., „Općenito o autoplínu“, <https://auto-silvio.hr/ugradnja-auto-plina/instalacija/opcenito-o-autoplinu> , 27. lipnja 2024.
- [54] Wikipedia: „Plinski motor“, [https://hr.wikipedia.org/wiki/Plinski\\_motor](https://hr.wikipedia.org/wiki/Plinski_motor) , 27. lipnja 2024.
- [55] Marinko Glavan: „Autotrolej predstavio deset novih buseva na stlačeni prirodni plin“, <https://www.novolist.hr/rijeka-regija/rijeka/autotrolej-predstavio-deset-novih-buseva-na-stlaceni-prirodni-plin/> , 27. lipnja 2024.
- [56] Rebecca Matulka: „The History of the Electric Car“, <https://www.energy.gov/articles/history-electric-car> , 27. lipnja 2024.
- [57] Nikolče Murgovski: „William Morrison Electric Wagon“, [https://www.researchgate.net/figure/William-Morrison-Electric-Wagon-1892-3\\_fig1\\_259391101](https://www.researchgate.net/figure/William-Morrison-Electric-Wagon-1892-3_fig1_259391101) , 27. lipnja 2024.
- [58] Csaba Csere: „2008 Tesla Roadster Road Test“, <https://www.caranddriver.com/reviews/a15150030/2008-tesla-roadster-road-test/> , 27. lipnja 2024.
- [59] Dave Nichols: „Environmental Impact of EV Batteries“, <https://www.greencars.com/greencars-101/environmental-impact-of-ev-batteries> , 27. lipnja 2024.
- [60] Marc J. Rauch: „Without Cobalt There Are No Lithium-Ion Batteries“, <https://www.theautochannel.com/news/2017/11/11/456653-daily-mail-exposes-cobalt-mining-human-tragedy-behind-lithium-battery.html> , 28. lipnja 2024.
- [61] Hannah Ritchie: „Electric cars are better for the climate than petrol or diesel“, <https://www.sustainabilitybynumbers.com/p/ev-fossil-cars-climate> , 29. lipnja 2024.
- [62] ..., „Average Carbon Dioxide Emissions for 2021“, <https://www.energy.gov/eere/vehicles/articles/fotw-1223-january-31-2022-average-carbon-dioxide-emissions-2021-model-year> , 29. lipnja 2024.

- [63] Victor Chub: „How Many Trucks Are There In The World?“, <https://vehiclehelp.com/how-many-trucks-are-there-in-the-world/> , 3. srpnja 2024.
- [64] Nikola Jurković: „Gottlieb Daimler konstruirao je prvi kamion na svijetu 1896. godine“, <https://autoportal.hr/vremeplov/gottlieb-daimler-konstruirao-je-prvi-kamion-na-svijetu-1896-godine/> , 4. srpnja 2024.
- [65] Wulfy: „Vojni kamioni IVECO“, <https://www.mycity-military.com/Neorbena-vozila/Vojni-kamioni-IVECO.html> , 4. srpnja 2024.
- [66]..., „Exhaust gas recirculation“, [https://en.wikipedia.org/wiki/Exhaust\\_gas\\_recirculation](https://en.wikipedia.org/wiki/Exhaust_gas_recirculation) , 4. srpnja 2024.
- [67]..., „Šta je EGR ventil i kako radi?“, <https://www.trgomat.ba/savjeti/sta-je-egr-agr-ventil-i-kako-radi.php> , 4. srpnja 2024.
- [68] Magdi K. Khair, Hannu Jääskeläinen: „Effect of EGR on Emissions and Engine Performance“, [https://dieselnet.com/tech/engine\\_egr\\_emissions.php#nox](https://dieselnet.com/tech/engine_egr_emissions.php#nox) , 4. srpnja 2024.
- [69] ..., „Šta je AdBlue tekućina i čemu služi“, <https://automotosvijet.com/index.php/autotehnika/24458-sta-je-adblue-tekucina-i-cemu-sluzi> , 4. srpnja 2024.
- [70] ..., „EVERYTHING YOU NEED TO KNOW ABOUT ADBLUE“, <https://www.prinzauto.com/en/everything-you-need-to-know-about-adblue/> , 4. srpnja 2024.
- [71] Ossi Kaario: „Comparing Breakup Models in a Novel High Injection Pressure SCR System using Polyhedral Meshing“, [https://www.researchgate.net/figure/Measured-NOx-reduction-and-Alpha-as-a-function-of-AdBlue-mass-flow-rate-in-the-first-test\\_fig1\\_288626110](https://www.researchgate.net/figure/Measured-NOx-reduction-and-Alpha-as-a-function-of-AdBlue-mass-flow-rate-in-the-first-test_fig1_288626110) , 4. srpnja 2024.
- [72] Dario Lonjak: „Recikliranje otpadne gume“, <https://repozitorij.gfv.unizg.hr/islandora/object/gfv:182/datastream/PDF> , 4. srpnja 2024.
- [73] Anadolija: „Najveće „groblje guma“ na svijetu u Kuvajtu – zdravstveni i ekološki problem“, <https://n1info.ba/magazin/lifestyle/najvece-groblje-guma-na-svijetu-u-kuvajtu-zdravstveni-i-ekoloski-problem/> , 4. srpnja 2024.
- [74] ..., „Litra motornog ulja može zagaditi milijun litara pitke vode“, <https://www.vecernji.ba/vijesti/litra-motornog-ulja-moze-zagaditi-milijun-litara-pitke-vode-1393445> , 4. srpnja 2024.
- [75] Tea Đuran, Dragica Kemeter: „Način gospodarenja otpadnim uljima“, <https://hrcak.srce.hr/file/334782> , 4. srpnja 2024.
- [76] ..., „Otpadna ulja – što s njima?“, <https://www.prakticanzivot.com/otpadna-ulja-sto-s-njima-3384> , 4. srpnja 2024.
- [77] ..., „crude oil“, <https://www.britannica.com/technology/diesel-fuel> , 4. srpnja 2024.
- [78] Frank, A. F.: “Oil Empire: Visions of Prosperity in Austrian Galicia“, <https://www.fulcrum.org/concern/monographs/rb68xc65x> , 4. srpnja 2024.
- [79] Vassiliou, M. S.: “Historical dictionary of the petroleum industry, 2nd Edition“, <https://rowman.com/ISBN/9781538111598/Historical-Dictionary-of-the-Petroleum-Industry-Second-Edition> , 4. srpnja 2024.

- [80] ..., "Oil production ", [https://ourworldindata.org/grapher/oil-production-by-country?country=~OWID\\_WRL](https://ourworldindata.org/grapher/oil-production-by-country?country=~OWID_WRL) , 4. srpnja 2024.
- [81] Speight, J. G.: "The chemistry and technology of petroleum", <https://www.routledge.com/The-Chemistry-and-Technology-of-Petroleum/Speight/p/book/9781439873892> , 4. srpnja 2024.
- [82] Norman, J. H.: "Nontechnical guide to petroleum geology, exploration, drilling, and production ", <https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-nontechnicalguidetopetroleumgeology.pdf> , 4. srpnja 2024.
- [83] U.S. Energy Information Administration  
: "FREQUENTLY ASKED QUESTIONS (FAQS) ", <https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=709&t=6> , 4. srpnja 2024.
- [84] Kolegij Motori : „Emisije motora s unutarnjim izgaranjem“, predavanje 11
- [85] Cohen S., Groner E., Peeters A., Segoli M.: „The Impact of Roads on the Redistribution of Plants and Associated Arthropods in a Hyper-Arid Ecosystem“, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/PMC8289131/>, 5. srpnja 2024.
- [86] Emma Bryce: „Global Study Reveals the Extent of Habitat Fragmentation“, <https://www.audubon.org/news/global-study-reveals-extent-habitat-fragmentation> , 5. svibnja 2024.
- [87] Menno Schilthuizen: „Roadkill Literally ‘Drives’ Some Species to Extinction“, <https://www.scientificamerican.com/article/roadkill-literally-drives-some-species-to-extinction/> , 5. srpnja 2024.
- [88] Nathaniel Gronewold: „“Unprecedented” Locust Invasion Approaches Full-Blown Crisis“, <https://www.scientificamerican.com/article/unprecedented-locust-invasion-approaches-full-blown-crisis/> , 5. srpnja 2024.
- [89] Victoria J. Bennett: „Effects of Road Density and Pattern on the Conservation of Species and Biodiversity“, <https://link.springer.com/article/10.1007/s40823-017-0020-6> , 5. srpnja 2024.
- [90] ..., „The Environmental Impact of Roads“, <https://www.environmentalscience.org/roads> , 5. srpnja 2024.
- [91] Emily Grebenstein: „Escape of the invasives: Top six invasive plant species in the United States“, <https://www.si.edu/stories/escape-invasives> , 5. srpnja 2024.
- [92] Geneviève Meunier, Claude Lavoie: „Roads as Corridors for Invasive Plant Species: New Evidence from Smooth Bedstraw (Galium mollugo)“, <https://bioone.org/journals/Invasive-Plant-Science-and-Management/volume-5/issue-1/IPSM-D-11-00049.1/Roads-as-Corridors-for-Invasive-Plant-Species--New-Evidence/10.1614/IPSM-D-11-00049.1.short> , 5. srpnja 2024.
- [93] Zhuodong Zhang: „Land Degradation Caused by Construction Activity: Investigation, Cause and Control Measures“, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9738706/> , 5. srpnja 2024.



[94] ..., „Nevjerojatni prizori iz centra Rijeke! Fiumara pod vodom, mnogi automobili onesposobljeni za vožnju!“ , <https://riportal.net.hr/rijeka/nevjerojatni-prizori-iz-centra-rijeke-fiumara-pod-vodom-mnogi-automobili-onesposobljeni-za-voznju/342531/#foto-1> , 5. srpnja 2024.

## POPIS SLIKA

Slika 2.1 Ceste Mezopotamije [1] .....	2
Slika 2.2 Presjek ceste na Kreti [3] .....	3
Slika 2.3 Grafički prikaz "Kraljevske ceste" [4] .....	4
Slika 2.4 Izgled Rimskih cesti [6] .....	5
Slika 2.5 Grafički prikaz "Puti Svile" [7] .....	6
Slika 2.6 Izgled ceste u srednjem vijeku [8] .....	8
Slika 2. 7 Grafički prikaz drenažnog sustava [10] .....	9
Slika 2.8 Jedna od vrsti održavanja kolnika [14] .....	11
Slika 3.1 Cugnotov prvi parni automobil [22] .....	13
Slika 3.2 Benz Patent-Motorwagen [15] .....	15
Slika 3.3 Bertha Benz [18] .....	16
Slika 3.4 Daimler i njegov sin u vožnji sa prvim četverotočkašem [21] .....	17
Slika 3.5 Ford Model T iz 1908. godine [23] .....	18
Slika 3.6 Radnici koji obavljaju jedan ponavljajući zadatak [24].....	19
Slika 3.7 Usporedba količine proizvodnje Modela T s današnjom Teslom [25].....	20
Slika 3. 8 Broj vozila na prometnicama po godinama [26].....	21
Slika 3.9 Dijelovi katalizatora [29] .....	22
Slika 3.10 Emisije prije i poslije postavljanja katalizatora [30].....	22
Slika 3.11 Povezanost olova u krvi sa olovom u gorivu [31] .....	23
Slika 3.12 Osnovni dijelovi sustava elektroničkog ubrizgavanja [36].....	24
Slika 3. 13 Usporedba mehaničkog i direktnog ubrizgavanja [38] .....	25
Slika 3. 14 Smanjenje koeficijenta otpora zraka kroz godine [40] .....	26
Slika 3.15 Unutrašnjost DPF filtera [43].....	27
Slika 3. 16 Usporedba emisija prije i poslije DPF-a [44].....	28
Slika 3.17 Prvi hibridni automobil na svijetu [48] .....	29
Slika 3.18 Osnovni dijelovi hibridnog automobila [51].....	30
Slika 3.19 Prosječna emisija CO2 [52] .....	31
Slika 3.20 Gradski autobusi pogonjeni plinom [55] .....	32
Slika 3.21 Prvi električni automobil [57] .....	33
Slika 3.22 Tesla Roadster iz 2008. godine [58].....	34
Slika 3.23 Negativna strana električnih automobila [60].....	35
Slika 3.24 Usporedba emisija CO2 električnog vozila i vozila s motorom na unutarnje izgaranje [61] .....	36

Slika 3. 25 Emisija ugljičnog dioksida iz novog vozila [62] .....	37
Slika 4.1 Daimlerov prvi kamion [64].....	38
Slika 4.2 Iveco kamioni.....	39
Slika 4.3 Shematski prikaz funkcioniranja EGR sustava.....	40
Slika 4.4 Utjecaj otvorenosti EGR sustava na ispušne plinove [68].....	41
Slika 4.5 Dizelski motor sa AdBlue sustavom [70] .....	42
Slika 4.6 Smanjenje NOx s obzirom na protok AdBlue-a [71].....	43
Slika 5.1 Najveće odlagalište guma [73].....	45
Slika 5.2 Nezbrinuto ulje [76].....	46
Slika 6.1 Proizvodnja nafte u svijetu od 1900. godine do dana [79].....	48
Slika 6. 2 Simptomi izloženosti CO .....	51
Slika 6.3 Vizualni prikaz fragmentacije staništa [86].....	53
Slika 6.4 Roj skakavca u Istočnoj Africi [88] .....	54
Slika 6. 5 Japanska biljka Kudzu prevladava krajolikom Sjeverne Amerike [91].....	55
Slika 6. 6 Poplava u Rijeci 2022. godine [94].....	56

## POPIS TABLICA

Tablica 6. 1 Maseni sastav nafte [81].....	48
Tablica 6. 2 Najveći proizvođači nafte u 2023. godini [83].....	49
Tablica 6. 3 Najveći potrošači nafte u 2022. godini [83].....	50

## SAŽETAK

Ovaj završni rad istražuje utjecaj cestovnog prometa na okoliš s naglaskom na negativne učinke i moguća rješenja. Ceste doprinose emisiji stakleničkih plinova i uništavaju staništa, a vozila ispuštaju velike količine štetnih plinova poput CO<sub>2</sub> i NO<sub>X</sub>. Tehnološki sustavi kao što su DPF, EGR i AdBlue katalizator pomažu u smanjenju tih emisija. Hibridna i električna vozila predstavljaju alternative za smanjenje zagađenja, ali treba imati na umu da se suočavaju s različitim ograničenjima u infrastrukturi. Postoji značajan utjecaj rezervnih dijelova posebice ulja i guma prilikom nepravilnog odlaganja jer mogu kontaminirati tlo i vodu. Korištenje materijala koji su ekološki prihvatljivi i reciklažnih sustava ključno je za umanjenje ovog utjecaja. Može se zaključiti da kroz primjenu održivih tehnologija i inovacija uz odgovorno ponašanje je moguće smanjiti negativan utjecaj cestovnog prometa na okoliš te učiniti planet čistim za buduće generacije.

Ključne riječi: utjecaj na okoliš, automobili, zagađenje okoliša, gorivo, dpf, egr, adblue, cesta, održavanje cesta, dizelski motori, benzinski motori, električna vozila.

## SUMMARY

This thesis explores the impact of road traffic on the environment, emphasizing on negative effects and potential solutions. Roads contribute to greenhouse gas emissions and destroy habitats while vehicles emit large amounts of harmful gases like  $CO_2$  and  $NO_x$ . Technological systems such as DPF, EGR, and AdBlue catalysts help reduce these emissions. Hybrid and electric vehicles represent alternatives for reducing pollution but they face various infrastructure limitations. There is a significant impact from spare parts, especially oil and tires, which can contaminate soil and water if improperly disposed of. Using environmentally friendly materials and recycling systems is crucial to mitigate this impact. It can be concluded that through the application of sustainable technologies and innovations, along with responsible behavior, it is possible to reduce the negative impact of road traffic on the environment and make the planet cleaner for future generations.

Key words: environmental impact, cars, environmental pollution, fuel, dpf, egr, adblue, road, road maintenance, diesel engines, gasoline engines, electric vehicles.